

Marlene Bacher

Entwicklung der Ressourcennutzung in Island vor dem Hintergrund der Wirtschaftskrise

Material- und Energieflussanalyse mit Fokus auf die Aluminiumindustrie
im Zeitraum 2005 - 2015

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Magistra der Naturwissenschaften

Studium: Masterstudium Sozial- und Humanökologie

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Begutachterin

Assoc. Prof. Mag. Dr. Nina Eisenmenger

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Institut für Soziale Ökologie

Klagenfurt, März 2018

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich

- die eingereichte wissenschaftliche Arbeit selbstständig verfasst und andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe,
- die während des Arbeitsvorganges von dritter Seite erfahrene Unterstützung, einschließlich signifikanter Betreuungshinweise, vollständig offengelegt habe,
- die Inhalte, die ich aus Werken Dritter oder eigenen Werken wörtlich oder sinngemäß übernommen habe, in geeigneter Form gekennzeichnet und den Ursprung der Information durch möglichst exakte Quellenangaben (z.B. in Fußnoten) ersichtlich gemacht habe,
- die Arbeit bisher weder im Inland noch im Ausland einer Prüfungsbehörde vorgelegt habe und
- bei der Weitergabe jedes gebundenen Exemplars der wissenschaftlichen Arbeit sicherstelle, dass diese mit der eingereichten digitalen Version übereinstimmt.

Mir ist bekannt, dass die digitale Version der eingereichten wissenschaftlichen Arbeit zur Plagiatskontrolle herangezogen wird.

Ich bin mir bewusst, dass eine tatsachenwidrige Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Marlene Bacher e.h.
(Unterschrift)

Wien, 16. März 2018
(Ort, Datum)

Abstract

This thesis investigates the development of Icelandic material and energy flow indicators during the years 2005 to 2015 with an emphasis on the time period of the Icelandic financial crisis from 2008 to 2010. Using the method of material and energy flow accounting the thesis shows the trends of the main indicators domestic extraction, trade and consumption and then combines them with socio-economic indicators to see how the social metabolism, on which concept the method is based on, changes during a time period of economic crash. The thesis especially focusses on the development of the energy and resource-intensive aluminium industry. It further investigates the resource productivity of Iceland and compares it to other countries hit by the global financial crisis. Material use declines during the crisis, mainly due to a strongly declining domestic mineral extraction which decreases by 78% from 2005 to 2010. Aluminium use, on the other hand, increases by 469% from 2005 to 2008, consuming 11.550 GWh of electricity of hydro- and geothermal origin for its production in 2008.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	5
Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	12
1. Einleitung	13
2. Wissenschaftliche Verortung	16
2.1. Konzeptueller Rahmen	16
2.2. Thematischer Kontext	18
3. Forschungsgegenstand Island	20
3.1. Historischer Abriss.....	21
3.2. Ökonomische Struktur	22
3.2.1. Finanzkrise & Vorbedingungen	23
4. Methode.....	26
4.1. Materialflussanalyse	26
4.2. Energieflussanalyse	30
5. Methodische Durchführung	31
5.1. Materialflussanalyse	31
5.1.1. Inlandsentnahme Biomasse	32
5.1.2. Inlandsentnahme nicht metallischer Mineralien	37
5.1.3. Außenhandel	40
5.2. Energieflussanalyse	41
5.2.1. Inländische Entnahme Biomasse.....	42
5.2.2. Inländische Entnahme Hydro/Renewables.....	42
5.2.3. Außenhandel	42
6. Ergebnisse	45
6.1. Materialflussanalyse	45
6.1.1. Inländische Entnahme	45
6.1.2. Außenhandel	50

6.1.3. Inländischer Materialverbrauch	59
6.2. Energieflussanalyse	61
6.2.1. Inländische Entnahme	61
6.2.2. Außenhandel	64
6.2.3. Inländischer Energieverbrauch	66
6.2.4. Elektrizität	68
7. Diskussion	70
7.1. Wirtschaftliche Entwicklung und Ressourcenverbrauch	71
7.1.1. Gesamtüberblick und erweiterter Zeitraum	75
7.1.2. Ressourcenentkopplung.....	78
7.2. Ländervergleich	81
7.3. Aluminiumsektor	85
7.3.1. Importe von Rohstoffen	86
7.3.2. Produktion und Export	87
7.3.3. Umweltauswirkungen der Industrie	90
8. Schlussbetrachtungen	91
8.1. Zusammenfassung der Ergebnisse	91
8.2. Ausblick und Anregung zu methodischer und wissenschaftlicher Diskussion.....	94
9. Literaturverzeichnis	95

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des sozialökologischen Systems.....	17
Abbildung 2: Schematische Darstellung einer wirtschaftsräumliche Materialflussanalyse	28
Abbildung 3: Inländische Entnahme (DE) Fischerei, Vergleich von zwei Datenquellen (Statistic Iceland, FAO FishStat).....	37
Abbildung 4: Vergleich der Entnahme von Sand und Schotter unterschiedlicher Datenquellen.....	39
Abbildung 5: Vergleich der Exportdaten von Fisch aus den Datenquellen Comtrade und FAO sowie einer eigenen Schätzung im Zeitraum 2005 bis 2015.....	41
Abbildung 6: Inländische Entnahme (DE) in den Hauptkategorien Biomasse und nicht metallische Mineralien von 2005 bis 2015	45
Abbildung 7: Gesamte inländische Entnahme (DE) von Biomasse in 3 Hauptkategorien	47
Abbildung 8: Inländische Entnahme (DE) der nichtmetallischen Mineralien in den Hauptkategorien von 2005 bis 2015	50
Abbildung 9: Zusammensetzung der physischen Importe 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien	52
Abbildung 10: Zusammensetzung der monetären Importe 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien	53
Abbildung 11: Zusammensetzung der physischen Exporte 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien	56
Abbildung 12: Zusammensetzung der monetären Exporte 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien,	57
Abbildung 13: Darstellung der physischen Handelsbilanz (PTB) sowie der jährlichen Importe und Exporte für den Zeitraum 2005 bis 2015	58
Abbildung 14: Isländischer Materialverbrauch (DMC) in den Hauptkategorien und pro Kopf von 2005 bis 2015	60
Abbildung 15: Inländische Entnahme dargestellt in den 2 Hauptkategorien von 2005 bis 2015	62
Abbildung 16: Inländische Entnahme in den Unterkategorien von 2005 bis 2015	64
Abbildung 17: Energetische Importe von 2005 bis 2015	65

Abbildung 18: Energetische Exporte von 2005 bis 2015	66
Abbildung 19: Inländischer Energieverbrauch (DEC) in den 3 Hauptkategorien und pro Kopf von 2005 bis 2015	67
Abbildung 20: Elektrizitätsproduktion nach Hauptenergieträgern	69
Abbildung 21: Prozentuelle Verteilung des Elektrizitätskonsums 2015 nach Sektoren	70
Abbildung 22: Inländischer Materialverbrauch nach Sektoren und reales Bruttoinlandsprodukt (Basisjahr 2010) für die Jahre 2005 bis 2015	71
Abbildung 23: Zeitüberblick 1995 - 2015: Inländischer Materialverbrauch (DMC), inländischer Energieverbrauch (DEC) und reales BIP (2010 Preise), indexiert	76
Abbildung 24: Entwicklung der materiellen inländischen Entnahme, Importe und Exporte im Zeitraum 2005 bis 2015	78
Abbildung 25: Indexierte Darstellung (2005 =1) der Indikatoren BIP/Kopf (konstante 2010 Preise), DMC/Kopf, DEC/Kopf, Materialproduktivität (BIP/DMC), Energieproduktivität (BIP/DEC)	80
Abbildung 26: Ländervergleich des inländischen Materialverbrauches pro Kopf in den 4 Hauptkategorien für das Jahr 2007	83
Abbildung 27: Ländervergleich des inländischen Materialverbrauches pro Kopf in den 4 Hauptkategorien für das Jahr 2009	83
Abbildung 28: Darstellung der Importmenge von Aluminiumoxid in Millionen Tonnen nach Herkunftsländern sowie jährliche Importausgaben/Tonne (Linie)	86
Abbildung 29: Darstellung der Exportmenge von Rohaluminium und verarbeitetem Aluminium in 1000 Tonnen nach Herkunftsländern sowie jährlicher Exporteinnahmen/Tonne (Linie)	87
Abbildung 30: Entwicklung des Materialverbrauchs von Aluminium und des Energieverbrauchs von Aluminium sowie des BIPs zu konstanten 2010 Preisen, indexiert, im Zeitraum 2005 bis 2015	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ökonomische Kerngrößen von Island.	23
Tabelle 2: MFA-Kategorien der inländischen Entnahme von Biomasse in Island.....	33
Tabelle 3: Berechnungsfaktoren für Getreidestroh	34
Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren für Heu und Silage	35
Tabelle 5: Raufutterbedarf europäischer Weidetiere.....	35
Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren m ³ in Tonnen für Nadel- und Laubholz	36
Tabelle 7: Inländische Entnahme nichtmetallischer Mineralien und Datenquellen.....	38
Tabelle 8: Umrechnungswerte für Wasser- und Energiegehalt der Biomasse-Außenhandelskategorien	43
Tabelle 9: Obere Brennwerte der Kategorie fossile Energieträger.....	44
Tabelle 10: Überblick absolute und relative inländische Entnahmen (DE) von Biomasse von 2005 bis 2015	48
Tabelle 11: Prozentuelle Veränderung der Zusammensetzung der Importe (physisch) 2005-2015	53
Tabelle 12: Veränderung der physischen Zusammensetzung der Exporte 2005-2015	55
Tabelle 13: Überblick über den inländischen Materialverbrauch (DMC) Islands	61
Tabelle 14: Überblick über den inländischen Energieverbrauch (DEC) Islands	68
Tabelle 15: Überblick über die Elektrizitätsproduktion Islands von 2005 bis 2015.....	69
Tabelle 16: Material- und Energieverbrauch pro Kopf insgesamt und nach einzelnen Kategorien im Zeitraum 2005 bis 2015.....	74
Tabelle 17: Überblick über die isländische Materialproduktivität (US \$/kg), die Energieproduktivität (US \$/Gigajoule) sowie das BIP/Kopf in 1000 US \$ (real, 2010 Preise) und deren Wachstumsraten.....	79
Tabelle 18: Ländervergleich BIP/Kopf in US Dollar (aktuelle Preise nach Kaufkraftstandard) und Materialproduktivität (BIP/DMC).....	84

Abkürzungsverzeichnis

BGS	British Geological Survey Database
BIP	Bruttoinlandsprodukt (Gross Domestic Product)
Cembureau	European Cement Association
Comtrade	UN International Trade Statistics Database
DE	Inländische Entnahme (Domestic Extraction)
DEC	Inländischer Energieverbrauch (Domestic Energy Consumption)
DMC	Inländischer Materialverbrauch (Domestic Material Consumption)
DMI	Direkter Materialinput (Direct Material Input)
EAA	European Aluminium Association
EFA	Energieflussanalyse (Energy Flow Accounting)
EFTA	Europäische Freihandelsassoziation (European Free Trade Association)
EU	Europäische Union
Eurostat	Datenbank des Statistischen Amtes der EU
EW-MFA	Nationalstaatliche Materialflussanalyse (Economy-wide MFA)
FAO/FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistical Database
FishStat	FAO Fisheries and Aquaculture Department
GCV	Oberer Brennwert (Gross Calorific Value)
GJ	Gigajoule
GWh	Gigawattstunde
HDI	Human Development Index
HR	Hydro/Renewables
ICES	International Council for the Exploration of the Sea
IEA	International Energy Agency
IMF/IWF	Internationaler Währungsfond (International Monetary Fund)
MFA	Materialflussanalyse (Material Flow Accounting)
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
UNDP	United Nations Development Programme
UNSTATS	United Nations Statistical Division

1. Einleitung

Diese Masterarbeit erstellt eine Material- und Energieflussanalyse (MEFA) Islands für die Jahre 2005-2015 auf Basis des Konzepts des gesellschaftlichen Stoffwechsels¹. Der Fokus liegt auf dem genannten Zeitraum, da dieser die Zeit der isländischen Finanzkrise² sowie drei Jahre davor und fünf Jahre danach erfasst und somit, auch im Abgleich weiter zurückreichender Indikatoren einer bereits bestehenden MEFA Islands (Richter 2011), Aufschlüsse auf die Effekte der Krise auf Material- und Energieflüsse ermöglicht. Neben der Ermittlung der physisch und monetär größten Material- und Energiekategorien betrachtet die Arbeit insbesondere den Einfluss der Krise auf den ressourcen- und energieaufwendigen Aluminiumsektor, der im Jahr 2015 39 % der physischen Exporte erzeugt, sowie dessen Zusammenhang mit der Energieproduktion, die sich in Island ausschließlich aus erneuerbaren Quellen erschließt. Eine der Thesen, die es in der Arbeit zu prüfen gilt, ist, dass die Krise zu einem Rückgang von Material- und Energieflüssen und in weiterer Folge zu einer Ressourcenentkopplung³ dieser Flüsse von der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) führt. Dies würde gleichzeitig eine positive "Nebenwirkung" der Krise im Sinne nachhaltigkeitsorientierter Klima- und Energieziele der EU und Islands bedeuten. Diese Annahme basiert auf den Ergebnissen der Masterarbeiten von Endl (2015), Gierlinger (2010) und Käfer (2014), welche im Rahmen ihrer Analysen des gesellschaftlichen Stoffwechsels verschiedener Staaten darstellen, dass Wirtschafts- und Finanzkrisen zumeist zu einem Rückgang von Material- und Energieverbrauch führen (vgl. Kapitel zur wissenschaftlichen Verortung). Des Weiteren wird untersucht, ob in anderen krisenbetroffenen EU-Staaten eine Ressourcenentkopplung zu beobachten ist und ob sich in diesen Staaten vergleichbare oder andere Auswirkungen im Zusammenhang mit der Krise beobachten lassen. Als Untersuchungsmethode werden die Material- und Energieflussanalyse (MEFA)⁴ gewählt, die als Instrumentarium u.a. zur Evaluierung des gesellschaftlichen Stoffwechsels von Staaten verwendet werden. Die Materialflussanalyse definiert den Nationalstaat als ein materiell und energetisch offenes System, welches aus seiner natürlichen Umwelt Rohstoffe aufnimmt und

¹ vgl. Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 3-10

² vgl. Bergmann 2014

³ Der Ressourcenverbrauch pro erwirtschafteter Einheit BIP verringert sich. Daraus ergibt sich eine erhöhte Ressourcenproduktivität (BIP/Materialverbrauch bzw. BIP/Energieverbrauch steigt) (vgl. UNEP 2011 S. 4)

⁴ vgl. Haberl et al. 2004 S. 199-213

Abfälle und Emissionen wieder in die Umwelt abgibt, als auch im materiellen Austausch mit anderen Nationalstaaten steht. Die biophysischen Flüsse zwischen Staat und Umwelt bzw. Staat und anderen Staaten werden in Tonnen pro Jahr erfasst. (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 8-11). Die Energieflussanalyse erfasst nach den gleichen methodischen Regeln die jährlichen Energieflüsse in Joule (vgl. Haberl 2001a in: Haberl et al. 2006 S. 152). Die aus der MEFA generierten Indikatoren geben Aufschluss über Niveau und Struktur des nationalstaatlichen Ressourcenverbrauchs. Die Methode bietet sich damit als zentrales Instrument an, um die Thesen und Fragestellungen dieser Arbeit zu prüfen. Die EU, zu welcher Island nicht gehört, hat sich seit dem Jahr 2011 dazu verpflichtet⁵, für alle Mitgliedstaaten jährliche nationalstaatliche Materialflussanalysen (Economy-Wide Material Flow Accounts, EW-MFAs) durchzuführen (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 9). Jährliche Energiestatistiken sind für die EU-Mitgliedsstaaten rechtlich vorgeschrieben⁶. Diese erfassen jedoch nicht die in einer EFA berücksichtigten biotischen Energieflüsse der menschlichen und tierischen Ernährung (vgl. Haberl 2001, S. 21). Für die Jahre 1970 - 2008 liegt bereits eine MEFA von Richter (2011) im Rahmen einer Diplomarbeit vor. Im Unterschied zu Richters Analyse beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit den Auswirkungen der Krise auf Material- und Energieflüsse Islands und vergleicht die Entwicklung des isländischen Stoffwechsels im Hinblick auf dessen Ressourcenproduktivität mit anderen Krisenländern.

Im zweiten Kapitel wird der theoretische Hintergrund - das Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels - dargestellt, welcher die Grundlage der Methode MEFA liefert und die Arbeit in den Kontext des aktuellen wissenschaftlichen Diskurses gestellt. Im dritten Kapitel werden historische und wirtschaftliche Eckdaten Islands dargelegt, welche die Motive für die Kernfragen und Thesen dieser Arbeit darstellen. Dabei wird insbesondere auf jene Aspekte eingegangen, die für die Finanzkrise und ihre Auswirkungen relevante Dynamiken aufzeigen. Im vierten Kapitel, der Methodenbeschreibung, wird vertiefend auf die Grundlagen und Indikatoren der Methoden eingegangen. Im fünften Kapitel wird die methodische Umsetzung und Datenauswahl der MEFA beschrieben. Das sechste Kapitel dokumentiert die Ergebnisse der Analyse und Kapitel sieben diskutiert die Ergebnisse im Kontext der wirtschaftlichen Entwicklung, der

⁵ vgl. Verordnung (EU) Nr. 691/2011 des europäischen Parlaments und des Rates 2011

⁶ vgl. Verordnung (EU) Nr. 1099/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates 2008

Ressourcenproduktivität und den Entwicklungen des Aluminiumsektors. Die Schlussbetrachtungen folgen in Kapitel 8. Folgende zwei Haupt-Forschungsfragen und dazugehörige Unterfragen stehen im Fokus der Arbeit:

- Wie wirkte sich die Zeit der Wirtschaftskrise auf den gesellschaftlichen Stoffwechsel Islands aus?
 - Wie veränderte sich der gesellschaftliche Material- und Energieumsatz im beobachteten Zeitraum?
 - Welche Material- und Energiekategorien sind von zentraler Bedeutung für die Wirtschaftsleistung?
 - Welche Kategorien haben den Hauptanteil an den physischen und energetischen Entnahmen und dem Außenhandel?
 - Lässt sich in Island und anderen vergleichbar stark von der Krise betroffenen europäischen Ländern eine Ressourcenentkopplung beobachten?
 - Lässt sich ein Zusammenhang von Material/Energieflüssen, BIP, politischen Strategien und Krisenverläufen in Island und den Vergleichsländern feststellen?
- Welche Entwicklungen können im beobachteten Zeitraum in Bezug auf den Aluminiumsektor beobachtet werden?
 - Welche Entwicklungen sind in den Importen von Rohmaterial und Exporten von Endprodukten der Aluminiumbranche und deren Preisen zu beobachten?
 - Zeigt sich ein enger Zusammenhang zwischen Material- und Energieverbrauch bzw. ist ein Einbruch durch die Wirtschaftskrise gleichermaßen für beide Ressourcentypen zu beobachten?

2. Wissenschaftliche Verortung

2.1. Konzeptueller Rahmen

Die theoretische Basis dieser Arbeit ist das Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Dieses entstand in den 1990er Jahren, als der Begriff der Nachhaltigkeit definiert⁷ wurde und eine neue Wissenschaftsströmung die materielle Seite von Gesellschaft und die physischen Auswirkungen des Wirtschaftssystems in den Fokus rückte (vgl. Schandl & Weisz in: Schandl et al. 2002, S. 8). Dadurch geriet die bisherige, auf die Emissionsabgabe fokussierte Strategie im Umgang mit Umweltbelastungen zunehmend in Kritik, da diese vorwiegend durch monetären Ausgleich oder durch technische Verbesserung reagierte aber die Gesamtmenge der physischen und energetischen Flüsse als Hintergrund wirtschaftlicher Aktivitäten unzureichend betrachtete. Diese Ressourcenflüsse entstehen, indem Gesellschaft Material bzw. Energie aus der Umwelt aufnimmt, dieses innergesellschaftlich verwertet und schließlich Abfälle und Emissionen zurück in die Umwelt abgibt (vgl. Krausmann 2013, S. 663; Schandl et al. 2002: S. 3). Somit wurden die Ressourcenaufnahme von Gesellschaften und ihre Abgaben in Form von Emissionen oder Abwässern zueinander in Beziehung gesetzt. Der neue Diskurs setzte auch einen Kontrapunkt zur sozialwissenschaftlichen Tradition Gesellschaft als soziales System zu betrachten ohne deren physische Dimension anzuerkennen⁸ (vgl. Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 3). Es entstand ein interdisziplinäres Forschungsfeld, in welchem der industrielle (Ayres & Simonis 1994) und der gesellschaftliche Stoffwechsel (Fischer-Kowalski et al. 1997) sich als maßgebliche Konzepte etablierten und die für die Ecological Economics, die Industrial Ecology und auch die soziale Ökologie zu Kernelementen eines geteilten Paradigmas wurden (vgl. Schandl & Weisz in: Schandl et al. 2002, S. 8; Fischer-Kowalski & Weisz in: Haberl et al. 2016, S. 4). Die Theorie des gesellschaftlichen Stoffwechsels besagt, dass Gesellschaft sowohl soziale als auch physische Aspekte hat. Dies wird in Abbildung eins sichtbar, welche Natur und Gesellschaft als zwei Bereiche zeigt, die als Gesamtheit das sozialökologische System bilden und in deren

⁷ Nachhaltigkeit als gesellschaftliche Zielsetzung wurde 1987 im Brundtlandbericht der vereinten Nationen definiert als eine Lebensweise der aktuellen Weltbevölkerung, die auch die Bedürfniserfüllung der nachfolgenden Generationen sicherstellen kann und innerhalb ökologischer Grenzen agiert (vgl. World Commission on Environment and Development, 1987S. 41)

⁸ diese Tradition wird auch als *human exceptionalism* oder *human exemptionalism* bezeichnet (Catton & Dunlap 1978; Dunlap & Catton 1994, zitiert nach Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997, S.3)

Überschneidungsbereich zwei Sphären gleichermaßen wirksam sind: die symbolische Welt der Kultur und die materielle Welt der Natur. In diesem Überschneidungsbereich befinden sich die biophysischen Strukturen der Gesellschaft (vgl. Haberl et al. 2004, S. 201). Diese werden als Bestände bezeichnet und umfassen Menschen, Nutztiere und menschliche Artefakte. Die Artefakte sind sämtliche Anlagen und Strukturen, die menschengemacht sind, wozu z.B. Infrastruktur, Gebäude und Maschinen zählen (vgl. Krausmann et al. 2015, S.12). Der permanente energetische und physische Austausch mit ihrer Umgebung, den eine Gesellschaft betreibt, um ihre Bestände zu erhalten, kann als Analogie zum Stoffwechsel⁹ eines Organismus betrachtet werden (vgl. Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 4).

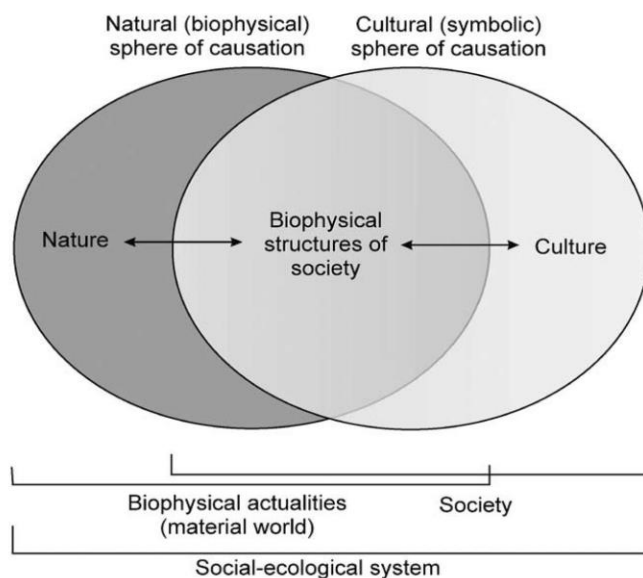


Abbildung 1: Schematische Darstellung des sozialökologischen Systems

Quelle: Haberl et al. 2004 S. 201

Man unterscheidet den basalen Metabolismus (Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 5) und den erweiterten Metabolismus (Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 7) von menschlichen Gesellschaften. Ein basaler Stoffwechsel definiert sich dadurch, dass er hauptsächlich durch Biomasseinput betrieben wird und alle Flüsse aus der aktuellen Produktion der Biosphäre stammen, was z.B. auf Jäger-Sammler-Gesellschaften zutrifft (vgl. Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 5). Betrachtet man den

⁹ Biochemische Vorgänge in einem lebenden Organismus, bei denen dieser zur Aufrechterhaltung seiner Funktionen Stoffe aufnimmt, chemisch umsetzt u. abbaut; Metabolismus (Scholze-Stubenrecht 1999 S. 3754).

erweiterten Metabolismus von Industriegesellschaften wie Island, wird für die Aufrechterhaltung des Stoffwechsels auch auf Ressourcen zurückgegriffen, welche aus Umweltdepots stammen und deren Produkte aus vergangenen ökologischen Kreisläufen kommen, wie Erdöl und Erdgas (vgl. Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 7). Umweltbelastungen können sowohl beim basalen als auch beim erweiterten Metabolismus auf der Input- und der Outputseite entstehen. Das sind z.B. Ressourcenlimitierungen auf der Eingangsseite (Übernutzung der Ressourcen führt dann z.B. zu Bodenerosion, Artensterben, Wasserknappheit, Flächenkonkurrenz, Verlust an Bodenschätzen) und Emissionen auf der Ausgangsseite. Der erweiterte Metabolismus kann durch die Nutzung fossiler Energieträger den Ressourceninput erhöhen, ohne diesen aus der aktuellen Biosphäre zu holen, es steigt aber auch die Umweltbelastung, da die Endstoffe der genutzten Ressourcen aus Umweltdepots trotzdem in der Biosphäre landen und in die natürlichen Kreisläufe integriert werden müssen (vgl. Fischer-Kowalski & Haberl in: Fischer-Kowalski et al. 1997 S. 5-8).

Die Material- und Energieflussanalyse ist die empirische Umsetzung des Konzepts des gesellschaftlichen Stoffwechsels (vgl. Krausmann et al. 2015, S.10). Sie ist ein methodisches Instrument zur Analyse der materiellen und energetischen Austauschprozesse gesellschaftlicher Systeme auf verschiedenen räumlichen Ebenen (Städte, Staaten aber auch Staatsverbände) (vgl. Haberl et al. 2004, S. 201). Eine genauere Beschreibung der Methodik sowie deren konkrete Anwendung werden im Kapitel fünf und sechs aufgegriffen.

2.2. Thematischer Kontext

Materialflussanalysen werden jährlich für EU-Mitgliedstaaten auf der statistischen Datenbank der EU (Eurostat) bereitgestellt und als Monitoring-Instrument eingesetzt. Island ist nicht Teil der EU, jedoch wirtschaftlich und politisch mit der EU in Beziehung stehend. Material- und Energiedaten Islands finden sich in internationalen Datenbanken, deren Aufarbeitung in einer MEFA wurde jedoch nur bis zum Jahr 2008 (Richter 2011) durchgeführt. Dadurch stellt diese Arbeit ab dem Jahr 2008 eine neue Datenauswertung der Material- als auch der Energieflüsse im Sinne der MEFA dar.

Die Diplomarbeit von Richter 2011 legt den Schwerpunkt auf die Besonderheiten des materiellen und energetischen Stoffwechsels von Inselökonomien am Beispiel der zwei Inseln Island und Trinidad Tobago. Sie zeigt über einen größeren Beobachtungszeitraum (1970 – 2008) wie die Ressourcenflüsse sich verändern und thematisiert dabei auch die steigende Energienutzung für den Ausbau der energieintensiven Industrie, großteils der Aluminiumproduktion. An die Arbeit von Richter als Analyse einer Langzeitentwicklung, die auch wirtschaftliche Schwankungen beinhaltet, kann die vorliegende Arbeit mit einem punktuelleren Blick auf ein gesellschaftlich folgenreiches Krisenmoment und dessen Auswirkungen auf den unmittelbaren Energie- und Materialfluss anschließen. Von Interesse sind auch die Beobachtung eines Trends für die Nachkrisenzeit und ein Vergleich zu anderen europäischen Ländern. Anschließend an Richters Analyse des Energiesektors und mancher Aspekte der Aluminiumindustrie wird auf den Aluminiumsektor in der vorliegenden Arbeit noch stärker eingegangen. Außerdem wird ein Fokus auf die Entwicklung der Ressourcenproduktivität und daraus folgend eines möglichen Trends der Entkopplung von Ressourcennutzung und Wirtschaftswachstum gesetzt. Die Entwicklung des gesellschaftlichen Stoffwechsels von Staaten in Zeiten von Wirtschaftskrisen wurde bereits in wirtschaftsräumlichen Material- und Energieflussanalysen beschrieben. Im Rahmen einer Masterarbeit von Gierlinger (2010), die den Zeitraum 1850 – 2005 umfasst, wurde die Auswirkung der Weltwirtschaftskrise der 30er Jahre auf den gesellschaftlichen Stoffwechsel der USA sichtbar. Der Schwerpunkt der Arbeit lag auf der industriellen Transformation. Es zeigt sich, dass es in den Jahren der Weltwirtschaftskrise zu einem Einbruch der Ressourcenentnahme und des Ressourcenverbrauchs kam.

Auch die globale Finanzkrise 2008/09 wurde schon in Analysen des gesellschaftlichen Stoffwechsels sichtbar. Käfer (2014) etwa untersuchte die Ökonomie Kanadas bis ins Jahr 2010 und verzeichnet in den Jahren 2008/09 im Zusammenhang mit der Weltwirtschaftskrise einen Rückgang des inländischen Materialverbrauchs (DMC) und des inländischen Energieverbrauchs (DEC). Die jüngste Finanzkrise zeigt sich auch in einer Materialflussanalyse von Irland (Endl 2015). Irland wurde, ähnlich wie Island, massiv von der Wirtschaftskrise getroffen. Dort zeigt sich, dass von 2007 bis 2012 durch ein fallendes BIP jedoch einen noch stärker fallenden Materialverbrauch die Ressourcenproduktivität stark ansteigt, was bedeutet, dass der pro BIP-

Einheit eingesetzte Materialverbrauch sinkt. (vgl. Endl 2015, S. 78). Folgende, aus den bestehenden Arbeiten mögliche Schlüsse, trugen zum Finden der Thesen dieser Arbeit bei:

1. Wirtschaftsentwicklungen und Material/Energieentnahme haben einen engen Zusammenhang
2. Wirtschaftskrisen führen zu einem Einbruch in der Ressourcenentnahme und im Ressourcenverbrauch
3. Die in Irland beobachtbare, steigende Ressourcenproduktivität und relative Entkopplung trifft auch auf andere Staaten zu.

Analysen der isländischen Finanzkrise aus der ökonomischen und politischen Perspektive existieren in verschiedenen Publikationen wie etwa von Bergmann (2014) und Erdenberger (2010) und sind die Basis für den wirtschaftlichen Aspekt dieser Masterarbeit.

3. Forschungsgegenstand Island

Die Republik Island ist mit 103.000 km² die drittgrößte Insel im Nordatlantik. Zum Staatsgebiet gehören 200 Seemeilen Wirtschaftszone entlang der Küste, deren Fischgründe eine Hauptressource Islands darstellen. Die 329.425 Einwohner (im Jahr 2015) leben überwiegend im urbanen Gebiet, dem Einzugsgebiet Reykjavík im Südwesten des Landes (vgl. CIA 2018; Central Bank of Iceland 2015, S.7f).

Die Insel ist mit ca. 3 Einwohner/km² viel dünner besiedelt als der europäische Schnitt und besitzt daher eine große Fläche menschlich wenig beeinflusster Naturlandschaft. Diese ist geprägt von Hochebenen, Gebirgen und mehreren Gletschern. Diese Strukturen bedingen einen Reichtum an Flüssen und Seen, wodurch die Energiegewinnung aus Wasserkraft eine wichtige Ressource darstellt. Daneben spielt auch die Energiegewinnung aus Geothermie eine große Rolle, da die Vulkaninsel sich auf einem geologischen Hotspot, dem mittelatlantischen Rücken befindet. Trotz der nördlichen Lage bedingt der Golfstrom in Island ein verhältnismäßig mildes Klima. 17,5% des Landes sind als Weidefläche und nur 1,2% als Ackerfläche für Landwirtschaft nutzbar (vgl. CIA 2018; Central Bank of Iceland 2015, S.7f).

Die Bevölkerung hat im weltweiten Vergleich eine der höchsten Lebenserwartungen, eine niedrige Arbeitslosenrate von 4 % (Stand 2015) und ein Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf von 46.207 US\$ (Stand 2015) und damit eine hohe Wirtschaftsleistung, welche im globalen Ranking knapp hinter Deutschland liegt (vgl. Statistik Island 2016; The World Bank Group 2018; UNSTATS 2018). Der Human Development Index (HDI) Islands im Jahr 2014 beträgt 0,899 und verweist auf den hohen Entwicklungsstand des Landes. Der HDI wird aus Daten der Bereiche Bildung, Wirtschaftsleistung und Lebenserwartung generiert (vgl. UNDP 2015, S. 4).

3.1. Historischer Abriss

Die ersten Menschen auf Island waren irische Mönche, die vermutlich um das Jahr 800 das Land erreichten. Eine permanente Besiedlung begann jedoch erst im Jahr 875 durch norwegische Einwanderer, die auf der Suche nach Land und Unabhängigkeit von der norwegischen Krone waren. Sie betrieben Fischerei und Landwirtschaft. Ab dem Jahr 930 gab es regelmäßige Versammlungen des Volkes an einer Gerichtsstelle unter freiem Himmel. Diese "Allthing" genannte Zusammenkunft war der erste Vorläufer des isländischen Parlaments und zu dieser Zeit in Europa einzigartig (vgl. Geiss 1980, S. 90; Horton 2012, S. 3).

Machtpolitische Konflikte mündeten im Jahr 1262 in der Herrschaftsübernahme Islands durch die norwegische Krone. Einen weiteren Machtwechsel gab es im Jahr 1380, als Norwegen und somit auch Island unter dänische Herrschaft kam. Die nächsten Jahrhunderte waren geprägt von der restriktiven Handelspolitik Dänemarks, die Island vom Rest der Welt isolierte. Natürliche Bedrohungen wie Vulkanausbrüche und Zeiten von Nahrungsmangel und Krankheit hielten die Bevölkerungszahl konstant. (vgl. Geiss 1980, S. 90).

