

Teresa Elmecker

# **Biomasse- und Energieflüsse Uruguays**

ein sozialmetabolischer Blick auf das Agrar- und Energiesystem  
Uruguays im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert

## **MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften

Studium: Masterstudium Sozial- und Humanökologie

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

### **Begutachter**

Univ.Prof. Dr. Fridolin Krausmann  
Alpen-Adria-Universität Klagenfurt  
Institut für Soziale Ökologie

Klagenfurt, Oktober 2017



## **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 wortwörtlich 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
- zur Plagiatskontrolle eine digitale Version der Arbeit eingereicht habe, die mit der gedruckten Version übereinstimmt.

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

(Unterschrift)

(Ort, Datum)



# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>8</b>
1.1. Länderprofil Uruguay.....	12
<b>2. Konzepte, Methoden und Datenquellen .....</b>	<b>20</b>
2.1. Konzeptueller Rahmen – sozialer Metabolismus .....	21
2.2. Konzept der sozialmetabolischen Transition .....	22
2.3. Materialflussanalyse (MFA).....	23
2.3.1. Methodologie der MFA .....	25
2.3.2. Schlüsselindikatoren der MFA.....	27
2.4. Energieflussanalyse (EFA).....	28
2.4.1. Methodologie der EFA.....	28
2.4.2. Schlüsselindikatoren der EFA .....	30
2.5. Datenquellen und methodisches Vorgehen.....	31
2.5.1. Materialflüsse .....	31
2.5.2. Energieflüsse .....	43
2.5.3. Bevölkerung und GDP.....	49
<b>3. Ergebnisse .....</b>	<b>50</b>
3.1. Das Agrarsystem Uruguays.....	50
3.1.1. DE Biomasse .....	52
3.1.2. Viehwirtschaft .....	57
3.1.3. Außenhandel Biomasse .....	59
3.1.4. DMC von Biomasse.....	65
3.2. Das Energiesystem Uruguays .....	68
3.2.1. DE Energie .....	69
3.2.2. Außenhandel Energie .....	70
3.2.3. Energieverbrauch DEC.....	74
3.3. DMC und DEC im Kontext wirtschaftlicher Entwicklung .....	80
3.3.1. Material- und Energieintensität .....	80
3.3.2. Material- und Energieproduktivität.....	82
<b>4. Diskussion .....</b>	<b>84</b>
4.1. Energiesystem - Phasen der Transition .....	85
4.2. Vergleich mit Neuseeland .....	100

4.3.	Zur Entwicklung des Agrarsystems.....	105
4.3.1.	Landbesitz.....	106
4.3.2.	Forstwirtschaft .....	107
4.3.3.	Zur Entwicklung des Ackerbaus.....	109
4.3.4.	Viehwirtschaft .....	112
<b>5.</b>	<b>Conclusio und Ausblick.....</b>	<b>114</b>
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>118</b>
<b>Anhang</b>	<b>.....</b>	<b>124</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: GDP pro Kopf.....	17
Abbildung 2: Wirtschaftssektoren Uruguays .....	19
Abbildung 3: Vergleich zweier Methoden zur Schätzung der Weidebiomasse .....	36
Abbildung 4: Vergleich zweier Datenquellen zur DE von Feuerholz .....	45
Abbildung 5: Flächennutzung in Uruguay .....	51
Abbildung 6: DE Biomasse.....	52
Abbildung 7: DE Biomasse ohne Weidebiomasse .....	53
Abbildung 8: DE Biomasse – die wichtigsten Haupternteprodukte vom Ackerland .....	54
Abbildung 9: DE von Holz .....	56
Abbildung 10: DE Fisch und andere aquatische Biomasse .....	57
Abbildung 11: Nutztiere in Stück.....	58
Abbildung 12: landwirtschaftliche Primärerzeugnisse tierischen Ursprungs .....	59
Abbildung 13: Außenhandel Biomasse.....	60
Abbildung 14: Importe Biomasse .....	60
Abbildung 15: Exporte Biomasse.....	62
Abbildung 16: Exporte Biomasse ab 1960.....	63
Abbildung 17: PTB - physische Handelsbilanz .....	64
Abbildung 18: DMC ( <i>domestic material consumption</i> ) von Biomasse .....	65
Abbildung 19: DMC Biomasse ohne Weidebiomasse .....	66
Abbildung 20: DMC Biomasse pro Kopf .....	67
Abbildung 21: DMC pro Kopf ohne Weidebiomasse.....	68
Abbildung 22: DE Energie .....	69
Abbildung 23: DE Energie (techn.) .....	70
Abbildung 24: Importe Energie .....	71
Abbildung 25: Importe fossile Energieträger .....	72
Abbildung 26: Exporte Energie.....	73
Abbildung 27: ETB - energetische Handelsbilanz .....	73
Abbildung 28: DEC - <i>domestic energy consumption</i> .....	74
Abbildung 29: DEC(techn.) – <i>domestic energy consumption</i> (techn.).....	75
Abbildung 30: DEC pro Kopf .....	77
Abbildung 31: DEC(techn.) pro Kopf .....	79
Abbildung 32: Material- und Energieintensität.....	80
Abbildung 33: Materialintensität (ohne Weidebiomasse) und Energieintensität (techn.).....	81
Abbildung 34: Material- und Energieproduktivität .....	82
Abbildung 35: Materialproduktivität (ohne Weidebiomasse) und Energieproduktivität (techn.) .....	83
Abbildung 36: DEC(techn.) pro Kopf und GDP pro Kopf .....	86
Abbildung 37: DEC pro Kopf und GDP pro Kopf .....	87
Abbildung 38: Pro-Kopf-Energieverbrauch und GDP/cap Spaniens und Uruguays im Vergleich (1850-2000).....	91
Abbildung 39: GDP pro Kopf von Uruguay und Neuseeland.....	102
Abbildung 40: Export von Lebewesen (Rinder und Schafe) zwischen 1961 und 2013.....	113

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Indikatoren zum Länderprofil .....	14
Tabelle 2: Materialkategorien und Datenquellen .....	32
Tabelle 3: Kategorien der EFA und Datenquellen .....	43
Tabelle 4: Zusammensetzung des DEC.....	75
Tabelle 5: Zusammensetzung des DEC(techn.) .....	76
Tabelle 6: Durchschnittlicher jährlicher Futterbedarf von Rindern in Lateinamerika .....	124
Tabelle 7: Wassergehalt und Brennwerte für die Biomasse Uruguays.....	124
Tabelle 8: Wassergehalt der Biomasseprodukte des Außenhandels.....	125

## Abkürzungsverzeichnis

1990 Int. GK\$	1990 International Geary-Khamis Dollars
DGE	Dirección General de Estadística
EJ	Exajoule
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GCV	gross calorific value
GDP	gross domestic product
GDP/cap	gross domestic product per capita
GJ	Gigajoule
GWh	Gigawattstunde
ha	Hektar
HDI	human development index
IEA	International Energy Agency
IIA	Institut International d'Agriculture bzw. International Institute of Agriculture
kg	Kilogramm
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
ktoe	kilo tons of oil equivalent
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MGAP	Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca
Mercosur	Mercado Común del Sur
MIEyM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
MJ	Megajoule
NCV	net calorific value
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PTB	physical trade balance
TJ	Terajoule
UNSD	UNSD – United Nations Statistics Division
US-\$	US-\$ - US-Dollar

## 1. Einleitung

Uruguay weist mit einer Landesfläche von 187 000 km<sup>2</sup> (FAO, 2017) und einer Bevölkerungszahl von 3,43 Millionen EinwohnerInnen im Jahr 2015 (The World Bank Group, 2017) eine sehr geringe Bevölkerungsdichte von 19,61 Personen pro km<sup>2</sup> (The World Bank Group, 2017) auf. Durch einen hohen Urbanisierungsgrad (95,3% im Jahr 2015) (The World Bank Group, 2017) ist die Bevölkerungsdichte in ruralen Gebieten noch um einiges geringer. Diese geringe Bevölkerungsdichte, gepaart mit günstigen klimatischen wie auch topographischen Gegebenheiten, ergeben geeignete Bedingungen für die landwirtschaftliche Nutzung.

Die Agrarsysteme dieser Welt stehen durch zunehmende Prozesse der Globalisierung und durch steigende Nachfrage nach Fleisch und Futtermittel u.a. in einem stetigen Wandlungsprozess. Auch Uruguays Agrarsystem unterliegt in den vergangenen Jahrzehnten einem zunehmenden Wandlungsprozess, welcher sich in Veränderungen der Landnutzung durch den rapide ansteigenden Anbau von Soja und Weizen sowie durch zunehmende Aufforstung von Eukalyptus- und Pinienplantagen zeigt. Um Entwicklungsprozesse besser verstehen zu können, erweist es sich als sinnvoll, vergangene Entwicklungen näher zu untersuchen und Faktoren, welche frühere Entwicklungen beeinflusst haben, zu identifizieren. Aus diesem Grund liegt ein Fokus der vorliegenden Arbeit auf der langfristigen Entwicklung des Agrarsystems Uruguays im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert aus einer sozialmetabolischen Perspektive. Durch die Datenrecherche und –aufbereitung der Biomasseflüsse Uruguays soll ein Profil des agrarischen Metabolismus (González de Molina Navarro and Toledo, 2014) des Landes erstellt werden.

Entwicklungsprozesse im Agrarsystem sowie auch in anderen Subsystemen der Gesellschaft erfordern stets den Einsatz von Energie. Durch die zentrale Rolle, welche der Energie in Entwicklungsprozessen zukommt, sollen neben den Biomasseflüssen auch die Energieflüsse Uruguays untersucht werden, um somit ein Profil des energetischen Metabolismus des Landes erstellen zu können.

Die Theorie der sozialmetabolischen Regime bzw. der sozialmetabolischen Transition (Sieferle, 2001 u.a.) bildet den konzeptuellen Rahmen der Arbeit. Sowohl die Ergebnisse der empirischen Arbeit als auch der Literaturarbeit sollen vor diesem theoretischen Hintergrund diskutiert werden, um so Phasen der Transition sowohl hinsichtlich des Agrar- als auch des Energiesystems ausmachen zu können. Um die Ergebnisse der empirischen Arbeit besser verstehen zu können bzw. um diese zu kontextualisieren, sollen sie mit Daten anderer Länder

verglichen bzw. in einen globalen Kontext gestellt werden. Die Transformation des Agrar- und Energiesystems Uruguays soll jedoch nicht ausschließlich anhand der Berechnung und Analyse metabolischer Indikatoren erfolgen. Um ein breiteres Bild der Entwicklung beider Systeme zu erlangen, soll die empirische Arbeit um intensive Literaturarbeit ergänzt werden.

Es finden sich Arbeiten zu den Material- und Energieflüssen verschiedenster Länder, wie bspw. jene von Schandl und Schulz (2002) zum sozialen Metabolismus des Vereinigten Königreiches. Bei dieser Arbeit handelt es sich ebenfalls um eine lange Zeitreihe. Aus einer langfristigen Perspektive hat auch Gierlinger (2010) die Material- und Energieflüsse der USA untersucht. Auch die Material- und Energieflüsse Österreichs wurden bereits aus einer längerfristigen Perspektive analysiert (Krausmann et al., 2003; Krausmann and Haberl, 2002a). Auch in der Arbeit von Kuskova und KollegInnen (2008) zum sozialen Metabolismus und zur Landnutzung in der Tschechoslowakei wurde eine Zeitspanne von 170 Jahren untersucht. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf Energietransitionen unter sich verändernden politischen Regimen.

Eine Arbeit, welche sich auf den sozialen Metabolismus von Biomasse in Spanien konzentriert, ist jene von Soto und KollegInnen (2016). Hinsichtlich des untersuchten Zeitraumes handelt es sich bei dieser Arbeit ebenfalls um das gesamte 20. und beginnende 21. Jahrhundert.

Auch zu vielen lateinamerikanischen Ländern wurden Material- und Energieflussanalysen durchgeführt. Zu den Nachbarländern Argentinien (Manrique et al., 2013) und Brasilien (Mayer, 2010) gibt es Arbeiten zum sozialen Metabolismus, doch beginnen beide Zeitreihen erst mit dem Jahr 1970. Eine Arbeit zum Materialverbrauch bzw. zur Materialeffizienz in Lateinamerika und der Karibik findet sich bei West und Schandl (2013), wobei in dieser Arbeit Daten zu Uruguay nicht explizit angeführt werden, sondern lediglich in die Daten der gesamten Region miteinfließen. Ebenfalls einen Vergleich der Materialflüsse verschiedener lateinamerikanischer Länder beinhaltet die Arbeit von Russi und KollegInnen (2008). Uruguay wurde jedoch auch bei dieser Arbeit nicht miteinbezogen.

Die Materialflüsse Uruguays und im speziellen die materielle Komponente des Agrarsystems fanden im wissenschaftlichen Diskurs bislang noch wenig Beachtung. Der Vergleich Uruguays mit Neuseeland hat in der Literatur hingegen schon längere Tradition. Der Vergleich der beiden Ökonomien liegt nahe, da sie in vielerlei Hinsicht Gemeinsamkeiten aufweisen. So handelt es sich bei beiden Ländern um Siedlergesellschaften und beide Länder verfügen über eine ähnlich große produktive Fläche sowie eine verhältnismäßig geringe Bevölkerung. Ebenso waren beide Länder durch den Export von Agrarprodukten bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts in

den Weltmarkt eingebunden (Álvarez et al., 2011; Álvarez and Porcile, 2006; Kirby, 1988, 1975 u.a.). Auch in der vorliegenden Arbeit soll auf den Vergleich der beiden Länder näher eingegangen werden, um so die Entwicklung des Agrarsystems Uruguays besser verstehen zu können.

Zum energetischen Metabolismus Uruguays bzw. zu den Transitionen im Energiesystem gibt es eine Vielzahl an wissenschaftlichen Arbeiten, wobei sich diese stets auf die Energie zum technischen Gebrauch beschränken. Die Energie der Biomasse für Nahrung und Tierfutter sowie die nicht thermisch genutzte Biomasse werden nicht in die Berechnung der Energieflüsse miteinbezogen. Auch wenn die Energie der Biomasse (außer jene von Feuerholz) in konventionellen Energiestatistiken nicht berücksichtigt wird, so stellt sie dennoch einen sehr wesentlichen Energiefluss dar. Ohne die Energie der menschlichen und tierischen Nahrung wäre die Aufrechterhaltung und Reproduktion der menschlichen Bevölkerung sowie der Nutztierpopulationen nicht möglich. Ebenso stellen menschliche Nahrung und Tierfutter die Primärenergie-träger hinter der menschlichen und tierischen Arbeitskraft dar, welche sehr wesentliche Flüsse im energetischen Stoffwechsel eines sozioökonomischen Systems darstellen (können). In der Energieflussanalyse nach Haberl (2001a) muss demnach die Energie der Biomasse für menschliche und tierische Nahrung in die Berechnung der Energieflüsse miteinbezogen werden. Nachdem auch in der vorliegenden Arbeit nach der Konzeption von Energieflussanalysen nach Haberl (2001a) vorgegangen werden soll, wird, anders als in den vorhandenen Arbeiten zu den Energieflüssen und Transitionen innerhalb des Energiesystems Uruguays, in der vorliegenden Arbeit die Energie der Biomasse als Teil der Energieflüsse Uruguays berücksichtigt.