Mehr Autonomie bekam Island 1918, als es nach dem ersten Weltkrieg zum souveränen Staat wurde, aber noch in ein gemeinsames Königreich mit Dänemark eingegliedert war (vgl. Geiss 1980, S. 91). Im Unionsvertrag beschloss Island seine immerwährende Neutralität (vgl. Thorhallsson & Joensen 2015, S. 194). Es sollte noch einen weiteren Weltkrieg dauern, bis schließlich im Jahr 1944 die Republik ausgerufen wurde (vgl. Geiss 1980, S. 91). Die Militärpräsenz (zunächst durch britische und später auch amerikanische Besatzung) während des zweiten Weltkriegs prägte die politische und wirtschaftliche Entwicklung Islands.

Die Militärstützpunkte schufen Verdienstmöglichkeiten für die kleine Insel, die erst ab der Nachkriegszeit Teil des internationalen Geschehens wurde (vgl. Horton, 2012 S. 5). Als strategischen Angelpunkt zwischen Nordamerika und Europa zur militärischen Kontrolle des Nordatlantiks wollten die Amerikaner auch nach Kriegsende den Standort Island nicht aufgeben. Sie kamen mit den Isländern überein, dass der Militärflughafen Keflavik weiterhin von den USA genutzt werden durfte. Bereits im Jahr 1949 trat Island der NATO (North Atlantic Treaty Organization) bei und entfernte sich so weiter von den ursprünglichen Neutralitätsbestrebungen. Dem folgte 1951 ein weiteres Abkommen mit den USA, der Nordatlantikpakt (vgl. Gunnarsson 1990 S. 142f). Die US-Truppen blieben bis zum Jahr 2006 auf Island stationiert. Das Land blieb bis heute das einzige NATO-Mitglied ohne eigenes Militär (vgl. CIA 2018). Island erlebte ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts einen ökonomischen Aufschwung, primär durch Exporte des Fischerei-Sektors (vgl. CIA 2018). Diese wichtige Handelsware war auch der Grund für Konflikte um Fischereigebiete mit Großbritannien, die 1975 fast zu einem Ausstieg Islands aus der NATO führten (vgl. Geiss, 1980: S. 91). Island ist Gründungsmitglied der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) und wurde 1970 Mitglied der Europäische Freihandelsassoziation (European Free Trade Association, EFTA). 1994 trat es dem europäischen Wirtschaftsraum (EWR) bei. 2009 stellte Island nach einer parlamentarischen Abstimmung einen Antrag zum EU-Beitritt, den es jedoch 2014 wieder zurückzog (vgl. Central Bank of Iceland 2015, S. 11).

3.2. Ökonomische Struktur

Island ist die kleinste Volkswirtschaft der OECD, deren Wettbewerbsvorteile insbesondere die reichen Fischgründe und die natürlichen Quellen nicht-fossiler Energieressourcen sind. Im Jahr 2015 hat der Dienstleistungssektor mit über 70 % den größten Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP). Die Fischerei und Fischverarbeitung erwirtschaften 8,3 %, der Produktionssektor (exklusive Fischverarbeitung) 12 %, der Bausektor 6 % und die landwirtschaftliche Produktion 1,2 % des BIP (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S. 14f). Der Produktionssektor wird 2015 von den zwei großen Sparten Lebensmittelverarbeitung (von denen 62 % Fischereiprodukte für den Export weiterverarbeiten) und der Aluminiumproduktion bestimmt.

Im letzten Jahrzehnt ist die energieintensive Schwerindustrie gewachsen und bildet das größte Segment im Fertigungssektor. Aluminium ist das Haupterzeugnis der isländischen Schwerindustrie (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S.17). Der Außenhandel ist für die Inselökonomie von großer Bedeutung. 38 % der Export-Einnahmen stammen aus der Aluminiumindustrie, 42 % aus der Fischerei. Importe von Gütern und Dienstleistungen entsprechen im Jahr 2015 46 % des BIPs, die gesamten Exporte 53 % des BIPs (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S. 15f; S. 86).

Tabelle 1: Ökonomische Kerngrößen von Island. Quelle: Eigene Darstellung. Datenquellen: UNSTATS National Accounts <https://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp>; Statistics Iceland <http://statice.is/>; FAOSTAT <http://www.fao.org/faostat/en/> Letzter Zugriff: Jänner 2017

Sozioökonomische Indikatoren	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
BIP (konstante 2005 Preise, Milliarden US \$)	12.725	13.361	14.610	14.832	13.802	13.311	13.575	13.740	14.347	14.623	15.222
BIP/Kopf (konstante 2005 Preise, US \$)	56	58	63	63	58	55	55	56	58	59	61
jährliche Wachstumsrate BIP (%)		5,0%	9,4%	1,5%	-6,9%	-3,6%	2,0%	1,2%	4,4%	1,9%	4,2%
Arbeitslosenquote (% der Gesamtarbeitskräfte)	2,5	2,8	2,3	2,9	7,2	7,6	7,0	6,0	5,4	4,9	4,0
Gesamtbevölkerung	296.745	300.887	305.415	310.033	314.336	318.042	321.030	323.407	325.392	327.318	329.425
Bevölkerungswachstum (%)		1,4%	1,5%	1,5%	1,4%	1,2%	0,9%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%

Vor dem Jahr 2008 waren der Finanz- und Bausektor die wichtigsten Wirtschaftsmotoren, während diese nach der Krise auch den größten Abfall verzeichneten (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S.14). In der Erholungszeit nach der Krise zwischen 2010 und 2015 wurde das Wirtschaftswachstum vor allem durch den aufstrebende Dienstleistungssektor wieder angekurbelt. Dieser wurde durch die wieder wachsende inländische Nachfrage und den Tourismus gefördert (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S.14f). Das Wirtschaftswachstum liegt mit 4 %im Europavergleich weit vorne. Die Inflationsrate liegt im selben Jahr unter den von der isländischen Zentralbank Seðlabanki angesetzten 2,5 % (vgl. IMF 2016, S. 4f). Die Arbeitslosenquote stieg in den Jahren 2009/10 an und sank vom Höchststand (7,6 % im Jahr 2010) kontinuierlich auf 4 % im Jahr 2015 (siehe Tabelle 1).

3.2.1. Finanzkrise & Vorbedingungen

Im Herbst 2008 wurden die drei größten Banken Islands insolvent. Kurz vor dem Zusammenbruch des Finanzsektors beliefen sich die Schulden desselben knapp auf das zehnfache des isländischen Bruttoinlandsprodukts. Die unmittelbaren Folgen des

Bankenkonkurses waren eine massive Abwertung der isländischen Krone und der Immobilienwerte, der Kollaps der Wertpapier- und Aktienbörse und steigende Arbeitslosigkeit (vgl. Bergmann 2014, S. 2ff). Anders als in anderen Krisenländern wurden die Banken in staatliche Administration genommen, die Schulden jedoch Großteils von den ausländischen Gläubigern getragen (vgl. Bergmann 2014, S. 155) während inländische Schulden vom Staat beglichen wurden und die Staatsverschuldung auf über 100 % des BIPs nach der Krise brachten (vgl. Bergmann 2014, S. 4). Da Island britischen und holländischen Anlegern keinen Zugang zu ihrem Geld auf den Konten eines Ablegers (Icesave) der Bankrott gegangenen Landsbanki ermöglichte, verweigerte der IWF auf Anraten der EU zunächst eine Kreditvergabe an Island (vgl. Bergmann 2014, S. 4). Die Regierung trat in Folge der Ereignisse und als Antwort auf Proteste der Bevölkerung Anfang 2009 zurück (vgl. Wade 2009, S.7). Im selben Jahr führte der internationale Währungsfond Kapitalverkehrskontrollen in Island ein, um ein Abziehen von Kapital ins Ausland zu verhindern (vgl. Wade 2009, S.12). Wade zufolge wurde Island in den internationalen Medien als Indikator für die weltweite Ausbreitung der in den USA und Großbritannien im Jahr 2007 startenden Finanzkrise gesehen (vgl. Wade 2009, S.6). In der Literatur werden neben der globalen Krise verschiedene, landesinterne Vorbedingungen als Ursache für die Wirtschaftskrise genannt.

Vor dem 20. Jahrhundert war die isländische Wirtschaft stark von der norwegischen und später dänischen Herrschaft geprägt. Die Ökonomie blieb bis 1980 stark staatlich reguliert und nach innen gerichtet (vgl. Wade 2009, S. 8f). Ab dem Jahr 2000 kam eine politische Trendwende, die Wirtschaftsliberalisierung und Deregulierung forcierte. Die großen Banken wurden privatisiert. Dem ging der Beitritt zum europäischen Wirtschaftsraum 1994 voraus, welcher den Zugang zu Fremdkapital und den Eintritt in den internationalen Finanzmarkt ermöglichte (vgl. Bergmann 2014, S. 6; S. 68). Die Banken (Kaupthing, Landsbanki und Glitnir) erwarben in kurzer Zeit mit ausländischen Geldern eine Reihe europäischer Firmen und Banken. Diese Expansionsstrategie sollte die Begrenzungen der Inselökonomie überwinden und auch neue Wirtschaftssparten fördern (beispielsweise den Ausbau der High-Tech- und Aluminiumindustrie) (vgl. Bergmann 2014, S. 66; S. 74). Die rasante Privatisierung und der Einstieg in den EU-Finanzmarkt, schnelle und günstige Kredite ohne ausreichende politische Regulierung und neue politische

Regelungen, wie die Lockerung des Wechselkurses und Unternehmensbegünstigungen sowie die Einführung des Quotensystems in der Fischerei waren nach Bergmann (2014) maßgebliche Faktoren, die zur Krise beitrugen (vgl. Bergmann 2014, S. 76). Auch Benediktsson & Karlsdottir nennen die Einführung des Quotensystems in der Fischerei als Krisentrigger. Dieses System wurde zur Maximierung der finanziellen Ausbeute und der Regeneration der Bestände eingeführt und dadurch das Allgemeingut Fisch privatisiert (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011, S. 230f). Eine bestimmte Anzahl an Fischquoten durfte gefangen werden, welche unter den Unternehmen gehandelt werden konnte. Dies führte zu einer vertikalen Umstrukturierung - wenige große Unternehmen bekamen den Großteil der Fischereirechte - wodurch auch eine Ungleichheit zwischen der Peripherie der alten Fischereidörfer und den großen Fischereifirmen entstand, deren Kapital in Reykjavik in die aufstrebende, private Finanzwirtschaft einfluss (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011, S. 231).

Die Arbeitslosenquote nach der Krise fiel je nach Branche unterschiedlich aus. So war der Bau- und Dienstleistungssektor stark betroffen, die Fischereibranche kaum. Für die Exporte der Fischindustrie bewirkte der Kursfall der isländischen Krone Wettbewerbsvorteile (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011, S. 230). Krater und Rose (in: Abrahamsky K. 2009, S. 324f) verweisen auf die Kredite der Aluminiumindustrie für den Bau von Wasserkraftwerken und Aluminiumwerken als weiteren Treiber der Krise.¹⁰ Dies hängt damit zusammen dass die hohen Kreditaufnahmen für den Bau der Kraftwerke den Staat in Verschuldung trieb, die erwarteten wirtschaftlichen Vorteile jedoch im Vorfeld massiv überschätzt wurden, zumal die Nebenwirkungen zum Teil größeren wirtschaftlichen Schaden verursachten als die Vorteile ausgleichen konnten. Zu den „Nebenwirkungen“ gehört unter anderem, dass durch den Ausbau der Aluminiumindustrie eine Abhängigkeit von internationalem Kapital entstand und auch vom Aluminiumpreis, welcher sich wiederum auf die Staatseinnahmen durch Energieumsätze direkt auswirkt. Dies führte zu einer Verringerung der wirtschaftlichen Resilienz und damit zu einer höheren Anfälligkeit der isländischen Wirtschaft für globale Einflüsse, wie dem Crash des amerikanischen Finanzsektors. Des Weiteren kam es zu einer kurzfristigen Aufwertung der

¹⁰ Der internationale Währungsfond bestätigt 2008, dass das ökonomische Wachstum durch die Investitionen in den Energie- und Aluminiumsektor initiiert wurde (vgl. IMF 2008).

Krone, welche zu einer Überschätzung der Finanzkraft des Staates als auch der privaten Haushalte und somit zu einem weiteren Antreiben der Schuldenspirale führte (vgl. Krater und Rose in: Abrahamsky K. 2009, S. 324f).

Die MEFA Analyse kann durch die Abbildung der physischen und energetischen Ressourcenflüsse vor dem Hintergrund dieser politischen und ökonomischen Ereignisse dazu beitragen, eventuelle Zusammenhänge zwischen gesellschaftlichen Veränderungen und Veränderungen des gesellschaftlichen Stoffwechsels Islands zu erkennen.

4. Methode

In diesem Teil der Arbeit werden die methodischen Werkzeuge EW-MFA und EFA dargestellt. Dabei wird ein Überblick über deren Entstehung und Anwendungsgebiete gezeigt und in der Arbeit ermittelte Stoffflüsse und Indikatoren vorgestellt, um die im nachfolgenden Kapitel beschriebene Datenarbeit verständlich zu machen.

4.1. Materialflussanalyse

Zur empirischen Analyse des gesellschaftlichen Stoffwechsels (vgl. Kapitel zwei konzeptueller Rahmen) hat sich die Material- und Energieflussanalyse etabliert. Sie gehört zu den Umweltgesamtrechnungen und zeigt alle materiellen Flüsse pro Jahr und Tonne (außer Wasser und Luft) einer Ökonomie, die im Austausch mit der natürlichen Umwelt oder anderen Ökonomien entstehen (vgl. Eurostat 2013; S. 5 und S. 7). Aus der EW-MFA ergibt sich ein umfangreicher Datensatz und daraus abgeleitete Indikatoren auf verschiedenen Aggregationsebenen, wie z.B. der inländische Materialverbrauch (domestic material consumption, DMC) (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 8). Dieses Datenmaterial kann mit den monetären Werten der Wirtschaft als Grundlage für weitere Analysen dienen, z.B. Entwicklungstrends von Nationalstaaten aufzeigen und zur politischen Strategiefindung einer nachhaltigen Entwicklung beitragen. Die ersten wirtschaftsräumlichen Materialflussrechnungen gab es ab Anfang der 1990er Jahre, unter anderem von Österreich (Steurer 1992). Es erfolgte eine über die Jahre zunehmende Standardisierung und Verbesserung der internationalen Vergleichbarkeit der Daten und Indikatoren, wozu richtungsweisende Publikationen von

Adriaanse et al. (1997) und Matthews et al. (2000) zum industriellen Metabolismus von Nationalstaaten beitrugen (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 8; Schandl et al. 2002, S. 6).

Im Jahr 2001 wurde ein Handbuch zur Durchführung der Materialflussanalyse (Eurostat 2001) einer eigenen MFA-Arbeitsgruppe von Eurostat veröffentlicht, dessen aktuelle Version, der Compilation Guide 2013 (Eurostat 2013) auch in dieser Arbeit die methodische Anwendung begleitet. Es erfolgte ein weiteres Elaborieren der methodischen Werkzeuge durch die Arbeitsgruppe in den darauffolgenden Jahren (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 8f). Seit 2011 ist die EW-MFA EU-rechtlich verankert und es wird von den Mitgliedstaaten gefordert, ihre volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen auf Schlüsselaspekte der nachhaltigen Entwicklung auszudehnen (EU-Verordnung Nr. 691/2011, S. 3). Eurostat sammelt die Länderdaten des europäischen Raumes und bringt sie auf ein standardisiertes Level, welches Vergleiche zwischen Ländern ermöglicht (vgl. IEA 2006 S. II). Auch auf globaler Ebene werden Materialflussdaten zunehmend erstellt, wie etwa in Analysen der globalen Materialflüsse von Krausmann et al. 2009, Schaffartzik et al. 2014 und auf der Datenbank Materialflows.net.¹¹

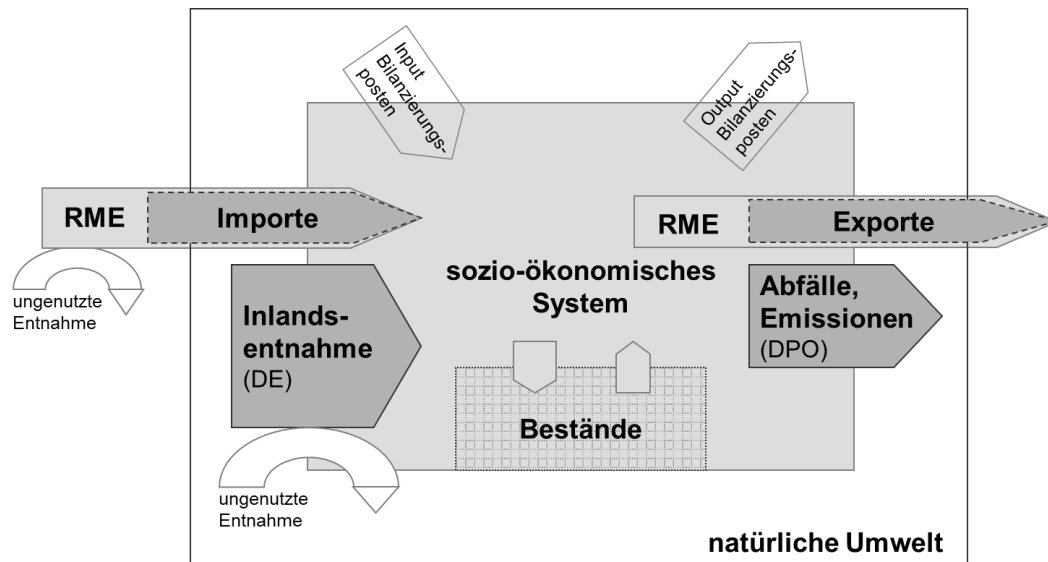
Die EW-MFA beschreibt den Nationalstaat als ein materiell und energetisch offenes System, welches sozial geleitete Interaktionen mit seiner biophysischen Umwelt organisiert. Der soziale Metabolismus des sozioökonomischen Systems ist durch zwei Systemgrenzen definiert. Die eine liegt zwischen dem Staat und seiner natürlichen Umwelt, über welche Rohstoffe aus der Umwelt entnommen und Abfälle, Emissionen und weitere Endstoffe wieder zurück in die Umwelt abgegeben werden. Umweltprobleme entstehen auf der Entnahmeseite z.B. indem Übernutzung von Ökosystemen zu einem Biodiversitätsverlust oder Bodenerosion führt und auf der Abgabeseite z.B. durch Schadstoffeintrag in Gewässer und Luft (vgl. Krausmann et al. 2015, S.10f).

Die zweite Systemgrenze liegt zwischen dem untersuchten Nationalstaat und anderen Staaten. Stoffflüsse, die über diese Grenze gehen werden ebenfalls erfasst - das betrifft den gesamten Außenhandel (Importe und Exporte). Schlussfolgernd werden staatsinterne Stoffflüsse, die die Grenzen nicht überschreiten, auch nicht durch die EW-MFA berücksichtigt (vgl. Krausmann et al.

¹¹ <http://www.materialflows.net/materialflowsnet/home/> Letzter Zugriff: März 2018

2015, S.10f). Allerdings geht aus der Analyse hervor, welcher Anteil der Flüsse im System verbleibt und somit in Grundversorgung und Aufbau der gesellschaftlichen Bestände eingeht. Die gesellschaftlichen Bestände, zu denen Menschen, Nutztiere und Artefakte zählen, werden nicht zahlenmäßig erfasst. Da die Nutztiere zu den Beständen des sozioökonomischen Systems gehören, zählen deren Produkte wie Fleisch, Milch und Eier nicht zu den Stoffflüssen, welche die Systemgrenzen überschreiten. Einzig die Futteraufnahme von Nutztieren aus der Natur (z.B.

Abbildung 2: Schematische Darstellung einer wirtschaftsräumliche Materialflussanalyse



Quelle: Krausmann et al. 2015 S. 15

die Beweidung durch Wiederkäuer) ist als Materialentnahme in der EW-MFA relevant. Wildlebende Tiere bilden eine Ausnahme. So ist z.B. Fisch aus Wildfang eine Rohstoffentnahme im Sinne der Analyse (überschreitet die Grenze zwischen Natur und Nationalstaat) Fisch in Aquakultur ist ein vom Menschen kultiviertes Nutztier und Teil der gesellschaftlichen Bestände, dessen Entnahme als Fluss innerhalb des sozioökonomischen Systems gewertet wird und daher in der Inlandsentnahme nicht berücksichtigt (vgl. Krausmann et al. 2015, S.11f; S. 26). Die Analyse orientiert sich am Grundsatz der Massenerhaltung, welcher besagt, dass Materie weder zerstört noch erschaffen werden kann. Daraus ergibt sich die Gleichung: $\text{Materialinput} = \text{Materialoutput} + \text{Bestandszunahme} - \text{Bestandsabnahme}$ (vgl. Krausmann et al. 2015, S.14). Abbildung 2 zeigt einen Überblick über die Stoffflüsse in das bzw. aus dem sozioökonomischen

System. Diese Arbeit fokussiert sich auf die Inlandsentnahme (Domestic Extraction), die Importe und die Exporte.

Nicht erfasst werden die Input- und Output Bilanzierungsposten¹², die ungenutzte Entnahme¹³ sowie die Rohmaterial- Äquivalente RME¹⁴. Die inländische Entnahme ist ein wichtiger Stofffluss der Berechnung, weil sie das gesamte Rohstoffspektrum umfasst welches ein Staat aus seiner Umwelt konsumiert. Zur Entnahme werden nur die sozioökonomisch verwerteten Materialien gezählt. Dabei werden die Materialkategorien Biomasse, fossile Energieträger, Baumineralien und metallische Erze unterschieden (vgl. Eurostat 2013, S. 10).

Der Außenhandel beinhaltet die Importe und Exporte als Flüsse zwischen der nationalen Ökonomie und anderen Staaten. Diese Kategorie beinhaltet Güter unterschiedlicher Verarbeitungsstufen (vgl. Krausmann et al. 2015, S.14ff). Das bedeutet, dass die Bandbreite der gehandelten Ware von Rohstoffen bis zu hochverarbeiteten Endprodukten wie Fahrzeugen reicht. Die Waren werden nach ihren Hauptbestandteilen den Kategorien zugeteilt, die auch bei der inländischen Entnahme erfasst werden (siehe voriger Absatz) (vgl. Eurostat 2013, S. 57).

Aus den Stofffluss-Daten lassen sich verschiedene Indikatoren ableiten. Dazu gehört der direkte Materialinput (Direct Material Input, DMI) welcher die gesamte inländische Entnahme zuzüglich der Importe erfasst. Der Schlüsselindikator inländischer Materialverbrauch (DMC) errechnet sich aus den Importen und der inländischen Entnahme abzüglich der Exporte (vgl. Krausmann et. al 2015, S.115). Die physische Handelsbilanz ergibt sich aus den Importen abzüglich der Exporte. Ist sie positiv, ist die beobachtete Ökonomie ein Nettoimporteur, das heißt es wird weniger importiert als exportiert. Ist die Bilanz negativ wird mehr exportiert als importiert und die Ökonomie ist Nettoexporteur (vgl. Krausmann et. al 2015, S.115).

¹² Das sind flüssige und gasförmige Flüsse, die als Hilfsstoffe oder unwillkürlich entstehen z.B. Gase bei der Kompostierung (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 16f)

¹³ Unused Extraction, Materialentnahmen, welche nicht in das Gesellschaftssystem aufgenommen werden und als Abfall enden, wie z.B. Beifang in der Fischerei oder Ernterückstände in der Landwirtschaft. Sie werden nicht erfasst (vgl. Krausmann et al. 2015, S.14)

¹⁴ Das ist der dem Import oder Export vorgelagerte Materialeinsatz in den verschiedenen Produktionsschritten bis zum Endprodukt (vgl. Krausmann et al. 2015, S.17)

4.2. Energieflussanalyse

Um den gesellschaftlichen Stoffwechsel vollständig zu erfassen ist es sinnvoll auch die Energieflüsse mit einzubeziehen. Material und Energie sind eng aneinander gekoppelt, da einige der schon in der EW-MFA erfassten Materialflüsse auch einen Energiegehalt haben und der gesamte Lebenszyklus von gesellschaftlich genutzter Materie von Energiezufuhr abhängig ist. Das betrifft sowohl die Entstehung von Rohstoffen (z.B. Sonnenenergie zum Aufbau von pflanzlicher Biomasse und Einsatz fossiler Energie in der Landwirtschaft zur Steigerung des Ertrags) als auch die Extraktion, Weiterverarbeitung und den Transport von Materie sowie die Abfallentsorgung, wobei stets eine Form von Arbeit verrichtet und Energie umgesetzt wird (vgl. Haberl 2001, S. 13). Fischer-Kowalski & Weisz (in: Haberl et al. 2016, S. 9) zufolge ist die Energieverfügbarkeit eines sozialen Systems maßgeblich für dessen Entwicklung. In Island hat die hohe Energieverfügbarkeit dazu geführt, dass sich energieintensive Wirtschaftssektoren etablierten, was auch Krausmann et al. 2014 schon beschrieb (vgl. Krausmann et al. 2014, S. 9).

Die Erfassung von Energieflüssen hat im Vergleich zu den Materialflüssen eine längere Tradition in den wissenschaftlichen Arbeiten zum gesellschaftlichen Stoffwechsel (vgl. Martinez-Alier 1987 in: Haberl 2001, S. 12). Der Fokus gängiger Energiestatistiken und Energiebilanzen liegt auf der Erfassung technischer Energie, während die EFA sich von den gängigen Erhebungen vor allem dadurch unterscheidet, dass sie alle Materialflüsse mit energetischem Wert ungeachtet ihrer Nutzung erfasst. Darin ist auch die gesamte Biomasse, welche in die Ernährung von Menschen und Nutztieren fließt, inkludiert¹⁵ (vgl. Haberl 2001: S. 11; S. 21).

In dieser Arbeit wird der Fokus, wie schon in der EW-MFA, auf den Außenhandel und die inländische Entnahme gesetzt und die gleichen Systemgrenzen wie jene der Materialflussanalyse beachtet. Dabei werden materielle Flüsse (Biomasse und fossile Energieträger) und immaterielle Flüsse (Wasserkraft, Geothermie, Wind, Kernenergie, Solarenergie) erfasst.

¹⁵ Haberl 2001 geht ab S. 17 auf die Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Energiebilanzen, Energiestatistiken und der EFA näher ein.

Diese immateriellen Flüsse werden in dieser Arbeit nicht wie in der EFA nach Haberl als Kategorie HRE (*Hydro/Renewables/Electricity*) sondern nur als HR (*Hydro/Renewables*) zusammengefasst, da keine Elektrizität im- oder exportiert wird sondern diese aus den erneuerbaren Energieträgern produziert wird und als eigene Kategorie "Elektrizitätsproduktion" dargestellt wird (vgl. Haberl et al. 2006, S. 155). Unter Berücksichtigung des Wassergehalts können die Materialflüsse in Joule und damit in Energieflüsse umgerechnet werden. Dabei wird in der EFA immer der Bruttoheizwert der Ressourcen ermittelt (GCV= *Gross Calorific Value*). Dieser erfasst die gesamte potentielle Energie, das heißt auch die latente Wärme, die bei einer Verbrennung der Ressourcen frei werden würde (vgl. Haberl in: Schandl et al. 2002, S.30 ff).

In der inländischen Entnahme werden die Energieträger mit ihrer Primärenergie erfasst, das heißt mit jener Energie, die beim Abbau vorhanden ist, bevor Umwandlungsprozesse stattfinden (z.B. die kinetische Energie des Wassers vor der Umwandlung in Elektrizität, das Rohöl vor der Raffination). Im energetischen Außenhandel werden sowohl Primärenergie-Träger als auch deren Produkte erfasst (z.B. Holzkohle, raffiniertes Öl) (vgl. Haberl 2001, S. 17). In dieser Arbeit abgeleitete Indikatoren sind der Energieverbrauch (Domestic Energy Consumption, DEC) und die energetische Handelsbilanz.

5. Methodische Durchführung

5.1. Materialflussanalyse

Als Literatur zur Durchführung der EW-MFA wurde hauptsächlich auf den methodologischen Leitfaden von Krausmann F. et al. (2015) „Economy-wide Material Flow Accounting. Introduction and Guide“ zurückgegriffen. Dieser ist der überarbeitete Entwurf für das aktuelle Methodenhandbuch des statistischen Amtes der EU (Eurostat 2013), welches ebenfalls verwendet wurde. Die Daten wurden aus nationalen und internationalen Datenbanken generiert, welche in den einzelnen Materialgruppen genauer aufgelistet werden.

Zur strukturierten Datenverwaltung wurden Tabellen und dazugehörige Anhänge von Eurostat ausgearbeitet, die eine Gliederung und Harmonisierung der MFA-Codes mit den Codes der jeweiligen Datenquellen ermöglichen (vgl. Krausmann et. al 2015, S.21). In dieser Arbeit

relevant sind inländische Entnahmen (A), Importe (B), Exporte (D) und Indikatoren (H). Für eine übersichtlichere Darstellung werden die Daten in 1000 metrischen Tonnen angegeben. Im Folgenden wird die Durchführung der EW-MFA gegliedert nach Materialgruppen für Entnahme und Außenhandel beschrieben um Datenquellen, Umrechnungen und damit das Zustandekommen der Ergebnisse nachvollziehbar zu machen. Island besitzt keine nachgewiesenen Vorkommen metallischer Erze, die in die Inlandsentnahme fließen könnten. Im Stoffwechsel benötigte Metalle werden gänzlich importiert (vgl. USGS 2015, S. 21.1). Dasselbe gilt für die fossilen Energieträger. Daher umfasst die im Folgenden beschriebene Inlandsentnahme nur die Biomasse und die Bau- und Industriemineralien nicht metallischen Ursprungs.

5.1.1. Inlandsentnahme Biomasse

Biomasse ist als Material- und Energielieferant ein zentraler Rohstoff im gesellschaftlichen Stoffwechsel, da sie aus den in einem Land verfügbaren, organischen Ressourcenquellen generiert wird und für den heimischen Bedarf oder den Export genutzt werden kann. Dazu zählt die gesamte pflanzliche Ressourcenentnahme durch den Menschen und seine Nutztiere (über Beweidung) und die Nutzung tierischer Rohstoffe aus Fischerei und Jagd. Die Biomasse stammt aus menschlich wenig gesteuerten Bereichen, wie natürlichen Wäldern, oder aus land- und forstwirtschaftlichen Kulturen. Die Tierhaltung und deren Produkte gehören in der Materialflussanalyse, wie schon in Kapitel 5 beschrieben, nicht zur Rohstoffentnahme, da Nutztiere zu den Beständen des sozioökonomischen Systems gezählt werden (vgl. Eurostat 2013: S. 10; Krausmann et. al 2015, S. 23-26).

Tabelle 2: MFA-Kategorien der inländischen Entnahme von Biomasse in Island

Quelle: eigene Darstellung nach Eurostat, EW-MFA Questionnaire 2016:

<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology> Letzter Zugriff: November 2016

Table A: Inländische Entnahme Biomasse	
A.1.1. Haupternteprodukte	
	A.1.1.1. Getreide
	A.1.1.2. Knollenfrüchte
	A.1.1.7. Gemüse
	A.1.1.8. Früchte
A.1.2. Verwendete Erntenebenprodukte	
	A.1.2.1. Stroh
A.1.3. Futterpflanzen und Weidebiomasse	
	A.1.3.1 Futterpflanzen (inkl. Heuernte)
	A.1.3.2 Weidebiomasse
A.1.4. Holz	
	A.1.4.1 Bauholz (industrielles Rundholz)
	A.1.4.2 Feuerholz und andere Entnahmen
A.1.5. Fischfang und andere Wasserlebewesen	
	A.1.5.1. Fischfang
A.1.6. Jagd	

Haupternteprodukte

Die Haupternteprodukte umfassen alle Haupterzeugnisse aus Ackerbau und Dauerkulturen (vgl. Krausmann et. al 2015, S.26). Eine genaue Auflistung findet sich in Tabelle 2. In der Datenbank der Food and Agriculture Organization of the United Nations (nachfolgend FAO) finden sich isländische Landwirtschaftsdaten bis zum Jahr 2013. Die nationale Datenbank Statistics Iceland stellt Daten mit in der Regel etwas höheren Mengen und für alle Jahre des beobachteten Zeitraums zur Verfügung. Diesen Daten wurde der Vorzug gegeben. Laut Krausmann sind nationale Datenbanken meist die besten Primärquellen, obgleich internationale Datenbanken wie die FAO eine bessere methodische Standardisierung für den Vergleich verschiedener Länder liefern (vgl. Krausmann et. al 2015, S. 19).

Erntenebenprodukte

Bei der Ernte von Feldfrüchten bleiben bestimmte Pflanzenteile wie Stroh oder Blätter übrig. Jener Teil, der einer weiteren Nutzung (z.B. Tierfutter, Energiegewinnung) zugeführt wird, wird auch in der MFA berücksichtigt (vgl. Krausmann et. al 2015, S.26f). Die isländischen Erntenebenprodukte stammen ausschließlich aus der Ernte von Gerste und sind in den Datenbanken nicht erfasst. Sie wurden mit Berechnungsfaktoren geschätzt (siehe Tabelle 3). Dabei wurde die Menge des Haupternteprodukts mit einem für die Weltregion spezifischen Erntefaktor multipliziert und das Ergebnis mit einer durchschnittlichen Wiederverwertungsrate des Pflanzenmaterials multipliziert (beide entnommen aus Krausmann et. al 2015, S.28).

Tabelle 3: Berechnungsfaktoren für Getreidestroh

Quelle: Eigene Darstellung nach Krausmann et al. 2015 S. 28

<i>Erntefaktor</i>	<i>Wiederverwertungsrate</i>
1	0,7

Futtermittel

In diesem Schritt wurden die Futtermittel und die von den Weidetieren abgegraste Biomasse ermittelt. Kommerziell vertriebene Nutzpflanzen wie Sojabohnen, Getreide und Mais, die nur zum Teil in die Tierindustrie gehen, wurden hier nicht hinzugezählt, weil diese schon unter den Haupternteprodukten erfasst wurden. Häufig sind die Futtermittel (z.B. Silomais, Rüben, Heu) statistisch nicht dokumentiert und unterliegen Berechnungsmethoden, um sie in der MFA erfassen zu können. (vgl. Krausmann et. al 2015, S.29f)

In der nationalen Datenbank Islands gibt es Daten für Heu und Silage aus Gras. Diese mussten zunächst von den angegebenen Kubikmetern in Tonnen umgerechnet werden und auf den standardisierten Feuchtigkeitsgehalt von 15 % gebracht werden. Zur Umrechnung wurde von der Datenbank auf Anfrage Werte für die Trockenmasse pro Kilogramm für die Futtermittel übermittelt, aus deren Mittelwert die Tonnen zu 15% Feuchtigkeitsgehalt errechnet werden konnten (siehe Tabelle 4). Da die Angaben zur Trockenmasse pro KG jedoch eine relativ große Schwankungsbreite haben, kann die tatsächliche Menge der Futtermittel von der errechneten Menge abweichen.

Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren für Heu und Silage Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung mit Daten aus Mailverkehr mit Statistik Iceland Datenbank (2016): <http://statice.is/> Letzter Zugriff Februar 2017

Futtermittel	kg/m³ (Trockenmasse)	Kg/m³ (15% Feuchtigkeitsgehalt)
Heu	145	167
Silage, lose	195	224
Ballensilage	183	210

Beweidung

Die durch Nutztiere abgeweidete Biomasse ist in der Regel in den Datenbanken nicht erfasst, deshalb muss über die Stückzahl der vorhandenen Wiederkäuer auf die aufgenommene Biomasse rückgeschlossen werden (vgl. Krausmann et. al 2015, S.30). Für Island wurde daher eine Futterbilanz erstellt. Die Anzahl der Weidetiere wurde von Statistic Iceland übernommen und der Raufutterbedarf der Wiederkäuer mithilfe der Indikatoren aus Tabelle 5 errechnet. Es wurde von einem industriellen Produktionssystem ausgegangen.

Tabelle 5: Raufutterbedarf europäischer Weidetiere
Quelle: Eigene Darstellung nach Krausmann et al. 2015, S.31

Mittlerer Jahresbedarf [t/Kopf und Jahr]	
<i>Rinder</i>	5,5
<i>Schafe und Ziegen</i>	0,64
<i>Pferde</i>	4,3

Dann mussten die im Schritt zuvor ermittelten Futtermittel (Heu, Silage) vom Gesamtbedarf der Tiere abgezogen werden, um aus der Differenz die durch Beweidung entnommene Biomasse zu bestimmen. Die Werte beziehen sich auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 15 % und berücksichtigen bereits den Anteil der Nahrung, der im Schnitt aus Haupternteerzeugnisse und Erntenebenprodukten abgedeckt ist (vgl. Krausmann et. al 2015, S.31).

Holz

In diesem Abschnitt der MFA werden Holz zur industriellen Weiterverarbeitung und Feuerholz erfasst (vgl. Krausmann et. al 2015, S.35). Die Daten wurden der FAO-Datenbank entnommen. Da das Holz in Kubikmetern angegeben war, mussten zunächst über einen Umrechnungsschlüssel (siehe Tabelle 6) die Tonnen zu 15 % Feuchtigkeitsgehalt errechnet werden.

Für die vollständige Erfassung wurden die Werte anschließend mit dem Faktor 1,1 multipliziert, was die ca. 10% der Baumrinde miteinrechnet. Die FAO-Angaben sind exklusive Rinde, die Stämme werden jedoch mit Rinde aus dem Ökosystem entnommen und diese zum Großteil weiterverarbeitet, was in der MFA als Biomasse-Entnahme berücksichtigt wird. Von 2005 bis 2011 gibt es keine Holzentnahmen.

Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren m³ in Tonnen für Nadel- und Laubholz

Quelle: eigene Darstellung nach Krausmann et al. 2015 S. 35

Dichte (Tonne zu 15% Feuchtigkeitsgehalt pro m³)	
<i>Nadelholz</i>	0,53
<i>Laubholz</i>	0,68

Fischerei

Da das Meer und die Flüsse für Island eine sehr wichtige Ressourcenquelle darstellen, ist die Biomasse aus Fischerei eine große physische Entnahme. In die MFA fließen alle Fischereierträge ein, die durch die nationale Fischereiflotte gefangen werden, auch in Gewässern abseits des Staatsgebietes (vgl. Eurostat 2013, S.22).

Die FAO Datenbank für Fischerei FishStat dokumentiert Daten zur Meeresfischerei und zu den in Flüssen geangelten Lachsen, Meeresforellen und Saiblingen Islands für alle Jahre des Beobachtungszeitraums. Auch die nationalen Datenbank Statistic Iceland erfasst Fischereidaten. Beide Datenquellen zeigen einen ähnlichen Trend (siehe Abbildung 1) wobei die FAO bis auf ein Jahr geringfügig höhere Mengen aufweist. Da die FAO über eine genauere Auflistung der gefangenen Tierarten verfügt, wurde sie als besser beschriebene Datenquelle gewählt.

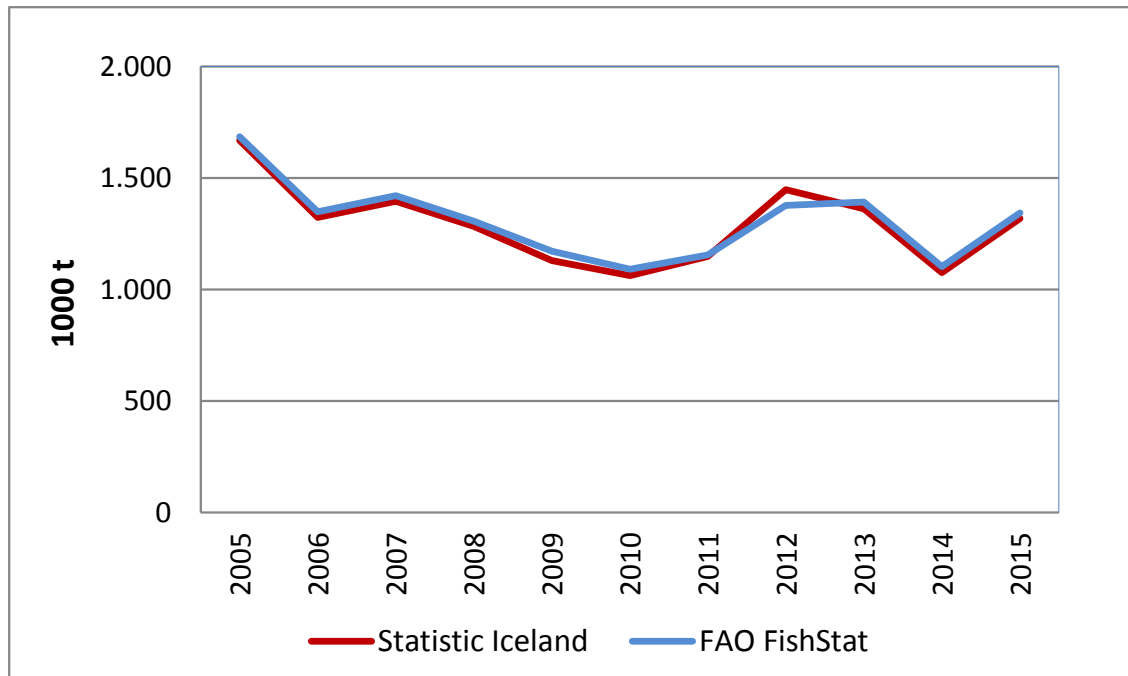


Abbildung 3: Inländische Entnahme (DE) Fischerei, Vergleich von zwei Datenquellen (Statistic Iceland, FAO FishStat) Quelle: Eigene Darstellung nach Statistic Iceland www.statice.is, FAO Fisheries

Jagd

Die isländischen Jagddaten konnten von der nationalen Datenbank abgerufen werden. Die Daten mussten von der Stückzahl in Masse umgerechnet werden. Hierfür wurden durchschnittliche Gewichte verschiedener europäischer Wildtiere aus dem Methodenhandbuch von Eurostat 2013 verwendet. Beim einzigen Großwild, den Rentieren, wurden wie von Eurostat beschrieben 20% des Durchschnittsgewichts abgezogen, da diese Tiere in der Regel am Ort der Jagd ausgeweidet werden und die Innereien im Ökosystem verbleiben (vgl. Eurostat 2013, S.23). Das Gewicht einiger Meeresvögel konnte bei Eurostat nicht gefunden werden und wurde im Kontakt mit Bird Life Iceland ermittelt (Mailverkehr Matthíasdóttir, Februar 2017).

5.1.2. Inlandsentnahme nicht metallischer Mineralien

Mineralien werden als Rohmaterial im Bausektor verwendet, als auch in zahlreichen industriellen Prozessen verarbeitet. In Europa bilden die Baumineralien den größten Teil der inländischen Entnahme (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 40). Die isländische mineralische Ressourcenentnahme wurde aus verschiedenen Datenquellen generiert. Alle Datenquellen sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Inländische Entnahme nichtmetallischer Mineralien und Datenquellen Quelle: Eigene Darstellung. Datenbanken: USGS (United States Geological Survey): www.usgs.gov; UN Comtrade (United Nations Commodity Trade Statistics Database): <https://comtrade.un.org>; Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft – World Mining Data: www.bmwf.gv.at/EnergieUndBergbau; ICES (International Council for the Exploration of the Sea): www.ices.dk/Pages/default.aspx, UNSTATS (United Nations Statistical Division): <https://unstats.un.org> Letzter Zugriff: August 2017

Mineral	Datenquelle
Bau- und Schmuckstein	USGS
Sand und Schotter	ICES
Salz	USGS & World Mining Report
Kieselgur	USGS
vulkanisches Gestein	USGS, Comtrade

Baumineralien sind häufig unzureichend erfasst, vor allem so genanntes Schüttgut wie Sand, Schotter und Kies. Diese Stoffe werden oft nicht als solche gehandelt sondern gleich weiterverarbeitet (vgl. Eurostat 2013 S. 42). Sand und Schotter wird in mehreren Quellen berichtet, welche in Abbildung 4 gegenübergestellt sind. Die Daten der United States Geological Survey (nachfolgend USGS) für Sand- und Schotter sind geschätzt und umfassen 5 Jahre. Sie sind, wie in Abbildung 4 ersichtlich, im Vergleich zu den anderen Datenquellen sehr hoch. Es erfolgte eine Einschätzung der Plausibilität der USGS-Daten nach Krausmann et al. 2015 über Daten zum Zement- und Bitumenverbrauch. Zement wird mit Sand und Schotter zu Beton verarbeitet, welcher die Hauptnutzung für Sand und Schotter darstellt (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 58). Von der European Cement Association¹⁶ berichtete Daten zum Zementverbrauch der Beobachtungsjahre wurden dazu mit dem Faktor 6,09 (nach Krausmann et al. 2015 S. 58) multipliziert, um den Sand- und Schotteranteil zu schätzen, welcher für die Herstellung von Beton verwendet wurde. Dann wurde der Sand- und Schotterverbrauch für Asphalt (besteht aus Bitumen und Sand und Schotter) über die Comtrade-Daten (United Nations Commodity Trade Statistics, nachfolgend Comtrade) von Bitumen geschätzt (Bitumenkonsum * 20) und die ermittelten Werte addiert (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 58f). Die Schätzung fällt bedeutend geringer aus, als die von USGS berichteten Werte (siehe Kurvenvergleich Abbildung 4). Weitere Sand- und Schotterdaten gab es bei der British Geological Survey für 6 Jahre und in weitaus geringeren Mengen als jenen von USGS. Sand- und Schotterdaten für alle Beobachtungsjahre

¹⁶ Siehe auch: <https://cembureau.eu/> Letzter Zugriff März 2018

konnten beim International Council for the Exploration of the Sea (nachfolgend ICES) gefunden werden. Es handelt sich um die Entnahme mariner Sedimente in Form von Sand und Schotter welche hauptsächlich im Bausektor weiterverwendet werden. Die Entnahme zeigt wie auch das BIP des Bausektors ein starkes Absinken zwischen dem Jahr 2008 und dem Jahr 2010. Es lässt sich recherchieren, dass es viele kleine Abbaugelände für Mineralien (welche nicht nur Sand- und Schotter umfassen) am Festland gibt, deren Entnahmen aber nicht erfasst sind und auf Schätzungen basieren (vgl. Dronjak 2005, S. 5). Aufgrund der Vollständigkeit und genauen Beschreibung der Entnahmen und deren Nutzung, als auch deren Übereinstimmung mit der Größenordnung der Schätzung nach Krausmann und auch der inländischen Entnahme der Arbeit von Richter (2011) für die Überschneidungsjahre, wurden die ICES-Daten als beste Datenquelle ausgewählt und verwendet. Aufgrund der fehlenden Festland-Daten muss aber mit einer möglicherweise unterschätzten Menge gerechnet werden.

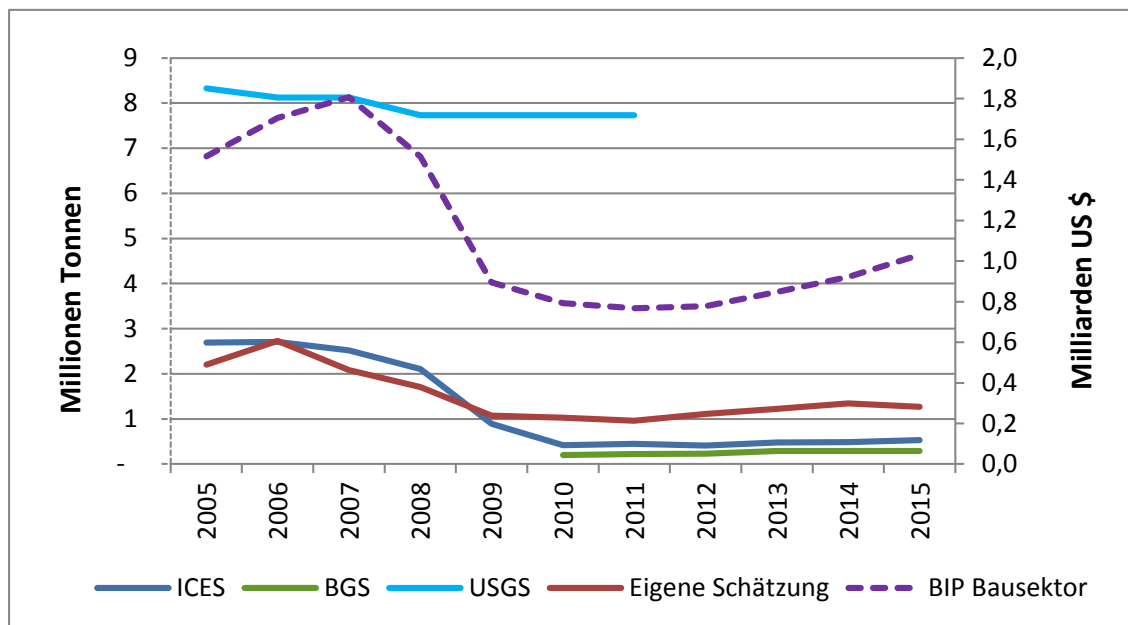


Abbildung 4: Vergleich der Entnahme von Sand und Schotter unterschiedlicher Datenquellen und dem BIP des Bausektors Quelle: Eigene Darstellung. Datenbanken: ICES www.ices.dk/Pages/default.aspx; BGS (British Geological Survey): www.bgs.ac.uk/data; USGS : www.usgs.gov; UNSTATS: <https://unstats.un.org> Letzter Zugriff August 2017

In Island kommt kein Kalkstein vor (Just Iceland 2018). Die lokale Produktion von Zement (welcher üblicherweise auch Kalk benötigt) erfolgt in Island nur mit marinem Muschelsandkalk in einem Zementwerk im Südwesten (vgl. ICES 2016, S.9).

Für das Gestein Rhyolith und Basalt erfolgte eine Umrechnung von m³ in Tonnen (nach Krausmann et al. 2015, S. 54). Außerdem fehlten bei USGS Daten für die Jahre 2011 bis 2015 für die letzteren Gesteine und Bimsstein. Für Bimsstein konnte über Comtrade Exportdaten ein Trend ermittelt werden (da nur ein Teil exportiert wird) und daraus die Bimsstein-Extraktion ab 2011 geschätzt werden. Für Rhyolith und Basalt wurde ein Trend aus dem BIP des Bausektors errechnet und damit die Extraktion der beiden Mineralien ab 2011 geschätzt.

5.1.3. Außenhandel

Der Außenhandel umfasst alle Ressourcen, welche die Grenzen des Landes überqueren. Im Handel werden neben Rohstoffen auch verarbeitete Güter erfasst (vgl. Eurostat 2013, S. 9). Für die Importe und die Exporte wurde als hauptsächliche Datenquelle die UN Handels-Datenbank Comtrade verwendet. Hier findet man verschieden stark verarbeitete Güter aller Rohstoffklassen. Die Daten wurden gegliedert nach der Standard International Trade Statistics Classification Revision 1 (SITC Rev.1) heruntergeladen. Die SITC Rev.1-Codes konnten über die Entsprechungstabelle von Eurostat¹⁷ den MFA-Codes zugeordnet werden.

Die Außenhandels-Daten wurden aus der Handelsstatistik der vereinten Nation Comtrade genommen, mit Ausnahme der Fischereientnahmen welche von der FAO stammen. Dies liegt an den höheren Zahlen und detaillierteren Daten der FAO (siehe Vergleich der Export-Daten in Abbildung 5). Da jedoch die Jahre 2014 und 2015 bei der FAO nicht zur Verfügung standen wurden diese Jahre anhand des im Fischfang-Export der Comtrade ablesbaren Trends geschätzt.

¹⁷ Eurostat 2016: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology> Letzter Zugriff: November 2016

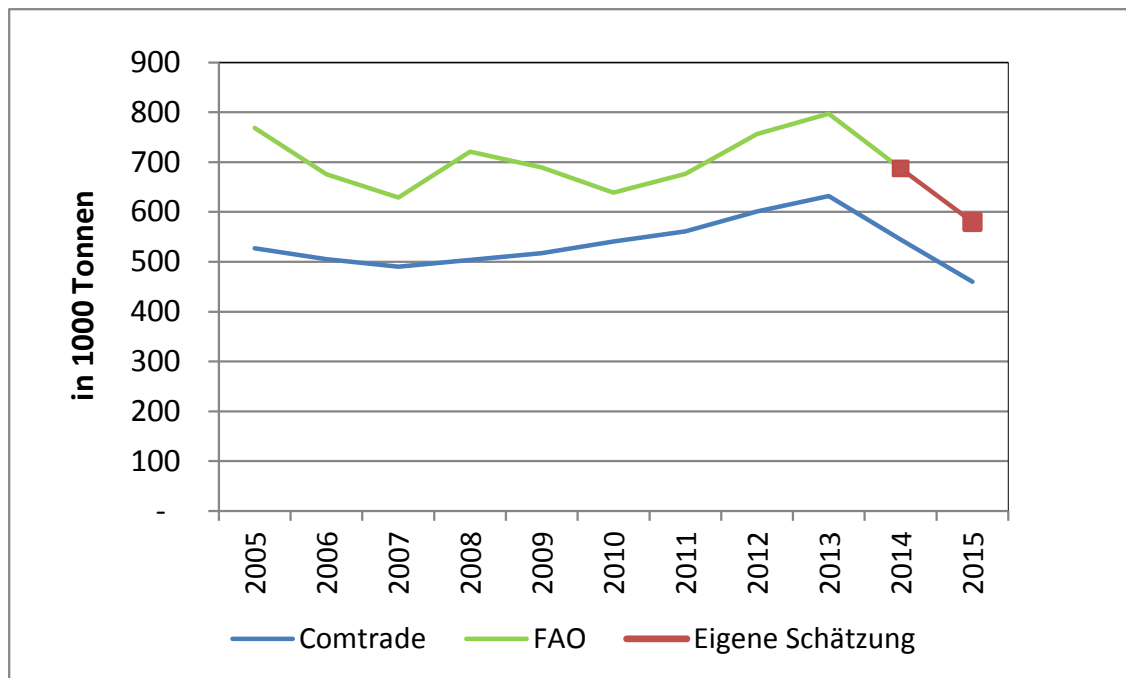


Abbildung 5: Vergleich der Exportdaten von Fisch aus den Datenquellen Comtrade und FAO sowie einer eigenen Schätzung im Zeitraum 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung. Datenquellen: FAO Fisheries and Aquaculture Department: www.fao.org/fishery/statistics; Comtrade <https://comtrade.un.org>; Letzter Zugriff Februar 2017

5.2. Energieflussanalyse

Als Literatur zur Durchführung der Energieflussanalyse diente der Abschnitt „Economy Wide Energy Flow Accounting“ von Helmut Haberl (S. 29-45) im Handbook of Physical Accounting (Schandl et al. 2002), das Energy Statistics Manual der International Energy Agency (IEA 2005) und „The energetic metabolism of the European Union and the United States“ von Haberl et al. 2006. Die EFA wurde in dieser Arbeit mit Fokus auf die inländische Entnahme, den Außenhandel und die Erzeugung elektrischer Energie aus Primärenergie durchgeführt. In der inländischen Entnahme finden sich nur die Biomasse und die erneuerbaren Energieträger, da fossile Energieträger wie schon in der EW-MFA beschrieben gänzlich importiert werden. Im Folgenden wird die Durchführung der EFA beschrieben, um Datenquellen, Umrechnungen und damit das Zustandekommen der Ergebnisse nachvollziehbar zu machen.

5.2.1. Inländische Entnahme Biomasse

Zur Berechnung des Energiegehaltes der Biomasse konnten die Daten aus der Inlandsentnahme von Biomasse der EW-MFA übernommen und in Energieeinheiten umgerechnet werden. Diese umfassen die land- und forstwirtschaftliche Produktion, die von Nutztieren gefressene Weidebiomasse und die Fischerei. Dazu wurde zunächst der Feuchtigkeitsgehalt der einzelnen Kategorien ermittelt, um die Trockenmasse zu errechnen. Dann wurde die Trockenmasse mit dem oberen Brennwert (Gross Calorific Value) der jeweiligen Rohstoffe in Terajoule umgerechnet (vgl. Haberl et al. 2006, S. 154). Richtwerte für den Feuchtigkeitsgehalt und den oberen Brennwert einzelner Rohstoffe stammen aus Umrechnungstabellen des Anhangs des MFA-Guides von Krausmann et al. 2015 und aus persönlicher Kommunikation mit der nationalen Datenbank Statistic Iceland und mit Fridolin Krausmann sowie den zuvor genannten Methodenguides.

5.2.2. Inländische Entnahme Hydro/Renewables

Daten zur Energiegewinnung aus Wasserkraft und Geothermie konnten bei der IEA und bei der nationalen Energieagentur Islands Orkustofnun¹⁸ gefunden werden. Wasserkraft wird in Island ausschließlich zur Stromerzeugung genutzt, wogegen Geothermie einerseits zur Stromgewinnung und andererseits zur Beheizung über Warmwasserleitungen verwendet wird. Die IEA stellt Daten der zur Beheizung genutzten Geothermie in TJ und der für Elektrizität genutzten Geothermie in Gigawattstunden (Gwh) bereit. Die Wasserkraft-Daten finden sich dort ebenfalls in Gigawattstunden (Gwh). Diese müssten über einen Koeffizienten erst in Joule umgerechnet werden. Da die nationale Energieagentur Orkustofnun die Gesamtproduktion von Wasserkraft und Geothermie in Joule erfasst mussten diese Daten nicht mehr umgerechnet werden, weshalb diesen Daten der Vorzug gegeben wurde.

5.2.3. Außenhandel

Die Außenhandelsdaten für Biomasse konnten aus der EW-MFA übernommen und in Energieeinheiten umgerechnet werden. Die Daten stammen mit Ausnahme der Fischereidaten (FAO FishStat) aus der Comtrade Datenbank. Zur Umrechnung wurde zunächst der Wassergehalt der einzelnen Güter ermittelt, dann die Trockenmasse errechnet und diese mit

¹⁸ Siehe auch <https://nea.is/the-national-energy-authority/energy-data/> Letzter Zugriff: März 2018

Hilfe von Angaben zum oberen Brennwert der jeweiligen Rohstoffe in Terajoule umgerechnet. Eine Liste des Wassergehalts und der Brennwerte mit Datenquellen findet sich in Tabelle 8. Verarbeitete Produkte wurden mit Indikatoren zum Feuchtigkeitsgehalt und Brennwert der enthaltenen Hauptressource in Trockenmasse umgerechnet, ebenso wie die Brennwerte ebenfalls nach hauptsächlich vertretener Biomasse (z.B. Holzprodukte).

Tabelle 8: Umrechnungswerte für Wasser- und Energiegehalt der Biomasse-Außenhandelskategorien
Quelle: eigene Darstellung Datenquellen: persönliche Kommunikation mit Fridolin Krausmann, Krausmann et al. 2015 Annexes and Tables.

Materialkategorie		Wasser- gehalt	Energiegehalt (MJ) pro KG Trockengewicht
Biomasse	Getreide	12-14 %	18,30
	Zuckerfrüchte	5-13 %	16,00
	Ölfrüchte	10%	25,00
	Gemüse	90%	18,50
	Obst	15-88 %	20,00
	Faserfrüchte	10-13 %	19,50
	Andere Feldfrüchte	3-10 %	19,00
	Futtermflanzen	10-50 %	18,50
	Holz	15%	19,50
	Fisch und Meeresfrüchte	0-75 %	10,00
	Lebende Tiere	55%	22,00
	Fleisch und Fleischprodukte	35-50 %	22,00
	Milchprodukte & Eier	15-87 %	27,50
	Andere tierische Produkte	0-10 %	19/40
	Andere Produkte, vorwiegend aus landwirtschaftlicher Biomasse	0-92 %	25,8/40
	Andere Produkte, vorwiegend aus forstwirtschaftlicher Biomasse	10-65 %	19,5

Neben der Biomasse werden fossile Energieträger gehandelt. Die Daten zum Import und Export von fossilen Energieträgern wurden aus der Datenbank der IEA geholt. Auch hier war eine Umrechnung über die oberen Brennwerte, welche Tabelle 9 zu entnehmen sind, notwendig. Um auch den Energiegehalt der gehandelten Produkte, welche hauptsächlich aus fossilen Energieträgern bestehen, zu erfassen, wurde noch einmal auf die Comtrade-Handelsdaten der EW-MFA zurückgegriffen, da die IEA und Orkustofnun diese nicht erfassen.

Tabelle 9: Obere Brennwerte der Kategorie fossile Energieträger Quelle: eigene Darstellung.
Datenquellen: Schandl, H. et al. 2002, S. 44; IEA 2005 S. 110; S. 180f; UNSTATS 2015

Materialkategorie		Energiegehalt (MJ) pro KG Trockengewicht
fossile Energieträger	Anthrazit	30,00
	Andere Steinkohlen	25,30
	Kokereikoks	30,77
	Flüssiggas	49,92
	Luftfahrt-Benzin	47,40
	Heizöl	44,08
	Testbenzin	42,61
	Schmiermittel	42,61
	Bitumen	42,61
	Erdölkoks	34,13
	Andere Ölprodukte	42,61
	Motorenbenzin, exkl. Biokraftstoffe	47,10
	Jet-Kerosin exkl. Biokraftstoffe	46,23
	Schweröl/Dieselöl exkl. Biokraftstoffe	45,66
	Produkte vorwiegend aus fossilen Energieträgern	45

6. Ergebnisse

6.1. Materialflussanalyse

6.1.1. Inländische Entnahme

Der isländische Rohstoffabbau im Beobachtungszeitraum umfasst die zwei Kategorien Biomasse und nichtmetallische Mineralien, da die Insel keine metallischen Umweltressourcen besitzt und fossile Meeresdepots momentan noch erkundet, diese aber nicht gefördert werden (vgl. Ball 2008 in: USGS 2010, S. 17.1.) Das Maximum der gesamten Ressourcenentnahme liegt im ersten Beobachtungsjahr 2005 bei 5,67 Mio. Tonnen und sinkt dann bis 2010 kontinuierlich ab, wobei das Jahr 2009 mit einem Reduktion um 29% im Vergleich zum Vorjahr den größten Rückgang darstellt. Ab dem Jahr 2011 sind positive Wachstumsraten zu beobachten, welche lediglich im Jahr 2014 von einer Abnahme von 6% unterbrochen werden. Im Jahr 2015 beträgt die materielle Entnahme 3,2 Mio. Tonnen. Der Rückgang der Entnahmen über den Beobachtungszeitraum ist vor allem auf den rückläufigen Mineralienabbau ab 2006 zurückzuführen (siehe auch Abbildung 6). Beide Hauptkategorien weisen jedoch in den Krisen Jahren 2008 bis 2010 einen Rückgang der Entnahme auf.

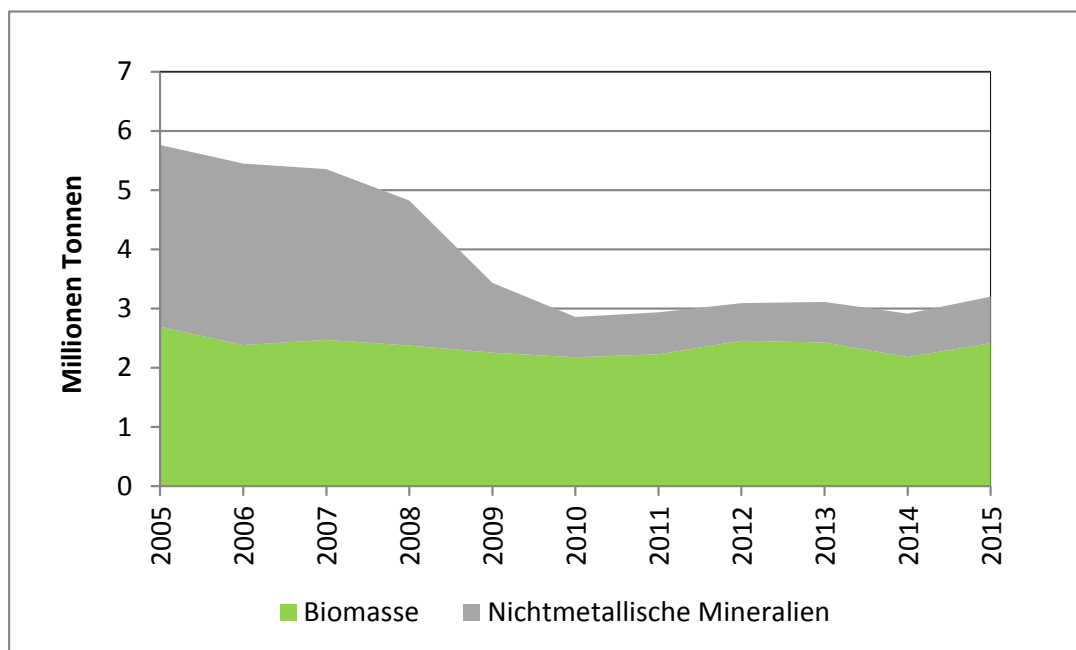


Abbildung 6: Inländische Entnahme (DE) in den Hauptkategorien Biomasse und nicht metallische Mineralien von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

Ab dem Jahr 2009 löst die Biomasse-Entnahme jene der Mineralien an erster Stelle ab. Die Biomasse weist im Vergleich zu den Mineralien einen relativ konstanten Entnahmetrend im Beobachtungszeitraum auf.

Biomasse

Es zeigt sich in den physischen Entnahmen, dass das Meer und die Weideflächen in Island die wichtigsten Ressourcenquellen für Biomasse sind. Die Materialkategorie mit den höchsten jährlichen Entnahmen ist die Fischerei. Die 200 Seemeilen rund um Island (über 758.000 m²), welche exklusive Fangzone des Inselstaates sind, bilden durch das Zusammentreffen kalter und warmer Meeresströmungen ein nährstoffreiches Habitat für zahlreiche wirtschaftlich bedeutende Fischarten wie atlantischen Kabeljau, Hering und Kapelan (vgl. Central Bank of Iceland 2015, S.7; Ministry of Industries and Innovation 2017).

Die Fischereirechte in Island wurden im Jahr 1990 privatisiert, um die Fischbestände zu schonen und den Gewinn des Sektors zu maximieren (siehe auch Kapitel 4). Seither werden die Fischfangquoten über das Individual Transferable Quota-System am Markt gehandelt. Jährlich werden von der Regierung Kapazitätsgrenzen pro Fischart festgelegt, welche nicht überschritten werden dürfen. Wenige große Firmen decken alle Branchenbereiche vom Fang bis zur Verarbeitung ab und besitzen einen Großteil der Quoten (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011 S. 231; Central Bank of Iceland 2015, S. 20).

Abbildung 7 zeigt, dass die Fischfangquote im Zeitverlauf Schwankungen aufweist. Wie in Tabelle 10 ersichtlich beläuft sich die Fischentnahme im Jahr 2005 auf 63% der gesamten Biomasseextraktion, was den Höchststand des Beobachtungszeitraumes darstellt, sinkt dann bis zum Jahr 2010 auf 50% und steigt im Jahr 2015 wieder auf 55 %.