Eine Arbeit zur energetischen Entwicklung Uruguays ist jene von Bertoni und KollegInnen (2009), in welcher ein Vergleich mit dem energetischen Metabolismus Spaniens im Zeitraum 1860-2000 angestellt wird. Auch Bertoni und Román (2006a) widmen sich in ihrer Arbeit der Energietransition Uruguays im 19. und 20. Jahrhundert. Daten und weitere Information zu den Energieflüssen Uruguays finden sich auch in der Arbeit von Yáñez und KollegInnen (2013) zum Konsum von Kohle in Lateinamerika zwischen 1841 und 2000. Mit dem Konsum fossiler Energie in Lateinamerika im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts beschäftigen sich Folchi und Mar Rubio (2006, 2012). Diese Arbeiten bieten Aufschluss über die Energietransition Uruguays innerhalb der fossilen Energieträger – also den Wechsel von Kohle zu Öl.

Nach einem Überblick über den wissenschaftlichen Diskurs soll nun die Hauptforschungsfrage vorgestellt werden.

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf den Biomasse- und Energieflüssen Uruguays im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert, welche mit der Methode der Material- und Energieflussrechnung (MEFA) berechnet werden sollen. Die Hauptforschungsfrage lautet demnach folgendermaßen:

*Wie entwickelten sich das Agrar- und Energiesystem Uruguays im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert aus einer sozialmetabolischen Perspektive?*

Die Veränderungen in der Größe und Zusammensetzung der Biomasseflüsse bzw. Agrarerzeugnisse und der verschiedenen Energiequellen im energetischen Stoffwechsel sollen untersucht werden. Die berechneten Material- und Energieflussindikatoren sollen mit der Entwicklung der Bevölkerung sowie mit der wirtschaftlichen Entwicklung Uruguays in Verbindung gebracht werden, um somit die Entwicklung der Biomasse- und Energieflüsse im Kontext der wirtschaftlichen Entwicklung betrachten zu können und schließlich auch einen Vergleich mit anderen Ökonomien anstellen zu können. Eine weitere Frage, die sich stellt, ist jene nach Phasen der Transition im Agrar- und Energiesystem. Ebenso soll der Frage nach der Rolle der Biomasse wie auch der fossilen Energieträger innerhalb des Energiesystems nachgegangen werden.

Bevor auf die empirische Arbeit eingegangen werden soll, wird in Kapitel 1.1. Uruguay anhand eines Länderprofils vorgestellt. Daran anschließend wird in den Kapiteln 2.1. und 2.2. auf die Konzepte des sozialen Metabolismus sowie der sozialmetabolischen Transition eingegangen, welche den theoretischen Rahmen der vorliegenden Arbeit bilden. Folgend wird in Kapitel 2.3. und 2.4. die Material- wie auch Energieflussanalyse in methodologischer Hinsicht betrachtet sowie deren Schlüsselindikatoren vorgestellt. In Punkt 2.5 der Arbeit werden das methodische Vorgehen skizziert sowie die verwendeten Datenquellen vorgestellt. Im dritten Teil der Arbeit werden schließlich die Ergebnisse der empirischen Arbeit präsentiert. Eine Auswahl der Ergebnisse wird im vierten Teil der Arbeit analysiert und kontextualisiert. Hierbei handelt es sich um die Phasen der Energietransition Uruguays. Daran anschließend wird durch den Vergleich mit Neuseeland versucht, Faktoren zu identifizieren, welche auf die Entwicklung der beiden Agrarstaaten Einfluss nahmen. Die beiden Länder haben sich nämlich trotz vieler biogeographischer und ökonomischer Gemeinsamkeiten ab einem gewissen Punkt doch sehr divergent entwickelt.

In Punkt 4.3. wird schließlich noch auf einige weitere Aspekte der Entwicklung des Agrarsystems Uruguays näher eingegangen. Den Abschluss der Arbeit bildet die Conclusio im 5. Kapitel.

## 1.1. Länderprofil Uruguay

In folgendem Kapitel soll Uruguay anhand eines Länderprofils vorgestellt werden. Neben der demographischen Verortung, dem Klima, der Topographie sowie einiger relevanter historischer Eckdaten sollen ausgewählte Kerngrößen Uruguays vorgestellt und in Bezug zu Lateinamerika und der Karibik, den OECD-Ländern und globalen Daten gesetzt werden. Abschließend werden die Wirtschaftssektoren Uruguays skizziert.

Uruguay – welches offiziell den Namen *La República Oriental del Uruguay*, also die Republik östlich des Uruguays, trägt – ist flächenmäßig das kleinste spanischsprachige Land Südamerikas. Im Norden grenzt das Land an Brasilien, im Westen wird es durch den Río Uruguay von Argentinien getrennt, südlich des Landes fließt der Río de la Plata und im Osten grenzt das Land an den Atlantischen Ozean (Berretta, 2006, p. 5; The World Bank Group, 2016). Das Klima Uruguays ist subtropisch bis temperiert mit jahreszeitlichen Schwankungen, sowohl die Temperatur als auch den Niederschlag betreffend, wobei es das ganze Jahr über zu Niederschlägen kommt. Da in den Sommermonaten die Evapotranspiration über der Niederschlagskurve liegt, gilt das Klima als sub-humid. Die Spannweite der Temperatur liegt zwischen durchschnittlichen 11,9°C in den kältesten Monaten Juni und Juli und durchschnittlichen 23,9°C in den wärmsten Monaten Jänner und Februar. Das Landschaftsbild Uruguays ist charakterisiert durch eine flache bis hügelige Topographie. Fast die gesamte Landesfläche Uruguay liegt auf einer Seehöhe unter 300 Meter über dem Meeresspiegel und unter 12° Steigung. Den höchsten Punkt Uruguays bildet der *Cerro Catedral* mit einer Höhe von 514 Metern. Ein weiteres Charakteristikum des Landschaftsbildes Uruguays ist die Dominanz von natürlichen Grasländern, welche den mit Abstand größten Teil der Vegetation ausmachen. Durch die trockenen Sommermonate mit hoher Evapotranspiration ist das Baumwachstum limitiert (Berretta, 2006, p. 11; Central Intelligence Agency, 2017; Instituto Uruguayo de Meteorología, 2017; Kirby, 1988, p. 123). Die Waldfläche macht in Uruguay nur 10,4% der Landesfläche aus. In Lateinamerika und der Karibik sind es im Vergleich dazu im Durchschnitt 46,3% (The World Bank Group, 2017).

Nach einem dreijährigen Kampf erlangte Uruguay im Jahr 1825 die Unabhängigkeit von Brasilien. Das 20. Jahrhundert wurde charakterisiert von Demokratisierung und wirtschaftlicher Prosperität. In eben dieser Zeit wurde auch der uruguayische Sozialstaat errichtet. Im Jahr 1973, zur Zeit einer Wirtschaftskrise mit hoher Inflation, kam es zu einer Machtübernahme

von Seiten des Militärs. Die Militärdiktatur fand ihr Ende 1985. Uruguay hat ein sehr gut ausgebautes Sozial-, Bildungs- und Gesundheitssystem (Central Intelligence Agency, 2017).

Uruguay ist selbst kein Mitglied der OECD. Laut der Weltbank wird Uruguay zu den high income-Ländern gezählt, welche nicht Mitglied der OECD sind (The World Bank Group, 2016).

**Tabelle 1: Indikatoren zum Länderprofil**

	Einheit	Uruguay	Lateinamerika und Karibik	Welt	OECD
<b>Soziodemographische Indikatoren</b>					
Bevölkerung (2015) <sup>1</sup>	10 <sup>6</sup> cap	3,43	632,96	7346,63	1282,98
Bevölkerungsdichte (2015) <sup>1</sup>	cap/km <sup>2</sup>	19,61	31,59	56,63	37,29
Urbane Bevölkerung (2015) <sup>1</sup>	%	95,3	79,9	53,9	80,3
Rurale Bevölkerung (2015) <sup>1</sup>	%	4,7	21,1	46,1	19,7
Fertilitätsrate (2014) <sup>1</sup>	Geburten/Frau	2,02	2,11	2,45	1,74
Lebenserwartung bei der Geburt (2014) <sup>1</sup>	Jahre	76,99	74,94	71,45	80,12
HDI (2014) <sup>2</sup>	0-1	0,793	0,748	0,711	0,744*
Gini (World Bank estimate) (2014) <sup>1</sup>	0-100	41,6	no data	no data	no data
<b>Wirtschaftliche Indikatoren</b>					
GDP pro Kopf (2015) <sup>1</sup>	current US\$	15574	8364	10058	35887
Wachstumsrate GDP (2015) <sup>1</sup>	%	0,98	-0,29	2,63	2,12
Arbeitslose in % der Erwerbsbe- völkerung (2014) <sup>1</sup>	% of total labour force	7	6,6	5,9	7,3
<b>Indikatoren zur Flächennutzung und Landwirtschaft</b>					
Anteil Agrarsektor am GDP (2014) <sup>1</sup>	%	7,7	5,4	3,9	1,6
Agrarfläche in % der Landfläche (2014) <sup>1</sup>	%	82,6	37,7	37,5	35,6
Waldfläche in % der Landfläche (2015) <sup>1</sup>	%	10,5	46,3	30,8	31,3
Viehbestand (Rinder) (2014) <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup> cap	11,8	no data	1474,5	no data
Beschäftigte in der Landwirtschaft (2013) <sup>1</sup>	% of total employment	9,3	14,2	19,83	6
<b>Indikatoren zur Energienutzung</b>					
Konsum elektrischer Energie (2013) <sup>1</sup>	(kWh per capita)	2985,1	2117,9	3104,4	8034,1
Konsum fossiler Brennstoffe (2013) <sup>1</sup>	(% of total)	52,9	74,2	81,2	80,7
Energieimporte (2013) <sup>1</sup>	(% of energy use)	52,6	-22	-3,3	25

<sup>1</sup> (The World Bank Group, 2017)

<sup>2</sup> (United Nations Development Programm, 2016)

<sup>3</sup> 2010

<sup>4</sup> (FAO, 2017)

\* high human development

Uruguay ist nicht nur flächenmäßig, sondern auch hinsichtlich seiner Bevölkerung von knapp über 3,4 Millionen Menschen, eines der kleinsten Länder Südamerikas. Setzt man die Bevölkerungszahl in Relation zur Landfläche, so zeigt sich, dass Uruguay mit einer Bevölkerungsdichte von lediglich 19,61 Menschen pro km<sup>2</sup> ein relativ dünn besiedeltes Land ist. Verdeutlicht kann die geringe Bevölkerungsdichte werden, wenn sie mit jener von anderen Ländern verglichen wird - wie beispielsweise mit der von Österreich (103,4 Personen pro km<sup>2</sup>), der von Israel (379,6 Personen pro km<sup>2</sup>) oder mit Bangladesch, wo im Jahr 2014 mehr als 1 222 Menschen pro km<sup>2</sup> lebten und das zu den Ländern mit der höchsten Bevölkerungsdichte weltweit zählt (The World Bank Group, 2016). In manchen *departamentos* Uruguays, die fast zur Gänze von der Viehhaltung dominiert werden, gibt es gar nur eine Bevölkerungsdichte von 6 Personen pro km<sup>2</sup> (Berretta, 2006, p. 5). Uruguay weist zudem auch einen äußerst hohen Urbanisierungsgrad auf. Lediglich 4,7% der Gesamtbevölkerung lebten 2015 in ruralen Gebieten. Ein hoher Urbanisierungsgrad, wenn auch nicht in jenem Ausmaß wie in Uruguay, ist in ganz Lateinamerika und der Karibik charakteristisch und lag, wie auch der durchschnittliche Urbanisierungsgrad der OECD-Länder, im Jahr 2015 deutlich über dem globalen Urbanisierungsgrad, welcher in diesem Jahr zum ersten Mal die 50% überschritten hat (The World Bank Group, 2017).

Mit einer Fertilitätsrate von knapp über zwei Geburten pro Frau lag Uruguay im Jahr 2014 unter dem Durchschnitt Lateinamerikas und der Karibik wie auch unter dem globalen Durchschnitt. In den OECD-Ländern wurden im selben Jahr mit einer Fertilitätsrate von 1,74 Geburten pro Frau deutlich weniger Kinder geboren als dies in Uruguay der Fall war. Mit einer Lebenserwartung bei der Geburt von knappen 77 Jahren liegen die UruguayanerInnen im Schnitt zwei Jahre über dem Durchschnitt Lateinamerikas und der Karibik. Die durchschnittliche Lebenserwartung in den OECD-Ländern liegt mit knapp über 80 Jahren darüber.

Zwei weitere Indikatoren, welche den soziodemographischen Indikatoren zugeordnet werden können, sind der HDI (*human development index*) und der Gini-Koeffizient.

Der HDI ist ein Wohlstandsindikator der Vereinten Nationen. Zusätzlich zum GDP/cap (*gross domestic product per capita*) werden noch die Lebensdauer und die Bildungsdauer in Schuljahren herangezogen (United Nations Development Programm, 2016). Uruguay wird im Human development report 2015 zu den *high human development*-Ländern gezählt und liegt mit einem Wert von 0,793 auch über dem Durchschnitt dieser Ländergruppe (United Nations Development Programm, 2016).

Der Gini-Koeffizient – ein Indikator für die Ungleichverteilung von Einkommen in einem Land (Firebaugh, 1999) – nahm in Uruguay im Jahr 2014 einen Wert von 41,6 an und weist im Vergleich zu anderen Ländern Lateinamerikas auf eine verhältnismäßig niedrige Ungleichverteilung der Einkommen hin. Vergleicht man jedoch den Wert mit den drei ersten Plätzen der Gini-Koeffizienten-Rangliste der OECD-Länder – Slowenien, Dänemark und Norwegen – so weist Uruguay eine verhältnismäßig hohe Ungleichheit bei den Einkommen auf (OECD, 2012; The World Bank Group, 2016).

Betrachtet man das GDP/cap Uruguays, so zeigt sich, dass die erbrachte Wirtschaftsleistung pro Kopf über dem Durchschnitt Lateinamerikas und der Karibik und ebenso deutlich über dem globalen Durchschnitt liegt. Der Durchschnitt der OECD-Länder beträgt jedoch mehr als das Doppelte. Mit einem wirtschaftlichen Wachstum von knapp 1% kann Uruguay im Gegensatz zu Lateinamerika und der Karibik zwar ein positives Wirtschaftswachstum aufweisen, im Vergleich zum globalen Wachstum (2,63%) und dem der OECD-Länder (2,12%) fällt es verhältnismäßig gering aus. Die Arbeitslosenrate in Prozent der Erwerbsbevölkerung lag in Uruguay im Jahr 2015 bei 7% und war somit ähnlich dem Durchschnitt der OECD-Länder (7,3%).