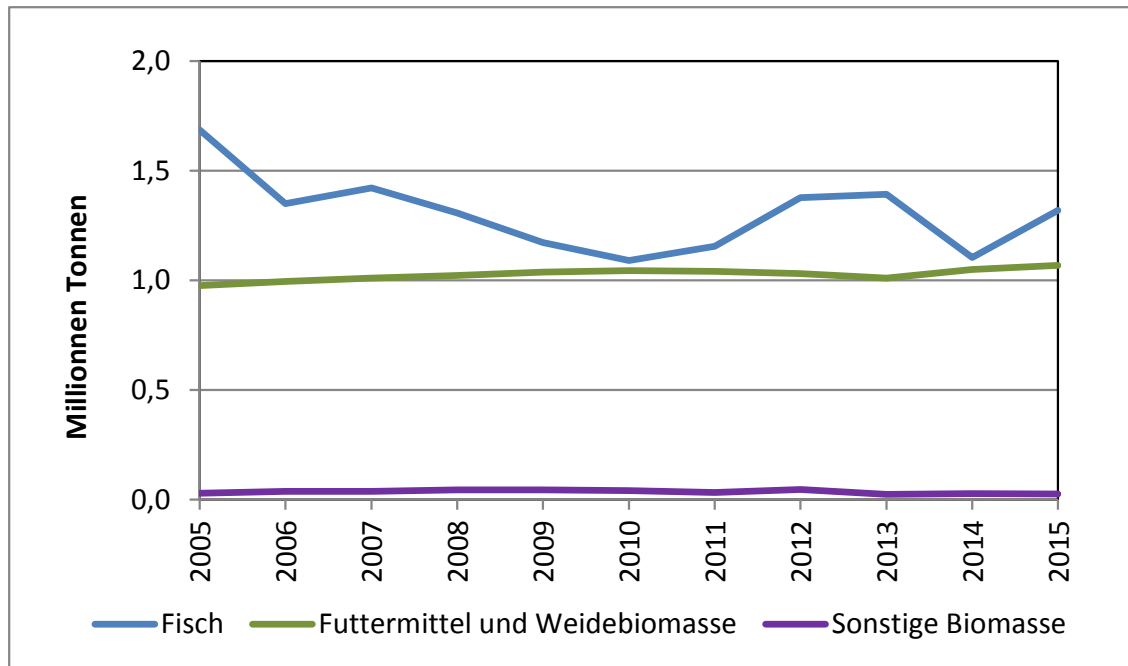


Abbildung 7: Gesamte inländische Entnahme (DE) von Biomasse in 3 Hauptkategorien
Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

Die zweitgrößte Entnahmekategorie ist jene der Futtermittel und Weidebiomasse, welche im Jahr 2015 zu 41% aus Futtermitteln und zu 59% aus von Weidetieren abgegraster Biomasse besteht. Circa 17 % (das entspricht 18.000 km²) der Insel werden als Weidefläche genutzt. Neben Rindern, Pferden und Ziegen werden zu 75% Schafe gehalten. Durch ihren höheren Futterbedarf bedingen die Rinder und Pferde jedoch ähnlich große Biomasse-Entnahmen wie die Schafe. Die Fleisch- und Milchprodukte der Tiere werden hauptsächlich für den inländischen Bedarf genutzt (vgl. CIA 2018; Central Bank of Iceland 2015, S.24). Bei den Futtermitteln handelt es sich um Heu und Silage aus Gras. Die Materialflüsse von Futtermitteln und gegrastem Futter weisen im Zeitverlauf eine geringe Entnahmedynamik auf. Im Jahr 2005 liegt ihr Anteil an der Biomasse-Extraktion bei 36 %, im Jahr 2015 ist er auf 44 % gestiegen (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Überblick absolute und relative inländische Entnahmen (DE) von Biomasse von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Biomasse Gesamt (1000 Tonnen)	2.692	2.383	2.471	2.375	2.255	2.178	2.228	2.455	2.427	2.182	2.414
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Hauptkategorien in absoluten Zahlen (1000 Tonnen)											
Fischfang	1.686	1.349	1.422	1.307	1.173	1.091	1.155	1.377	1.392	1.104	1.319
Futtermittel und Weidebiomasse	976	995	1.011	1.023	1.037	1.045	1.041	1.031	1.010	1.050	1.069
Andere Biomasse	29	39	38	45	45	41	32	47	24	28	26
Hauptkategorien relativer Anteil an Gesamtbiomasse											
Fischfang	63%	57%	58%	55%	52%	50%	52%	56%	57%	51%	55%
Futtermittel und Weidebiomasse	36%	42%	41%	43%	46%	48%	47%	42%	42%	48%	44%
Andere Biomasse	1%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	2%	1%	1%	1%

Die restliche Biomasse (siehe Tabelle 10 "andere Biomasse") hat einen Anteil von 1-2 % an der Gesamtbiomasse-Extraktion. Dazu gehören die Die Haupternteerzeugnisse, die Erntenebenerzeugnisse sowie die Biomasse aus Forstwirtschaft und Jagd. Weniger als 5 % der Insel werden für Landwirtschaft kultiviert. Die Insel produziert hauptsächlich Getreide, Kartoffeln, Wurzelgemüse und grünes Gemüse wovon Letzteres zum Teil in geothermal beheizten Glashäusern gezogen wird (vgl. Central Bank of Iceland 2015, S.24). In der Forstwirtschaft gibt es vor dem Jahr 2011 keine Entnahmen, danach geringe Entnahmen. Vor der permanenten Besiedelung ab dem Jahr 875 war Island mit 25-40 % Birken- und Weidenwälder bedeckt, welche seitdem jedoch stark dezimiert wurden. Ab dem Jahr 1950 starteten Wiederaufforstungsprojekte (vgl. Geiss 1980, S. 90; Eysteinsson 2013, S. 5-8). Im Jahr 2012 liegt die Bewaldung bei 1,5 %. Der isländische Bedarf an Forstprodukten wird größtenteils über Importe gedeckt (vgl. Eysteinsson 2013, S. 31; S. 17).

Nichtmetallische Mineralien

In der isländischen Mineraliengewinnung zeigt sich ein starkes Absinken der Entnahmen zwischen den Jahren 2006 und 2010. Wie in Abbildung 3 ersichtlich sind dafür die Sand & Schotterentnahmen verantwortlich, welche im Jahr 2005 88 % Anteil an der Mineraliengewinnung haben, im Jahr 2015 jedoch auf einen Anteil von 68 % sinken. In absoluten Zahlen zeigt sich der drastische Abfall bei Sand und Schotter von 2,7 Mio. Tonnen im Jahr 2005 auf 0,5 Mio. Tonnen im Jahr 2015. Die Phase des Entnahmerückgangs stabilisiert sich

ab 2010 auf einem Niveau zwischen 0,4 und 0,5 Mio. Tonnen. Die Daten zu Sand und Schotter beziehen sich auf den Abbau aus marinen Sedimenten. Zu diesem Materialfluss gehören neben Sand und Schotter als Gemenge auch Muschelsandkalk und Maerl, ein Sand aus Rotalgen. Der Anteil an Muschelsand an den gesamten Sand- und Schotterentnahmen liegt im Jahr 2005 bei 10 % und sinkt bis zum Jahr 2015 auf 4 %, wohingegen die Entnahmen von Maerl von 1 % (2005) auf 24 % (2015) steigen. Im Südwesten Islands wird Muschelkalksand gewonnen und lokal zur Herstellung von Zement verwendet. Maerl wird im Nordwesten Islands abgebaut und größtenteils exportiert. Er wird dann zur Bodenverbesserung, als Tierfutter, als Zusatzstoff und für pharmazeutische Produkte eingesetzt (vgl. ICES 2016, S. 9; S. 16). Nicht erfasste Festlandentnahmen von Sand und Schotter sind wahrscheinlich aber durch die schlechte Datenlage nicht in der MFA berücksichtigt, weshalb die tatsächlichen Entnahmen wahrscheinlich höher ausfallen. Betrachtet man den Bausektor, in welchem Sand und Schotter vorwiegend verwendet wird, so sinkt dessen BIP im Zeitraum der Finanzkrise vom Jahr 2008 auf das Jahr 2010 um 52 % (siehe auch Kurventrend in Abbildung 8). Der Trendvergleich von Mineralientnahmen für den Bausektor und der Entwicklung des BIP im Bausektor zeigt eine bedingte Korrelation (die Mineralientnahme sinkt stärker ab als das BIP).

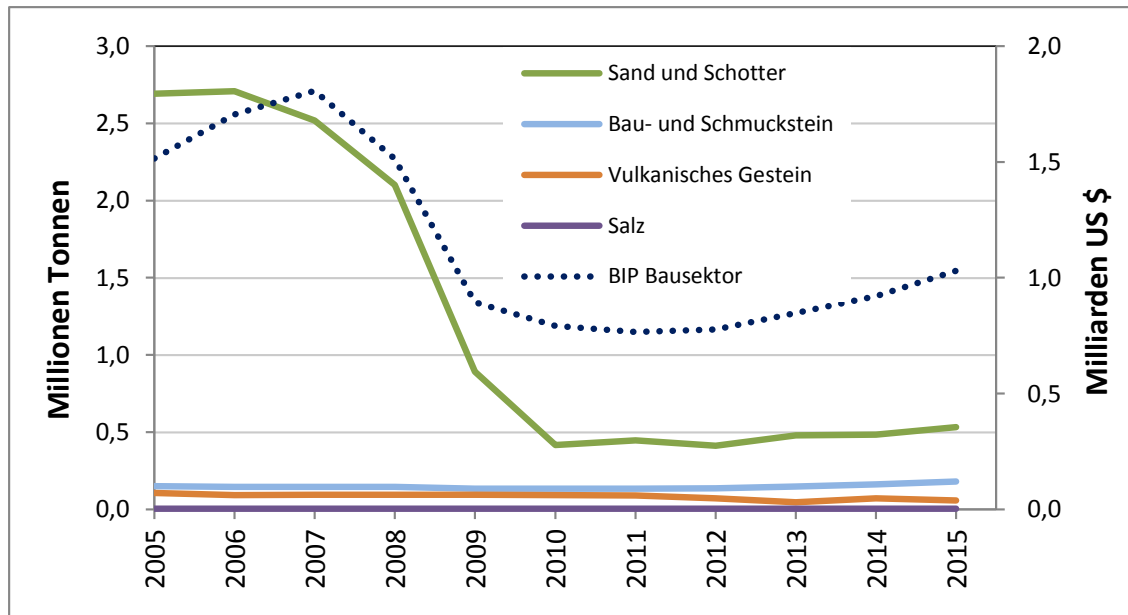


Abbildung 8: Inländische Entnahme (DE) der nichtmetallischen Mineralien in den Hauptkategorien von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten und UNSTATS National Accounts <https://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp> Letzter Zugriff März 2018

Die restlichen Mineralientnahmen liegen im Beobachtungszeitraum zwischen 0,2 und 0,4 Mio. Tonnen. Zu den kleineren Entnahmen zählen Basaltgesteine, welche das Grundgestein Islands bilden. Der entnommene Bau- und Schmuckstein umfasst Basalt und Rhyolith, welche häufig für Verkleidungen verwendet werden (vgl. Sveinsdottir & Wiggum 2003, S. 1). Es werden auch kleine Mengen des porösen, vulkanischen Bimssteins abgebaut, welcher hauptsächlich exportiert wird.

6.1.2. Außenhandel

Bevor der inländische Materialverbrauch ergänzend zur Entnahme ermittelt werden kann, muss ein Blick auf den Außenhandel gemacht werden und jährlichen Importe und Exporte berechnet werden.

Importe

Im Überblick lässt sich feststellen, dass die physischen Importe im Beobachtungszeitraum mit Ausnahme von zwei Jahre ansteigen. Abweichend sind die Krisenjahre 2009 mit einem Rückgang von -15% und 2010 mit gleichbleibender Importmenge (siehe auch Entnahmetrend Abbildung 9).

Die gesamten physischen Importe liegen im Jahr 2005 bei 3,58 Mio. Tonnen, steigen dann bis 2008 auf 4,67 Mio. Tonnen und verzeichnen 2009 einen Abfall auf 3,98 Mio. Tonnen. Im Jahr 2015 wird die höchste Menge von 5,08 Mio. Tonnen importiert. Die Metalle sind ab 2006 (davor die fossilen Energieträger) die größte Importkategorie. Sie bedingen den starken Anstieg der Importe im Jahr 2008, da Metalle in diesem Jahr mehr als die Hälfte der gesamten physischen Importe Islands ausmachen (siehe auch Tabelle 10). Davon sind 94 % Aluminiumoxide, welche als Ausgangsmaterial für die Aluminiumproduktion benötigt werden. Die Entwicklung des Aluminiumsektors wird im Kapitel Diskussion näher behandelt.

An fossilen Energieträgern werden hauptsächlich Erdöl und Erdöl-Produkte importiert (80-87% der fossilen Importe im Beobachtungszeitraum). Dieses wird im Jahr 2014 in erster Linie für den Autoverkehr (43%), die Luftfahrt (29%) und Fischereiflotten (21%) verwendet, wobei der Trend der Vorjahre (ab 2009) eine Zunahme der Nutzung im Flugverkehr und ein Abnehmen der Erdölnutzung in der Fischerei beschreibt (vgl. Orkustofnun 2018).

Die Importe von biomasse-basierten Gütern sinken zwischenzeitlich in den Jahren der Krise stark ab, so etwa von 2008 auf 2009 um 36% oder in absoluten Zahlen von 600.000 Tonnen (2008) auf 390.000 Tonnen (2009), nehmen aber in den letzten Beobachtungsjahren wieder zu. so dass sie am Ende des Beobachtungszeitraumes fast wieder das Niveau von 2005 erreichen (2005: 739.000 Tonnen; 2015: 708.000 Tonnen). Die größten Importgruppen sind Fischereiprodukte, tierische Rohstoffe und Haupternteerzeugnisse, von welchen Getreide, Gemüse und Ölfrüchte die größten Importe darstellen. Der Import der Kategorie "Andere Produkte" liegt zwischen 2-3 %, bei denen es sich um verarbeitete Güter aus Rohstoffen verschiedener Materialgruppen handelt, z.B. Möbel und pharmazeutische Produkte.

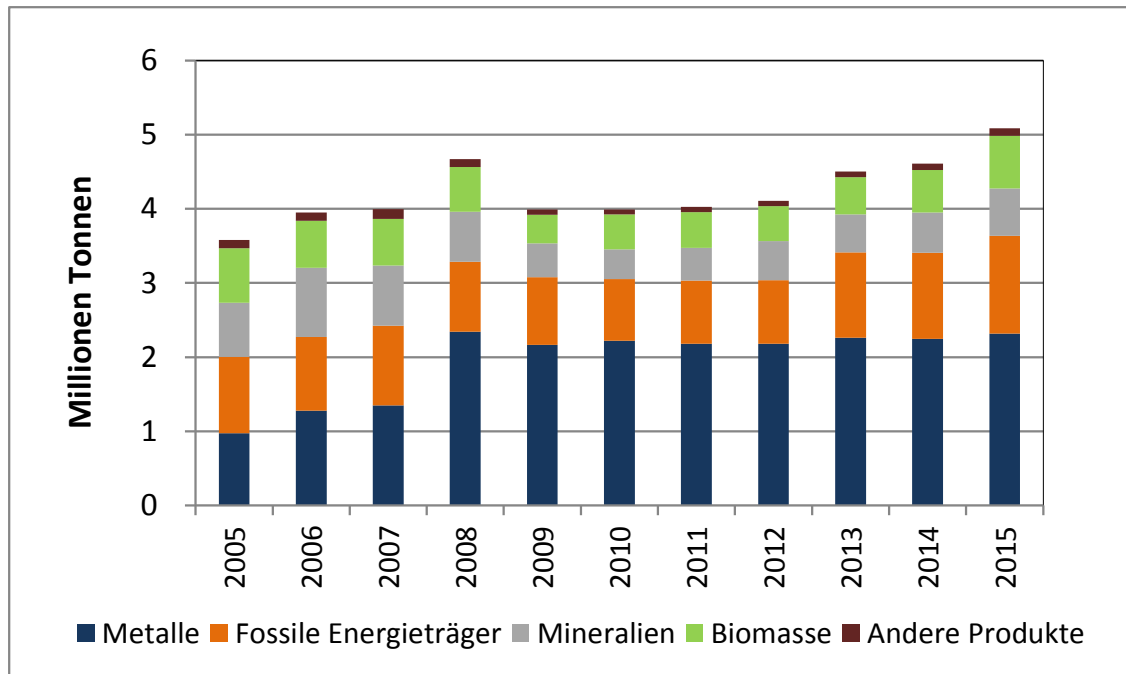


Abbildung 9: Zusammensetzung der physischen Importe 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

Die größten mineralischen Importe sind bis 2008 die Baumineralien Sand, Schotter und Zement (Maximum 2006 mit 0,5 Mio. Tonnen). Durch das Absinken der Baumineralien-Importe dominieren ab 2009 Quarz und Quarzit die Mineraliensparte mit durchschnittlich 200.000 Tonnen. Quarz bzw. Quarzit wird für die Ferrosilizium-Produktion verwendet, welche neben der Aluminiumproduktion das zweite Standbein der energieintensiven Industrie in Island darstellt. Das Ferrosilizium (FeSi) wird in der Eisen- und Stahlverarbeitung eingesetzt (vgl. Hjartarson 2009, S. 4).

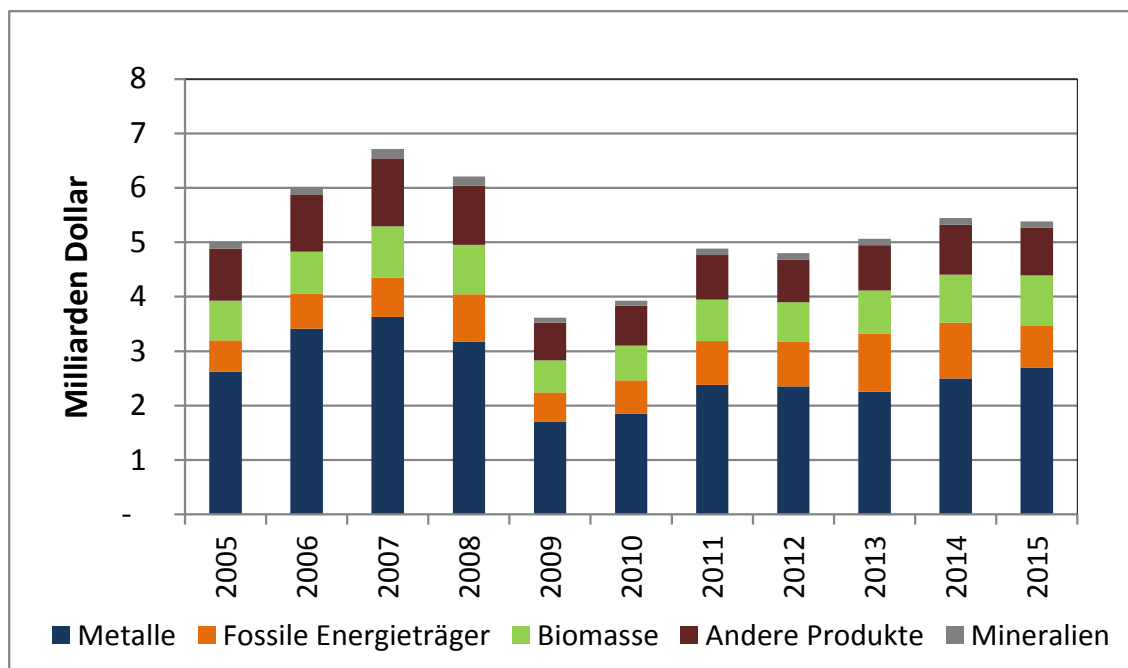


Abbildung 10: Zusammensetzung der monetären Importe 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

Tabelle 11: Prozentuelle Veränderung der Zusammensetzung der Importe (physisch) 2005-2015 Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Importe (Gesamt)	1000 Tonnen	3.580	3.952	3.995	4.672	3.988	3.992	4.025	4.108	4.500	4.612	5.084
		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Biomasse	1000 Tonnen	739	635	632	605	387	470	481	473	502	574	708
Haupterntezeugnisse		4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Tierische Biomasse		6%	4%	3%	3%	2%	3%	3%	2%	2%	3%	4%
Andere Biomasse		11%	8%	8%	6%	4%	5%	5%	6%	5%	5%	7%
Fossile												
Energieträger	1000 Tonnen	1.026	994	1.071	944	912	829	854	861	1.147	1.162	1.317
Erdöl		23%	21%	22%	17%	19%	17%	17%	17%	22%	22%	23%
Andere fossile Energieträger		5%	4%	5%	3%	4%	4%	4%	4%	4%	3%	3%
Metalle	1000 Tonnen	976	1.279	1.351	2.343	2.164	2.223	2.180	2.178	2.263	2.246	2.317
Aluminiumoxid und hydroxid		23%	28%	30%	47%	52%	53%	52%	51%	49%	47%	44%
Andere Metalle		4%	4%	4%	3%	2%	3%	3%	2%	2%	2%	1%
Nichtmetallische												
Mineralien	1000 Tonnen	730	930	812	673	458	402	438	524	512	542	640
Sand, Schotter & Zement		9%	13%	9%	5%	3%	2%	1%	3%	2%	3%	3%
Quarz und Quarzit		5%	5%	5%	4%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%
Andere Mineralien		6%	6%	6%	5%	4%	4%	4%	5%	4%	5%	5%
Andere Produkte	1000 Tonnen	109	115	129	107	68	68	72	72	75	87	102
		3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%

Betrachtet man die Importe in monetären Einheiten, so verschiebt sich die Gewichtung der einzelnen Kategorien. Wie in Abbildung 10 ersichtlich wurde für die Einfuhr von Metallen über alle Jahre am meisten Kapital aufgewendet (Maximum 2007 mit 3,6 Mrd. Dollar), gefolgt von den verarbeiteten Gütern, die physisch kaum ins Gewicht fallen aber hohe Devisen benötigen. Die Mineralien hingegen fallen monetär kaum ins Gewicht.

Auch innerhalb der Materialkategorien gibt es eine Variabilität an monetärer Wertigkeit - so wurden z.B. im Jahr 2007 mehr Kapital für Metalle aufgewendet als im Jahr 2008, obwohl eine kleinere Menge Metalle importiert wurde. Begründet liegt dies in der vermehrten Einfuhr hochpreisiger verarbeiteter Produkte (u.a. Schiffe, Fahrzeuge) im Jahr 2007, wohingegen 2008 die Aluminiumoxide den physischen Importanstieg verursacht haben, deren Preis im Vergleich geringer ist.

Exporte

Die Exporte sind im gesamten Beobachtungszeitraum um 43 % angestiegen, von 1,59 Mio. Tonnen 2005 auf 2,27 Mio. Tonnen 2015. Auffällig ist eine starke Wachstumsphase 2007 (12%) und 2008 (27%) auf welche 2 Jahre eines leichten Exportrückganges von 5 % folgen. Die zwei Materialkategorien Biomasse (mittlerer Exportanteil aller Jahre: 42%) und Metalle (mittlerer Exportanteil aller Jahre: 45%) dominieren den Exportsektor, was auf den exportorientierten Fischerei- bzw. Aluminiumsektor des Landes zurückzuführen ist (siehe auch Abbildung 6). Ab dem Jahr 2008 lösen die Metalle die Biomasse als größte Exportgruppe ab. Mineralien, fossile Energieträger und andere Produkte stellen gemeinsam 8 - 19 % des Exportvolumens dar.

In den Metallexporten zeigt sich ein ähnliches Bild wie in den Metallimporten. Aluminium ist das Hauptgut der Metallexporten und steigt von 2005 auf 2008 um 187%. Die Industrie wurde in dieser Zeit stark ausgebaut. Der Aluminium-Anteil an den Gesamtexporten liegt zwischen 18 - 40 % (siehe Tabelle 12). Näheres zu diesem Sektor wird im Kapitel Aluminium beschrieben. An zweiter Stelle wird Ferrosilizium exportiert, welches aus Quarz und Eisen im Verhältnis 6:1 hergestellt wird (vgl. Hjartarson 2009, S.4). Andere exportierte Erze sind vor allem Abfälle aus Stahl und Eisen. Die exportierten Produkte aus Metall bilden hauptsächlich elektrische Maschinen und Schiffe/Boote.

Tabelle 12: Veränderung der physischen Zusammensetzung der Exporte 2005-2015 Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten. Angaben der jährlichen Exporte in 1000 Tonnen Gesamt und in den 5 Hauptkategorien sowie Angabe der prozentuellen Anteile der wichtigsten Exportgruppen an den Gesamtexporten

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Exporte (Gesamt)	1000 Tonnen	1.593	1.550	1.729	2.201	2.113	2.088	2.193	2.322	2.347	2.286	2.275
		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Biomasse	1000 Tonnen	906	805	751	908	844	761	824	943	994	877	837
Fischerei		48%	44%	36%	33%	33%	31%	31%	33%	34%	30%	25%
Andere Biomasse		9%	8%	7%	8%	7%	6%	7%	8%	8%	8%	11%
Fossile												
Energieträger	1000 Tonnen	107	173	146	103	71	74	126	117	99	125	151
Erdöl		6%	11%	8%	4%	3%	3%	5%	5%	4%	5%	6%
Andere fossile Energieträger		0,3%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%
Metalle	1000 Tonnen	469	456	665	1.066	1.092	1.098	1.053	1.080	1.096	1.132	1.148
Aluminium		18%	20%	26%	35%	39%	40%	36%	35%	36%	37%	39%
Ferrosilizium		8%	7%	7%	5%	6%	6%	5%	6%	5%	5%	5%
Andere Erze		2%	2%	4%	3%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	2%
Produkte aus Metall		1%	1%	2%	6%	6%	5%	4%	4%	4%	5%	5%
Nichtmetallische												
Mineralien	1000 Tonnen	85	93	144	103	81	124	162	152	132	145	133
Nichtmetallische Mineralien		5%	6%	8%	5%	4%	6%	7%	7%	6%	6%	6%
Andere Produkte	1000 Tonnen	26	23	24	22	25	31	27	29	27	7	6
		2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	0,31%	0,27%

Die Biomasse-Exporte sind, wie die inländische Entnahme schon vermuten lässt, durch den Fischereisektor bestimmt. In Tabelle 3 ist ersichtlich, dass der Anteil von Fischexporten an den Gesamtexporten von 48 % (2005) auf 25 % (2015) sinkt, in absoluten Zahlen sinkt der Export 768.000 Tonnen (2005) auf 580.000 Tonnen (2015). In erster Linie wird gefrorener Fisch exportiert, gefolgt von Fischöl, Fischmehl und Frischfisch. Im Jahr 2015 sind die Hauptexportländer Großbritannien und Russland. Die restlichen Biomasse-Exporte liegen zwischen 6 - 11 % der Gesamtexporte. Dazu gehören Futtermittel und Produkte aus Biomasse.

Die Mineralien haben einen geringen Anteil (4 - 8%) am Gesamtexport. Zu den größten Exporten zählen Bimsstein, Schotter, verarbeitete Mineralien und in den letzten drei Beobachtungsjahren zunehmend anorganische Chemikalien. Die fossilen Energieträger tragen 3 - 11% zu den Exporten bei und bestehen fast ausschließlich aus erdölhaltigen Produkten. Verschiedene verarbeitete Produkte, die in keine der 4 Hauptkategorien passen stellen den kleinsten Anteil am Export mit 0,2-2 %.

Betrachtet man die Exporte in monetären Einheiten (siehe auch Abbildung 12) so ist die Wertschöpfung aus dem Exportsektor im Beobachtungszeitraum um 54 % gewachsen und beträgt im Jahr 2015 5 Milliarden. Dollar. Eine geringe Menge, aber ein hoher Wert ist bei den fertigen Gütern der Kategorie “andere Produkte” zu beobachten. Umgekehrt verhält es sich mit den nichtmetallischen Mineralien, die monetär verglichen mit ihrer physischen Menge kaum ins Gewicht fallen. Die Biomasse generiert bis auf das Jahr 2009 die höchste Wertschöpfung und ist somit die größte Einnahmequelle des isländischen Exportsektors.

Auch fällt auf, dass die Metalle 2008 auf 2009 physisch leicht ansteigen, deren Wertschöpfung aber sinkt. Der Verkaufspreis zeigt eine starke Abnahme mit der Wirtschaftskrise. So wurde im Jahr 2007 761.204 Tonnen Aluminium für 2,1 Milliarden Dollar exportiert, im Jahr 2008 waren es 813.880 Tonnen für 1,4 Milliarden Dollar.

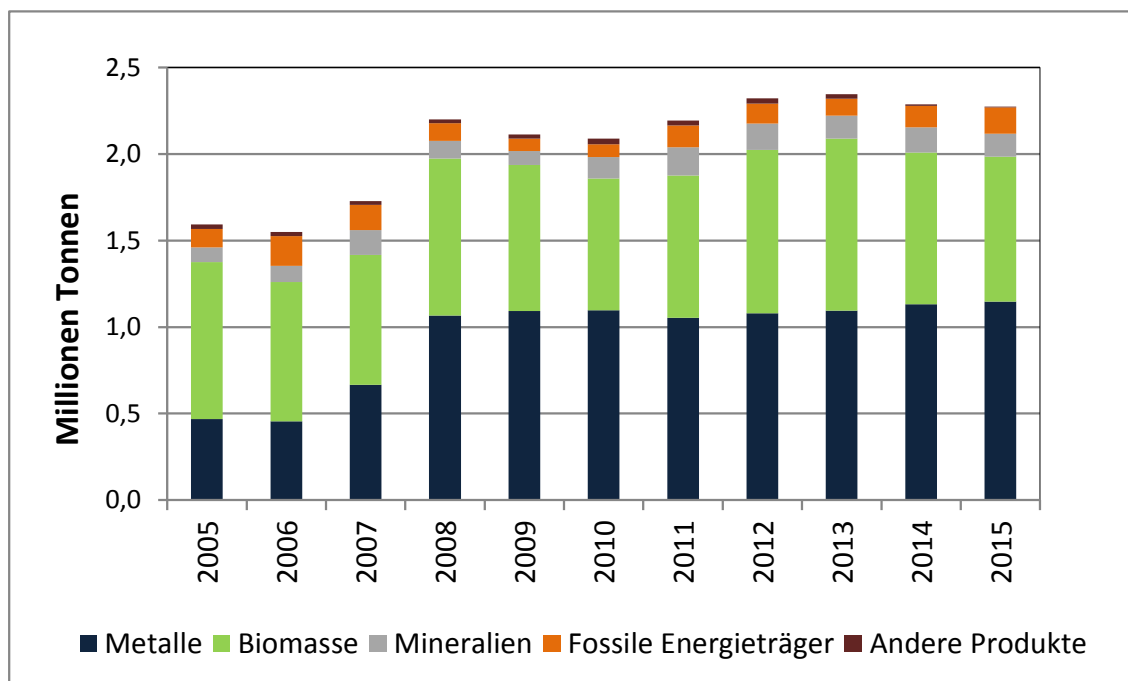


Abbildung 11: Zusammensetzung der physischen Exporte 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

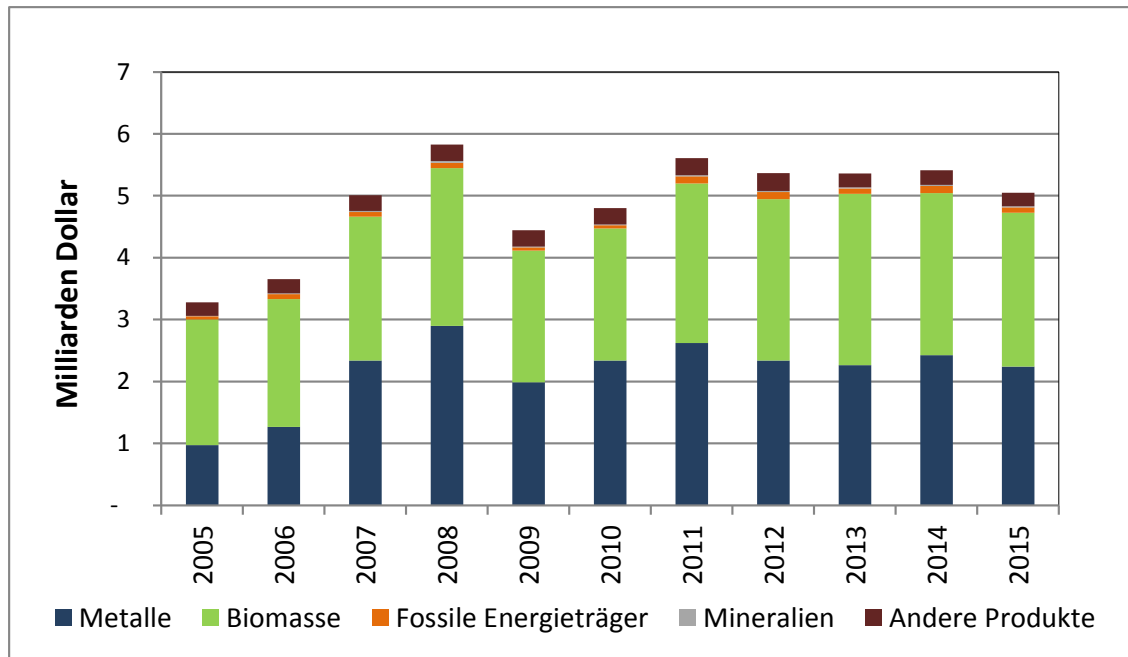


Abbildung 12: Zusammensetzung der monetären Exporte 2005-2015, Darstellung in den Hauptkategorien, Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

Physische Handelsbilanz

Durch die Berechnung Importe abzüglich Exporte ergibt sich die physische Handelsbilanz eines Staates, welche darüber Aufschluss gibt ob im beobachteten Zeitraum mehr physische Ressourcen aus anderen Staaten aufgenommen als abgegeben wurden oder umgekehrt. Die Berechnung erfolgt gegenläufig zur monetären Handelsbilanz, welche Exporte abzüglich Importe rechnet, da Geld und Ware ausgetauscht werden und sich daher in entgegengesetzte Richtungen bewegen (vgl. Krausmann et al. 2015, S. 115).