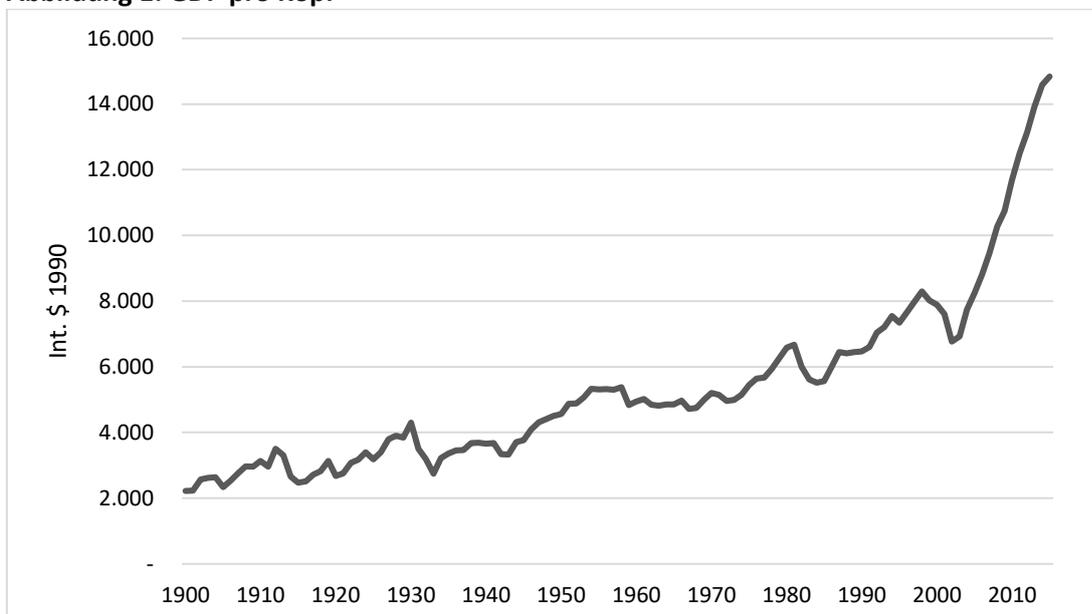
Auch wenn in Uruguay der Agrarsektor nur 7,7% des GDPs ausmacht, so kann Uruguay trotzdem als Agrarland bezeichnet werden. So werden beispielsweise mehr als 80% der Landfläche agrarisch genutzt. Dieser Anteil ist mehr als doppelt so hoch wie im Durchschnitt in Lateinamerika und der Karibik, global und in den OECD-Ländern. Ein weiteres Charakteristikum für die Dominanz des Agrarsystems in Uruguay ist neben dem hohen Anteil an Agrarflächen ein sehr hoher Viehbestand. So lebten 2014 in Uruguay beispielsweise 3,4-mal so viele Rinder als Menschen. Verhältnismäßig niedrig ist dahingegen der Anteil der Beschäftigten in der Landwirtschaft. 2013 waren 9,3% aller Beschäftigten in der Landwirtschaft tätig. Dieser verhältnismäßig geringe Anteil beruht unter anderem darauf, dass die extensive Viehwirtschaft, welche in Uruguay nach wie vor vorherrschend ist (Berretta, 2006), wenig arbeitsintensiv ist und somit wenig menschliche Arbeitskraft benötigt wird.

Hinsichtlich des Verbrauchs elektrischer Energie lag Uruguay im Jahr 2013 mit knappen 3 000 kWh in etwa im globalen Durchschnitt und bei einem ca. doppelt so hohen Wert als der Durchschnitt Lateinamerikas und der Karibik. In den OECD-Ländern wurde im selben Jahr hingegen fast 2,5-mal so viel elektrische Energie konsumiert, als dies in Uruguay der Fall war. Etwas mehr als die Hälfte der 2013 in Uruguay konsumierten Energie war fossilen Ursprungs. Dieser Anteil ist merklich geringer als in Lateinamerika und der Karibik im Durchschnitt, wie auch

global und in den OECD-Ländern, wo der Anteil 2013 bei über 80% lag. Anders ist hingegen das Bild, wenn der Anteil der Energieimporte am Energieverbrauch betrachtet wird. Da betrug der Anteil in Uruguay im Jahr 2013 mit 52,6% mehr als das Doppelte als der durchschnittliche Anteil in den OECD-Ländern. Dieser hohe Anteil der Energieimporte Uruguays wird dadurch begründet, dass das Land selbst über keine bekannten Erdöl- oder Erdgasvorkommen verfügt und somit alle fossilen Energieträger importieren muss (Central Intelligence Agency, 2016). Bevor am Ende des Kapitels 1.1. kurz etwas näher auf die Wirtschaftssektoren eingegangen werden soll, wird im nächsten Schritt die wirtschaftliche Entwicklung Uruguays seit Beginn des 20. Jahrhunderts grob skizziert.

In seinem Working Paper (Bértola, 2016) präsentiert Luis Bértola die wirtschaftliche Entwicklung Uruguays in einer langen Zeitreihe (1870-2015) anhand des GDPs bzw. GDPs pro Kopf mit Schwerpunkt auf die sektoralen Outputs. Darüber hinaus beinhaltet seine Arbeit auch GDP-Daten Uruguays im Ländervergleich, die auch für die vorliegende Arbeit herangezogen werden können. Die Daten, welche Bértola für seine Arbeit verwendete, stammen aus der Arbeit von Angus Maddison (2009). Um eine konsistente GDP-Reihe für den Zeitraum 1900 bis 2015 generieren zu können, wurden die Datenreihe ab dem Jahr 2009 um Daten aus der Datenbank der Weltbank (The World Bank Group, 2017) ergänzt.

**Abbildung 1: GDP pro Kopf**



**Quelle: eigene Darstellung – Daten aus (Maddison, 2009) und (The World Bank Group, 2017)**

Aufgrund des Exports von „*tasajo* (a dried meat product)“ (Mar Rubio et al., 2010, p. 787), ist Uruguay bereits seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den Weltmarkt eingebunden.

Auf Grund des Exports von Agrarprodukten konnte in Uruguay bereits im 19. Jahrhundert verhältnismäßig hohe Einkommen pro Kopf erwirtschaftet werden. Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts konnte Uruguay durch Handelsbeziehungen mit einer immer größer werdenden internationalen Wirtschaft, Einkommen erzielen, welche höher waren als in vielen führenden europäischen Ökonomien (Álvarez et al., 2011, p. 151). Betrachtet man die Datenreihe des GDPs sowie des GDPs in Relation zur Bevölkerung, so zeigt sich im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts nur mehr eine sehr moderate wirtschaftliche Entwicklung. Zwar hat sich in den ersten 30 Jahren das GDP pro Kopf zwar verdoppelt, von einer florierenden Wirtschaft kann dennoch nicht gesprochen werden. Nach der Weltwirtschaftskrise 1929 kam es zu einem Einbruch der uruguayischen Wirtschaft. Ab dem Jahr 1933 ist beim GDP/cap wieder ein Anstieg zu verzeichnen, welcher bis Mitte der 1950er Jahre andauerte.

In den späten 1950er Jahren erlebte Uruguay eine Phase der wirtschaftlichen Stagnation begleitet von hoher Inflation (Piaggio et al., 2017, p. 6).

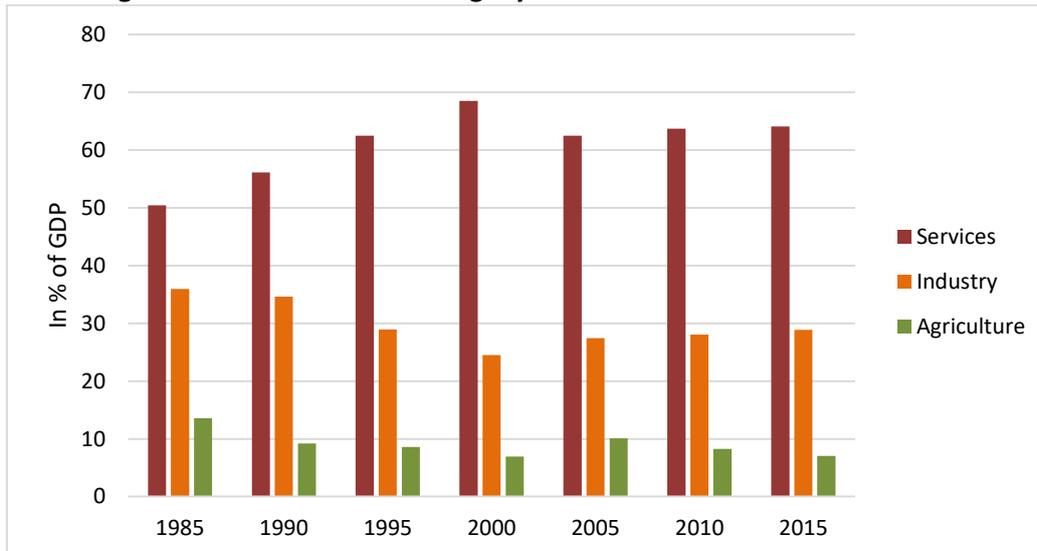
Obwohl in der Zeit der Militärdiktatur zwischen 1973 und 1985 zwar einige Wirtschaftsreformen durchgeführt wurden, wurde die uruguayische Wirtschaft dennoch instabil und gelangte im Jahr 1981 in eine Rezession. In den Jahren 1986-87 hat sie sich schließlich wieder erholt (Hudson et al., 1992, p. 107 ff).

Uruguay ist mit seinem Nachbarland Argentinien vor allem durch Geldanlagen wie auch durch den Tourismus verbunden. Ebenso produzieren und exportieren beide Länder ähnliche Güter. Auf die Finanzkrise Argentiniens im Jahr 2001 folgte im darauffolgenden Jahr auch in Uruguay eine schwere Banken- und Währungskrise (World Bank, 2006). Diese Krise ist auch beim GDP/cap in internationalen Dollar (1990) (Abbildung 1) bemerkbar, welches zwischen 2001 und 2002 um 11% zurückging. Nach dieser Krise erholte sich die Wirtschaft Uruguays rasch und es kam zu einem rapiden Anstieg der Wirtschaftsleistung pro EinwohnerIn.

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, kam es vor allem ab dem Jahr 2004 zu einem rasanten Wirtschaftswachstum mit Wachstumsraten von bis zu 8%. Ein solider Gesellschaftsvertrag sowie wirtschaftliche Offenheit führten in Uruguay laut der Weltbank (The World Bank, 2017) zu einer nachhaltigen, robusten Wirtschaftsleistung, welche die Resilienz gegenüber externer Störungen erhöhte.

Die weltweite Finanzkrise in den Jahren 2008 und 2009 bremste das enorme Wachstum etwas ein, doch nichts desto trotz konnte die uruguayische Wirtschaft sein Wachstum beibehalten (Central Intelligence Agency, 2017).

**Abbildung 2: Wirtschaftssektoren Uruguays**



**Quelle: eigene Darstellung – Daten aus (The World Bank Group, 2016)**

Bereits 1985 wurden knapp über 50% des GDPs vom Dienstleistungssektor erwirtschaftet und nur 14% vom Agrarsektor. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, hat sich dieses Verhältnis zunehmend intensiviert. Im Jahr 2015 erwirtschaftete der Agrarsektor nur mehr 7% des GDPs. Hinsichtlich des monetären Outputs ist das traditionelle Bild vom Agrarstaat Uruguay somit nicht mehr zutreffend.

Seit 1993 sind mehr als zwei Drittel der Beschäftigten Uruguays im Dienstleistungssektor tätig – mit steigender Tendenz (The World Bank Group, 2017). Wichtige Wirtschaftszweige in diesem Sektor sind der Tourismus, der gesamte Logistikbereich, der Transport- sowie der Banken- und Kommunikationssektor. Alle wirtschaftlichen Aktivitäten staatlicher Institutionen werden ebenfalls dem Dienstleistungssektor zugeordnet (Hudson et al., 1992, p. 132 ff).

Der Industriesektor machte im Jahr 2015 knappe 29% des erwirtschafteten GDPs aus (The World Bank Group, 2017). Die wichtigsten Branchen des Industriesektors sind folgende: die Verarbeitung von landwirtschaftlichen Produkten - hier vor allem Fleisch und Wolle, elektrischer Maschinen, Textilien, Chemikalien, Getränke, Mineralölprodukte und Transportmittel (Central Intelligence Agency, 2016).

Es gibt Bergbau in Uruguay, jedoch spielt dieser im Vergleich zu den anderen Wirtschaftssektoren nur eine marginale Rolle. So erwirtschaftet der Bergbausektor lediglich 0,1% des GDPs. Es werden folgende Metalle und nicht-metallische Mineralien abgebaut: Gold, Eisen, Lehm, Halbedelsteine, Sand, Schotter und Stein (Gurmendi, 2009).

Wie zuvor bereits erwähnt, verfügt Uruguay selbst über keine bekannten Erdöl- oder Erdgasvorkommen (Central Intelligence Agency, 2016).

Auch wenn der Agrarsektor nur mehr einen verhältnismäßig geringen Beitrag zum GDP Uruguays beiträgt, so ist er dennoch unerlässlich für die Wirtschaft Uruguays, denn ein Großteil der Exportgüter stammt nach wie vor aus dem Agrarsektor. So wurden im Jahr 2016 Lebewesen und Agrarprodukte im Wert von knapp 3,5 Milliarden US\$ exportiert (United Nations, 2017a). Auch wenn der Agrarsektor einen verhältnismäßig kleinen Anteil des GDPs erwirtschaftete, so ist er laut Hudson und KollegInnen (1992) indirekt für einen größeren Anteil sowohl beim GDP als auch beim Export verantwortlich, da viele Industriezweige, wie bspw. Gerbereien oder die Textilindustrie von Eingängen aus dem Agrarsektor abhängig sind (Hudson et al., 1992, p. 118). Bis heute konzentriert sich die uruguayische Wirtschaft auf den Export von Fleisch und anderen Agrarerzeugnissen, was sie durch Fluktuationen der Weltmarktpreise stets anfällig macht (Piaggio et al., 2017, p. 7). Die größte Wertschöpfung beim Export von Agrarprodukten konnte im Jahr 2011 nach wie vor vom traditionellen Exportgut (Rind-)Fleisch erzielt werden. Im darauffolgenden Jahr war erstmals der Exportwert eines anderen Agrarproduktes – Sojabohnen – höher als der von Rindfleisch. Im Jahr 2013 lag der Exportwert von Sojabohnen mit knapp 1,9 Milliarden US\$ ein Drittel über dem Exportwert von Rindfleisch (FAO, 2017).

Die zentrale Rolle, welche der Agrarsektor bzw. das Agrarsystem in Uruguay einnimmt und schon immer eingenommen hat, unterstreicht erneut die Relevanz, die Entwicklung des Agrarsystems auch in biophysischer Hinsicht zu untersuchen. Doch bevor auf das methodische Vorgehen und schließlich auf die Ergebnisse der empirischen Arbeit eingegangen wird, soll im nächsten Kapitel der vorliegenden Arbeit der theoretische Rahmen, welcher um die Arbeit gespannt bzw. auf den die Arbeit aufgebaut wird, skizziert werden.