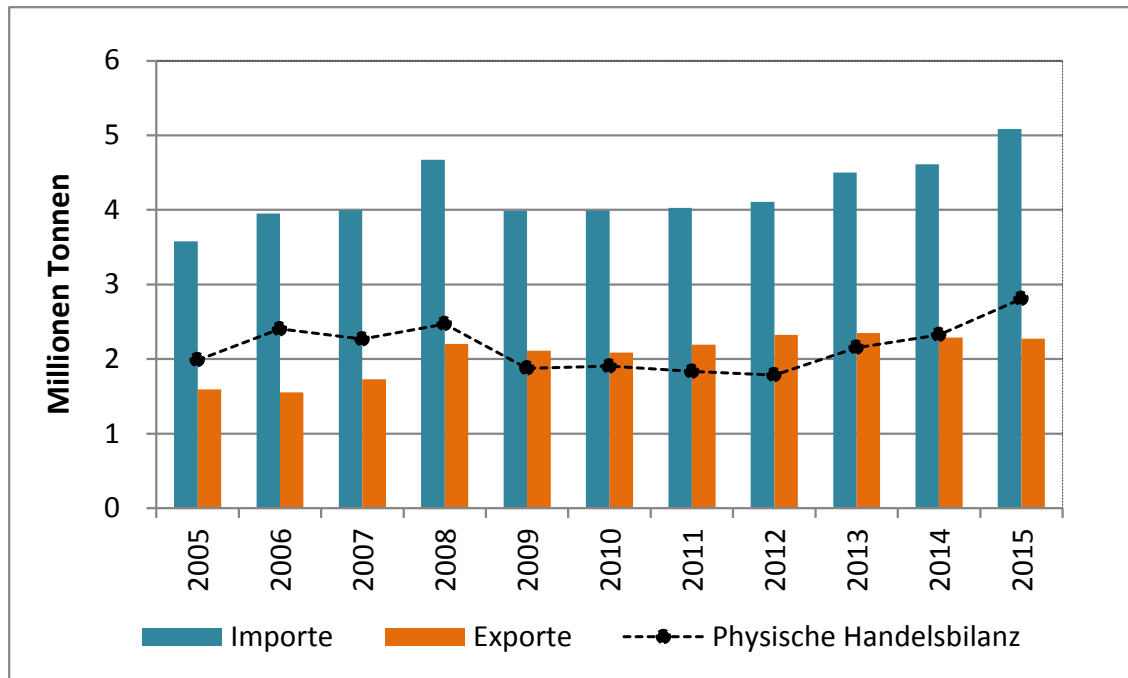


Abbildung 13: Darstellung der physischen Handelsbilanz (PTB) sowie der jährlichen Importe und Exporte für den Zeitraum 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

In Abbildung 13 ist ersichtlich, dass Island den gesamten Beobachtungszeitraum hindurch ein Nettoimporteuer ist, das heißt es wird physisch mehr importiert als exportiert (die schwarze Linie, die Handelsbilanz, ist durchwegs im positiven Bereich). Die Insel hat begrenzte Ressourcen und ist daher stark importabhängig. Im Jahr 2015 wurden 5,1 Mio. Tonnen eingeführt und 2,3 Mio. Tonnen ausgeführt, was den größten Importüberhang aller Jahre darstellt. Auf Ebene der einzelnen Materialgruppen ist jedoch zu vermerken, dass an Biomasse als einzige Gruppe mehr exportiert als importiert wird, was an den hohen Fischexporten liegt.

6.1.3. Inländischer Materialverbrauch

Um nun festzustellen, wie hoch der inländische Materialverbrauch bzw. Konsum Islands in den beobachteten Jahren ist, muss die isländische Materialentnahme mit den zuvor ermittelten Importen addiert und die Exporte abgezogen werden. Der Materialverbrauch (auch DMC = Domestic Material Consumption) ist ein Schlüsselindikator der Europa 2020-Strategie, in welcher die europäischen Union gesellschaftliche Nachhaltigkeitsziele definiert.¹⁹ Über die Berechnung BIP/DMC wird darin die Ressourcenproduktivität beschrieben, welche im Kapitel Diskussion näher behandelt wird. Der Materialverbrauch gibt nicht den eigentlichen Endverbrauch an, sondern wieviel Material in der Ökonomie verbleibt und daher potentiell als Abfall in die Umwelt abgegeben wird (vgl. Weisz et al. 2006 in: Krausmann et al. 2015, S. 115). Man kann den Beobachtungszeitraum in drei Phasen betrachten: Die Phase des höchsten DMCs im Beobachtungszeitraum bis ins erste Jahr der Finanzkrise (2005 bis 2008), wobei schon 2007 und 2008 eine leichte Abnahme des Materialverbrauchs zu beobachten ist, auf welche eine starke Abnahmephase folgt (-27% 2009; -10% 2010) und schließlich ein langsames Erholen im letzten Zeitabschnitt mit dem höchsten Anstieg von 2014 auf 2015 um 15 % (siehe auch Tabelle 4). Insgesamt ist der inländische Materialverbrauch von 7,7 Mio. Tonnen im Jahr 2005 auf 6 Mio. Tonnen im Jahr 2015 gesunken. Die größten Schwankungen lassen sich im Mineraliensektor beobachten. Die inländische Entnahme von Sand und Schotter bestimmt diesen Trend, was auch schon in der inländischen Entnahme zu beobachten ist. Der Anteil der Mineralien an der DMC sinkt von 48% auf 22% und ist primär für den Rückgang der DMC im Zeitverlauf verantwortlich, zwischen 2006 und 2010 sinkt der Mineralienverbrauch um 78%. Bis zum Jahr 2009 verbraucht Island am meisten Mineralien, später ist die Biomasse an erster Stelle. Der Biomasseverbrauch entspricht ebenfalls dem Trend der inländischen Entnahme und steigt anteilig im Beobachtungszeitraum von 33% auf 38%. Der Anteil der Metalle an der DMC steigt von 7% im Jahr 2005 auf 19% im Jahr 2015. Das ausschließlich importierte Metall steigt ab 2008 auf ein Niveau über 18 % der DMC und wird durch die größte Importgruppe der Aluminiumoxide bestimmt, wie schon im Außenhandel beschrieben. In der Verarbeitung

¹⁹ siehe auch EU-Kommission 2011: Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa
[http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2011\)0571_/com_com\(2011\)0571_de.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2011)0571_/com_com(2011)0571_de.pdf) Letzter Zugriff: März 2018

entstehen aus 2 Tonnen Aluminiumoxid 1 Tonne Aluminium, was bedeutet, dass etwa die Hälfte der Metall-DMC als Abfall der Industrie und nicht als tatsächlicher Konsum enden (vgl. Hydro 2012 S. 24). Der Anteil der fossilen Energieträger steigt von 12% auf 19%. Die Entwicklung entspricht den Importen, da keine inländischen Entnahmen stattfinden und nur ein kleiner Teil exportiert wird. Pro Kopf liegt der Materialverbrauch Islands im ersten Abschnitt (2005 bis 2008) zwischen 24 - 26 Tonnen pro Kopf, im restlichen Zeitraum dann zwischen 15 - 18 Tonnen pro Kopf (siehe auch Tabelle 13). Damit liegt Island deutlich über dem EU-Durchschnitt.

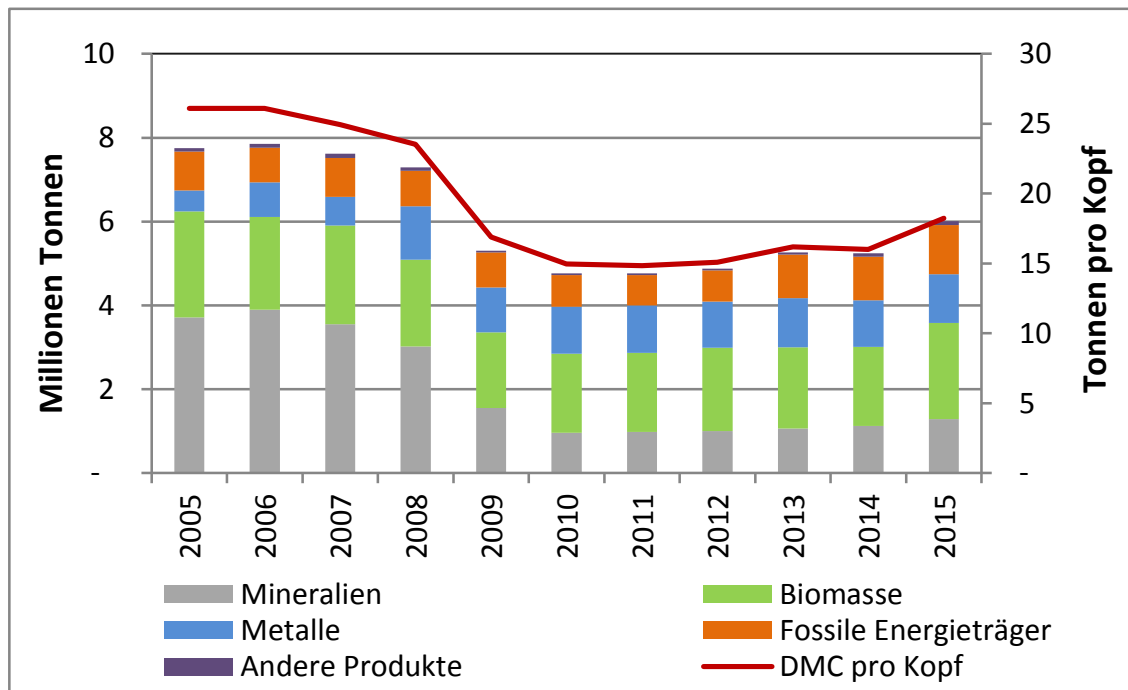


Abbildung 14: Isländischer Materialverbrauch (DMC) in den Hauptkategorien und pro Kopf von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten

Tabelle 13: Überblick über den inländischen Materialverbrauch (DMC) Islands Quelle: Eigene Darstellung mit MFA-Daten und Eurostat 2018 http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Resource_productivity_statistics Letzter Zugriff: Februar

DMC	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gesamt (Mio. Tonnen)	7,7	7,9	7,6	7,3	5,3	4,8	4,8	4,9	5,3	5,2	6
Pro Kopf (Tonnen/Kopf)											
Island	26	26	25	24	17	15	15	15	16	16	18
EU-Durchschnitt	16	16	17	16	14	14	15	14	13	13	13
% Anteile											
Biomasse	33%	28%	31%	28%	34%	40%	40%	41%	37%	36%	38%
Fossile Energieträger	12%	10%	12%	12%	16%	16%	15%	15%	20%	20%	19%
Metalle	7%	10%	9%	18%	20%	24%	24%	23%	22%	21%	19%
Mineralien	48%	50%	47%	41%	29%	20%	21%	21%	20%	22%	22%
Andere Produkte	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	2%
% Wachstumsrate											
		1%	-3%	-4%	-27%	-10%	0%	2%	8%	-1%	15%

6.2. Energieflussanalyse

6.2.1. Inländische Entnahme

Die gesamte energetische Entnahme stieg im Beobachtungszeitraum um 79 % (von 127 Petajoule (PJ) im Jahr 2005 auf 228 PJ im Jahr 2015). Die Insel verfügt über Energie aus Biomasse und aus natürlichen, nicht-fossilen Energiequellen. Das größte Wachstum der Gesamt-Entnahmen ist in den Jahren 2006 bis 2008 mit durchschnittlich 18 % zu verzeichnen. Eine geringe Abnahme gibt es nur in den Jahren 2010 und 2015 (-1 und -5%). Während die Biomasse-Entnahmen sich im Beobachtungszeitraum kaum verändern, steigt die Nutzung der Kategorie *Hydro/Renewables*, nachfolgend HR, welche die Primärenergie aus Wasserkraft, Geothermie und Wind umfasst, an (siehe Abbildung 15).

Aus der EW-MFA stellen generell die Kategorien Biomasse und fossile Energieträger auch einen Energiefluss dar. Letztere werden in Island aber nicht entnommen. Hier sind wie schon in der EW-MFA beschrieben die beiden Flüsse Fischerei und Grünfutter/Weidebiomasse von Bedeutung. Interessant dabei ist, dass physisch die Fischerei die größte Entnahmemenge darstellt (siehe EW-MFA), energetisch jedoch Grünfutter und Weidebiomasse die größte

Entnahme innerhalb der Biomasse darstellen (siehe Abbildung 16). Dies liegt daran, dass der Brennwert der Biomasse ausgehend von der Trockenmasse berechnet wird und Fisch einen sehr viel höheren Wassergehalt (75%) als das Pflanzenmaterial (standardisiert auf 15%) bei ähnlichem Brennwert (17 -18 MJ pro KG Trockenmasse) aufweist. Mit 15,9 PJ im Jahr 2015 bilden Grünfütter und Weidebiomasse 72 % der Biomasse-Entnahmen. Die Fischentnahme beträgt 2015 6 PJ.

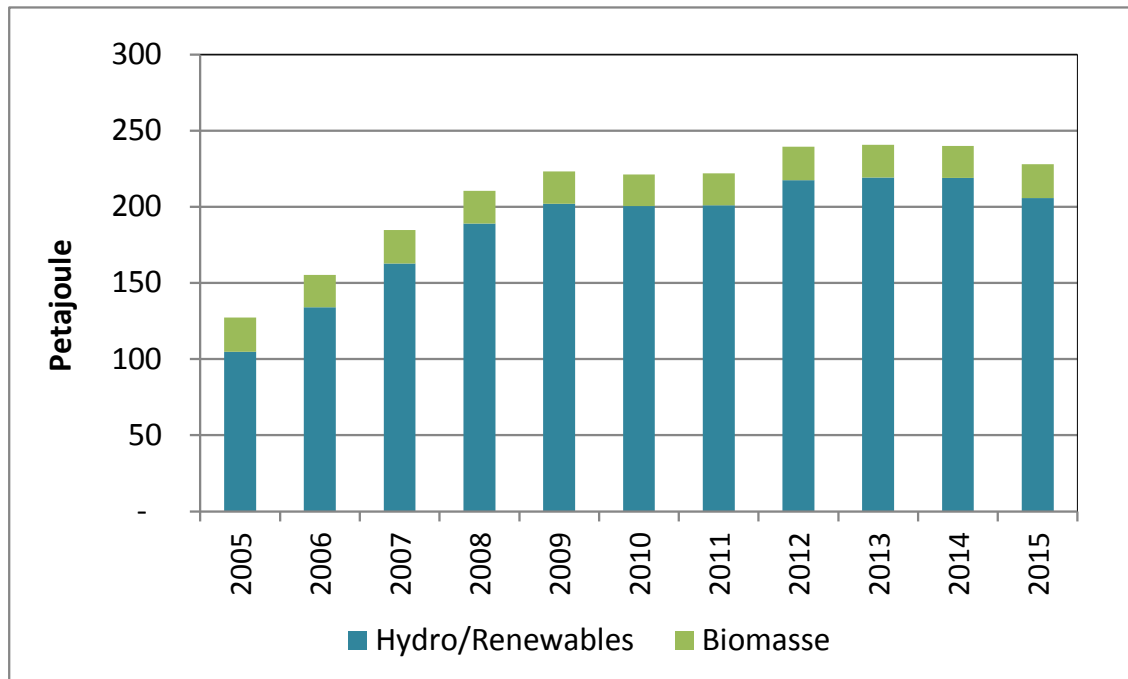


Abbildung 15: Inländische Entnahme dargestellt in den 2 Hauptkategorien von 2005 bis 2015
Quelle: Eigene Darstellung mit EFA-Daten

Die zweite, größere Energieflusskategorie ist jene der gesellschaftlich genutzten Primärenergie aus Wasserkraft, Geothermie und Wind (HR). Die größte Entnahme der Kategorie HR und insgesamt ist die geothermale Energie (siehe Abbildung 16). Diese steigt im Beobachtungszeitraum von 79,7 PJ im Jahr 2005 (das sind 63 % der Gesamtentnahmen) auf 156,1 PJ im Jahr 2015 (das sind 68 % der Gesamtentnahmen), verdoppelt sich also annähernd. Bedingt durch die geografische Lage im Überschneidungsbereich zweier tektonischer Platten (mittelatlantischer Rücken) wird entlang dieser Zone quer durch Island mittels Bohrungen heißer Wasserdampf direkt oder zur Erzeugung von Elektrizität genutzt (vgl. Krater & Rose in: Abrahamsky K. 2009, S. 4; IMF 2011 S. 12). Beheizung wird in Island im Jahr 2015 zu 96 % über

geothermale Energie betrieben, wovon 72,4 % auf Gebäude und der Rest auf die Beheizung von Swimming Pools, Glashäusern, Fischerei, Industrie und auf die Schneeschmelze entfallen (vgl. Orkustofnun 2016 S. 7). Die Nutzung der Wärme ist bereits seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts etabliert, während die Nutzung zur Elektrizitätsgeneration im Beobachtungszeitraum durch den Ausbau der energieintensiven Industrie stark angestiegen ist (vgl. Ragnarsson 2015, S. 1). Im Jahr 2008 wurden etwa 37 % der Primärenergie aus Geothermie für Elektrizität genutzt (vgl. Orkustofnun 2018). Die kinetische Energie des Wassers wird in Island ausschließlich zur Elektrizitätsgeneration genutzt und ist die zweitgrößte Energieentnahme im Beobachtungszeitraum (siehe Abbildung 16). Wie im Kapitel Forschungsgegenstand Island beschrieben, bedingen die zahlreichen Flüsse und Gletscher ein großes Energienutzungs-Potential. Die Entnahmen stiegen von 25,2 PJ im Jahr 2005 auf 49,6 PJ im Jahr 2015 und haben sich somit, wie auch die geothermale Energienutzung, im Beobachtungszeitraum verdoppelt. Unter den anderen Entnahmen in Abbildung 16 sind die Jagd, Haupternteerzeugnisse und die Primärenergie aus Wind (welche zur Kategorie HR gehört) welche gemeinsam nur 0,1 % der Gesamtentnahmen 2015 stellen, zusammengefasst. Bisher hat Island keine fossilen Abbaugelände, 2013 wurden von der Regierung jedoch Lizenzen zur Erforschung potentieller erdölreicher Meeressedimente an der nordöstlichen Küste freigegeben, welche ab 2017 zur Genehmigung erster Ölförderungen führen könnten (vgl. Mainwaring 2014 in: USGS 2015, S. 21.2).

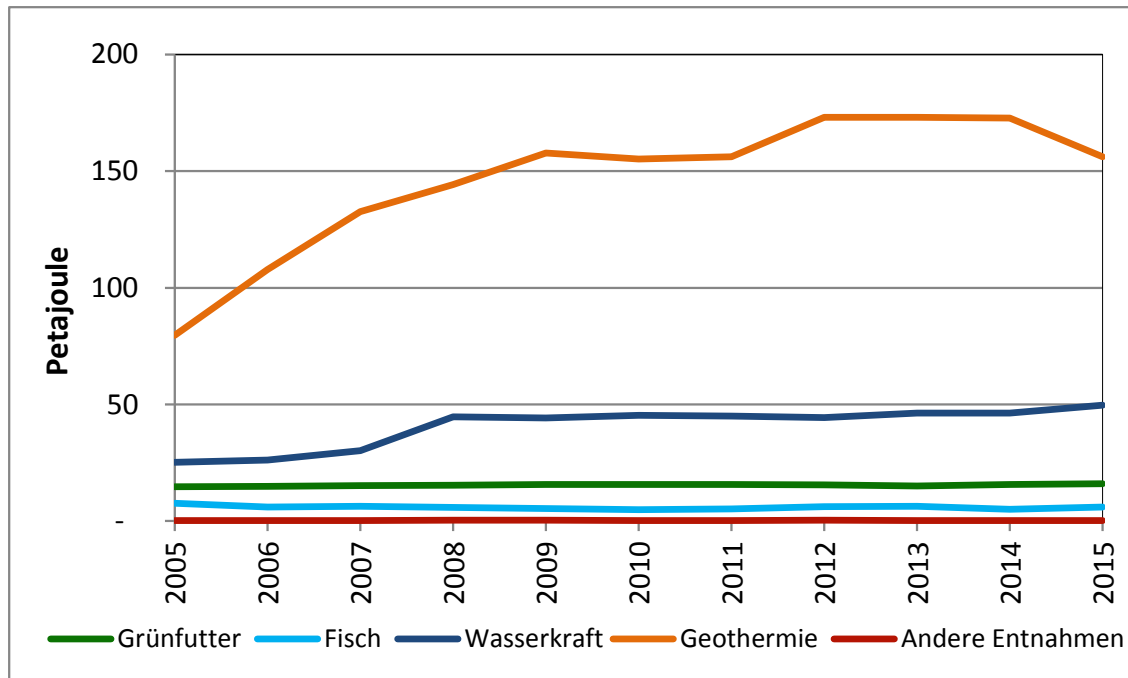


Abbildung 16: Inländische Entnahme in den Unterkategorien von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit EFA-Daten

6.2.2. Außenhandel

Der energetische Außenhandel entspricht den Außenhandels-Daten der MFA in den Kategorien der fossilen Energieträger und der Biomasse. Die fossilen Energieträger stellen über 80 % der importierten Energiemenge (siehe Abbildung 17) dar. Es wird hauptsächlich Erdöl und an zweiter Stelle Kohle importiert. Auch Produkte aus fossilen Energieträgern wie Plastikprodukte und Chemikalien werden importiert. Die Biomasse wurde ebenfalls schon in den MFA-Importen besprochen. Der Anteil der Biomasse und biomasse-basierten Güter am gesamten energetischen Import liegt im Beobachtungszeitraum zwischen 11 und 18 %.

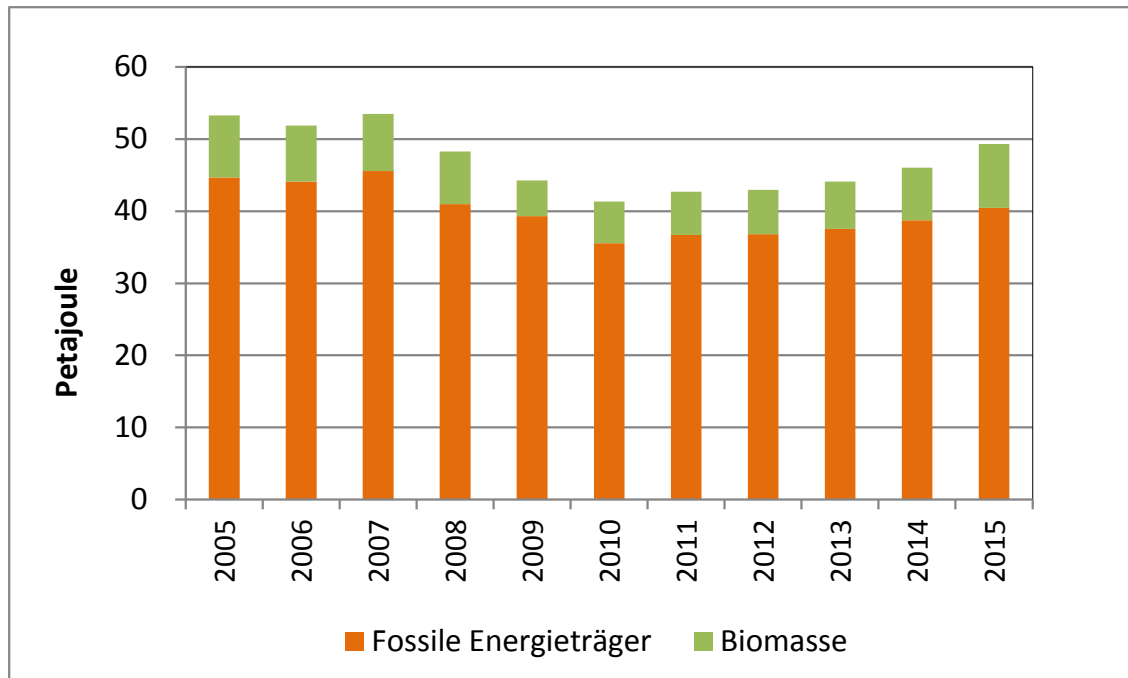


Abbildung 17: Energetische Importe von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit EFA-Daten

Exporte von fossilen Energieträgern erfolgen nur in Form von Produkten aus Erdöl bzw. aus vorwiegend fossilen Ausgangsstoffen wie Plastik. Welche Erdölprodukte im Detail exportiert werden wird in dieser Arbeit nicht näher betrachtet. Der wichtigste Export ist wie auch in der EW-MFA der Fischexport (siehe Abbildung 18). Die erneuerbaren Energie-Ressourcen der Inlandsentnahme können (noch) nicht exportiert werden, die isländische Energieagentur arbeitet aber an Plänen zur Realisierung eines Unterseekabels, welches zukünftig Elektrizität nach Deutschland und eventuell andere europäische Länder transportieren kann. Hierfür wurden in Absprache mit einem deutschen Energieunternehmen bereits Testbohrungen zur besseren Ausbeute geothermaler Energie getätigt, die sich durch tiefere Bohrungen eine höhere Ausbeute erwarten (vgl. Alexander's Gas & Oil Connections 2007 in: USGS 2010, S. 21.1; Bowers 2013 in: USGS 2015, S. 21.2).

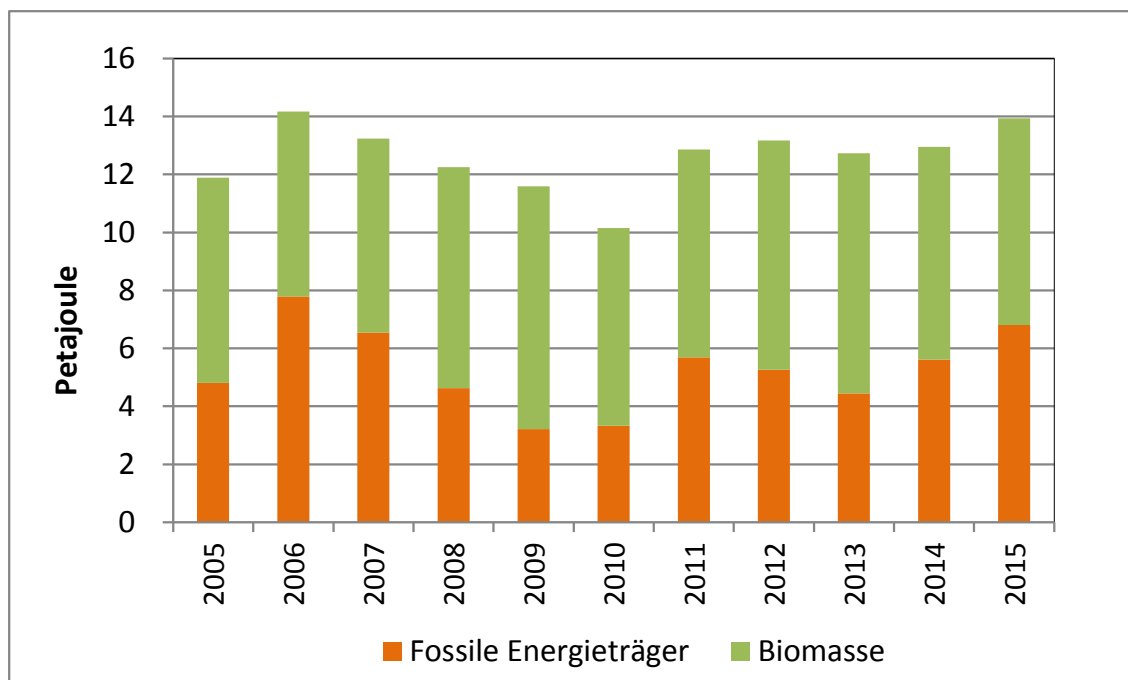


Abbildung 18: Energetische Exporte von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit EFA-Daten

6.2.3. Inländischer Energieverbrauch

Der inländische Energieverbrauch (DEC) errechnet sich wie auch der DMC aus der Entnahme zuzüglich Importe und abzüglich der Exporte. Die inländische Entnahme und der inländische Verbrauch der Kategorie Hydro/Renewables sind ident, da diese Energieformen nicht gehandelt werden. Wie im Abschnitt inländische Entnahme beschrieben liegen deren Werte an oberster Stelle. Insgesamt steigt der Energieverbrauch im Beobachtungszeitraum von 169 PJ (2005) auf 263 PJ (2015), also um 56 %. Auf eine Wachstumsphase zwischen 2005 und 2009 mit einem durchschnittlichen Wachstum von 11 % folgt eine Phase mit wenig bis keinem Wachstum im zweiten Abschnitt des Beobachtungszeitraumes, in welcher auch zwei Jahre einen Rückgang aufweisen (die Jahre 2010 mit -1% und 2015 mit -4%).

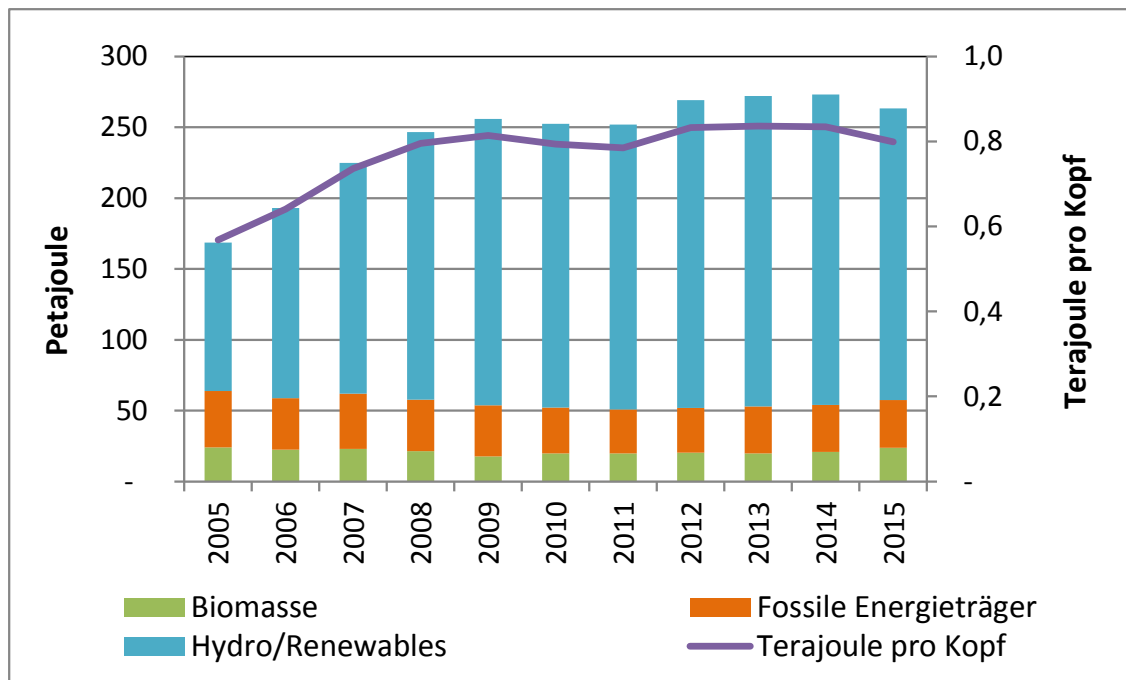


Abbildung 19: Inländischer Energieverbrauch (DEC) in den 3 Hauptkategorien und pro Kopf von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung mit EFA-Daten

Bezogen auf die Entwicklung der drei Verbrauchskategorien Biomasse, fossile Energieträger und Hydro/Renewables lässt sich feststellen, dass die ersten beiden einen Rückgang in absoluten und relativen Zahlen über den Beobachtungszeitraum verzeichnen (Biomasse: von 14% auf 9% Anteil am Gesamtverbrauch; Fossile: von 24% auf 13% Anteil am Gesamtverbrauch) während Geothermie und Wasserkraft zunehmen (von 62% auf 78% Anteil am Gesamtverbrauch) (siehe auch Tabelle 14 und Darstellung in Abbildung 19). Zum Verbrauch von Biomasse und fossilen Energieträgern kann auf die bereits beschriebenen Entwicklungen im DMC bzw. der Inlandsentnahme und dem Außenhandel der MFA verwiesen werden. Pro Kopf steigt der Verbrauch von 0,57 TJ auf 0,8 TJ. Ein großer Anteil dieses Pro-Kopf-Verbrauchs ist auf die Generation von Elektrizität zurückzuführen, welche das nächste Kapitel näher beleuchtet.

Tabelle 14: Überblick über den inländischen Energieverbrauch (DEC) Islands

Quelle: Eigene Darstellung mit EFA-Daten

DEC	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gesamt (Petajoule)	169	193	225	247	256	253	252	269	272	273	263
Pro Kopf (Terajoule/Kopf)	0,57	0,64	0,74	0,80	0,81	0,79	0,78	0,83	0,84	0,83	0,80
% Anteile											
Biomasse	14%	12%	10%	9%	7%	8%	8%	8%	7%	8%	9%
Fossile Energieträger	24%	19%	17%	15%	14%	13%	12%	12%	12%	12%	13%
Hydro/Renewables	62%	69%	72%	77%	79%	79%	80%	81%	81%	80%	78%
% Wachstumsrate											
		14%	17%	10%	4%	-1%	0%	7%	1%	0%	-4%

6.2.4. Elektrizität

In einem Regierungsplan zur Diversifizierung der Wirtschaft und Nutzung der Energieressourcen Islands wurde ab 1995 der Ausbau der Elektrizitätsgewinnung für energieintensive Industrien forciert und das ausschöpfbare Energiepotential der Insel auf 30 TWh (Terawattstunden) festgelegt (2015 wurden 18,8 TWh generiert) (vgl. Krater & Rose in: Abrahamsky K. 2009 S. 2). In der Entwicklung des Elektrizitätssektors spiegelt sich der hohe Energieverbrauch Islands, welcher im Jahr 2014 den höchsten der OECD-Länder darstellte, wieder (vgl. OECD 2014 S. 96). Die gesamte Elektrizitätsproduktion steigt im Beobachtungszeitraum von 8.681 GWh (2005) auf 18.799 GWh (2015), was einem Wachstum von 117 % entspricht. Der Anteil an Elektrizität aus fossilen Energieträgern liegt dabei bei einem geringen Anteil von unter 0,1 %. Von 2005 auf 2008 steigt die Produktion um 90 %, danach bleibt sie auf diesem Niveau bzw. steigt weiterhin leicht an (siehe Abbildung 20). In der Inlandsentnahme der Primärenergie ist die Geothermie die größte Entnahme, in der Elektrizitätsproduktion in Wattstunden kommt jedoch der Großteil aus der Wasserkraft. Das liegt daran, dass laut Schandl et al. bei geothermaler Elektrizitätsgeneration (nach einem Berechnungsmodell der International Energy Agency) von einer Umwandlungseffizienz von 10 % ausgegangen werden kann - was sie im Vergleich zur Wasserkraft, welche eine Umwandlungseffizienz von 95 % aufweist, um einiges weniger effizient macht (vgl. Schandl et al. 2002 S. 34).