## **2. Konzepte, Methoden und Datenquellen**

Die Soziale Ökologie knüpft in ihrem Verständnis von Gesellschaft an die systemtheoretische Gesellschaftstheorie des Soziologen Niklas Luhmanns an, nach welcher Gesellschaft als Sozialsystem zu verstehen ist, welches rein aus Kommunikation besteht (Luhmann, 2015). In der Sozialen Ökologie betrachtet man die Gesellschaft als Hybrid. Die eine Komponente des Hybrids stellt das kulturelle System dar, welches dem Luhmannschen Kommunikationssystem gleichzustellen ist. Die andere Komponente des Hybrids ist von materieller Natur. Die biophysische Struktur der Gesellschaft bildet den Überlappungsbereich zwischen dem natürlichen und dem kulturellen System, über welchen die Gesellschaft mit seiner natürlichen Umwelt interagiert und den materiellen und energetischen Austausch organisiert (Fischer-Kowalski

and Weisz, 2008, p. 183). Über die biophysische Struktur der Gesellschaft, zu der üblicherweise neben der menschlichen Population auch sämtliche Nutztiere und Artefakte gezählt werden, erfolgt der Austausch von Material und Energie, wodurch der Metabolismus einer Gesellschaft – der soziale Metabolismus – aufrechterhalten werden kann.

## **2.1. Konzeptueller Rahmen – sozialer Metabolismus**

„the metabolism approach proves itself to be a useful concept for analyzing society-environment interactions.“ (Haberl, 2001b)

Das Konzept des sozialen Metabolismus bildet den theoretischen Rahmen der Material- und Energieflussanalyse (MEFA) und beruht selbst auf dem Konzept des Stoffwechsels, welches seinen Ursprung in der Biologie findet. Das Konzept des Stoffwechsels beschreibt die chemischen Auf- und Abbauprozesse eines lebenden Organismus. Ein lebender Organismus steht in ständigem materiellen und energetischen Austausch mit seiner Umwelt. Analog dazu kann die Beziehung zwischen der Gesellschaft und ihrer natürlichen Umwelt gesehen werden. Auch sozioökonomische Systeme brauchen zum Aufbau, zur Aufrechterhaltung wie auch zum Betrieb ihrer physischen Strukturen einen permanenten Input von Material und Energie. Bei sozioökonomischen Systemen handelt es sich sowohl in materieller als auch in energetischer Hinsicht um offene Systeme. Weder Masse noch Energie können in einem System verloren gehen sondern nur in einen anderen Systemzustand umgewandelt werden. Demnach werden alle aus dem natürlichen System entnommenen Materialien letztlich wieder in Form von Abfällen und Emissionen an die Umwelt abgegeben (Fischer-Kowalski, 1997, p. 4; Fischer-Kowalski and Haberl, 1997, p. 62).

Sozioökonomische Systeme – wie auch biologische – unterliegen demnach dem Gesetz der Massenerhaltung. Masse, wie auch Energie, können in einem System nicht verloren gehen, sondern nur in einen anderen Zustand umgewandelt werden. Die Summe der Masse/Energie bleibt somit trotz physikalischer bzw. chemischer Reaktionen gleich.

Guzmán Casado und de Molina (2017) sehen Entropie als das „key element in the functioning of societies“ (Guzmán Casado and González de Molina Navarro, 2017, p. 5) Sie unterstreichen damit das thermodynamische Verständnis sozioökonomischer Systeme.

Das Konzept des sozialen Metabolismus „...attempts to grasp the set of interrelated processes by which human societies, independent of their situation in space (social formation) or time (historical moment), *appropriate, circulate, transform, consume, and excrete* materials and/or energies derived from the natural world“ (Guzmán Casado and González de Molina Navarro,

2017, p. 9). Durch diese metabolischen Prozesse kommt es zu einer reziproken Modifikation des sozialen wie auch des natürlichen Systems (Guzmán Casado and González de Molina Navarro, 2017, p. 9). Fischer-Kowalski und Haberl sprechen hinsichtlich der Modifikation des natürlichen Systems unter anderem von „Kolonisierung“ (Fischer-Kowalski, 1997, p. 10). Durch den Kolonisierungsprozess werden natürliche Systeme für die Gesellschaft nutzbar gemacht, indem beispielsweise die Produktion bestimmter Biomasse im naturalen System erhöht wird. Nicht alle Kolonisierungsprozesse dienen direkt dem Metabolismus eines sozialen Systems. Manche – wie beispielsweise der Bau von Straßen – leisten einen indirekten Beitrag zu metabolischen Aktivitäten einer Gesellschaft (Fischer-Kowalski, 1997, p. 10).

Die Kolonisierungsprozesse und das sozialmetabolische Profil eines Systems können so unterschiedlich sein, wie auch das System selbst. Trotz der Variabilität von Kolonisierungsprozessen und sozialmetabolischen Profilen lassen sich aus einer langfristigen Perspektive in der Menschheitsgeschichte gewisse Muster bezüglich der Material- und Energieflüsse, also der Interaktion zwischen den sozialen Systemen und ihrer natürlichen Umwelt, erkennen. Diese Muster werden als sozialmetabolische Regime bezeichnet.

## **2.2. Konzept der sozialmetabolischen Transition**

Die Theorie der sozialmetabolischen Regime wurde unter anderem von Sieferle (2001) formuliert und von Fischer-Kowalski und Haberl (Fischer-Kowalski and Haberl, 2007; Fischer-Kowalski and Haberl, 1997) und weiteren KollegInnen weiterentwickelt (Fischer-Kowalski and Weisz, 2008; Sieferle, 2001, 1997; Sieferle et al., 2015).

Es wird grob zwischen drei sozialmetabolischen Regimen unterschieden: Jäger- und Sammlergesellschaften, Agrargesellschaften und Industriegesellschaften. Die Übergänge zwischen den sozialmetabolischen Regimen sind so substantiell, dass sie häufig als „Revolutionen“ bezeichnet werden. So spricht man hinsichtlich des Übergangs von den Jäger- und Sammlergesellschaften zu den Agrargesellschaften von der „neolithischen Revolution“. Die „industrielle Revolution“ umfasst wiederum den Übergang von Agrar- zu Industriegesellschaften (Fischer-Kowalski and Weisz, 2008, p. 185).

Charakteristisch für Jäger- und Sammlergesellschaften ist die passive Nutzung von Solarenergie. In paläolithischen Gesellschaften wird durch Jagd- und Sammeltätigkeiten in Energieflüsse eingegriffen. Da jedoch keine Landwirtschaft betrieben wird, erfolgt keine aktive Kontrolle der ökosystemaren Energieflüsse. Der energetische Metabolismus des sozialen Systems ist abhängig von der Intensität der Solarenergie und deren Umwandlung in pflanzliche Biomasse. Vor

etwa 12 000 Jahren setzte die Transition von Jäger- und Sammlergesellschaften hin zu sesshaften Agrargesellschaften mit aktiver Solarenergienutzung ein – die Neolithische Revolution. Mit der Transition zu Agrargesellschaften wurde zunehmend in energetische und materielle Ressourcenflüsse eingegriffen und diese kontrolliert. Vor etwa drei Jahrhunderten leitete die industrielle Revolution die Transition zum nächsten sozialmetabolischen Regime – den Industriegesellschaften – ein. Diese Transition hält in manchen Teilen der Erde noch an. In anderen wiederum hat sie (noch) gar nicht eingesetzt. Charakteristisch für Industriegesellschaften ist die Nutzung fossiler Energie. Es wird also auf endliche Energiere Ressourcen zurückgegriffen. Durch die Nutzung fossiler Energieträger konnte die Flächenlimitierung überwunden werden, mit welcher Agrargesellschaften konfrontiert waren. Dadurch konnte ein längerfristiges Wirtschaftswachstum erzielt werden, das in den Agrargesellschaften davor durch die Flächenlimitierung nicht möglich war (Fischer-Kowalski and Weisz, 2008, p. 185 ff; Sieferle et al., 2015, p. 8 ff, 180). Sozialmetabolische Transitionen haben neben einem veränderten Energieregime auch massive Veränderungen der Materialflüsse zur Folge. Krausmann und KollegInnen (2009) untersuchen in ihrer Arbeit neben dem GDP und der Bevölkerung den globalen Materialverbrauch des vergangenen Jahrhunderts. Geprägt war das 20. Jahrhundert von einem zunehmenden Industrialisierungsprozess, also einer Transition hin zu industriellen sozialmetabolischen Regimen. Wann bzw. in welcher Form der der Prozess der sozialmetabolischen Transition von der Agrar- zur Industriegesellschaft in Uruguay erfolgte, stellt einen der Kernpunkte der vorliegenden Arbeit dar.

### **2.3. Materialflussanalyse (MFA)**

Erste wissenschaftliche Arbeiten und Überlegungen zur biophysischen Komponente von Gesellschaft und Wirtschaft lassen sich bereits im 19. Jahrhundert finden. In den 1860er Jahren kam sowohl in der Biologie als auch in der Sozialtheorie das Konzept des Stoffwechsels auf (Fischer-Kowalski, 2003, p. 37). Um den Metabolismus eines sozioökonomischen Systems zu untersuchen, können Material- wie auch Energieflussanalysen durchgeführt werden.

Energieflussanalysen haben im Gegensatz zu Materialflussanalysen eine längere Tradition. Bis in die 1970er Jahre konzentrierten sich Studien zum sozialen Metabolismus vorrangig auf Energieflüsse. Von der *International Energy Agency* (IEA) werden seit den 1970er Jahren regelmäßig Monitorings der globalen sozioökonomischen Energieflüsse durchgeführt. Indikatoren hierfür sind beispielsweise der TPES (*total primary energy supply*), Exergie oder der *primary energy input* (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 856; Haberl, 2001a, p. 12). Die Theorie des

gesellschaftlichen Stoffwechsels und das Konzept der MEFA (*material and energy flow accounting*) wurden ab den 1960er Jahren zunehmend weiterentwickelt und es rückte auch vermehrt die materielle Komponente des Stoffwechsels sozioökonomischer Systeme in den Fokus. So wurde 1969 vom Physiker Bob Ayres und dem Ökonomen Allen Kneese (Ayres and Kneese, 1969) die erste Materialflussanalyse der USA durchgeführt (Fischer-Kowalski, 2003, p. 42 f).

Auch in der Sowjetunion wurde 1974 von Goffman und KollegInnen die Materialflussanalyse der gesamten russischen Ökonomie zusammengestellt (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 857). Die Forschung zum Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels und der Methode der Material- und Energieflussanalyse wurde vor allem in den 1990er Jahren stark vorangetrieben. An drei Instituten wurde zu Beginn unabhängig voneinander, jedoch mehr oder weniger gleichzeitig, zu Material- und Energieflüssen von sozioökonomischen Systemen geforscht – am National Institute for Environmental Studies (NIES) in Japan, am Wuppertalinstitut (WI) in Deutschland wie auch am Institute for Social Ecology (SEC) in Österreich. Als wichtiger Meilenstein in der Entwicklung des Stoffwechselkonzepts bzw. der Methode der MFA kann die im Jahre 1997 vom World Resources Institute (WRI) veröffentlichte Arbeit gesehen werden (Adriaanse and World Resources Institute, 1997). In dieser Arbeit wurden auf Basis einer gemeinsamen Methode erstmals die Materialflüsse mehrerer Industrienationen miteinander verglichen. Drei Jahre später wurde vom WRI eine weitere vergleichende MFA mehrerer Industrieländer veröffentlicht (Matthews, 2000). Der Schwerpunkt wurde bei dieser Arbeit auf die Output-Seite der Ökonomien gelegt (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 858).

Im Vorwort ihrer Arbeit unterstreichen Matthews und KollegInnen (2000) die Dringlichkeit von Materialflussanalysen bzw. den daraus ableitbaren Indikatoren, da durch Indikatoren zur ausschließlichen Messung der monetären Dimensionen wie bspw. dem GDP, die ökologischen Konsequenzen ökonomischen Handelns nur unzureichend beobachtet und analysiert werden können (Matthews, 2000, p. V).

Ein weiterer wichtiger Meilenstein erfolgte im Jahr 2001, als von einer internationalen Arbeitsgruppe zur MFA eine erste Standardisierung der *economy-wide material flow accounting* erarbeitet und in einem Guidebook der Europäischen Union veröffentlicht wurde (Europäische Kommission, 2001). Neben der Europäischen Union nahm auch die OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) die Erforschung und Analyse von Materialströmen in ihre Umweltberichterstattung auf und veröffentlichte eine Reihe von Publikationen (OECD,

2008). Mit zunehmender methodischer Standardisierung und Akkumulierung von MFA-Daten auf nationaler wie auch multinationaler Ebene, kam es zu einer Fülle an Publikationen, welche sich mit der Analyse von MFA-Daten auseinandersetzten, oder mit Daten der Landnutzung oder Energie in Verbindung brachten (Haberl et al., 2006; Russi et al., 2008; West and Schandl, 2013).

Soweit zu einem kurzen geschichtlichen Überblick über die Entwicklung des MFA-Konzepts. Im Folgenden wird nun zuerst die Methodologie der MFA beschrieben und im darauffolgenden Abschnitt werden die Schlüsselindikatoren vorgestellt, welche auch die Analyseinstrumente dieser Arbeit zur Untersuchung der Biomasseflüsse Uruguays im 20. und 21. Jahrhundert darstellen.

### **2.3.1. Methodologie der MFA**

Das *material balance principle* (Massenerhaltungssatz der Thermodynamik) besagt, dass alle Materialinputs, welche in ein System fließen, den Materialoutputs inklusive der Nettoakkumulation von Material im System entsprechen müssen. Material, welches in ein System fließt und darin akkumuliert wird, wird als „Bestand“ (*stock*) bezeichnet. Infrastruktur oder Gebäude sind Beispiele für solche Bestände. All jene Materialflüsse, die zum Erhalt dieser Bestände benötigt werden, müssen in die Materialflüsse mit eingerechnet werden (Europäische Kommission, 2001, p. 11,17; Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 858 f).

Wichtig bei der Durchführung einer MFA ist die korrekte Definition der Systemgrenzen. Sozioökonomische Systeme beziehen ihr Material entweder durch Extraktion aus der natürlichen Umwelt innerhalb des eigenen Territoriums oder in Form von Handelsgütern aus anderen Nationalökonomien.

Somit ergibt sich die erste Grenze zwischen dem sozioökonomischen System und seiner natürlichen Umwelt, aus der Material entnommen und an welche Abfälle und Emissionen wieder abgegeben werden. Die zweite Grenze ist eine politische bzw. administrative und grenzt die untersuchte Ökonomie von anderen Nationalökonomien ab. Durch diese Grenze werden die Materialflüsse in Form von Importen und Exporten zum und vom Rest der Welt bestimmt (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 859; Krausmann et al., 2015, p. 10 f).

In die MFA werden nur jene Materialflüsse miteingerechnet, welche eine Systemgrenze überschreiten. Alle anderen Materialflüsse innerhalb des Systems werden als interne Transfers bezeichnet (Europäische Kommission, 2001, p. 17; Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 859).

Nicht alle Materialien, welche aus dem natürlichen System extrahiert werden, werden in die MFA miteingerechnet. Es wird zwischen *used* und *unused extraction* unterschieden. Zur *used extraction* werden jene Ressourcen gezählt, welche in das sozioökonomische System fließen und dort für weitere Verarbeitung oder zum Endkonsum verwendet werden. *Used materials* verfügen über einen im weiteren Sinne ökonomischen Wert (der aber nicht unbedingt monetär bewertet sein muss). *Unused materials* hingegen werden zwar aus dem Ökosystem extrahiert, gelangen jedoch nie für weitere Verarbeitungs- oder Konsumationsprozesse in das ökonomische System. Bei *unused materials* handelt es sich beispielsweise um Beifang in der Fischerei oder Verluste bei der Holzernte (Europäische Kommission, 2001, p. 27; Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 861).

Ein weiteres sehr wesentliches Prinzip des MFA-Konzepts ist die Unterscheidung zwischen Flüssen und Beständen. Die MFA misst die Materialinputs, -outputs und Bestandsveränderungen innerhalb des sozioökonomischen Systems wie einer Nationalökonomie innerhalb eines Jahres. Es werden die Veränderungen der Bestände – also die Materialflüsse - nicht aber die Bestände selbst quantifiziert. Zu den Beständen zählen die menschliche Bevölkerung, domestizierte Tiere sowie sämtliche Artefakte wie beispielsweise Maschinen sowie Infrastruktur und Gebäude. Bei der Einheit, in welcher diese Flüsse gerechnet werden, handelt es sich um metrische Tonnen (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 859; Krausmann et al., 2015, p. 11 f).

Im Rahmen einer MFA werden somit all jene Materialflüsse gerechnet, die innerhalb eines Jahres die Systemgrenzen passieren. Luft und Wasser werden nicht in die MFA miteingerechnet, da die Wassermassen, die durch den Stoffwechsel fließen von weitaus größerer Dimension sind und somit alle anderen Stoffflüsse nebensächlich erscheinen würden (Europäische Kommission, 2001, p. 16). Wasser wird daher in eigenen Bilanzen erfasst, nicht aber in der Materialflussrechnung.

Im Gegensatz zu traditionellen Umweltberichterstattungen, welche vor allem Materialoutputs in Form von Abfällen und Emissionen analysieren, fokussiert die MFA sowohl auf Input- als auch auf Outputflüsse (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 860 f). Aufgrund mangelnder Datenlage der Outputflüsse, konzentrieren sich die meisten empirischen Arbeiten jedoch nur auf die Inputseite. So liegt auch in der vorliegenden Analyse der Schwerpunkt auf der Inputseite, also auf der DE (*domestic extraction*) von Biomasse sowie auf dem Import von Agrarerzeugnissen. Auf der Outputseite wird nur der Export von Agrarerzeugnissen betrachtet.

### 2.3.2. Schlüsselindikatoren der MFA

Indikatoren können in ihrer extensiven oder intensiven Form dargestellt werden. Extensive Indikatoren wie etwa der DMC (*domestic material consumption*) oder die PTB (*physical trade balance*) sind abhängig von der Dimension eines sozioökonomischen Systems und beinhalten Materialflüsse in ihrer absoluten Größe. Werden die Indikatoren jedoch an andere Faktoren wie beispielsweise der Bevölkerung oder dem Wirtschaftswachstum, welches am GDP (*gross domestic product*) gemessen wird, gekoppelt, so können sie als Intensitäten abgebildet werden. In Relation zur Bevölkerung oder zum GDP sind sie unabhängig von der Größe des jeweiligen sozioökonomischen Systems und können folglich für den Vergleich mit anderen sozioökonomischen Systemen herangezogen werden (Fischer-Kowalski et al., 2011, p. 861). Bei der Einheit der MFA-Indikatoren handelt es sich um metrische Tonnen.

**DE (*domestic extraction*)** - Die DE umfasst die jährlich aus der Natur extrahierte Menge an festem, flüssigem und gasförmigem Material – mit Ausnahme von Wasser und Luft – welches für den weiteren ökonomischen Gebrauch in das sozioökonomische System aufgenommen wird (Krausmann et al., 2015, p. 15).

**Physische Importe und Exporte** – Die Materialflüsse der physischen Importe und Exporte subsumieren alle Güter, welche über den Außenhandel in ein sozioökonomisches System gelangen bzw. verlassen (Krausmann et al., 2015, p. 16).

**PTB (*physical trade balance*)** – Werden von den physischen Importen die Exporte subtrahiert, so ergibt sich die physische Handelsbilanz.

**DMI (*domestic material input*)** – Dieser Indikator misst den gesamten Materialinput, welcher in ein sozioökonomisches System fließt. Er ergibt sich aus der *domestic extraction*, zu welcher die Importe hinzugezählt werden.

**DMC (*domestic material consumption*)** – Der DMC ergibt sich, wenn zur DE die physischen Importe addiert und die physischen Exporte schließlich abgezogen werden. Der DMC umfasst den Materialverbrauch eines sozioökonomischen Systems innerhalb eines Jahres.

**Metabolische Rate (DMC/cap)** – Die metabolische Rate bezeichnet die durchschnittliche Menge an Material, welche ein Mensch pro Jahr verbraucht.

**Materialproduktivität (GDP/DMC)** – Dieser Indikator misst, wieviel Geldeinheiten pro Konsum einer Einheit notwendig sind. Die inverse Größe wird als **Materialintensität (DMC/GDP)** bezeichnet. Sie beschreibt wie ressourcen-/materialintensiv die Erwirtschaftung einer Geldeinheit ist.

## 2.4. Energieflussanalyse (EFA)

„(...) energy flow accounting (...) (is) a tool for analyzing the interactions between societies and their natural environments.“ (Haberl, 2001b, p. 84)

Entgegen der Tendenz der sozialmetabolischen Forschung auf die Materialflüsse zu fokussieren, unterstreicht Haberl (2001a) in seiner Arbeit die Dringlichkeit, Energieflüsse als wesentlichen Bestandteil des sozialen Metabolismus zu sehen und sie demzufolge in die Analysen miteinzubeziehen. Materialflüsse sind nur solange möglich, solange auch ausreichende Energieflüsse vorhanden sind, welche den Transport, wie auch die Transformationsprozesse der Materialien ermöglichen. Um den sozialen Metabolismus eines sozioökonomischen Systems demnach adäquat untersuchen zu können, sollten sowohl die Material- als auch die Energieflüsse untersucht werden (Haberl, 2001a, p. 13 f).

Eine Bilanzierung von Energieinputs, internen Energieflüssen und Energieoutputs einer Nationalökonomie oder eines anderen sozioökonomischen Systems stellt das Ziel einer EFA (*energy flow accounting*) dar (Haberl, 2002a, p. 38). In diesem Kapitel wird nun zunächst die Methodologie der EFA dargestellt, welche vor allem auch in Bezug zur MFA gesetzt wird. Anschließend werden auch hieraus die Schlüsselindikatoren abgeleitet.

### 2.4.1. Methodologie der EFA

Durch eine EFA soll analog zur MFA, welche den materiellen Metabolismus eines sozioökonomischen Systems nachzeichnen will, der energetische Stoffwechsel eines solchen Systems analysiert werden. Eine EFA umfasst demnach eine vollständige Bilanzierung aller Energieflüsse in und aus einem sozioökonomischen System – Energieinputs, interne Transformationsprozesse sowie Energieoutputs. Der „*energy balance approach*“ (Haberl, 2002a, p. 30) besagt, dass die Energieinputs, welche in ein System fließen, den Energieoutputs inklusive der Bestandsveränderungen entsprechen müssen. Dieser Ansatz unterscheidet sich hiermit von anderen Energieflussanalysen, welche primär auf den „*energetic return on investment*“ (Haberl, 2002b, p. 30) fokussieren und berechnen, wie viel Energie für einen bestimmten Prozess notwendig ist, um eine (für weitere sozioökonomische Verwendungen brauchbare) Einheit Energie zu erzeugen. Soll jedoch die sozialmetabolische Transition einer Gesellschaft untersucht werden, was auch das Ziel der vorliegenden Arbeit darstellt, so kann dies nur durch eine vollständige EFA erfolgen, welche anders als konventionelle Energiestatistiken und –bilanzierungen auch die Energie der Biomasse berücksichtigt, welche die Nahrungsenergie für Mensch und Tier, liefert. Analog zur konventionellen Energiebilanzierung werden bei der EFA auch

noch alle jene Materialien miteingerechnet, welche zwar Energie enthalten, jedoch nicht primär dem Zweck der Energieerzeugung dienen (z.B.: Öl als Rohstoff für petrochemische Erzeugnisse, Nutzholz). Ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen der EFA und konventionellen Energiestatistiken und –bilanzierungen ist die Verwendung des Bruttobrennwertes (*gross calorific value*) anstelle des Nettobrennwertes (*net calorific value*). Demzufolge wird bei der EFA die latente Wärme des Wasserdampfes, welche bei der Verbrennung eines Materials entsteht, zum Energiegehalt eines Materials gezählt (Haberl, 2002a, p. 30, 2001a, pp. 11–17).

Die Systemgrenzen werden bei der EFA identisch zu jenen der MFA gezogen (Haberl, 2002a, p. 29). Die präzise Definition der Systemgrenzen ist unumgänglich bei der Durchführung einer MFA wie auch einer EFA, denn nur so können Material- wie auch Energieflüsse den Inputs oder Outputs korrekt zugewiesen werden, um somit den Austausch von Material und Energie zwischen einem sozioökonomischen System und seiner natürlichen Umwelt analysieren zu können (Haberl, 2001a, p. 15).

Ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen der MFA und der EFA ist folgender: bei der MFA werden alle Materialflüsse in metrische Tonnen gerechnet und es wird kein Unterschied gemacht, ob es sich beispielsweise um eine Tonne Weizen oder um eine Tonne Stahl handelt. Bei der EFA fallen unterschiedliche Energieträger hingegen je nach ihrer Energiedichte unterschiedlich ins Gewicht.

Ein Teil der Energieflüsse kann berechnet werden, indem energiereiches Material aus der MFA anhand des *gross calorific values* (GCV) in Energieeinheiten umgerechnet wird (Haberl, 2002a, p. 33). Für die vorliegende Arbeit betraf das nur die Biomasse, da die anderen Materialflüsse der MFA nicht berechnet wurden. Die Daten zu den fossilen Energieträgern wie auch zu allen anderen Energiequellen wurden erst im Zuge der EFA recherchiert und aufbereitet.

Bei Haberl (Haberl, 2002a, p. 33 f) finden sich Formeln, wie der Energieinput von Wasserkraft und nuklearer Energie berechnet bzw. geschätzt werden kann. Es gibt mehrere Möglichkeiten, wie diese Berechnungen erfolgen können. So war es für die Berechnung des Energieinputs von Wasserkraft lange Zeit üblich, die Menge an Brennstoff zu berechnen, die es in einem Wärmekraftwerk gebraucht hätte, um die gleiche Menge an Elektrizität zu erzeugen. Für die EFA wird jedoch empfohlen, den Energieinput von Wasserkraft anhand der Effizienz von Turbinen und Generatoren zu berechnen. Für Turbinen und Generatoren wird eine Effizienz von 95% angenommen. Es ergibt sich somit die Formel:

$$\text{Hydropower input} = (1/0,95) * (\text{electricity produced from hydropower})$$

Der Input von nuklearer Energie wird über die Wärme berechnet, die bei der Kernspaltung frei wird. Bei Kernkraftwerken wird von einer thermodynamischen Effizienz von 33% ausgegangen. Der Wärmeinput aus der Kernspaltung kann somit über folgende Formel geschätzt werden:

$$\text{Nuclear energy input} = (1/0,33) * (\text{electricity produced by nuclear power plants})$$

Der Input geothermischer Energie wird über die produzierte Elektrizität berechnet – mit einer angenommenen geothermischen Effizienz von 10%. Bei den erneuerbaren Technologien wie Windkraft oder Photovoltaik kann ähnlich vorgegangen werden.

#### **2.4.2. Schlüsselindikatoren der EFA**

Die Schlüsselindikatoren der EFA werden analog zu den Indikatoren der MFA zusammengesetzt. Bei der Einheit der Energieflüsse handelt es sich um Joule.

**DE (*domestic extraction*)** – Die DE umfasst die gesamte Energie, welche innerhalb eines Jahres innerhalb des sozioökonomischen Systems extrahiert wird.

Berechnet wird die *domestic extraction* der EFA, indem der Energiegehalt der gesamten in einem sozioökonomischen System geernteten Biomasse zu den technischen Energieinputs laut Energiestatistiken hinzugezählt wird (Haberl, 2002a, p. 32).

**DEI (*domestic energy input*)** – Dieser Indikator misst zusätzlich zur innersystemisch extrahierten Energie noch jene Energie, die durch Importe ins sozioökonomische System fließt.

**Energetische Importe und Exporte** – Diese Energieflüsse subsumieren alle Energieträger, welche über den Außenhandel in und aus dem sozioökonomischen System gelangen.

**ETB (*energy trade balance*)** – Werden die Energieexporte von den Energieimporten subtrahiert, so ergibt sich der Indikator der energetischen Außenhandelsbilanz.

**DEC (*domestic energy consumption*)** – Dieser Indikator misst die gesamte Menge an Energie, welche in einem sozioökonomischen System umgesetzt wird. Er setzt sich zusammen, indem vom DEI die Exporte abgezogen werden (Haberl, 2002a, p. 32 f).

Auch die Indikatoren der EFA können in Form von intensiven Indikatoren für den Vergleich mit anderen sozioökonomischen Systemen verwendet werden. Diesbezüglich können sie mit der Bevölkerung, der Wirtschaftsleistung oder der Fläche eines Systems in Beziehung gesetzt werden.

**Energetische Rate (DEC/cap)** – Wird der DEC in Bezug zur Bevölkerung gesetzt, so wird gemessen, wie viel Energie pro EinwohnerIn eines Landes pro Jahr im Durchschnitt umgesetzt wird.

**Energieproduktivität (GDP/DEC)** – Dieser Indikator misst, wie viele Einheiten GDP je Einheit Energie umgesetzt werden. Die inverse Größe wird als **Energieintensität (DEC/GDP)** bezeichnet und misst wie energieintensiv die Erwirtschaftung einer Geldeinheit GDP ist.

## **2.5. Datenquellen und methodisches Vorgehen**

Das folgende Kapitel beinhaltet das methodische Vorgehen bei der Berechnung der Biomasse- und Energieflüsse. Da während der Berechnungen stets ein Vergleich unterschiedlicher Datenquellen auf ihre Qualität und Konsistenz hin erfolgte, werden die Datenquellen und deren Qualität in keinem eigenen, sondern ebenso in folgendem Kapitel behandelt.