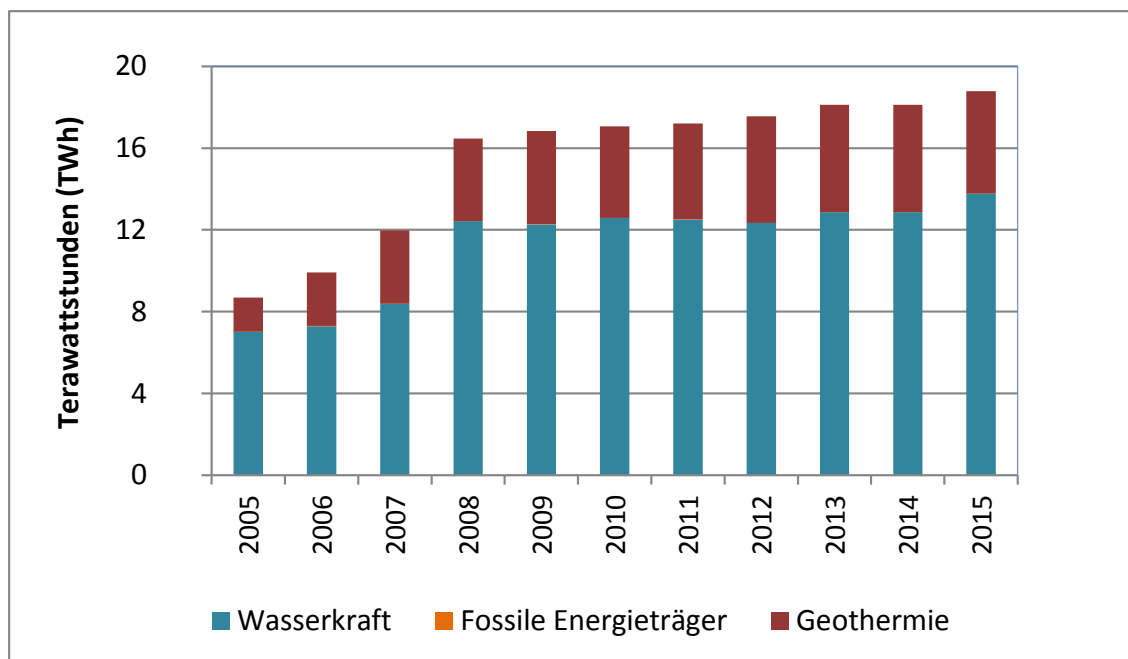


Abbildung 20: Elektrizitätsproduktion nach Hauptenergieträgern

Quelle: Eigene Darstellung. Datenquelle: Orkustofnun <https://nea.is/the-national-energy-authority/energy-data/data-repository/> Letzter Zugriff: März 2018

In den letzten 3 Beobachtungsjahren wurde auch eine geringe Menge Elektrizität aus Windenergie generiert, da Islands staatlicher Energiekonzern Landsvirkjun im Süden Islands Windturbinen installiert hat (vgl. Landsvirkjun, 2013 in: USGS 2015, S. 21.2).

Tabelle 15: Überblick über die Elektrizitätsproduktion Islands von 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung. Datenquelle: Orkustofnun 2018 <https://nea.is/the-national-energy-authority/energy-data/data-repository/> Letzter Zugriff: März 2018

Elektrizität	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gesamtproduktion (GWh)	8.681	9.925	11.976	16.468	16.835	17.059	17.210	17.549	18.116	18.122	18.799
Pro Kopf (MWh)	29	33	39	53	54	54	54	54	56	55	57
Anteiliger Konsum %											
konventionelle Nutzung	32%	29%	25%	19%	18%	17%	18%	18%	17%	18%	18%
Industrielle Nutzung	60%	63%	68%	76%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	76%
Sonstige (Verluste)	8%	8%	7%	6%	5%	5%	5%	5%	6%	5%	6%
Wachstumsrate		14%	21%	38%	2%	1%	1%	2%	3%	0%	4%

Berücksichtigt man Verteilungs- und Umwandlungsverluste, so sind die Produktion und der inländische Konsum ident, da keine Elektrizität exportiert wird. Der Pro-Kopf-Verbrauch ist im Beobachtungszeitraum von 29 MWh auf 57 MWh gestiegen (siehe Tabelle 15) wobei ein Großteil des Konsums auf den industriellen Sektor entfällt, dessen Anteil am Konsum 2015 bei 76 % liegt. Eine genaue Aufschlüsselung nach Sektoren zeigt, dass davon ganze 73 % für den Aluminiumsektor benötigt werden (siehe Abbildung 21).

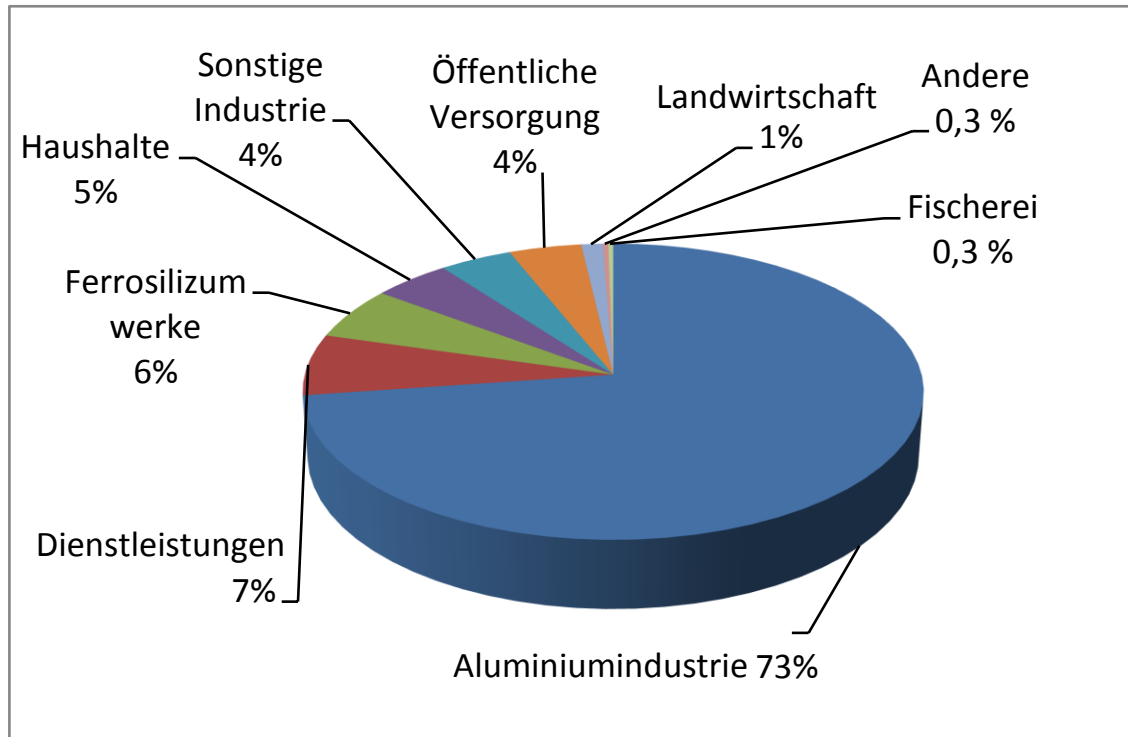


Abbildung 21: Prozentuelle Verteilung des Elektrizitätskonsums 2015 nach Sektoren

Quelle: Eigene Darstellung Datenquelle: : Orkustofnun 2018 <https://nea.is/the-national-energy-authority/energy-data/data-repository/> Letzter Zugriff: März 2018

7. Diskussion

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen diskutiert und dazu mit sozioökonomischen und ökologischen Indikatoren zusammengeführt. Der erste Teil widmet sich der zentralen Forschungsfrage nach den Effekten der Wirtschaftskrise auf die Material- und Energieflüsse, der Ressourcenproduktivität und dem Ländervergleich. Im zweiten Teil folgt die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage mit Unterfragen zur Entwicklung des Aluminiumsektors.

7.1. Wirtschaftliche Entwicklung und Ressourcenverbrauch

Die Entwicklung des gesellschaftlichen Stoffwechsels Islands zur Zeit der Finanzkrise 2008 bis 2010 sowie drei Jahren davor und fünf Jahren danach soll in dieser Arbeit Aufschlüsse auf die Effekte der Krise auf Material- und Energieflüsse ermöglichen. Abbildung 22 stellt den Materialverbrauch der einzelnen Kategorien gemeinsam mit der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts des realen BIPs²⁰ zu 2010er Preisen dar.

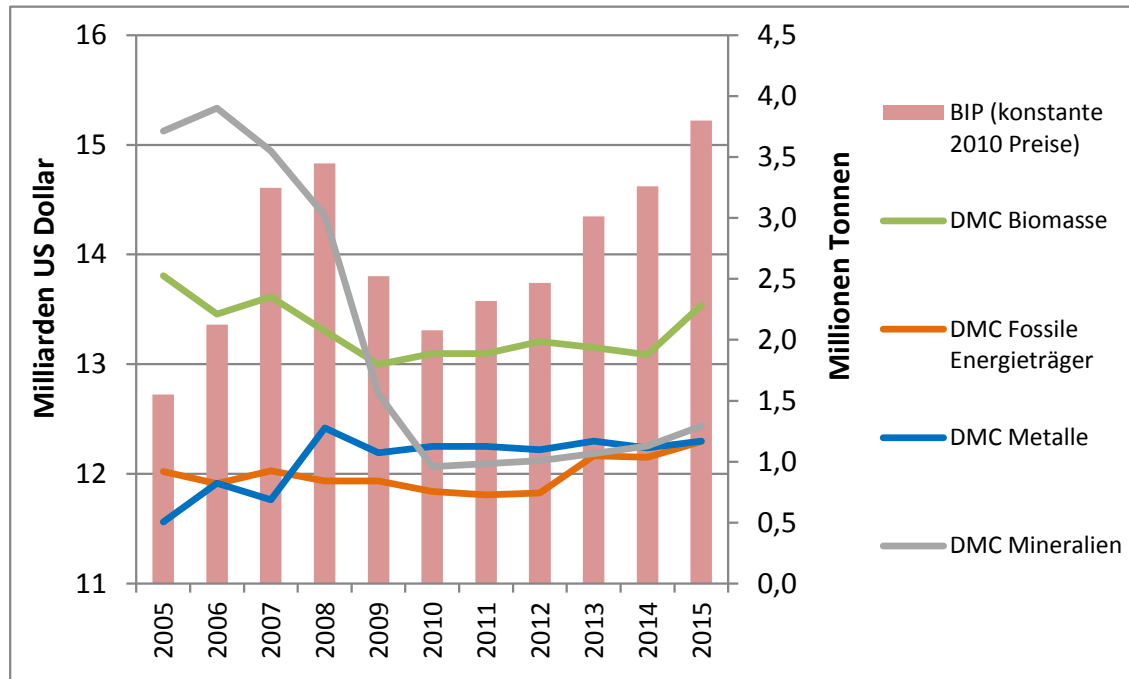


Abbildung 22: Inländischer Materialverbrauch nach Sektoren und reales Bruttoinlandsprodukt (Basisjahr 2010) für die Jahre 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung nach MFA-Daten und United Nation Statistic Division <https://unstats.un.org/unsd/snaama/cList.asp> Letzter Zugriff Februar 2018

Wie in Abbildung 22 ersichtlich, kann man die wirtschaftliche Entwicklung in drei Phasen gliedern. Die erste Phase ist geprägt vom wirtschaftlichen Aufschwung zwischen 2005 (12,7 Mrd. US \$) und 2008 (14,8 Mrd. \$) mit einem durchschnittlichen Wirtschaftswachstum von 5%, einer Phase des hohen Privatkonsums und der (finanz)wirtschaftlichen Expansion (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011 S. 229). Die zweite Phase ist der Kriseneinbruch zwischen 2008 und 2010 (13,3 Mrd. US \$), in welcher das BIP sich um 10 % reduziert, und auch andere Kennzahlen wie die Arbeitslosenrate von 2,9 % (2008) auf 7,2 % (2009) ansteigen

²⁰ Das reale BIP ermöglicht eine Darstellung der Wirtschaftsleistung ohne die Verzerrung durch Preisänderungen (wie beim nominalen BIP), welche aufgrund von jährlicher Inflation und Deflation zustande kommen. Es werden die Güter und Dienstleistungen aller Jahre mit dem Preisniveau des Basisjahres berechnet (vgl. Wildmann 2010; S.39f).

(vgl. The World Bank Group 2018). Die Schulden des Finanzsektors liegen knapp vor dem Zusammenbruch beim Zehnfachen des isländischen Bruttoinlandsprodukts (vgl. Bergmann 2014, S. 2ff). Die Krise ist jedoch von kurzer Dauer, wenn man sie mit anderen Ländern vergleicht (siehe weiter unten im Kapitel). Das zeigt sich an der dritten Phase des erneuten Wirtschaftswachstums von durchschnittlich 3 % zwischen 2010 und 2015 (15,2 Mrd. US \$). Auch die Staatsverschuldung geht zwischen 2010 und 2015 bereits um 36% zurück (vgl. World Bank Group 2018; IMF 2016, S. 3). Die Central Bank of Iceland bezeichnet die Zeit ab 2010 als Krisenerholungszeit (vgl. Central Bank of Iceland 2016, S. 15). Das Wirtschaftswachstum wird in dieser Phase durch den ansteigenden Tourismussektor angetrieben, welcher mehr als die Hälfte des Aufschwungs nach 2010 verursacht und die Steuereinnahmen, Fremdwährungseinnahmen und Arbeitsplätze erhöht. Weiters trägt der steigende Wechselkurs und Privatkonsum zum Wirtschaftswachstum bei (vgl. Central Bank of Iceland 2016, S. 14ff; OECD 2017, S. 44). Im Jahr 2015 liegt das BIP am Höchststand des Beobachtungszeitraumes²¹. Die Inflationsrate sprang 2008 von 5,1% des Verbraucherpreisindex auf im Schnitt 12,3 % im Jahr 2009 und 2010, kam dann aber 2011 wieder auf 5,4 % zurück und liegt 2005 bei nur 1,6 % (vgl. World Bank Group 2018; IMF 2016, S. 3). Die Inflation senkt die Kaufkraft der betroffenen Währung, was die Importe teurer macht, aber die Exporte stärkt, da der Einkauf für andere Währungen günstiger wird (vgl. Beck 2005, S. 318f.) Der Materialverbrauch zeigt zur ersten Wachstumsphase des BIPs eine Korrelation, welche aber bereits ab 2007, also vor der Krise, abzunehmen beginnt, was vor allem durch den starken Abfall des Mineralienverbrauchs verursacht wird. Der in den Ergebnissen bereits präsentierte Trend des Materialverbrauchs kann sich ebenso wie das BIP in 3 Phasen einteilen lassen: Eine Hochphase des DMCs bis zum Beginn der Finanzkrise (2005 bis 2008), wobei der Höchstverbrauch 2006 verzeichnet wird (26 Tonnen pro Kopf bzw. 7,7 Mio. Tonnen), auf welche eine starke Abnahmephase in der Krise folgt (-27% 2009; -10% 2010) und schließlich ein langsames Erholen im letzten Zeitabschnitt mit dem höchsten Anstieg von 2014 auf 2015 um 15 %. Im Jahr 2015 liegt der Verbrauch bei einem DMC von 18 Tonnen/Kopf (siehe Tabelle 16) bzw. von 6 Millionen Tonnen insgesamt. Bezogen auf die einzelnen Kategorien zeigt sich, dass die maßgebende Größe für den Trend des Gesamtverbrauchs der

²¹ Die Inflationsrate ist im dargestellten BIP nicht berücksichtigt, da sie das Verhältnis von Wirtschaftsleistung und Ressourcenverbrauch verzerren würde.

Mineralienverbrauch ist. Wie schon in Kapitel 4 zur ökonomischen Struktur beschrieben wurde, waren der Finanz- und der Bausektor vor 2008 die wichtigsten Wirtschaftsmotoren (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S.14). Zugleich waren Kredite für große Bauvorhaben im Zusammenhang mit der Aluminiumindustrie auch ein Krisentrigger (vgl. Krater und Rose in: Abrahamsky K. 2009, S. 3; Bergmann 2014, S. 187f). Der Peak im Mineralienverbrauch im Jahr 2006 fällt mit dem Bau der Aluminiumhütte Fjarðaál des amerikanischen Aluminiumkonzerns Alcoa Inc.²² (welche dann im Jahr 2008 in Betrieb ging) und dem damit verbundenen Bau des Kárahnjúkar-Wasserkraftwerks zusammen, welches ausschließlich Fjarðaál mit Elektrizität versorgt. Das Projekt entstand unter Zusammenarbeit von Alcoa Inc., dem staatlichen Energiekonzern Landsvirkjun²³ und der Regierung (vgl. Alcoa Inc. 2006 in: USGS 2009, S. 15.1; USGS 2010, S. 21.1). Alleine für das Wasserkraftwerk wurden eine Milliarde US \$ aufgewendet, ca. 20 Millionen m³ mineralische Aggregate benötigt und 16 Tunnels, 3 Wasserreservoirs und 5 Dämme errichtet, von welchen der größte Dimensionen von 190 Meter Höhe, 600 Meter Tiefe und 730 Meter Breite erreicht (vgl. Dronjak 2005: S. 7). Angesichts der benötigten Menge an Baumineralien wird sichtbar, dass die Datenlage zur Entnahme von Baumineralien nicht die tatsächlichen Entnahmen widerspiegelt, welche vermutlich weitaus höher sind. Der Materialverbrauch der Mineralien ist zwischen 2006 und 2010 um 78% gefallen ist (siehe Abbildung 22). Vor allem der Rückgang von 2008 auf 2009 fällt drastisch aus. Im Pro-Kopf-Verbrauch heißt das eine Reduktion von 10 auf 5 Tonnen. Der starke Rückgang der Sand und Schotterentnahmen aus marinen Sedimenten, welche den Großteil der isländischen Mineralienentnahme darstellen ist laut ICES großteils auf die Finanzkrise zurückzuführen (vgl. ICES 2016, S.16). Der Materialverbrauch der Metalle verdoppelt sich zwischen 2005 (1,7 Tonnen/Kopf) und 2008 (4,1 Tonnen/Kopf), was mit der Inbetriebnahme der bereits beim Mineralienverbrauch erwähnten Aluminiumschmelze Fjarðaál im Jahr 2008 zusammenfällt (Kapazität Fjarðaál: 364.000 Tonnen Reinaluminium/Jahr) (vgl. Alcoa Inc. 2008a in: USGS 2010, S. 17.1). Danach bleibt der Metallverbrauch bis 2015 auf einem relativ konstantem Niveau zwischen 3-4 Tonnen pro Kopf (siehe Tabelle 7) während das BIP weiter ansteigt. Aus 2 Tonnen Aluminiumoxid wird eine Tonne Aluminium (vgl. Hydro 2012 S. 24).

²² siehe auch <https://www.alcoa.com/global/en/home.asp> Letzter Zugriff Februar 2018

²³ siehe auch <https://www.landsvirkjun.com/> Letzter Zugriff Februar 2018

Der Energieverbrauch steigt im Beobachtungszeitraum von 569 Gigajoule/Kopf (2005) auf 800 Gigajoule/Kopf (2015). Auf eine Wachstumsphase zwischen 2005 und 2009 mit einem durchschnittlichen Wachstum von 11 % folgt eine Phase mit wenig bis keinem Wachstum im zweiten Abschnitt des Beobachtungszeitraumes. Der Verbrauchsanstieg 2008 kommt von der erhöhten Wasserkraftnutzung, da das Fjarðaál Aluminiumwerk in Betrieb ging (vgl. USGS 2010, S. 21.1). Die Aluminiumproduktion benötigt für die Elektrolyse 15 MWh für eine Tonne Reinaluminium (vgl. EAA 2013, S. 13). Der Materialverbrauch der Biomasse sinkt (mit Ausnahme von 2007) bis 2009 und verhält sich so gegenläufig zum BIP. Biomasse ist nach der Krise relativ konstant, der Export von Fisch wurde z.B. durch den Kursfall der isländischen Krone sogar begünstigt (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011, S. 230). Die Biomasse zeigte als einzige Materialkategorie eine negative physische Handelsbilanz, die Fischereiexporte brachten im Zeitraum den größten Anteil der Exporteinnahmen ein. Der Materialverbrauch der fossilen Energieträger pro Kopf beträgt bis zum Jahr 2009 2,7 Tonnen/Kopf und sinkt dann für 3 Jahre auf 2,3 Tonnen/Kopf. Ein Anstieg ab 2014 liegt wird stärker im Gesamtverbrauch, nicht aber im Pro-Kopf-Verbrauch sichtbar.

Tabelle 16: Material- und Energieverbrauch pro Kopf insgesamt und nach einzelnen Kategorien im Zeitraum 2005 bis 2015 Quellen: Eigene Darstellung nach MFA und EFA-Daten

Materialverbrauch pro Kopf	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tonnen/Kopf	26	26	25	24	17	15	15	15	16	16	18
Biomasse	8,5	7,4	7,7	6,7	5,7	5,9	5,9	6,1	5,9	5,7	6,9
Fossile Energieträger	3,1	2,7	3,0	2,7	2,7	2,4	2,3	2,3	3,2	3,2	3,5
Erze	1,7	2,7	2,2	4,1	3,4	3,5	3,5	3,4	3,6	3,4	3,5
Mineralien	12,5	13,0	11,6	9,7	5,0	3,0	3,1	3,1	3,3	3,4	3,9
Energieverbrauch pro Kopf	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gigajoule/Kopf	569	641	737	795	814	794	785	833	837	834	800
Biomasse	81	75	75	69	57	62	62	63	61	63	72
Fossile Energieträger	134	121	128	117	115	101	97	98	102	101	102
Wasserkraft	85	87	99	144	141	142	140	137	142	142	151
Geothermie	269	358	434	465	502	488	486	535	532	528	474

Die wichtigsten Materialkategorien für die Wirtschaftsleistung sind, wenn man die Wertschöpfung aller Sektoren betrachtet (nur der Dienstleistungssektor ist größer, aber nicht ressourcenbasiert) der Sektor Landwirtschaft und Fischerei (8-10% im Beobachtungszeitraum), welcher 952 Mio. US Dollar erwirtschaftet und die verarbeitende Industrie (12-14% im

Beobachtungszeitraum), welche 2,17 Mrd. US Dollar erwirtschaftet. Letztere wird von der Lebensmittelverarbeitung der Fischerei und der Aluminiumproduktion bestimmt (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S.17). Der Außenhandel ist von großer Bedeutung. Es stammen 2015 38 % der Export-Einnahmen aus der Aluminiumindustrie, 42 % aus der Fischerei (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S. 15f; S.86). Die Biomasse hat als einzige Materialkategorie eine durchgehend positive monetäre Handelsbilanz (was besagt, dass die Exporteinnahmen die Importausgaben übersteigen). Die Biomasse ist auch gleichzeitig die zweitgrößte Energiekategorie nach den erneuerbaren Energieträgern, deren Anteil an der Wertschöpfung nur indirekt erfasst werden kann.

7.1.1. Gesamtüberblick und erweiterter Zeitraum

Nachfolgend wird der Trend des Material- und Energieverbrauchs sowie der wirtschaftlichen Entwicklung im Überblick beschrieben und mit einem Teil der bereits erhobenen MEFA-Daten der Masterarbeit von Richter (2011) für den Zeitraum 1995 - 2004 zusammengeführt, wodurch die Vorentwicklung von Wirtschaft und Ressourcenverbrauch sichtbar wird. Abbildung 23 zeigt die einzelnen Parameter indexiert (2005=1), um sie vergleichen zu können.

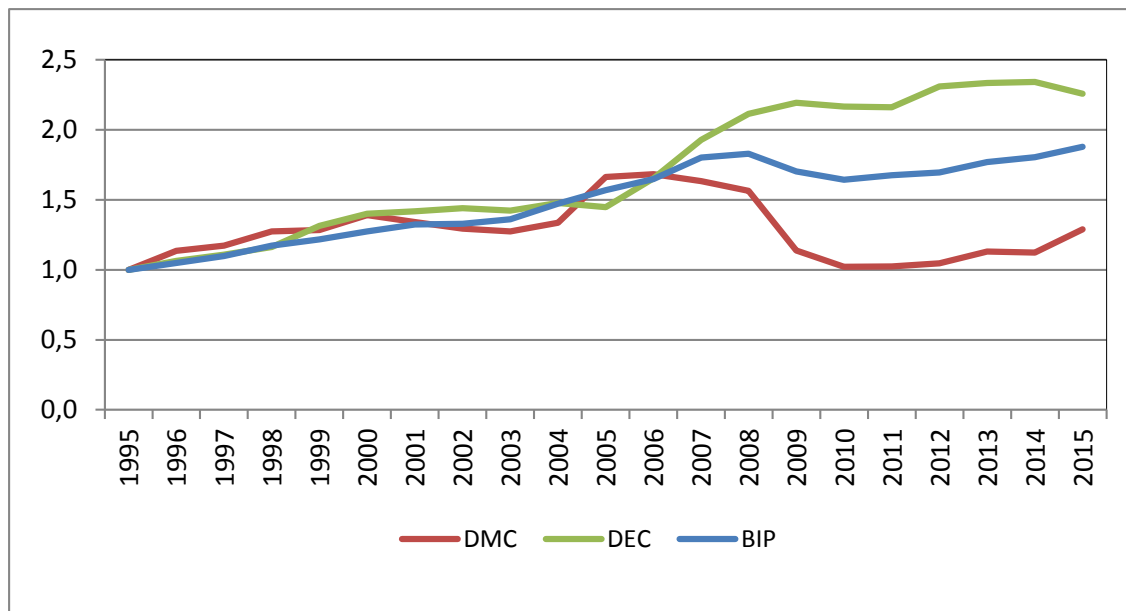


Abbildung 23: Zeitüberblick 1995 - 2015: Inländischer Materialverbrauch (DMC), inländischer Energieverbrauch (DEC) und reales BIP (2010 Preise), indexiert Quelle: Eigene Darstellung. Datenquellen: United Nation Statistic Division <https://unstats.un.org/db/> Letzter Zugriff: Februar 2018, DMC und DEC-Daten von 1995 bis 2005 von Regina Richter (2011)

Die Jahre zwischen 1994 und 2004 zeigen ein kontinuierliches Wirtschaftswachstum von durchschnittlich 4%. Der Beitritt Islands zum europäischen Wirtschaftsraum (EWR) im Jahr 1994 und die politisch forcierte Wirtschaftsliberalisierung ab 2000 ermöglichten einen verstärkten Handel mit der EU und Zugang zur globalen Finanzwirtschaft (vgl. Central Bank of Iceland 2015, S. 11; Bergmann 2011, S. 9f). Der inländische Materialverbrauch stieg bis 2004 um 34 % was dem Außenhandel geschuldet ist, so wuchsen die Importe um 82 % (was auch den steigenden Privatkonsum widerspiegelt) und die Exporte um 22%, (deren Hauptanteil Fisch war) während die inländische Entnahme nur 9 % anstieg (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011 S. 231). Die Privatisierung des Fischereiwesens durch das Quotensystem erhöhte die Fischexporte und deren Einnahmen und auch die Schwerindustrie begann, u.a. durch die Eröffnung eines Aluminiumwerkes 1998, den Energieverbrauch und den Außenhandel anzukurbeln (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011 S. 231; USGS 2007, S. 14.1). Letzteres zeigt sich in einem Anstieg der erneuerbaren Energiegewinnung um 61% des Beobachtungszeitraumes.²⁴ Die drei Datenreihen in Abbildung 23 verlaufen in diesem ersten Zeitabschnitt relativ nah beieinander.

²⁴ Siehe Richter 2011

Im zweiten Teil der Zeitreihe zeigt sich, dass der Materialverbrauch zunächst leicht und dann in der Zeit der Finanzkrise mit dem BIP stark absinkt, während der Energieverbrauch ansteigt. Das Absinken des Materialverbrauchs verweist auf das veränderte Verhältnis von inländischer Extraktion, Importen und Exporten. Die inländischen Entnahme, zunächst der größte der drei Ressourcenflüsse, sinkt (bis auf das Jahr 2015) im Zeitraum und verstärkt ab 2007 primär durch den Rückgang des Mineralienabbaus aufgrund des krisenbedingten Rückgangs des Bausektors und fällt auch mit der Beendigung des Megabauprojekts Kárahnjúkar/Fjarðaál zusammen (vgl. ICES 2016, S.16; USGS 2010, S. 21.1; The Central Bank of Iceland 2016, S.14).

Gleichzeitig steigen die Importe, primär durch den Metallimport, über den gesamten Zeitraum bis auf das Krisenjahr 2009 (-15%), wobei dies einem Rückgang der Biomasse- und Mineralienimporte geschuldet ist und die Importe an Metallen sich kaum merklich verändern. Im Jahr 2015 wird so viel importiert wie noch nie zuvor im Beobachtungszeitraum (5,08 Mio. Tonnen). Gleichzeitig steigen auch die Exporte, primär durch den Metallexport. Der Fischexport bleibt ebenfalls ein wichtiges Exportgut und geht in den Krisenjahren im Schnitt um 2% zurück, da das Absinken des Wertes der isländischen Krone die Wettbewerbsfähigkeit am Exportmarkt stärkt (vgl. Benediktsson & Karlsdottir 2011 S. 230). Die Exporte sind etwa doppelt so hoch wie die Importe im Beobachtungszeitraum (siehe auch Abbildung 24). Das Jahr 2009 zeigt physisch die stärksten Auswirkungen der Krise, da in allen Kategorien ein Rückgang zu verzeichnen ist. Zwar liegt 2010 der Gesamtmaterialverbrauch noch niedriger, aber das ist dem stark fallenden Mineralienabbau geschuldet, während andere Kategorien schon wieder ansteigen (etwa der Metallexport).

Ab 2005 tritt durch den Ausbau der Energiegewinnung der inländische Energieverbrauch in eine starke Wachstumsphase ein und steigt zwischen 2005 und 2009 um 52 %. Dies ist insbesondere interessant als der metallische Materialverbrauch nur jenen Teil der Metallproduktion widerspiegelt, welcher als Abfall dem isländischen Verbrauch zugerechnet wird (im Falle von Aluminium ist das pro Tonne Rohstoff 0,5 Tonnen Emission) und nicht die gesamte Produktionsmenge, welche aber indirekt im hohen Energieverbrauch, der 2015 knapp 80 % erneuerbare Energie aus Wasserkraft und Geothermie beinhaltet, welche wiederum zu auf die Elektrizitätsproduktion für die Schwerindustrie zurückzuführen ist, sichtbar wird.

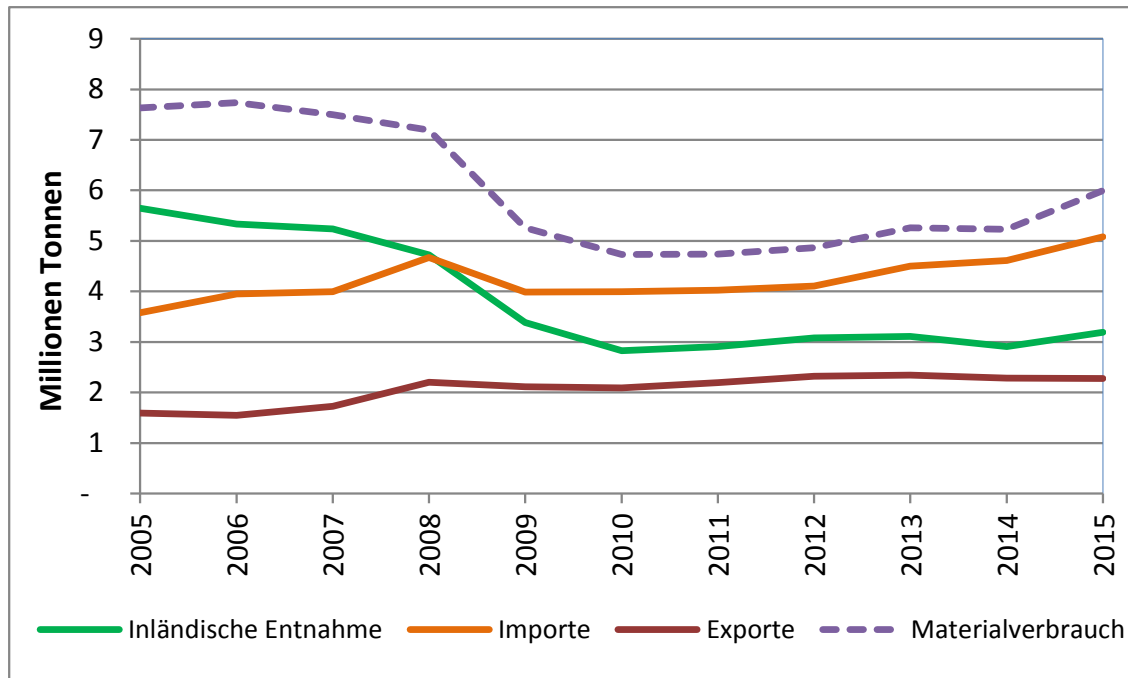


Abbildung 24: Entwicklung der materiellen inländischen Entnahme, Importe und Exporte im Zeitraum 2005 bis 2015 Quelle: Eigene Darstellung nach MFA-Daten

7.1.2. Ressourcenentkopplung

Obwohl Island kein EU-Mitglied ist gibt es eine nationale Agenda²⁵, die an den Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa der EU angelehnt ist. Der europäische Fahrplan orientiert sich am Leitindikator Ressourcenproduktivität (BIP/DMC), welcher das Hauptziel, *die Verbesserung der Wirtschaftsleistung bei geringerem Druck auf die natürlichen Ressourcen* (EU-Kommission 2011, S. 4) gewährleisten soll, sowie einem Katalog weiterer Indikatoren (vgl. EU-Kommission 2011, S. 4). Als Ressourcenproduktivität wird in dieser Arbeit für Island neben der Materialproduktivität (BIP/DMC) auch die Energieproduktivität (BIP/DEC) betrachtet.

Diese Indikatoren geben Aufschluss darüber, wie hoch die Wirtschaftsleistung (hier BIP in US Dollar) pro eingesetzter Ressourceneinheit (in Gewicht oder Brennwert) ist und sind ein Indikator zur Ermittlung der Ressourcenentkopplung. Man spricht von relativer Entkopplung wenn die Wachstumsrate des Wirtschaftswachstums gleich oder höher ist als jene der Ressourcenproduktivität, aber beide positive Wachstumsraten aufweisen. Absolute

²⁵ Welfare for the Future <https://www.government.is/publications/reports/report/?newsid=d6316205-e3db-11e6-9c23-e4a47104df25> Letzter Zugriff: März 2018

Ressourcenentkopplung ist gegeben, wenn die Wachstumsrate des BIPs kleiner ist als jene der Ressourcenproduktivität (vgl. Krausmann et al. 2011, S. 57-60).