### **2.5.1. Materialflüsse**

In nationalen Statistiken wie der des MGAPs (*Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca*) (MGAP, 2017) sind zur Produktion und Handel von Biomasse nur unzureichend lange Datenreihen zu finden. Deshalb wurde zur Berechnung der Biomasseflüsse, mit Ausnahme der Produktion von Feuerholz, für die Jahre ab 1940 ausschließlich auf die statistischen Jahrbücher und Datenbanken der FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) zurückgegriffen (FAO, 2017, various years). Das Jahr 1940 ist das erste Jahr, für welches Daten im Jahrbuch der FAO zu finden sind. Für die Jahre 1909 bis 1939 erfolgte die Datenentnahme aus den Jahrbüchern des Internationalen Instituts für Landwirtschaft (*Institut International d'Agriculture* bzw. *International Institute of Agriculture*) (IIA, 1922, 1912). Im weiteren Verlauf der Arbeit wird das Internationale Institut für Landwirtschaft mit IIA abgekürzt.

Als methodische Grundlage für die Berechnung der Biomasseflüsse diente vor allem das von Krausmann und KollegInnen erarbeitete Handbuch zur *Economy-wide Material Flow Accounting* (MFA) (Krausmann et al., 2015). Auch wenn für vorliegende Arbeit keine vollständige Materialflussanalyse durchgeführt wurde, so erfolgte die Organisation der Daten dennoch nach den Haupt- und Unterkategorien für Biomasse, wie dies für die Berechnung der MFA vorgesehen ist. Ebenso erfolgte auch die Klassifikation der Materialgruppen nach der von Krausmann und KollegInnen (2015) (siehe u.a. Tabelle 2).

Tabelle 2 soll einen Überblick über die einzelnen Materialkategorien und die dazugehörigen Datenquellen liefern.

**Tabelle 2: Materialkategorien und Datenquellen**

Kategorie	Unterkategorie	Beschreibung	Datenquelle
<b>A.1. Bio-</b>		Organisches, nicht-fossiles Material	
<b>masse</b>		biologischen Ursprungs	
	A.1.1. Haupternteerzeugnisse	Produkte aus Ackerbau und Dauerkulturen	(IIA, 1922, 1912) (FAO, various years) (FAO, 2017)
	A.1.2. Erntenebenprodukte	Erntenebenprodukte von Zuckerpflanzen und Getreide als Futter für Nutztiere	
	A.1.3. Futter für Nutztiere	Futterpflanzen und Weidebiomasse	(FAO, various years) (FAO, 2017)
	A.1.4. Holz	Holz aus Wäldern und Holzplantagen	(FAO - Yearbook of Fo- rest Products Statistics, various years) (Bertoni and Román, 2006a) (FAO, 2017)
	A.1.5. Fisch und andere aquatische Biomasse	Die gesamte Biomasse aus Gewässern (Meer, Seen, Flüssen) außer jene aus Aquakulturen	(FAO - Yearbook of fis- hery statistics, various years) (FAO, 2016)
	A.1.6. Biomasse aus Jagd- und Sammeltätigkeit	Nicht auf Märkten gehandelte Biomasse aus Jagd- und Sammeltätigkeit	nicht berücksichtigt

**Quelle: eigene Darstellung nach (Krausmann et al., 2015; Mayer, 2010)**

**Legende: Die Klassifikation der Materialgruppen (wie bspw. A.1.1. Biomasse) erfolgte nach Krausmann und KollegInnen (2015)**

Da für eine solch lange Zeitreihe (1909-2013) keine konsistente Datengrundlage vorliegt, mussten bei der Datenaufbereitung einige Schätzungen erfolgen. Auf diese und weiter Vorgehensweisen bei der Organisation der Daten soll im folgenden Abschnitt der Arbeit näher eingegangen werden.

#### **2.5.1.1. DE Biomasse**

„Biomass comprises organic non-fossil material of biological origin“ (Krausmann et al., 2015, p. 23). Nach den MFA-Konventionen werden unter der *domestic extraction* (DE) all jene Biomassematerialien pflanzlichen Ursprungs, welche vom Mensch geerntet oder von Nutztieren

geweidet werden, Fischfang (mit Ausnahme von Aquakulturen) und die Biomasse von gejagtem Tier, subsumiert (Krausmann et al., 2015, pp. 12, 23–24). Tierische Erzeugnisse wie Fleisch, Milch oder Häute werden der DE nicht zugerechnet sondern als systeminterne Flüsse betrachtet (Krausmann et al., 2015, p. 24). Nachdem die Viehwirtschaft das Agrarsystem Uruguays nach wie vor dominiert, wurden die Daten diesbezüglich ebenfalls recherchiert und dargestellt (aber nicht in die DE einbezogen).

Für die DE wurden alle Jahrgänge zwischen 1909 und 1960 aus den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und der FAO (FAO, various years) entnommen und eingegeben. 1909 ist das erste Jahr, für das in den Jahrbüchern der IIA Daten zur Produktion von Feldfrüchten zu finden sind. Ab dem Jahr 1961 finden sich die Daten bei FAOSTAT, der statistischen Datenbank der FAO (FAO, 2017). In den ersten Jahrgängen der statistischen Jahrbücher der IIA sind die Daten noch in Doppelzentner angegeben und wurden in Tonnen umgerechnet.

### **Haupternteprodukte**

Diese Kategorie der Haupternteprodukte (*A.1.1. Primary crops*) umfasst alle Feldfrüchte, die vom Ackerland oder Dauerkulturen geerntet werden (Krausmann et al., 2015, p. 26).

Die konsistentesten Datenreihen in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts fanden sich beim Getreide. Bei dieser Unterkategorie mussten nur wenige Datenlücken mittels linearer Interpolation geschlossen werden. Bei den Kategorien *1.1.7. Vegetables* und *1.1.8. Fruits* hingegen sind erst ab den 1950er Jahren zunehmend Daten zu finden. Da anzunehmen ist, dass auch davor Obst und Gemüse angebaut wurde, wurden die Daten extrapoliert. Das Zurückrechnen der Daten erfolgte mittels der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate der ersten dokumentierten Jahre. Waren bis zum Jahr 1960 in den Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years) keine Daten zu finden, sondern erst ab dem Jahr 1961 in der Datenbank der FAO (FAO, 2017), so erfolgte die Extrapolation anhand der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate der ersten 10 Jahre. Bei manchen Items waren bspw. bereits für die Jahre 1950 bis 1954 Daten in den Jahrbüchern zu finden. Dann wurden die Daten zwischen 1909 und 1949 mittels der durchschnittlichen Wachstumsrate dieser ersten fünf dokumentierten Jahre berechnet.

## Erntenebenprodukte

Bei den Erntenebenprodukten wurden zum einen das Stroh (*A.1.2.1 Straw*) aus den Nebenprodukten vom Getreide inklusive Mais und zum anderen alle weiteren Erntenebenprodukte (*A.1.2.2 Other crop residues (sugar and fodder beet leaves, other)*) mittels des *harvest factors* sowie der *recovery rate* für Lateinamerika nach Angaben in Krausmann und KollegInnen (2015, p. 27 ff) berechnet. Für andere Ernteprodukte (z.B. Zitrusfrüchte) wurde nach einer Literaturrecherche angenommen, dass es zu keiner Nebenproduktnutzung kommt.

## Futterpflanzen und Weidebiomasse

Diese Kategorie umfasst neben den Futterpflanzen und der gemähten Biomasse vom Grünland (*A.1.3.1 Fodder crops (incl. harvest from grassland)*) auch die gesamte Weidebiomasse, welche von Nutztieren gegrasst wird (*A.1.3.2 Grazed biomass*) (Krausmann et al., 2015, p. 29). Die Datenlage für Futterpflanzen erwies sich als äußerst lückenhaft. Weder in der Datenbank von FAOSTAT (FAO, 2017), noch auf der Seite des MGAP (2017), sind Daten zur Produktion bzw. Ernte von Futterpflanzen zu finden. Lediglich für einige Jahre (1926-1938) waren in den Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922) Daten zu *alfalfa for fodder* zu finden. Auf Grund der mangelnden Datenlage wurden die gesamten Daten zur DE der Futterpflanzen (A.1.3) über den Raufutterbedarf (*roughage requirement*) geschätzt.

Für die Schätzung des Raufutterbedarfs wurde nach Krausmann und KollegInnen 2015 (2015, p. 30 ff) vorgegangen (Methode A). Nachdem für die Berechnung

$$\text{roughage requirement} = \text{livestock (number)} * \text{annual feed intake (t per head and year)}$$

der Viehbestand für Rinder, Schafe, Ziegen, Pferde, Esel und Maultiere benötigt wurde, wurden zuerst die Daten dazu recherchiert und aufbereitet. Für Uruguay wurden in unterschiedlichen Jahresabständen ab 1905 Zensus-Daten für den Viehbestand erhoben. Es liegt demnach bereits ab dem beginnenden 20. Jahrhundert eine sehr gute Datenlage vor. Die Daten zum Viehbestand sind wie die Daten zu allen anderen Agrarerzeugnissen in den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years) zu finden. Ab dem Jahr 1961 finden sich vollständige Datenreihen in der Datenbank der FAO (FAO, 2017). Um auch vor 1961 eine vollständige Datenreihe zu generieren, wurde zwischen den einzelnen Datenpunkten linear interpoliert.

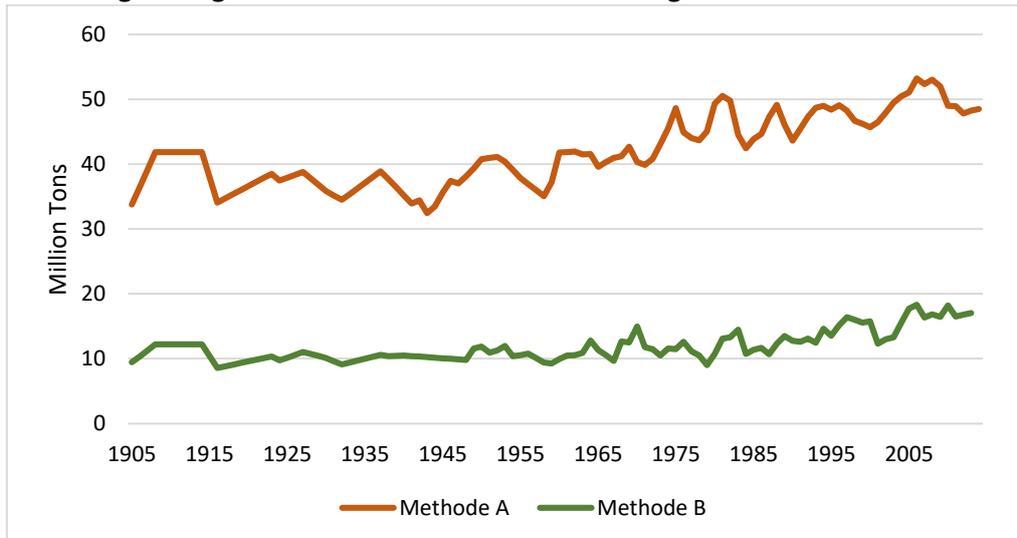
Das Agrarsystem Uruguays wird von extensiver Viehhaltung dominiert (Berretta, 2006, p. 6). Demzufolge wurde beim Futterbedarf von Weidevieh von einer traditionellen Nutztierhaltung

ausgegangen und für die Berechnung die Werte des jährlichen Futterbedarfs in der traditionellen Nutztierhaltung nach Krausmann und KollegInnen herangezogen (2015, p. 31).

Für die Berechnung des Futterbedarfs der Rinder wurden die Faktoren für den jährlichen *feed intake* aus den Daten zu globalen Biomasseflüssen in (Haberl et al., 2007; Krausmann et al., 2013, 2009) abgeleitet und sind im Anhang in Tabelle 6 zu finden. Für die Jahre zwischen 1905 und 1960 wurde der gleiche jährliche Futterbedarf von 3,52 Tonnen pro Kopf wie für das Jahr 1960 verwendet.

Um einen Vergleich der Schätzung anstellen zu können, wurde alternativ eine Methode angewendet (Methode B), bei welcher der Futterbedarf über die Produktion von Fleisch und Milch berechnet wird (Krausmann et al., 2015, p. 32 ff). Um die Schätzung anhand dieser Methode durchführen zu können, mussten zuerst die Daten zu den tierischen Erzeugnissen (Fleisch von Rindern und Schafen, sowie frische Kuhmilch) zusammengestellt werden. Die ersten Daten zu tierischen Erzeugnissen finden sich in den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922) erst für das Jahr 1938. Somit mussten die Daten für die Jahre zwischen 1905 und 1938 geschätzt werden. Da es zu den Lebewesen eine relativ gute Datenlage gibt, wurden die Fleischproduktion sowie die produzierte Milch anhand des durchschnittlichen Verhältnisses des produzierten Fleisches bzw. der produzierten Milch zu den Lebewesen der ersten dokumentierten Jahre zurückgerechnet. Je nach Tier waren erste Daten für unterschiedlich viele Jahre zu finden. Demnach wurden die fehlenden Daten auch anhand der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate unterschiedlich vieler Jahre extrapoliert. Ein Vergleich zwischen den beiden Methoden zeigte erhebliche Diskrepanzen auf wie in Abbildung 3 zu sehen ist.

**Abbildung 3: Vergleich zweier Methoden zur Schätzung der Weidebiomasse**



**Quelle:** eigene Berechnung

**Legende:** Die Methode A umfasst die Schätzung der Weidebiomasse anhand des durchschnittlichen jährlichen Raufutterbedarfs nach Krausmann und KollegInnen (2015, p. 30 ff). Bei der Methode B wird die Menge der gegrasten Weidebiomasse mittels der Produktion von Fleisch und Milch geschätzt (Krausmann et al., 2015, p. 32 ff).

Die geschätzten Werte zur Weidebiomasse über die Methode B machten nur etwa ein Drittel der Menge aus, welche über Methode A geschätzt wurden. Bei der Extrapolation der Daten über die Produktion von Fleisch und Milch kommt es vermutlich zu einer Unterschätzung der geweideten Biomasse. Darüber hinaus ist die Datenlage, auf der die Schätzung über Methode A basiert, eine bessere. Die Datengrundlage der Methode B musste selbst für einen Zeitraum von über 30 Jahren geschätzt werden (s.o.). Für die weitere Berechnung der DE der Biomasse wurden demnach die über die Methode A geschätzten Daten zur Weidebiomasse herangezogen.