Tabelle 17: Überblick über die isländische Materialproduktivität (US \$/kg), die Energieproduktivität (US \$/Gigajoule) sowie das BIP/Kopf in 1000 US \$ (real, 2010 Preise) und deren Wachstumsraten
Eigene Darstellung nach MFA-Daten und United Nations Statistic Division
<https://unstats.un.org/unsd/snaama/cList.asp> Letzter Zugriff Februar 2018

	Wachstum 2005 - 2015	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Materialproduktivität (BIP/DMC) in US \$/Kilo		1,7	1,7	1,9	2,1	2,6	2,8	2,9	2,8	2,7	2,8	2,5
<i>Wachstumsrate</i>	52%		4%	13%	6%	27%	7%	2%	-1%	-3%	2%	-9%
Energieproduktivität (BIP/DEC) in US \$/Gigajoule		75	69	65	60	54	53	54	51	53	54	58
<i>Wachstumsrate</i>	-23%		-8%	-6%	-7%	-10%	-2%	2%	-5%	3%	2%	8%
BIP/Kopf (1000 US \$)		43	44	48	48	44	42	42	42	44	45	46
<i>Wachstumsrate</i>	20%		5%	9%	2%	-7%	-4%	2%	1%	4%	2%	4%

Im Beobachtungszeitraum lässt sich mit Ausnahme des Jahres 2015 ein Ansteigen der Materialproduktivität feststellen (siehe Tabelle 17). Dies wird dadurch verursacht, dass der Materialverbrauch weniger stark steigt als das BIP (2006) oder sogar zurückgeht, während das BIP steigt (2007, 2008 und 2014) oder in den Jahren des Wirtschaftsrückgangs 2009 und 2010 stärker absinkt als das BIP. In allen Fällen sinkt dadurch der pro Wirtschaftsaktivität (1 US Dollar) eingesetzte Materialverbrauch in Kilogramm, was die Materialproduktivität erhöht (vgl. Krausmann et al. 2011, S. 59). Setzt man die Entwicklung der Materialproduktivität von 2005 auf 2015 in Bezug zu jener des Bruttoinlandsprodukts lässt sich feststellen, dass die Materialproduktivität stärker (52%) angestiegen ist, als das Bruttoinlandsprodukt (20%), was eine absolute Entkopplung beschreibt (siehe Definition nach Krausmann et al. 2015 weiter oben). Die Materialentkopplung ist vor Allem dem zurückgehenden Mineralienabbau geschuldet (der wiederum durch die Krise verursacht ist) und den Materialverbrauch stark senkt. Die Energieproduktivität hingegen sinkt im Zeitraum um 23 % (siehe Tabelle 8), worin sich der hohe Elektrizitätsbedarf der Industrie widerspiegelt. Hier ist keine Entkopplung zu beobachten. Die Krise führt also, wie in der eingangs formulierten These, zu einer Erhöhung der Ressourcenproduktivität bezogen auf die Materialproduktivität, jedoch nicht bezogen auf die Energieproduktivität (siehe auch Kurvenverläufe in Abbildung 25).

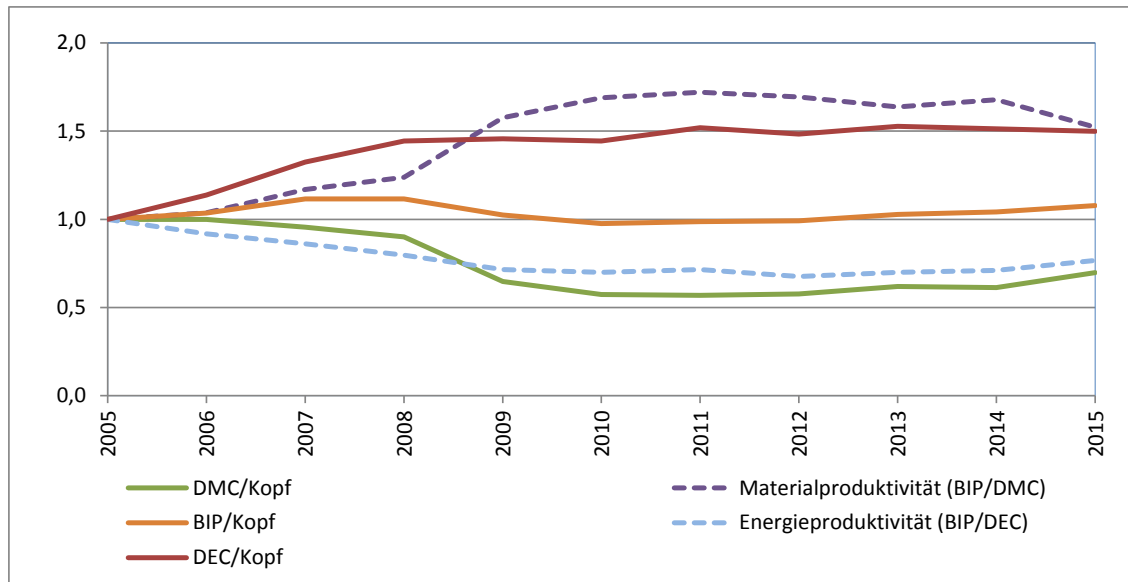


Abbildung 25: Indexierte Darstellung (2005 =1) der Indikatoren BIP/Kopf (konstante 2010 Preise), DMC/Kopf, DEC/Kopf, Materialproduktivität (BIP/DMC), Energieproduktivität (BIP/DEC)
Quelle: Eigene Darstellung nach MFA- und EFA-Daten sowie UNSTATS United Nations Statistic Division
<https://unstats.un.org/unsd/snaama/cList.asp> und Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO <http://www.fao.org/faostat/en/#home> Letzter Zugriff Februar 2018

Ob der Trend der Materialentkopplung anhält bedarf weiterer Forschung, da der Beobachtungszeitraum mit 10 Jahren ein kurzes Zeitfenster darstellt. Im letzten Beobachtungsjahr sinkt die Materialproduktivität wieder, da der Materialverbrauch in allen Kategorien ansteigt, was gegen einen weiteren Entkopplungstrend spricht. Andererseits hat der Tourismussektor nach der Krise zunehmend Anteil am Wirtschaftswachstum (vgl. OECD 2017, S. 46). Dies könnte den Anteil verschiedener Dienstleistungssektoren an der Wirtschaftsleistung zukünftig erhöhen und sich positiv auf die Ressourcenproduktivität auswirken. Das International Resource Panel der Vereinten Nationen (UNEP) argumentiert, dass Ressourcenentkopplung gezielte Maßnahmen der staatlichen- und Unternehmenspolitik sowie des Lebensstils der Bevölkerung erfordert (vgl. UNEP 2011, S. XIV). Die Erhöhung der Materialproduktivität liegt in Island jedoch vielmehr an der Finanzkrise. Generell ist es zu kurz gegriffen, einen geringeren Materialverbrauch automatisch mit nachhaltiger Entwicklung gleichzusetzen, da beispielsweise auch eine erhöhte Materialproduktivität durch den Einsatz „leichter“ Materialien mit hoher Umweltbelastung erreicht werden könnte oder umweltbelastende Industrien von Staaten externalisiert werden können (vgl. Haberl 2004 S. 208f).

Das UNEP nennt einen pro-Kopf Trend des Ressourcenverbrauchs zwischen 5-6 Tonnen als einen tragbaren, globalen Trend für die nächsten Jahrzehnte (vgl. UNEP 2011, S. xi). Island liegt 2010 bis 2012 bei 15 Tonnen pro Kopf, im letzten Beobachtungsjahr wieder bei 18 Tonnen pro Kopf. Die geringe Besiedelung macht den pro Kopf-Verbrauch Islands besonders hoch. In Produktion und Verarbeitung von Biomasse und Metallen für den Exportsektor reduziert sich die Masse der Rohmaterialien, hauptsächlich durch Wasserentzug und Abfälle in der Erzeugung von Fischprodukten oder die hohen Emissionen in der Aluminium-Elektrolyse. Diese Differenz wird dem isländischen Materialverbrauch zugerechnet. Demgegenüber fließen die den hohen Importen Islands vorgelagerten Ressourcenflüsse nicht in dessen Verbrauch ein. In größeren, komplexeren Ökonomien kann dies die Höhe des Verbrauchs ausgleichen, in kleineren, auf wenigen Ressourcen basierenden Ökonomien wie Island führt dies jedoch häufig zu sehr hohen oder sehr niedrigen DMC Werten (vgl. Schandl & West 2012 in: Krausmann et al. 2014 S. 10).

7.2. Ländervergleich

Um nun der Frage nachzugehen, wie sich andere krisenbetroffene europäische Länder bezogen auf die Ressourcenproduktivität entwickelt haben und wie sich Island im Krisenmanagement von ihnen unterscheidet, werden Indikatoren der Länder Island, Irland und Griechenland verglichen. Griechenland erlebte ab 2009 durch dessen hohe Staatsverschuldung und die globale Wirtschaftskrise eine Finanzkrise (vgl. CIA 2018). Irland erlebte ebenfalls einen Einbruch der Wirtschaft als Folge der globalen Krise, welcher vor allem den Immobilien- und Bausektor betraf (vgl. CIA 2018). Aus ökonomischer und politischer Sicht unterschied sich die isländische Krise in vielen Punkten von jener anderer Länder Europas. Eine Ähnlichkeit zu Irland jedoch war, dass die Ökonomien beider Länder sich vergleichsweise spät der neoliberalen Marktwirtschaft öffneten, dann aber rasant wuchsen. Der griechische Kriseneinbruch passierte gradueller (vgl. Bergmann 2014, S. 185; S.190). Im Unterschied zu den EU-Mitgliedern Griechenland und Irland übernahm Island nicht die Gesamtschulden der Banken, was auch eine schnellere Erholung von der Krise bewirkte (vgl. Bergmann 2014, S. 162). Die isländische Staatsverschuldung betrug 2012 113 % des BIPs und 2015 nur mehr 68 % des BIPs (vgl. World Bank 2018; IMF 2016, S.3). Im Vergleich dazu ist die Staatsverschuldung Griechenlands von 160 % (2012) sogar auf 177 % (2015) gestiegen (vgl. WKO 2018). Irland hat im Vergleich die höchste

Staatsverschuldung (vgl. Bergmann 2014, S. 5; S. 158). Während die Vergleichsländer nach der Krise eine Austeritätsstrategie²⁶ verfolgten, wurden in Island die sozialen Folgen abgefedert, indem die oberen Einkommensklassen stark besteuert wurden, Niedrigverdiener aber Steuersenkungen erhielten und weitere Maßnahmen gesetzt wurden, welche die wirtschaftlich Schwächeren des Staates entlasten sollten (vgl. Bergmann 2014, S. 159). Im Vergleich der drei Länder vor Krisenbeginn (Abbildung 26) weist Irland mit 41 Tonnen pro Kopf den höchsten Materialverbrauch auf, gefolgt von Island. Griechenland hat den niedrigsten Materialverbrauch und auch Biomasseverbrauch, jedoch den höchsten Verbrauch fossiler Energieträger (8 Tonnen/Kopf). In der Krise (Abbildung 27) ist der Materialverbrauch aller Länder stark gesunken und der isländische Pro-Kopf-Verbrauch am niedrigsten, was auf den starken Rückgang des Mineralienverbrauchs zurückzuführen ist. Die Baumineralien waren auch die größte Kategorie des Materialverbrauchs in Griechenland, dessen gesamter Materialverbrauch 2008 um 25 % zurück (vgl. Kolar 2016, S. 5). In allen drei Ländern ist der Sektor der Baumineralien der größte Materialverbrauch, welcher auch nach/während der Krise 2009 am stärksten absinkt siehe Abbildung 26 und 27.

²⁶ Rigide Sparmaßnahmen im öffentlichen und privaten Sektor, welche häufig in Krisenzeiten Anwendung finden <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/326726/austeritaet-v5.html> Letzter Zugriff Februar 2018

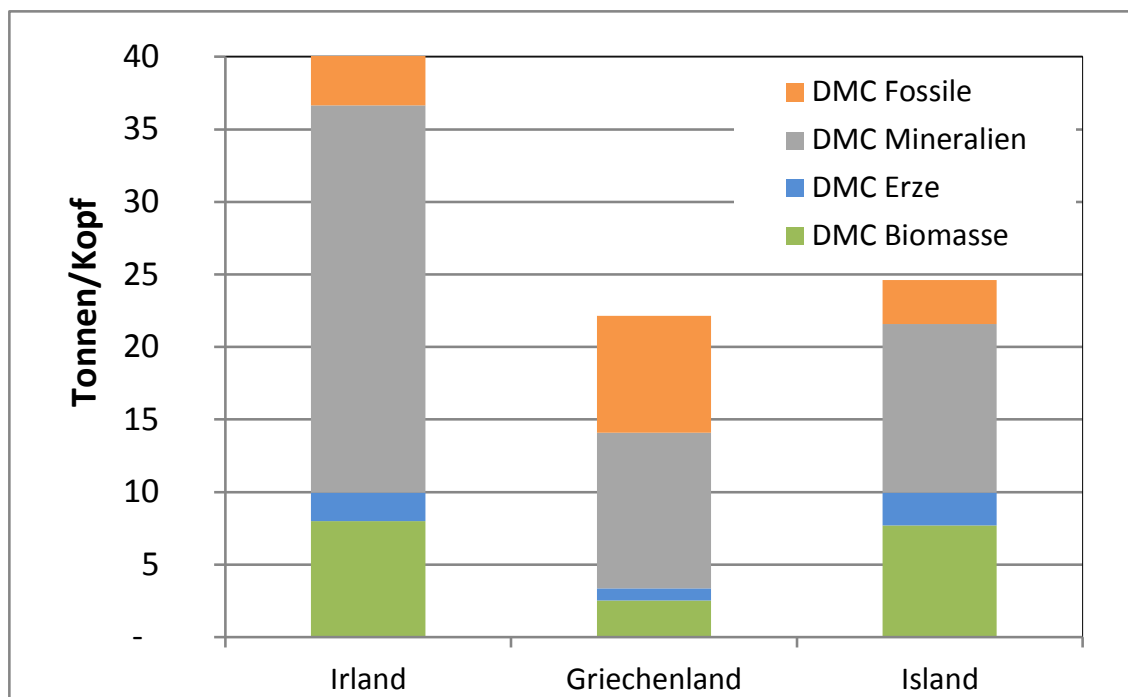


Abbildung 26: Ländervergleich des inländischen Materialverbrauches pro Kopf in den 4 Hauptkategorien für das Jahr 2007 Quelle: Eigene Darstellung. Daten: MFA und Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database> Letzter Zugriff Februar 2018

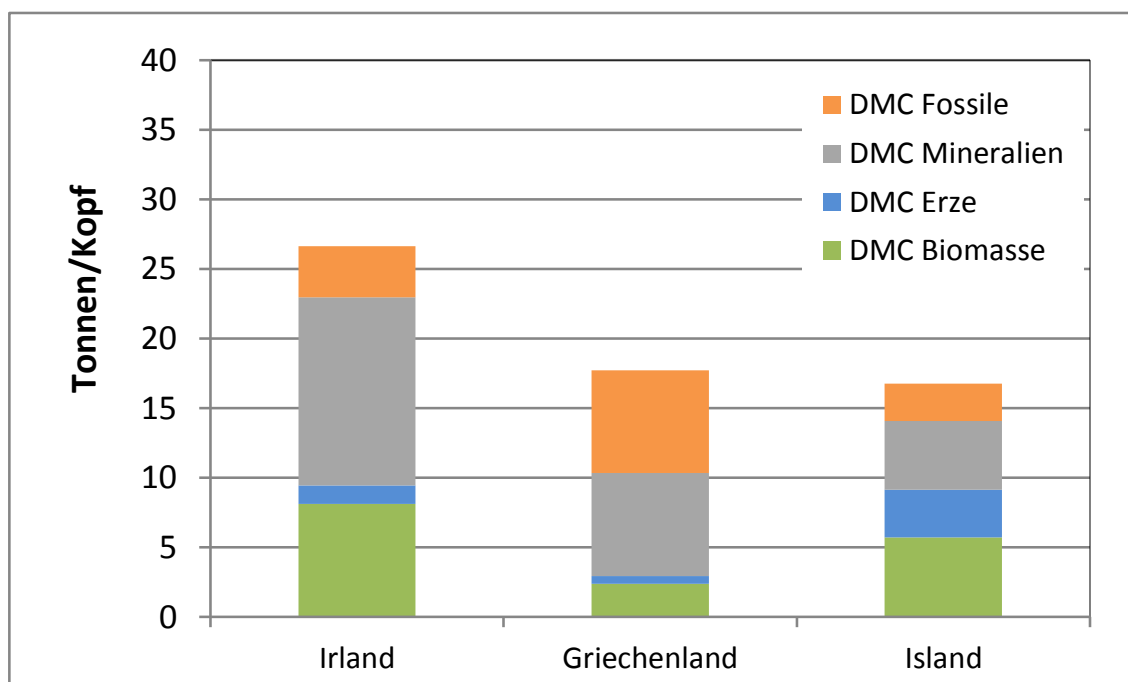


Abbildung 27: Ländervergleich des inländischen Materialverbrauches pro Kopf in den 4 Hauptkategorien für das Jahr 2009 Quelle: Eigene Darstellung. Daten: MFA und Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database> Letzter Zugriff Februar 2018

Um die drei Länder hinsichtlich ihrer Ressourcenproduktivität zu vergleichen, wurde die Ressourcenproduktivität unter Verwendung des BIP/Kopf zu Kaufkraftstandards verwendet, da dieses die unterschiedlichen Preisniveaus der Länder ausgleicht. Tabelle 18 zeigt, dass die Ressourcenproduktivität Irlands im Zeitraum am stärksten gestiegen ist, gefolgt von Island.

Tabelle 18: Ländervergleich BIP/Kopf in US Dollar (aktuelle Preise nach Kaufkraftstandard) und Materialproduktivität (BIP/DMC) Quelle: Eigene Darstellung nach MFA-Daten und The World Bank https://data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.pcap.pp.cd?name_desc=true Letzter Zugriff Februar 2018

Ländervergleich		Wachstum 2005 - 2015	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Irland	BIP/Kopf	72%	40.438	44.211	46.752	44.281	41.613	43.299	45.180	46.502	48.334	51.442	69.394
	Materialproduktivität	224%	1,0	1,1	1,1	1,2	1,6	1,9	2,1	2,4	2,2	2,5	3,4
Griechenland	BIP/Kopf	4%	25.578	28.523	29.287	30.856	30.360	28.176	26.141	25.284	26.098	26.838	26.697
	Materialproduktivität	36%	1,6	1,8	1,3	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	2,1	2,1
Island	BIP/Kopf	27%	36.965	38.706	40.732	42.678	41.014	38.374	39.466	40.487	42.631	44.224	47.055
	Materialproduktivität	82%	1,4	1,5	1,6	1,8	2,4	2,6	2,7	2,7	2,6	2,8	2,6

Der starke Anstieg des Wirtschaftswachstums in Irland bewirkt, dass dort fast über den gesamten Zeitraum eine relative Ressourcenentkopplung zu beobachten ist (vgl. Endl 2015 S. 77). In Griechenland liegt das BIP/Kopf und auch die Materialproduktivität am niedrigsten. Krausmann zufolge hängt die Materialproduktivität in den EU-Ländern stark mit dem Einkommensniveau zusammen (vgl. Krausmann et al. 2011, S.57).

Eurostat schreibt, dass im EU-Schnitt zwischen 2008 und 2016, also seit der Wirtschaftskrise, die Ressourcenproduktivität um 30,6 % gestiegen ist weil der Materialverbrauch stärker gesunken ist als das Bruttoinlandsprodukt. Weiters wird beobachtet, dass die Krise in den EU-Ländern stärkere Auswirkungen auf den Bau- und Industriesektor hatte als auf den Dienstleistungssektor (vgl. Eurostat 2018). Die Schwierigkeit in der Aussagekraft der Ressourcenentkopplung über eine tatsächliche Dematerialisierung der Wirtschaft zeigt sich im globalen Kontext. So ist der Trend des hohen Einkommens pro Kopf mit verhältnismäßig geringem Ressourcenverbrauch pro Kopf in den industrialisierten Ländern häufig, der die Ressourcenproduktivität ansteigen lässt, ist jedoch mit einem Auslagern ressourcenintensiver Industrie in Länder, deren Einkommensniveau/Kopf niedrig ist häufig und deren Ressourcenverbrauch/Kopf dadurch ansteigt (vgl. UNEP 2011, S.15).

7.3. Aluminiumsektor

In diesem Kapitel wird gemäß der eingangs beschriebenen Forschungsfrage, wie sich die Krise auf den Sektor ausgewirkt hat und wie sich deren Ressourcenflüsse verändert haben, gesondert auf die Entwicklungen des Aluminiumsektors im Beobachtungszeitraum eingegangen.

Seit 1969 wird in Island Aluminium produziert und durch die niedrigen Elektrizitätspreise zunehmend ausgebaut (vgl. USGS 2015, S. 21.1). 2015 sind auf Island drei große Aluminiumwerke dreier ausländischer Konzerne in Betrieb, das ist die älteste Aluminiumhütte Grundartangi von Nordural, das Werk des Konzerns Rio Tinto Alcan Straumsvík und Reyðarfjörður von Alcoa (vgl. USGS 2015, S. 21.1., Außenwirtschaft Austria 2017; S. 5). Aluminium ist das dritthäufigste Element der Erdkruste und global eines der am häufigsten verwendeten Metalle und wird vor Allem im Transportwesen und der Elektrizitätsversorgung verwendet (vgl. Hydro 2012 S. 9; OECD 2011, S. 8). Der globale Konsum von Primäraluminium (nicht recycelt), welches auch in Island produziert wird, ist seit Beginn des 21. Jahrhunderts global im Schnitt jährlich um 5 % gestiegen, in den wirtschaftlich aufstrebenden Staaten China und Indien sogar um 17 % bzw. 10,4 % (vgl. Nappi 2013, S. 24). Der nach Island importierte Rohstoff Aluminiumoxid wird in den Herkunftsländern aus Bauxit, einem Erz mit 15-25 % Aluminiumgehalt, in einem Elektrolyse-Verfahren unter Zufuhr von Natronlauge gewonnen, welches als *Bayer-Verfahren* bekannt ist. Da Bauxit in Erdschichten von geringer Tiefe und geringer Mächtigkeit vorliegt, werden große Flächen abgebaut. In der Verarbeitung entsteht neben dem Endprodukt zunächst Gesteinsschotter als Abraum (aus 4-7 Tonnen Bauxit entstehen 2 Tonnen Aluminiumoxid) und desweiteren ein als Rotschlamm bezeichnetes Gemenge mit den Abfallprodukten der Produktion (vgl. Hydro 2012 S. 24ff; International Aluminium Institute 2017, S. 5; USGS 2007 S. 10.1).

In isländischen Aluminiumhütten wird dann zur Herstellung des Reinaluminiums das Aluminiumoxid mit Kryolith und Aluminiumfluorid vermengt und durchläuft eine elektrolytische Reduktion, welche als *Hall-Héroult-Prozess* bezeichnet wird (vgl. OECD 2011 S. 9; USGS 2007 S. 10.1). Das Gemisch aus Aluminiumoxid und den Zusatzstoffen befindet sich in einer Kohlenstoffwanne, welche als Kathode fungiert und in welche Kohlenstoff-Anoden getaucht werden. Der Kohlenstoff der Anoden tritt mit dem Sauerstoff des Aluminiumoxids in Verbindung

und wird schließlich als CO₂ freigesetzt. Der Prozess erfordert eine hohe Elektrizitätszufuhr (15 MWh für eine Tonne Reinaluminium, europäischer Durchschnittwert 2010) und wird bei etwa 950 Grad Celsius durchgeführt (vgl. OECD 2011, S. 9 S. 21; EAA 2013, S. 13, S. 20).

7.3.1. Importe von Rohstoffen

Die Rohstoffe der Industrie werden gänzlich nach Island importiert. Es handelt sich um Aluminiumoxid (Al₂O₃) (vgl. USGS 2007, S. 10.1). Abbildung 28 zeigt die Importmenge und deren Zusammensetzung nach Importländern. In den ersten beiden Beobachtungsjahren stammen die Rohstoffe noch vorwiegend aus europäischen Abbaugebieten (hauptsächlich Irland und Schweiz), 2007 sind die USA und 2008 Australien Hauptimporteure, bis ab dem Jahr 2009 bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes Brasilien die Importe anführt (zwischen 34 und 71 % der Gesamtimporte von Aluminiumoxid). Der Importpreis pro Tonne für die Rohstoffe steigt von 253 US \$/Tonne im Jahr 2005 bis auf das Maximum des Beobachtungszeitraumes von 431 US \$/Tonne (2008) und fällt dann im Jahr 2009 um 37 %. Bis 2011 gibt es eine zweite Anstiegsphase um ebenfalls 37 %. Ab 2012 bleibt der Preis relativ stabil (im Schnitt 313 US \$/Tonne). Der gestiegene Import ab 2008 liegt an der Eröffnung des neuen Werkes von Alcoa Fjarðaál, dessen Exporte in diesem Jahr 600 Millionen Dollar generierten (vgl. USGS 2012, S. 21.1).

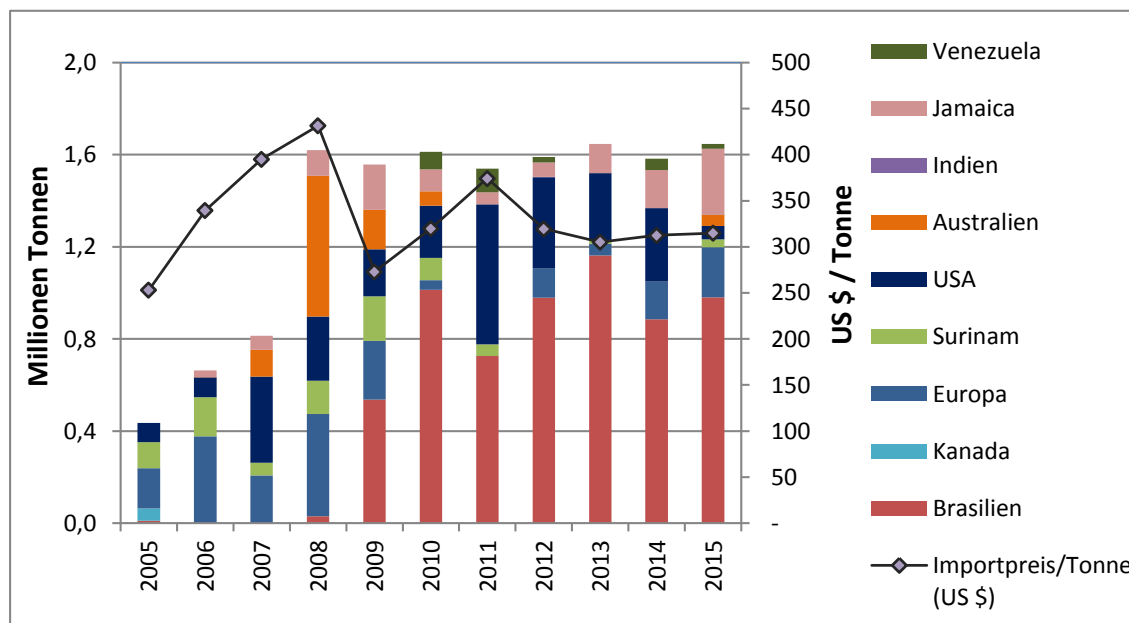


Abbildung 28: Darstellung der Importmenge von Aluminiumoxid in Millionen Tonnen nach Herkunftsländern sowie jährliche Importausgaben/Tonne (Linie) Quelle: Eigene Darstellung nach MFA und Comtrade-Daten <http://comtrade.un.org/db/> Letzter Zugriff: Februar 2018

7.3.2. Produktion und Export

Es wird Rohaluminium und verarbeitetes Aluminium exportiert. Die Hauptexportländer sind, wie in Abbildung 29 ersichtlich, die Niederlande und Deutschland, welche die größten Häfen Europas besitzen, sowie in den letzten beiden Beobachtungsjahren Spanien. Die größten Exporte der Kategorie "Andere" sind nach Frankreich und die Schweiz.

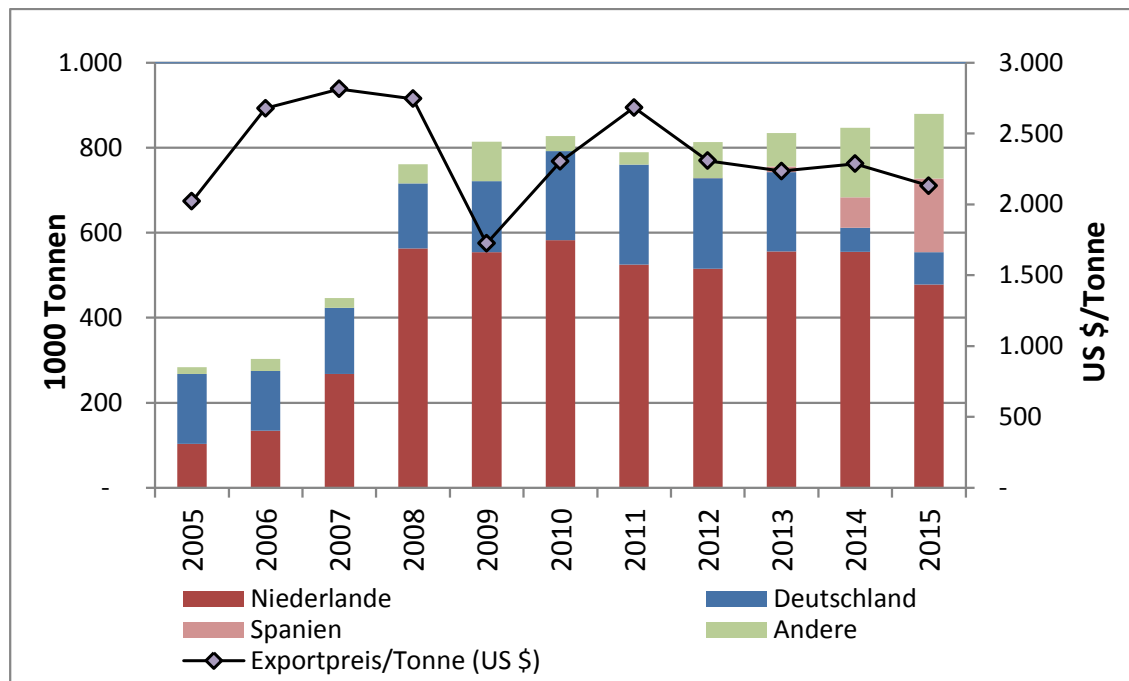


Abbildung 29: Darstellung der Exportmenge von Rohaluminium und verarbeitetem Aluminium in 1000 Tonnen nach Herkunftsländern sowie jährlicher Exporteinnahmen/Tonne (Linie) Quelle: Eigene Darstellung nach MFA und Comtrade-Daten <http://comtrade.un.org/db/> Letzter Zugriff: Februar 2018

Der Anteil an verarbeitetem Aluminium an den Gesamt-Aluminiumexporten liegt vor 2009 im Promillebereich, steigert sich dann aber langsam und liegt 2014 und 2015 bei 21 %. Dies liegt an den steigenden Exporten von Stangen, Formen und Kabeln aus Aluminium nach Spanien und in die Niederlande. Der Anstieg 2008 stimmt mit der Eröffnung des neuen Alcoa-Werkes überein (vgl. USGS 2009, S. 15.1). Der Exportpreis zeigt eine starke Abnahme mit der Wirtschaftskrise. So wurde im Jahr 2007 761.204 Tonnen Aluminium für 2,1 Milliarden Dollar exportiert, im Jahr 2008 waren es 813.880 Tonnen für 1,4 Milliarden Dollar. 2009 erfolgten trotz höherer physischer Exporte weniger Einnahmen als im Vorjahr.

Der Exportpreis hängt mit dem globalen Rohstoffpreis von Aluminium zusammen, welcher an die Nachfrage der weiterverarbeitenden Industrie und die globalen, wirtschaftlichen

Entwicklungen gebunden ist (vgl. Gudmundsson 2003, S. 48). Der hohe Weltmarktpreis bis 2008 hängt unter anderem mit einer hohen Nachfrage durch leichte Kreditfinanzierungen vor der globalen Krise und einem schwachen US \$ Dollar zusammen (vgl. Nappi 2013, S. 13). Die Inflation senkt die Kaufkraft der betroffenen Währung, was die Exporte stärkt, da der Einkauf für andere Währungen günstiger wird (vgl. Beck 2005, S.318f). Gudmundsson schreibt im Jahr 2003, dass die jährlich definierte Produktionskapazität, durch die es eher zum Aufbau von Beständen kommt und die geringe Bandbreite an Produkten im Gegensatz zu den vielen Produkten der Fischerei als Risikofaktoren für die Abhängigkeit von Preisschwankungen (vgl. Gudmundsson 2003, S. 3). Nappi argumentiert, dass etwa 70 % der Schwankungen in den Gesamtkosten der Produktion von reinem Aluminium aus Aluminiumoxid direkt mit den Energiekosten der Produktion verbunden sind. Diese variieren von Land zu Land stärker als die Rohstoffkosten der Industrie, weshalb die Standortwahl wesentlich ist (vgl. Nappi 2013, S. 18). In diesem Zusammenhang ist auch anzumerken, dass der isländische Energiekonzern Landsvirkjun mit dem Aluminiumkonzern Alcoa, der das größte Kraftwerk in Island betreibt, vertraglich festlegte, dass die Preise der Energieversorgung von den Weltmarktpreisen für Aluminium abhängen (vgl. Gudmundsson 2003, S. 3). Der Energiepreis von Landsvirkjun liegt im Jahr 2014 bei 26 USD/MWh (vgl. Askja Energy 2015). Die zweite Unterfrage zum Aluminiumsektor, ob sich ein enger Zusammenhang zwischen Material- und Energieverbrauch des Sektors zeigt und ob ein Einbruch durch die Wirtschaftskrise gleichermaßen für beide Ressourcentypen zu beobachten ist, konnte durch die Gegenüberstellung des DMC Aluminium und des Elektrizitätsverbrauchs der Aluminiumindustrie ermittelt werden (siehe Abbildung 30). Krausmann et al. 2014 stellten bereits fest, dass die hohe Energieverfügbarkeit Islands Auswirkungen auf den Materialverbrauch hat, indem der ressourcenintensive Aluminiumsektor mit der Elektrizität aus erneuerbaren Energien betrieben wird (vgl. Krausmann et al 2014, S. 9). Einen Rückgang des Aluminiumverbrauchs kann man im Jahr 2009 feststellen, jedoch nach einem Jahr des Verbrauchsmaximums. Das Jahr 2009 hat sich allgemein am Stärksten auf den Materialverbrauch und Rückgang des BIPs ausgewirkt (gesamter Rückgang im Materialverbrauch: -27%; BIP: - 7%). Wie sich aber in den vorangegangenen Ausführungen zeigte, wird im Jahr 2009 weniger Aluminiumoxid importiert und mehr Aluminium exportiert, was den Materialverbrauch senkt, und sich möglicherweise dadurch erklären lässt, dass ein im

Vorjahr erzeugter Bestand exportiert wurde und die Inflation diese Entwicklung begünstigte (vgl. Beck 2005, S.318f.) Der Aluminium-DMC steigt zunächst von 2005 auf 2008 um 469%, weil die Kapazitäten des ältesten Aluminiumwerkes zweimal ausgebaut werden (2006 und 2008) und ein neues Werk gebaut wurde (Baubeginn: 2005, Inbetriebnahme: 2008) (vgl. USGS 2014, S. 21.1.). Dazu parallel wird die Elektrizitätsversorgung ausgebaut, der Elektrizitätsverbrauch steigt von 2005 auf 2008 auch um 93%, vor allem durch die Inbetriebnahme des Kárahnjúkar-Wasserkraftwerks 2008 (vgl. Alcoa Inc. 2006 in: USGS 2009, S. 15.1; USGS 2010, S. 21.1). 2015 sind 40 Wasserkraftwerke und 7 geothermale Kraftwerke in Betrieb, welche den Großteil der Elektrizität für die Industrie erzeugen (vgl. The Central Bank of Iceland 2016, S. 18; Orkustofnun 2016). Das sind 2015 18.222 GWh. Der Kapazitätsausbau der Industrie begann bereits vor der Finanzkrise, danach blieben der aluminiumbezogene Material- und Elektrizitätsverbrauch relativ konstant.