## **Holz**

Diese Kategorie (A.1.4 Wood) umfasst zum einen Bau- und Industrierundholz (A.1.4.1 Timber (Industrial Roundwood)) und zum anderen Feuerholz (A.1.4.2 Wood fuel and other extraction) (Krausmann et al., 2015, p. 35). Die Daten zu dieser Kategorie wurden zum einen der statistischen Datenbank der FAO (FAO, 2017) und zum anderen den forstwirtschaftlichen Jahrbüchern der FAO (FAO - Yearbook of Forest Products Statistics, various years) entnommen. Das erste forstwirtschaftliche Jahrbuch der FAO erschien für das Jahr 1947. Demzufolge gibt es keine Daten zur Extraktion von Industrie- bzw. Feuerholz für die Jahre davor. Die Angaben in den Jahrbüchern wurden mittels der Umrechnungsfaktoren aus Krausmann und KollegInnen (2015, p. 35) von Kubikmeter (m<sup>3</sup>) in metrische Tonnen umgerechnet. Mit 34 000 Tonnen

wurde im Jahr 1946 eine verhältnismäßig kleine Menge an Bau- und Industrieholz extrahiert. Demzufolge wurden die fehlenden Daten zwischen 1908 und 1946 nicht extrapoliert. Die Daten zu Feuerholz zwischen 1908 und 1946 hingegen wurden geschätzt. Dazu wurde die produzierte Menge Feuerholz in Relation zur Bevölkerung gesetzt. Mit dem durchschnittlichen Verhältnis der ersten drei dokumentierten Jahre (1946-1948) und Angaben zur Bevölkerungszahl wurden die Daten zurückgerechnet. Im Zuge der Datenrecherche für die Energieflussanalyse (EFA) wurden bei Bertoni und Román (2006a) Daten zum Konsum von Feuerholz gefunden. Ein Vergleich dieser Werte mit den hier verwendeten Annahmen zeigte erhebliche Unterschiede. (Näheres zum Vergleich und zur Aufbereitung der Daten findet sich im Kapitel 2.5.2.) Es wurden schließlich die Daten von Bertoni und Román (2006a) übernommen und mittels des GCVs (*gross calorific value*) von Terajoule (TJ) in Tonnen Trockenmasse umgerechnet. Daran anschließend wurden sie auf einen Wassergehalt von 15% standardisiert (Krausmann et al., 2015, p. 35). Da es sich bei den Daten von Bertoni und Román (2006a) um Daten zum Konsum von Feuerholz handelt, wurden für die DE noch die importierten Mengen abgezogen. Es wurden schließlich sowohl für die Berechnung der Energie- als auch für die Berechnung der Biomasseflüsse die Daten von Bertoni und Román (2006a) für Feuerholz herangezogen.

### **Fischfang**

Die Kategorie A.1.5 umfasst neben dem Fischfang auch alle anderen Meerestiere und -pflanzen (*A.1.5 Fish capture and other aquatic animals/plants*) (Krausmann et al., 2015, p. 36). Die Daten zu dieser Kategorie sind bereits ab dem Jahr 1950 in der statistischen Datenbank zur Fischerei - der FISHSTAT (FAO, 2016) - online verfügbar. Für die Jahre vor 1950 lassen sich in den statistischen Jahrbüchern zur Fischerei der FAO (FAO - Yearbook of fishery statistics, various years) nur sehr vereinzelt Daten für Uruguay finden. Im Zuge der Datenaufbereitung mussten die Daten der Kategorie „*Whales, seals and other aquatic mammals*“ von der Stückzahl in Tonnen umgerechnet werden. Diesbezüglich musste das Stückgewicht für *South American fur seal* und *South American sea lion* recherchiert werden. Anhand der Zahlen, die bei Cárdenas-Alayza und KollegInnen zu finden sind (IUCN, 2016), ließ sich ein durchschnittliches Stückgewicht der Tiere berechnen.

## **Biomasse aus Jagd- und Sammeltätigkeit**

Für diese Kategorie lassen sich für Uruguay keine Daten finden.

### **2.5.1.2. Außenhandel Biomasse**

Die Daten zum Außenhandel von Haupternteprodukten wurden zwischen 1910 und 1960 in 10-Jahres-Schritten aus den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years) entnommen. Für das Jahr 1945 sind die Daten zur Produktion und zum Außenhandel von Agrargütern erstmals in getrennten Jahrbüchern zu finden (FAO, various years). Ab dem Jahr 1961 stammen die Daten für alle Materialgruppen aus der Datenbank der FAO (FAO, 2017, 2016). Die Zuordnung der Daten zum Außenhandel von Agrargütern zu Materialgruppen erfolgte nach der Klassifizierung der Außenhandelsflüsse nach dem Handbuch zur *economy-wide material flow accounting* von Krausmann und KollegInnen (2015, p. 70).

Beim Außenhandel von Agrargütern kam es nur vereinzelt zu Schätzungen fehlender Daten. Für den Import von Maté finden sich Daten erst ab dem Jahr 1961 (FAO, 2017). Nachdem der Konsum von Maté in Uruguay lange Tradition hat (Etchevers, 2017), im Land selbst jedoch kein Maté produziert wird (FAO, 2017, various years, IIA, 1922, 1912), kann angenommen werden, dass auch vor dem Jahr 1961 Maté aus den Nachbarländern Argentinien und Brasilien importiert wurde. Demzufolge wurden die Daten zwischen 1909 bzw. 1910 und 1961 mittels der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate der ersten zehn dokumentierten Jahre extrapoliert.

Die Materialkategorie der Erntenebenprodukte (*B.1.2 Crop residues*) kann bei den Import- und Exportflüssen vernachlässigt werden. Diesbezüglich sind weder in den statistischen Jahrbüchern noch in den Datenbanken Daten zu finden.

Schätzungen zum Export von Leinsaat, Sonnenblumenkernen, Weizen, Leinöl und Mais erfolgten, indem die Daten mit dem durchschnittlichen Verhältnis von Export zu Produktion der ersten dokumentierten Jahre extrapoliert wurden.

In der Kategorie der Futterpflanzen und der Weidebiomasse (*B.1.3 Fodder crops and grazed biomass*) lassen sich sowohl bei den Importen als auch bei den Exporten ab 1961 vereinzelt Daten finden. Nachdem die Daten ab diesem Zeitpunkt der statistischen Datenbank der FAO (FAO, 2017) entnommen wurden, und es sich bei den Datenlücken um keine fehlenden Werte, sondern um Nullwerte handelt, wurden keine weiteren Schätzungen vorgenommen.

Die Import- und Exportdaten zu Holz und Holzzeugnissen vor dem Jahr 1961 wurden den forstwirtschaftlichen Jahrbüchern der FAO (FAO - Yearbook of Forest Products Statistics, various years) entnommen. Die ersten verfügbaren Daten zum Außenhandel von Holz und Holzzeugnissen gibt es für das Jahr 1945. Es ist anzunehmen, dass es auch in den Jahren davor Holzimporte gegeben hat, doch wurden diesbezüglich aufgrund mangelnder Anhaltspunkte keine Schätzungen vorgenommen. Zu den Exporten sind erste Daten für das Jahr 1966 zu finden. Aufgrund des relativ geringen Waldbestandes Uruguays liegt die Annahme nahe, dass es sich beim Export nicht um mangelnde Daten handelt, sondern dass es bis zum Jahr 1966 keinen Export von Holz und Holzzeugnissen gegeben hat.

Die Datenlage zum Außenhandel von Fisch und anderen Meerestieren und –pflanzen (*B.1.5 Fish capture and other aquatic animals and plants, primary and processed*) in den statistischen Jahrbüchern zur Fischerei der FAO (FAO - Yearbook of fishery statistics, various years) ist sehr lückenhaft. Erste Daten finden sich für das Jahr 1938. Die nächsten Daten gibt es dann erst in den beginnenden 1960er Jahren. Nachdem es sich jedoch sowohl bei den Import- als auch bei den Exportflüssen um sehr geringe Mengen handelt, wurden keine weitere Datenrecherche bzw. Schätzverfahren unternommen. Ab dem Jahr 1976 konnten die Außenhandelsdaten zu Fisch und Meerestieren bzw. –pflanzen der Datenbank der FAO (FAO, 2016) entnommen werden.

Anders als bei der DE (*domestic extraction*) werden Lebewesen und tierische Erzeugnisse bei den Import- und Exportflüssen miteinberechnet (*B.1.7 Live animals other than in 1.5, meat and meat products*). Bei den Importen und auch bei den Exporten von Lebewesen finden sich in den statistischen Jahrbüchern der IIA erste Daten ab dem Jahr 1930 (IIA, 1922, 1912). Die Importdaten wurden anhand des Stückgewichtes (entnommen aus den Tables und Annexes aus (Krausmann et al., 2015)) der einzelnen Tiere von der Stückzahl in metrische Tonnen umgerechnet. Bei den Importdaten wurden keine Schätzungen vorgenommen. Die Exportdaten zu den Lebewesen wurden ebenfalls von Stückzahl in Tonnen umgerechnet. Anschließend wurden bei den beiden größten Gruppen von Nutztieren – den Rindern und Schafen – Schätzungen durchgeführt. Bei den Rindern wurde zwischen den einzelnen Datenpunkten zwischen 1930 und 1961 linear interpoliert. Die Daten vor 1930 wurden mittels des durchschnittlichen Verhältnisses von Rinderexporten zum Viehbestand der ersten dokumentierten Jahre extrapoliert. Bei den Exporten von Schafen wurde das gleiche Schätzverfahren angewandt,

jedoch wurden alle Jahre vor 1961 (1909-1960) aufgrund mangelnder Daten in den statistischen Jahrbüchern extrapoliert. Bei den tierischen Produkten wurde der Export von Schaf- und Rinderhäuten geschätzt, indem das durchschnittliche Verhältnis der exportierten Häute der ersten dokumentierten Jahre zum geschlachteten Vieh (in Tonnen) gesetzt wurde. Mit dem durchschnittlichen Verhältnis konnten dadurch die Exportdaten extrapoliert werden.

### **2.5.1.3. Landnutzung, tierische Erzeugnisse und Produktionsmittel**

Ergänzend zur DE (*domestic extraction*) und zum Außenhandel der Biomasse wurden Daten zur Landnutzung, zu den tierischen Erzeugnissen sowie zu Produktionsmitteln in der Landwirtschaft recherchiert und aufbereitet.

#### **Landnutzung**

Die Daten zur Landnutzung zwischen 1961 und 2013 konnten der statistischen Datenbank der FAO (FAO, 2017) entnommen werden. Für die Jahre zwischen 1908 und 1961 fanden sich nur sehr vereinzelt Daten in den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years). Die Datenlücken zwischen den einzelnen Datenpunkten wurden mittels linearer Interpolation geschlossen.

#### **Tierische Erzeugnisse**

Die Produktion von Vieh sowie tierischen Erzeugnissen wird, wie bereits oben angeführt, laut MFA-Konvention nicht zu den in der MFA erfassten Materialflüssen gezählt. Der Viehbestand bildet neben der menschlichen Bevölkerung sowie Artefakten einen Typus von sozioökonomischen Materialbeständen und die Produktion von tierischen Erzeugnissen demnach einen gesellschaftsinternen Materialfluss (Krausmann et al., 2015, p. 12). Nachdem die Viehwirtschaft und deren Erzeugnisse das Agrarsystem Uruguays dominieren, wurden die Daten diesbezüglich ebenso recherchiert und aufbereitet.

Bei den tierischen Erzeugnissen wurden die Daten zum Schlachtvieh, tierischen Primärerzeugnissen wie Fleisch oder Milch, sowie zu den verarbeiteten tierischen Erzeugnissen wie Joghurt oder Butter für die Jahre ab 1961 der statistischen Datenbank der FAO (FAO, 2017) und für die Jahre vor 1961 den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years) entnommen, wobei die ersten Daten zur Produktion von Vieh und tierischen Erzeugnissen für das Jahr 1930 zu finden sind.

Beim Schlachtvieh von Rindern, Schafen, Schweinen und Kälbern mussten die Daten vor 1933 und auch Datenlücken bis zum Jahr 1961 geschätzt werden. Die Schätzungen erfolgten anhand des durchschnittlichen Verhältnisses von Schlachtungen zu Lebendtieren in den dokumentierten Jahren. Daten zu geschlachteten Kälbern gibt es nur zwischen 1951 und 1960 (FAO, various years). Nachdem es bei den Kälbern keine Daten zu Lebendtieren gibt, mussten die geschlachteten Kälber zu den Lebendtieren der Rinder in Relation gesetzt werden. Mit dem durchschnittlichen Verhältnis konnten die Daten zwischen 1905 und 1951 der geschlachteten Kälber extrapoliert werden. Die Daten wurden schließlich mit jenen der geschlachteten Rinder adjustiert. Durch diese Berechnung ergibt sich auch ein plausibler Übergang von den Daten aus den statistischen Jahrbüchern und den online verfügbaren Daten, denn ab 1961 gibt es keine separaten Daten zu geschlachteten Kälbern. Für die Schlachtungen von Geflügel, Pferden und Hasen sind vor 1961 in Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years) keine Daten zu finden. Da bereits der Bestand dieser Tiere für die Jahre vor 1961 größtenteils geschätzt werden musste, schien eine Schätzung der Schlachtungen anhand der Relation der Schlachtungen zu Lebendtieren nicht zulässig. Darüber hinaus machen die Schlachtungen dieser Tiere im Verhältnis zu den gesamten Schlachtungen nur einen geringen Anteil aus.

Zu den tierischen Primärprodukten finden sich erst ab 1938 erste Produktionsdaten in den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922) und FAO (FAO, various years). Die Daten zwischen 1905 und 1938 mussten demnach geschätzt werden. Wieder wurden die fehlenden Daten generiert, in dem mit dem durchschnittlichen Verhältnis des Primärproduktes zu den Lebendtieren die Daten extrapoliert wurden.

Bei den verarbeiteten tierischen Erzeugnissen wurde auf gleiche Weise vorgegangen, um Datenlücken zu füllen. Bei verarbeiteten Agrarerzeugnissen wie bspw. Molke oder Butterschmalz, welche nur in sehr kleinen Mengen produziert wurden und zu welchen die ersten Daten erst ab Ende der 1980er Jahre zu finden sind, erfolgte kein Zurückrechnen der Daten.

### **Produktionsmittel**

Zu den Produktionsmitteln fanden sich in den statistischen Jahrbüchern der FAO (FAO, various years) Daten zu Düngermittel, Pestiziden und landwirtschaftlichen Maschinen. Da die Datengrundlage der Düngermittel und Pestizide äußerst lückenhaft ist bzw. nur für eine kleine Zeitspanne Daten zu finden sind und bei FAOSTAT (FAO, 2017) auch lediglich Daten zu Düngermitt-

tel im Zeitraum 2002 bis 2014 zur Verfügung gestellt werden, beschränkte sich die Datenaufbereitung schlussendlich auf den Gebrauch von Traktoren, denn auch zu anderen landwirtschaftlichen Maschinen wie Melk- oder Erntemaschinen sind nur sehr vereinzelt Daten zu finden.

Anschließend an die Dokumentation der Datenarbeit und der Datenquellen für die sozialmetabolische Entwicklung des Agrarsystems Uruguays soll im nächsten Punkt das methodische Vorgehen bei der Datenaufbereitung und Berechnung der Energieflüsse skizziert werden, um schließlich auch den energetischen Stoffwechsel Uruguays nachzeichnen zu können.

## 2.5.2. Energieflüsse

Tabelle 3 bietet einen Überblick über die Energie-Kategorien der EFA und die in dieser Arbeit verwendeten Datenquellen.