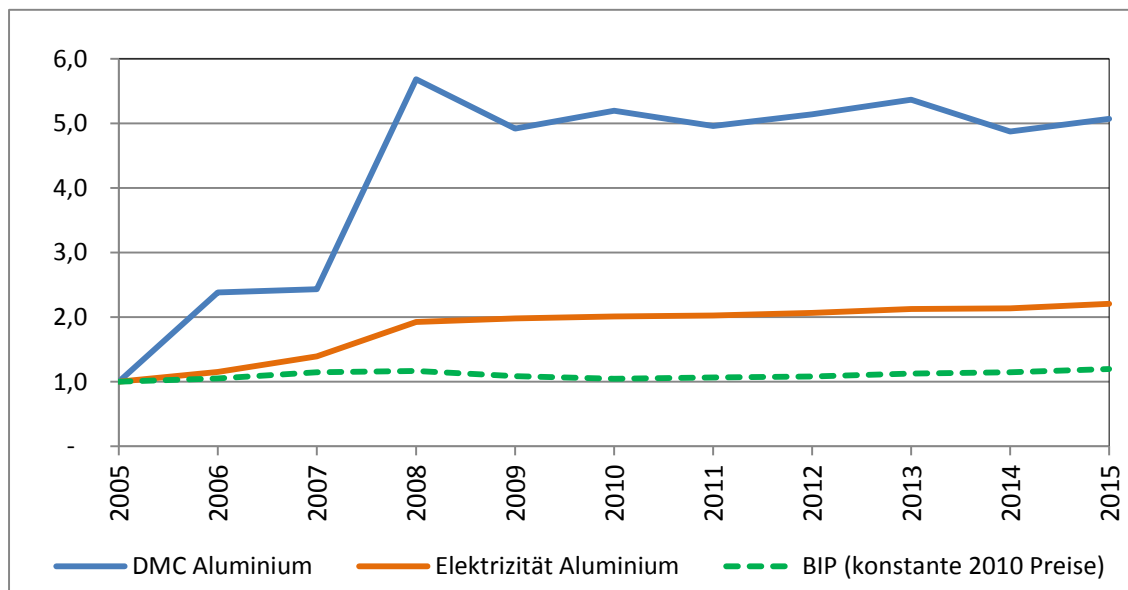


Abbildung 30: Entwicklung des Materialverbrauchs von Aluminium und des Energieverbrauchs von Aluminium sowie des BIPs zu konstanten 2010 Preisen, indexiert, im Zeitraum 2005 bis 2015Quelle: Eigene Darstellung mit MFA- und EFA-Daten und Datenquellen: Orkustofnun <https://nea.is>; Orkustofnun 2010, S. 13; United Nation Statistic Division <https://unstats.un.org/unsd/snaama/clist.asp> Letzter Zugriff Februar 2018

Die Aluminiumindustrie hat zur Entstehung der Finanzkrise beigetragen, indem die Kredite zum Aufbau der Industrie die Staatsverschuldung antrieben und die staatlichen Einnahmen durch

Energiepreise an die globalen Aluminiumpreise koppelte. Auch kam es durch den Ausbau der Industrie zu einer momentanen Aufwertung der Krone, was zu einer Überschätzung der Finanzkraft des Staates als auch der privaten Haushalte und somit zu einem weiteren Antreiben der Schuldenspirale führte (vgl. Krater und Rose in: Abrahamsky K. 2009, S. 324f; IMF 2008).

Die niedrigen Weltmarktpreise für Aluminium der letzten Beobachtungsjahre sind dem USGS zufolge Anlass für die Regierung weitere Nutzungsmöglichkeiten für die potentiell verfügbare Energie zu finden (vgl. USGS 2015, S.21.1.) Dies könnte auch eine Trendwende der Nutzung bedeuten. Eine Aluminiumhütte des Konzerns Century Aluminium war seit längerem im Bau begriffen, jedoch immer wieder aufgrund von Umweltbedenken und verfügbarer Energie gestoppt worden. Es ist nach wie vor nicht abgeschlossen (vgl. USGS 2015, S. 21.1.).

Eine weitere Aluminiumschmelze (Bakki), welche Elektrizität aus einem Geothermie-Kraftwerk beziehen sollte, war seit 2008 von Alcoa Inc., der Regierung und lokalen Behörden in Verhandlung. Diese wurden jedoch 2011 seitens Alcoa Inc. abgebrochen, da die Höhe der Energiepreise und Dauer der Versorgung eine Investition in den Standort aus der Sicht des Konzerns nicht rechtfertigte (vgl. Saving Iceland 2008 in: USGS 2010, S. 1; Alcoa Inc. 2011 in: USGS 2013 S.1).

7.3.3. Umweltauswirkungen der Industrie

Der hohe Aluminiumverbrauch spiegelt die Abfälle und Emissionen der Produktion wieder, da das Endprodukt Aluminium exportiert wird und nicht zum inländischen Verbrauch zählt. Dies sind im Wesentlichen CO₂-Emissionen. Aus 2 Tonnen Aluminiumoxid entsteht 1 Tonne Aluminium (vgl. Hydro 2012 S. 24). Neben dem hohen Energiebedarf setzt die Elektrolyse auch Emissionen frei, vor allem sehr hohe Mengen an CO₂ (1574 kg/t), Schwefeldioxid (7,4 kg/t), Perfluorcarbone (0,04 kg/t), Stickoxide (0,44 kg/t), Benzo(a)pyrene (0,26 g/t) und Feinstaub (0,84 kg/t)²⁷ (vgl. EEA 2013 S. 27). Islands pro Kopf Emissionen liegen aufgrund der Aluminium- und Ferrosiliziumindustrie an der Spitze der nordischen Länder. (vgl. USGS 2015, S. 21.1.).

²⁷ Alle Werte sind europäische Durchschnittswerte für das Jahr 2010 und beziehen sich auf die Produktion von 1 Tonne Aluminium

Die Umweltauswirkungen der Nutzung von Wasserkraft können vielfältig sein und nach Goldsmith und Hildyard neben sozialen Auswirkungen unter anderem die Fluss- und Gewässerökologie verändern, sowie die Wasserqualität und die Biodiversität negativ beeinflussen (vgl. Goldsmith and Hildyard 1984 in: Haberl 2001, S. 14). 2014 berichtet die OECD, deren kleinstes Mitglied Island ist, in einem Gutachten die Energienutzung aus Wasserkraft und Geothermie, Überweidung, Verstädterung und Tourismus als Hauptfaktoren der Umweltbelastung Islands. So ist die Hälfte der isländischen Böden bereits von Erosion betroffen, 40 % der in Island brütenden Vogelarten und weitere Tier- und auch Pflanzenarten bedroht. Die Energiegewinnung aus Geothermie verursacht hohe Schwefelsulfid und Hydrogensulfit-Werte (in der Hauptstadt wurde der Grenzwert mehrmals überschritten) (vgl. OECD 2014, S. 13). Zurückkommend auf die Umweltstrategien, welche bereits im Kapitel zur Ressourcenentkopplung angesprochen wurden, zeigt sich, dass die obigen Umweltbelastungen neben dem Ressourcenverbrauch ebenfalls die nachhaltige Entwicklung der Insel beeinflussen. Tourismus ist weniger materialintensiv als die Schwerindustrie und die energieintensive Industrie bezieht in Island eine bessere Ökobilanz als beispielsweise die Schwerindustrie welche mit Kohle betrieben wird.

8. Schlussbetrachtungen

8.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die schmale Ressourcenbasis der Insel prägt den isländischen Stoffwechsel durch die inländische Entnahme von Mineralien, Grünfutter und Fisch für den Export. Der Außenhandel ist für die Inselökonomie von großer Bedeutung. 38 % der Export-Einnahmen und 39 % der physischen Exporte stammen aus der Aluminiumindustrie, 42 % der Exporteinnahmen und 25% der physischen Exporte aus der Fischerei. Durch die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien aus Wasserkraft und Geothermie hat sich eine ressourcenintensive Schwerindustrie etabliert, welche sämtliche Rohstoffe importiert und einen hohen Materialverbrauch verursacht indem sich die in der Prozessierung von Aluminiumoxid für den Export entstehenden Emissionen im isländischen Materialverbrauch widerspiegeln, welche fast ausschließlich aus CO₂ bestehen (ca.

1,5 Tonnen pro Tonne Aluminium). Ebenso tragen die Abfälle und Wasserverluste der Fischverarbeitung für den Export zum Materialverbrauch bei.

Der Zeitraum von 2005 bis 2008 ist von einer wirtschaftlichen Hochphase geprägt, in der die Wirtschaft mit im Schnitt 5% wächst und in welcher auch der Material- und Energieverbrauch hoch ist. Bereits kurz vor der Finanzkrise beginnt ein 4-jähriger Rückgang im isländischen Materialverbrauch, der 2009 und 2010 am größten ist, wofür zum Großteil der stark sinkende Mineralienverbrauch verantwortlich ist. Der Energieverbrauch von 2005 bis 2009 um jährlich 11%, wofür die steigende Elektrizitätsgeneration aus erneuerbaren Energiequellen verantwortlich ist und bleibt anschließend weitgehend gleich. Das BIP reduziert sich in der Krisenzeit um 10 %, die Arbeitslosenrate steigt auf 7,6%, die Inflationsrate auf 12,3%. Die Schulden des Finanzsektors erreichen 2007 das 10-fache des isländischen BIPs. Das Land erholt sich ab 2011 von der Finanzkrise, welche durch für europäische Staaten unkonventionelle Maßnahmen abgemildert wird, etwa dem Absehen von einer strikten Austeritätspolitik und indem nur ein kleiner Teil der Bankenschulden übernommen wird und die Banken unter staatliche Administration gestellt werden. Das BIP wächst bis 2015 mit durchschnittlich 3%. Der Materialverbrauch steigt im letzten Zeitabschnitt wieder an, mit einem Höchstwert von 15% von 2014 auf 2015. Im Jahr 2015 liegt der Verbrauch bei einem DMC von 18 Tonnen/Kopf bzw. von 6 Millionen Tonnen insgesamt und alle Materialkategorien sind gestiegen.

Der Aluminiumsektor ist ein wesentlicher Angelpunkt im Zusammenhang mit den großen Material- und Energieflüssen Islands. Der Außenhandel der Aluminiumindustrie steigt bis 2009 sehr stark, was sich in einem Anstieg des Aluminiumverbrauchs von 2005 auf 2008 um 469% abzeichnet, da die Kapazitäten der bestehenden Werke als auch ein neues Werk gebaut wurde. Die Finanzkrise wird im Aluminiumsektor nicht durch einen sinkenden Ressourcenverbrauch, aber durch sinkende Einnahmen sichtbar, indem der an den Weltmarkt gebundene Aluminiumpreis von im Jahr 2009 um 37% sank. Die Energiepreise sind der wichtigste Kostenpunkt in der Aluminiumproduktion. Seit 1995 forcierten die isländische Regierung und die Energiekonzerne einen Ausbau der Energienutzung aus Wasserkraft und Geothermie durch die energieintensive Industrie. Material- und Energieverbrauch der Industrie sind gekoppelt und so steigt der Elektrizitätsverbrauch von 2005 auf 2008 um 93%, vor allem durch die

Inbetriebnahme des Kárahnjúkar-Wasserkraftwerks 2008. Der Kapazitätsausbau der Industrie beginnt bereits vor der Finanzkrise und bleibt danach bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes in Bezug auf dessen Ressourcenflüsse relativ konstant.

Das Absinken des Materialverbrauchs im Beobachtungszeitraum um 22 % spiegelt das veränderte Verhältnis von inländischer Extraktion, Importen und Exporten. Die inländische Entnahme sinkt im Zeitverlauf primär durch den Rückgang des Mineralienabbaus aufgrund des krisenbedingten Rückgangs des Bausektors und fällt mit der Beendigung des Bauprojekts Kárahnjúkar/Fjarðaál zusammen. Der Rückgang des Bausektors ist ein von Eurostat ermittelter Trend, welcher in europäischen Ländern nach der globalen Wirtschaftskrise zu beobachten war, ebenso wie ein stärkeres Sinken des Materialverbrauchs im Vergleich zum BIP, was eine Erhöhung der Ressourcenproduktivität zur Folge hatte (vgl. Eurostat 2017).

Die Ermittlung einer Ressourcenentkopplung für Island ist der dritte Fokus dieser Arbeit. Der Materialverbrauch sinkt in Island im Zeitraum um 22 %, während das Wirtschaftswachstum um 20 % zunimmt. Damit steigt die Materialproduktivität und es kann für den Beobachtungszeitraum eine Ressourcenentkopplung beobachtet werden. Die isländische Energieproduktivität sinkt im Großteil des Beobachtungszeitraumes mit der steigenden Elektrizitätsproduktion und wird erst in den letzten drei Jahren leicht. Die Ressourcenproduktivität kann durch verschiedene Dynamiken wie hohes Einkommen und Auslagern ressourcenintensiver Industrie beeinflusst werden. Der Vergleich mit Irland und Griechenland, welche ebenfalls einen Wirtschaftseinbruch durch die Wirtschaftskrise erlebten, zeigt gleichermaßen eine Erhöhung der Materialproduktivität, sowie der stärkste Rückgang des Materialverbrauchs der Mineralien im Krisenzeitraum. Ob ein Trend in Richtung weiterer Dematerialisierung stattfindet, hängt auch davon ab, wie sich Islands Wirtschaftsstruktur weiterentwickelt und ob Umweltstrategien umgesetzt werden. Islands Materialverbrauch steigt 2015 wieder um 15 %, gleichzeitig steigt der Anteil des Dienstleistungssektors am Wirtschaftswachstum der letzten Beobachtungsjahre, wofür der Tourismussektor Rechnung trägt. Die zwischen Energieversorgern und der Industrie abgeschlossenen Energiepreise sind an den Aluminiumpreis gekoppelt, welcher in den letzten Beobachtungsjahren niedrig war und die isländische Regierung zur Diversifizierung der Absatzmöglichkeiten für die Energie anregt.

8.2. Ausblick und Anregung zu methodischer und wissenschaftlicher Diskussion

Im Zuge der Datenrecherche zu inländischen Mineralienentnahme zeigte sich zunehmend, dass die Daten Lücken aufweisen, da viele kleine Steinbrüche den Abbau nicht erfassen. Wie in der Diskussion dargestellt ist zu vermuten, dass die großen Bauprojekte weit mehr Baumaterialien-Verbrauch verursachten, als in den zugänglichen Datenquellen erfasst wurde. Eine Frage, die für mich im Laufe der Bearbeitung des Themas entstand, ist, welche Auswirkungen die Zuordnung der Importware Aluminiumoxid zu den Metallen für die Qualität von Daten hat, wenn man sich vor Augen hält, dass die übliche Klassifizierung von Aluminiumoxid die eines Salzes oder Keramikmaterials ist. Weiters ist auffällig, dass in der Arbeit von Richter 2011 Bauxitimporte in die Analyse einfließen, welche sich aber in dieser Arbeit nicht recherchieren ließen. Diese hätten in der Aluminiumverarbeitung noch weit höhere Emissionen zur Folge.

Daraus lässt sich erkennen, dass wenn man die Frage nach nachhaltigkeitsrelevanten Aspekten anhand dieser Daten aufwirft, unscharfe Klassifizierungen von Materialkategorien gleichermaßen schwierig zu interpretierbare Ergebnisse mit sich bringen, um Nachhaltigkeitsbewertungen durchzuführen. Daher rege ich eine Diskussion der Klassifizierung an. Da viele inländische Entnahmen nur mit hohem Rechercheaufwand zu ermitteln wären und die Klassifizierungen von Mineralien und Metallen zum Teil unscharf sind, käme es zu starken Unterschieden der errechneten Indikatoren, was wiederum Auswirkungen auf die Beantwortungen meiner Forschungsfragen hätte. Im Anschluss an meine Beobachtungen zur Datenlage möchte ich anregen, weitere Instrumente zur Überprüfung der Datensituation zu verwenden, wie etwa Expertenbefragungen im isländischen Bausektor. Dies könnte möglicherweise massive Veränderungen im Bereich der Inlandsentnahme ergeben. Vor dem Hintergrund dieser Vermutung wären die vorhandenen Resultate dieser Arbeit neu zu bewerten. Insofern als die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Krise und Materialverbrauch und somit auch bezogen auf meine Forschungsfrage veränderte Ergebnisse bringen würde.

9. Literaturverzeichnis

Adriaanse A. et al. 1997: Resource flows: the material basis of industrial economies. World Resource Institute, Washington.

Alcoa Inc. Aluminum Company of America: <https://www.alcoa.com/global/en/home.asp>
Letzter Zugriff Februar 2018

Askja Energy 2015: Electricity tariffs to world's aluminum smelters
<https://askjaenergy.com/2015/08/11/electricity-tariffs-to-aluminum-smelters/>
Letzter Zugriff: Februar 2018

Außenwirtschaft Austria 2017: Außenwirtschaft Update Island
<https://www.wko.at/service/aussenwirtschaft/island-update.pdf>
Letzter Zugriff: Februar 2018

Ayres R. U. & Simonis U. E. 1994: Industrial metabolism: Restructuring for sustainable development. Tokyo: United Nations University Press.

Beck, B. 2005: Volkswirtschaft verstehen. vdf Hochschulverlag AG.

Benediktsson, K. & Karlsdottir, A. 2011: Iceland: crisis and regional development - Thanks for all the fish? European Urban and Regional Studies 18, 2, 228–235.

Bergmann, E. 2011: Iceland and the EEA, 1994–2011. Europautredningen. Utvalget for utredning av Norges avtaler med EU.

Bergmann, E. 2014: Iceland and the international financial crisis: boom, bust and recovery, Palgrave Macmillan Verlag, Houndsmills, Basingstoke.

BGS: British Geological Survey www.bgs.ac.uk/data
Letzter Zugriff August 2017

Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft 2017: World Mining Data: www.bmwf.at/EnergieUndBergbau
Letzter Zugriff: August 2017

Central Bank of Iceland 2016: The Economy of Iceland.

https://www.sedlabanki.is/library/Skraarsafn/Economy-of-Iceland/2016/Economy_of_Iceland_2016.pdf

Letzter Zugriff: September 2017

CIA - Central Intelligence Agency: CIA World Factbook.

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ic.html>

Letzter Zugriff: Februar 2018

Das europäische Parlament und der Rat der europäischen Union 2011: Verordnung (EU) Nr. 691/2011 Über europäische umweltökonomische Gesamtrechnungen.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:02011R0691-20140616>

Letzter Zugriff: Februar 2017

Das europäische Parlament und der Rat der europäischen Union 2008: Verordnung (EU) Nr. 1099/2008 Über die Energiestatistik

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32008R1099>

Letzter Zugriff: März 2018

Dronjak, A. 2005: Quarring in Iceland <https://ioqnz.co.nz/uploads/Iceland-Dronjak.pdf>

Letzter Zugriff: März 2018

EAA 2013: Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry. European Aluminium Association <https://european-aluminium.eu/media/1329/environmental-profile-report-for-the-european-aluminium-industry.pdf>

Letzter Zugriff: März 2018

Endl, P. 2015: Eine vergleichende Material- und Energieflussanalyse der politischen Ökonomien von Island und Trinidad Tobago im Zeitraum von 1970 bis 2008. Diplomarbeit: Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Erdenberger, A. 2010: Wirtschaftskrise in Island: Von hohen Wachstumsraten zum drohenden Staatsbankrott. 1. Auflage. Hamburg: Diplomica Verlag GmbH.

EU-Kommission 2011: Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa. Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. KOM(2011) 571.

[http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2011\)0571_/com_com\(2011\)0571_de.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2011)0571_/com_com(2011)0571_de.pdf)

Letzter Zugriff: März 2018

European Cement Association: <https://cembureau.eu/>
Letzter Zugriff März 2018

Eurostat 2001: Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A methodological guide, Luxembourg: Eurostat, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities

Eurostat 2013: Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA) Compilation Guide 2013, Luxembourg: Eurostat, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/2013-EW-MFA-Guide-10Sep2013.pdf/54087dfb-1fb0-40f2-b1e4-64ed22ae3f4c>
Letzter Zugriff: November 2016

Eurostat: EW-MFA Questionnaire
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/methodology>
Letzter Zugriff: November 2016

Eurostat: Resource productivity statistics, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Resource_productivity_statistics Letzter Zugriff: Februar 2018

Eysteinnsson, T. 2013: Forestry in a treeless land. Iceland Forest Service Egilsstaðir, Iceland. Fourth Edition. https://rafhladan.is/bitstream/handle/10802/7037/Treeless-land_netutgafa.pdf?sequence=1 Letzter Zugriff: März 2018

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division <http://faostat3.fao.org/home/E>
Letzter Zugriff: Februar 2018

FAO Fisheries and Aquaculture Department: www.fao.org/fishery/statistics
Letzter Zugriff: Februar 2017

Fischer-Kowalski, M. et al. 1997: Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur: Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Lizenzausgabe Amsterdam: Overseas Publ. Association, OPA.

Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Austerität,
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/326726/austeritaet-v5.html>
Letzter Zugriff: Februar 2018

Gan, Y. et al. 2013: How to deal with resource productivity. Journal of Industrial Ecology

Geiss, I. 1980: Geschichte griffbereit: Rowohlt: Reinbek bei Hamburg (Bd. 5).

Gierlinger, S. 2010: Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005. Social Ecology Working Paper 128. Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Gudmundsson 2003: The aluminium industry and export revenue volatility. Monetary Bulletin 2003/3.

Gunnarsson, G. 1990: Continuity and Change in Icelandic Security and Foreign Policy. In: The Annals of the American Academy of Political and Social Science Vol. 512, S. 140-151.

Haberl, H. 2001: The Energetic Metabolism of Societies Part I: Accounting Concepts in: Journal of Industrial Ecology 5(1) Massachusetts Institute of Technology and Yale University, S. 11-33

Haberl, H. 2001: The Energetic Metabolism of Societies Part II: Empirical Examples in: Journal of Industrial Ecology 5(2) Massachusetts Institute of Technology and Yale University, S. 71-88

Haberl, H. et al. 2004: Progress towards sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer. Land Use Policy 21(3), S. 199-213

Haberl, H. et al. 2006: The energetic metabolism of the European Union and the United States: Decadal energy input Time-Series with an emphasis on biomass. Journal of Industrial Ecology S. 151-171.

Haberl, H. et al. 2016: Social ecology. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg.

Hjartarson, H. 2009: Waste Heat Utilization at Elkem Ferrosilicon Plant in Iceland, University of Iceland, Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science.

Horton, J. J. 2012: Iceland: History in: Western Europe 2013. 15th ed. London, New York: Routledge

Hydro 2012: Aluminium, environment and society. https://www.hydro.com/globalassets/1-english/about-aluminium/files/aluminium_environment-and-society.pdf
Letzter Zugriff: März 2018

ICES 2017: International Council for the Exploration of the Sea www.ices.dk/Pages/default.aspx
Letzter Zugriff: September 2017

ICES 2016: Effects of extraction of marine sediments on the marine environment 2005-2011, International Council for the Exploration of the Sea Cooperative Research Report Nr. 330.

IEA 2005: Energy Statistics Manual. Energy Statistics Division of the International Energy Agency in co-operation with the Statistical Office of the European Communities (Eurostat). IEA Publications, Paris.

IMF 2016: International Monetary Fund Country Report No. 16/179
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2016/cr16179.pdf>
Letzter Zugriff: September 2017

IMF 2008: Public Information Notice: International Monetary Fund Executive Board Concludes 2008 Article IV Consultation with Iceland
<https://www.imf.org/en/News/Articles/2015/09/28/04/53/pn08120>
Letzter Zugriff: Jänner 2017

IMF 2011: Iceland: Advancing Tax Reform and the Taxation of Natural Resources IMF Country Report No. 11/138 <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2016/12/31/Iceland-Advancing-Tax-Reform-and-the-Taxation-of-Natural-Resources-24973>
Letzter Zugriff: März 2018

Just Iceland: Geologie Islands <https://just-iceland.com/de/island-geologie>
Letzter Zugriff: März 2018

Käfer, K. 2014: Ressourcennutzung in Kanada. Material-und Energieflussanalyse der physischen Ökonomie von Kanada im Zeitraum 1950 bis 2010 Diplomarbeit: Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Kolar, J. 2016: The Relevance of Governance Quality for Sustainable Resource Use. Greece as a Case Study. Social Ecology Working Paper 168. Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Koops 2016: Biologie-Lexikon, Stichwort: Biosphäre,
<http://www.biologie-lexikon.de/lexikon/biosphaere.php>
Letzter Zugriff: September 2017

Krater J. & and Rose M. 2009 in: Abrahamsky, K. (ed.) (2009) Sparking a World-wide Energy Revolution: Social Struggles in the Transition to a Post-Petrol World. AK Press, Edinburgh. S. 311 – 325.

Krausmann, F. et al. 2009: Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century Ecological Economics 68.10 (2009): S. 2696-2705.

Krausmann, F. et al. 2011: Trends and Developments of the Use of Natural Resources in the European Union. Social Ecology Working Paper 123. Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Krausmann, F. 2013: Gesellschaftlicher Stoffwechsel. Langfristige Trends und räumliche Muster in der Ressourcennutzung. In: Österreich in Geschichte und Literatur, 57 (1), 61-72.

Krausmann, F. et al. 2014: Resource use in small island states. Journal of industrial ecology 18.2 (2014): 294-305.

Krausmann, F. et al. 2015: Economy-wide Material Flow Accounting. Introduction and Guide Version 1.1. Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Landsvirkjun – The National Power Company of Iceland: <https://www.landsvirkjun.com/>
Letzter Zugriff Februar 2018

Material Flow Data Online Portal: <http://www.materialflows.net/materialflowsnet/home/> A website set up by WU, in cooperation with IFEU and the Wuppertal Institute.
Letzter Zugriff: März 2018

Matthews E. et al. 2000: The weight of nations-material outflows from industrial economies. World Resource Institute.

Ministry of Industries and Innovation Iceland:
<https://eng.atvinnuvegaraduneyti.is/fisheries/ecosystem/>
Letzter Zugriff: November 2017

Ministry for the Environment in Iceland 2002: Welfare for the Future. Iceland's National Strategy for Sustainable Development 2002 – 2020.
<https://www.government.is/publications/reports/report/?newsid=d6316205-e3db-11e6-9c23-e4a47104df25>
Letzter Zugriff: März 2018

Nappi, C. 2013: The global aluminium industry 40 years from 1972
World Aluminium (2013): 1-27.

International Aluminium Institute 2017: Life Cycle Inventory Data and Environmental Metrics for the Primary Aluminium Industry
http://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2017/06/28/lca_report_2015_final.pdf
Letzter Zugriff: März 2018

OECD 2011: A Sustainable Materials Case Study Aluminum
<https://www.oecd.org/env/waste/49804871.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

OECD Environmental Performance Reviews: Iceland 2014: OECD Publishing.
URL: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/oecd-environmental-performance-reviews-iceland-2014_9789264214200-en#page100
Letzter Zugriff: Oktober 2016

OECD Economic Surveys Iceland June 2017: Overview. OECD Publishing, Paris
<http://www.oecd.org/eco/surveys/Iceland-2017-OECD-economic-survey-overview.pdf>
Letzter Zugriff: Februar 2018

Orkustofnun: National Energy Authority <https://nea.is/the-national-energy-authority/energy-data/data-repository/>
Letzter Zugriff: März 2018

Orkustofnun 2016: Energy Statistics in Iceland 2015 https://orkustofnun.is/gogn/os-onnur-rit/orkutolur_2015-enska.pdf
Letzter Zugriff: Februar 2018

Orkustofnun 2016: Installed Electrical Capacity and Electricity Generation of Geothermal Power Plants, <https://orkustofnun.is/gogn/Talnaefni/OS-2016-T003-01.pdf>
Letzter Zugriff: Februar 2018

Ragnarsson, A. 2015: Geothermal Development in Iceland 2010-2014. Iceland GeoSurvey (ÍSOR), Proceedings World Geothermal Congress 2015.

Richter, R. 2011: Eine vergleichende Material- und Energieflussanalyse der politischen Ökonomien von Island und Trinidad Tobago im Zeitraum von 1970 bis 2008. Diplomarbeit: Alpen-Adria Universität Klagenfurt Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung.

Schaffartzik A. et al. 2014: The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010. Global Environmental Change 26 (2014): S. 87-97.

Schandl, H. et al 2002: Handbook of Physical Accounting. Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities. MFA- EFA - HANPP. Social Ecology Working Paper 73. Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Scholze-Stubenrecht, W. 1999: Duden: das große Wörterbuch der deutschen Sprache; in zehn Bänden. Bd. 8: Schl - Tace. 3., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim Leipzig Wien Zürich: Dudenverlag.

Sigurðsson, G. 2012: The Development of Icelandic Foreign Policy: From National Interest to Idealism University of Iceland.

Steurer, A. 1992: Stoffstrombilanz Österreich 1988. Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung, Institut für Soziale Ökologie, Wien.

Statistic Iceland: <http://statice.is/>
Letzter Zugriff: Februar 2018

Sveinsdottir E. & Wigum B. 2003: IAEG C-17 Aggregates, Technical report: Geological Information Aspects for Construction Industry Information from ICELAND
[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Upp_gagnagrunn_IAEG/\\$file/9-01-2003.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Upp_gagnagrunn_IAEG/$file/9-01-2003.pdf)
Letzter Zugriff: März 2018

The World Bank Group: <https://data.worldbank.org/country/Iceland>
Letzter Zugriff: Februar 2018

Thorhallsson B. & Joensen T. 2015: Iceland's External Affairs from the Napoleonic Era to the occupation of Denmark: Danish and British Shelter. *Stjórnámál & Stjórnsýsla* 11.2 (2015): 187.

UN Comtrade: United Nations Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade). URL: <http://comtrade.un.org/db/>
Letzter Zugriff: Februar 2018

UNDP 2015: United Nations Development Programme, Human Development Report Iceland
http://hdr.undp.org/sites/all/themes/hdr_theme/country-notes/ISL.pdf
Letzter Zugriff: März 2017

UNSTATS: United Nations Statistic Division National Accounts
<https://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp>
Letzter Zugriff: Februar 2018

UNSTATS 2015: Energy Statistics Yearbook: Net Calorific Values of Energy Products
<https://unstats.un.org/unsd/energy/yearbook/2015/08i.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

UNEP 2011: Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. United Nations, Department of Economic and Social Affairs 2016: 2014 Energy Statistics Yearbook, New York.
<https://unstats.un.org/unsd/energy/yearbook/> Letzter Zugriff 28.09.17

USGS U.S. Geological Survey: www.usgs.gov
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2007: U.S. Geological Survey (USGS), 2005 Minerals Yearbook Iceland
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2005/myb3-2005-ic.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2007: U.S. Geological Survey (USGS), 2005 Minerals Yearbook Bauxite and Alumina
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bauxite/bauximyb02.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2009: U.S. Geological Survey (USGS), 2006 Minerals Yearbook Iceland
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2006/myb3-2006-ic.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2010: U.S. Geological Survey (USGS), 2007 Minerals Yearbook Iceland
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2007/myb3-2007-ic.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2010: U.S. Geological Survey (USGS), 2008 Minerals Yearbook Iceland
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2008/myb3-2008-ic.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2011: U.S. Geological Survey (USGS), 2009 Minerals Yearbook Iceland
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2009/myb3-2009-ic.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2014: U.S. Geological Survey (USGS), 2012 Minerals Yearbook Iceland
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2012/myb3-2012-ic.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

USGS 2015: U.S. Geological Survey (USGS), 2013 Minerals Yearbook Iceland
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2013/myb3-2013-ic.pdf>
Letzter Zugriff: März 2018

Wildmann, L. 2010: Makroökonomie, Geld und Währung: Module der Volkswirtschaftslehre, Band 2, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.

Wade, R. 2009: Iceland as Icarus. Challenge 52.3 (2009): S. 5-33.

WKO 2018: Wirtschaftskammer Österreich, Staatsverschuldung
<http://wko.at/statistik/eu/europa-verschuldung.pdf>
Letzter Zugriff: Februar 2018

World Commission on Environment and Development, 1987: Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. URL: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
Letzter Zugriff: September 2017