**Tabelle 3: Kategorien der EFA und Datenquellen**

Kategorie	Unterkategorie	Unterkategorie	Datenquellen	
<b>Biomasse</b>	<b>Biomasse zur Erzeugung techn. Energie</b>	Feuerholz	(Bertoni and Román, 2006a)	
		Holzkohle	(IEA, 2016)	
	<b>Biomasse für Nahrung und Tierfutter</b>	Haupternteprodukte	MFA	
		Fisch und andere aquatische Biomasse	MFA	
		Futtermittel und Weidebiomasse	MFA	
	<b>Nicht thermisch genutzte Biomasse</b>	Erntenebenprodukte	MFA	
		Bau- und Industrieholz	MFA	
	<b>Fossile Energieträger</b>		Feste Brennstoffe (Kohle)	(Bertoni and Román, 2006a) (UNSD, 2017) (IEA, 2016)
			Flüssige Brennstoffe (Öl)	(Bertoni and Román, 2006a) (UNSD, 2017) (IEA, 2016)
		Gas (Erdgas)	(IEA, 2016)	
<b>Nuklear HRE</b>		Wasserkraft	(Bertoni and Román, 2006a) (UNSD, 2017) (IEA, 2016)	
		Erneuerbare Energie (Solar- und Windkraft)	(IEA, 2016)	
		Elektrizität (Imp/Exp)	(UNSD, 2017) (IEA, 2016)	

Quelle: eigene Darstellung nach (Mayer, 2010)

### **Biomasse**

Die Kategorie der Biomasse umfasst drei Unterkategorien. Die erste Unterkategorie – die Biomasse zur Erzeugung technischer Energie (*combustible biomass*) - beinhaltet das gesamte Feuerholz sowie Holzkohle. Zu einem gewissen Teil werden vermutlich auch Erntenebenprodukte zur Erzeugung technischer Energie verwendet, doch konnte trotz intensiver Rechercharbeit

nicht herausgefunden werden, ob und wenn ja in welchem Ausmaß Erntenebenprodukte in Uruguay der technischen Energiegewinnung beigemischt werden. Ebenso wird vermutlich ein Teil der Erntenebenprodukte an Nutztiere verfüttert. Da auch diesbezüglich keine Information erlangt werden konnte, um welche Mengen es sich hierbei handelt, wurden die Erntenebenprodukte schließlich zusammen mit dem Bau- und Industrieholz unter der Kategorie der nicht thermisch genutzten Biomasse (*noncombustible biomass*) subsumiert. Die dritte Unterkategorie der Biomasse umfasst die gesamte Energie der Biomasse für menschliche und tierische Nahrung (*biomass for food and animal feed*).

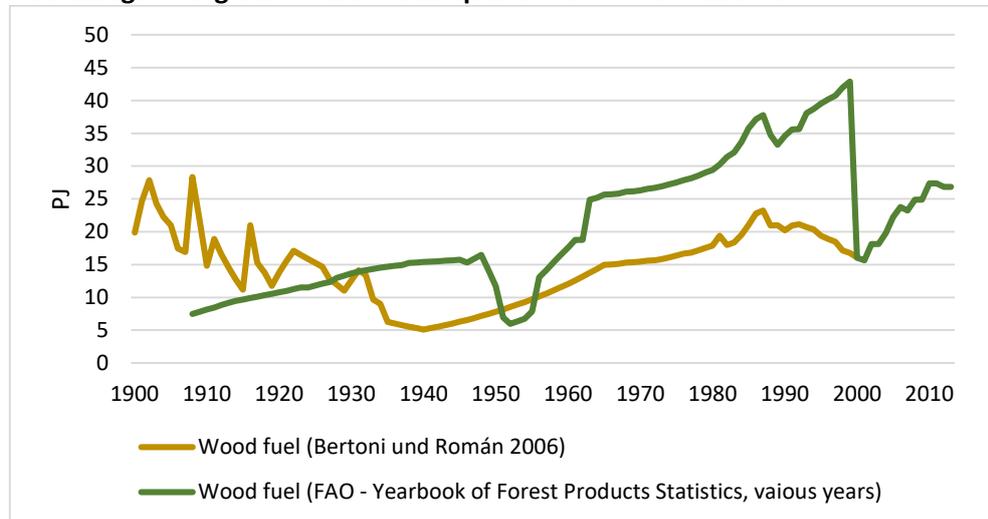
Da in die Energieflussanalyse (EFA) die DE (*domestic extraction*) und der Außenhandel aller Biomassematerialien in Energieeinheiten miteinberechnet werden, wurden in einem ersten Schritt die aufbereiteten Daten der Materialflussrechnung – sowohl jene der DE als auch die des Außenhandels - übernommen und von metrischen Tonnen in Energieeinheiten (Joule) umgerechnet. Für diese Umrechnung wurden die einzelnen Materialkategorien anhand ihres Wassergehaltes in Tonnen Trockengewicht umgerechnet und aggregiert. Für manche Items musste der Wassergehalt recherchiert werden wie bspw. für „*Starch, cassava*“ (Garcia et al., 1997). In einem weiteren Schritt wurde mittels des spezifischen *gross calorific values* (GCV) der verschiedenen Biomassematerialien in Megajoule pro Kilogramm (MJ/kg) der Energiegehalt der Biomasse berechnet. Die genauen Umrechnungsfaktoren (Wassergehalt und GCV), sowohl für die DE als auch für die Items des Außenhandels, finden sich in Tabelle 7 und Tabelle 8 im Anhang der vorliegenden Arbeit.

### **Biomasse zur Erzeugung technischer Energie**

Die Daten zum Feuerholz wurden für die Berechnung der MFA ursprünglich den forstwirtschaftlichen Jahrbüchern der FAO (FAO - Yearbook of Forest Products Statistics, various years) sowie ab dem Jahr 1961 von FAOSTAT entnommen (FAO, 2017). Die frühesten Daten zur DE von Holz und Holzprodukten und eben auch Feuerholz finden sich für das Jahr 1945. Zwischen 1945/46 und 1961 sind sie auch nur lückenhaft. Bei der DE von Feuerholz wurden die Daten zwischen 1908 und 1946 geschätzt. Diese Schätzung erfolgte anhand der durchschnittlichen Pro-Kopf-Produktion von Feuerholz in den ersten drei dokumentierten Jahren (1946-1948). Anhand dieses Verhältnisses und den Populationsdaten konnten schließlich die fehlenden Werte extrapoliert werden. Da Feuerholz der Biomasse zur Erzeugung technischer Energie zugeordnet wird, finden sich Daten dazu auch in konventionellen Energiestatistiken bzw. in der

Literatur wie bspw. bei Bertoni und Román (2006a). Ein Vergleich der Feuerholzdaten der FAO und jenen von Bertoni und Román (2006a), welche zuvor von *kilo tons of oil equivalent* (ktoe) in TJ umgerechnet wurden, wies erhebliche Diskrepanzen auf wie in Abbildung 4 zu sehen ist.

**Abbildung 4: Vergleich zweier Datenquellen zur DE von Feuerholz**



**Quelle: eigene Darstellung – Daten aus (Bertoni and Román, 2006a; FAO - Yearbook of Forest Products Statistics, various years)**

Auch für andere Arbeiten zum energetischen Stoffwechsel Uruguays aus einer längerfristigen Perspektive, wie bspw. bei der von Bertoni und KollegInnen zur energetischen Entwicklung Spaniens und Uruguays im Vergleich (Bertoni et al., 2009), wurden die Daten zum Konsum von Feuerholz von Bertoni und Román (2006a) genommen. Diese Daten bestehen zwar auch zu einem gewissen Grad aus Schätzungen, doch konnten für die Datenreihe von Bertoni und Román (2006a) auch Daten aus nationalen Statistiken herangezogen werden wie den statistischen Jahrbüchern der DGE (*Dirección General de Estadística*) (DGE, various years) sowie den Energiebilanzen der *Dirección Nacional de Energía* des *Ministerio de Industria, Energía y Minería* (MIEyM) (MIEyM, 1997). Da Daten aus nationalen Statistiken jenen aus internationalen in diesem Fall vorzuziehen sind und die Daten der forstwirtschaftlichen Jahrbücher der FAO ohnedies Inkonsistenzen aufweisen, wurden für weitere Berechnungen für Feuerholz die Daten von Bertoni und Román (2006a) genommen. Ebenso wurden sie von TJ zurück in metrische Tonnen gerechnet und für die Berechnung der Biomasseflüsse verwendet. Da es sich bei den Daten von Bertoni und Román (2006a) um Daten zum Konsum von Feuerholz handelt, wurden für die weitere Berechnung der EFA sowie der MFA die Importdaten aus den forstwirtschaftlichen Jahrbüchern der FAO (FAO - Yearbook of Forest Products Statistics, various years) und von FAOSTAT (FAO, 2017) von den Daten abgezogen, um somit die Daten zur DE zu erhalten.

Dies war jedoch erst ab dem Jahr 1945 möglich, das davor keine Daten zu den Importen von Feuerholz bei der FAO zu finden waren. Bis zum Jahr 1945 enthalten die Daten zur DE von Feuerholz demnach jene Mengen, welche in Uruguay selbst extrahiert wurden und jene, die importiert wurden, es ist allerdings anzunehmen, dass die Importe in diesem Zeitraum sehr gering waren. Des Weiteren wurden ab dem Jahr 2010 zur DE von Feuerholz die Daten der FAOSTAT (FAO, 2017) hinzugefügt, da die Datenreihe von Bertoni und Román (2006a) nur bis 2010 reicht.

### **Fossile Energie**

Uruguay verfügt selbst über keine nennenswerten Erdöl- oder Erdgasvorkommen und ebenso wenig wird Kohle abgebaut. Somit stammt die gesamte fossile Energie, welche in Uruguay verwendet bzw. weiterverarbeitet wird, aus Importen.

Die Daten zur fossilen Energie für den Zeitraum 1971 und 2013 wurde der Datenbank der IEA (International Energy Agency) entnommen (IEA, 2016). Für die Jahre 1950 bis 1970 stammen die Daten aus den Energiestatistiken der United Nations Statistics Division (UNSD) (UNSD, 2017). Vor dem Zusammenfügen der Daten aus den beiden Quellen wurden diese, da meist in metrischen Tonnen angegeben, in Energieeinheiten (Joule) umgerechnet. Dies erfolgte, in dem die Daten mit dem GCV (*gross calorific value*) in Megajoule pro Kilogramm (MJ/kg) multipliziert wurden. Für einzelne Items sind explizit für Uruguay spezifische Brennwerte zu finden, welche jedoch als Nettobrennwert angegeben sind (United Nations, 2017b). Die NCVs (*net calorific value*) wurden mittels der Umrechnungsfaktoren nach Haberl und KollegInnen vom Netto – in den Bruttobrennwert umgerechnet (Haberl et al., 2006, p. 154). Für andere Items wiederum wurden die GCVs aus dem statistischen Handbuch der IEA entnommen (OECD/IEA, 2005).

Als die Daten der IEA und UNSD schließlich zusammengefügt wurden, wurden sie in den Jahren, in welchen sie bei beiden Quellen zu finden sind, abgeglichen. Für manche Items wurden auch für die Jahre nach 1970 die Daten der UNSD genommen, wenn bei der IEA keine Einträge vorhanden waren.

Im Gegensatz zur Biomasse zur Erzeugung technischer Energie erwies es sich als weniger schwierig, Daten zu den Importen bzw. zum Konsum von fossilen Energieträgern zu finden. In den Arbeiten zur langfristigen Energienutzung Uruguays wie bspw. bei Bertoni (2011), Bertoni und KollegInnen (2009), Bertoni and Román (2006a), Folchi and Mar Rubio (2006), Mar Rubio

und KollegInnen (2010) oder Yáñez und KollegInnen (2013) sind stets Daten zum Konsum fossiler Energieträger ausgewiesen. Da es in Uruguay selbst zu keiner Extraktion fossiler Energieträger im Untersuchungszeitraum gekommen ist, konnten die Daten zum Konsum den Energieimporten für die EFA zugewiesen werden. Bei Yáñez und KollegInnen (2013) wie auch bei Bertoni (2011) fanden sich Daten zum Konsum von Kohle – angegeben in metrischen Tonnen. Die Schätzungen von Yáñez und KollegInnen beinhalten im Gegensatz zu denen von Bertoni auch jene Kohle, welche zwar in den Hafen von Montevideo gelangte und dort auch weiterverarbeitet wurde, jedoch für den weiteren Handel bestimmt war und somit nur zwischengelagert wurde (Yáñez et al., 2013, p. 61). Die Daten von Yáñez und KollegInnen (2013) und Bertoni (2011) wurden mittels des GCVs in Joule umgerechnet und mit den Daten von Bertoni und Román (2006a) verglichen. Da letztere ursprünglich bereits in einer Energieeinheit (ktoe) angegeben waren, wurden die Daten von Bertoni und Román (2006a) den anderen Datenquellen vorgezogen. Die Daten zum Konsum von Erdöl wurden ebenfalls dieser Quelle entnommen und für die weitere Berechnung der EFA den Importen zugeordnet. Da die Datenreihe zum Konsum von Kohle und Öl bei Bertoni und Román (2006a) bis zum Jahr 2000 reicht, konnte ein Abgleich der Daten mit denen von IEA und UNSD erfolgen. Zudem wurden die Daten einzelner Jahre bis 1950 mit den Daten der Vereinten Nationen (United Nations, 1952) abgeglichen. Da die Vergleiche keine erheblichen Diskrepanzen aufwiesen, konnten für die Berechnung der EFA die Daten von Bertoni und Román (2006a) verwendet werden.

### **HRE und Nuklearenergie**

Die Kategorie HRE umfasst „Hydropower, noncombustible renewable energy and imported/exported electricity“ (Haberl et al., 2006, p. 155). Diese Kategorie beinhaltet für Uruguay den Energieinput von Wasserkraft sowie den Import und Export von Elektrizität. Erneuerbare Energiequellen wie Wind- oder Solarenergie spielen in Uruguay erst seit Anfang des 21. Jahrhunderts eine Rolle und leisten derzeit noch einen verhältnismäßig geringen Beitrag zum gesamten energetischen Metabolismus. Für das Jahr 2008 finden sich mit 3 GWh erstmals Daten zu Windenergie (IEA, 2017a). Nachdem in vorliegender Arbeit der energetische Stoffwechsel Uruguays über den gesamten Zeitraum des 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts untersucht werden soll, kommt dem ohnedies noch sehr geringem Energieinput der Windkraft seit 2008 nur eine sehr marginale Stellung zu und wurde deshalb in der Berechnung der EFA

nicht weiter berücksichtigt. Nichts desto trotz ist zu betonen, dass Uruguay über Windkraftanlagen verfügt und diese auch einen zunehmenden Energieinput in das Energiesystem Uruguays liefern. So lag der Energieinput von Windkraft im Jahr 2014 bereits bei 733 GWh (IEA, 2017b).

Nuklearenergie spielt im Energiesystem Uruguays keine Rolle. Seit dem Jahr 1992 gibt es ein Gesetz, welches die Nutzung von Kernkraft verbietet (Álvarez Kalverkamp, 2011).

Um den Energieinput von Wasserkraft zu berechnen, wurden in einem ersten Schritt die Daten zur produzierten Elektrizität aus Wasserkraft für die Jahre 1971-2013 (IEA, 2016) und 1950-1970 (UNSD, 2017) zusammengefügt und von Gigawattstunden (GWh) in TJ umgerechnet. Die Schätzung des Primärenergieinputs von Wasserkraft mit einer angenommenen Effizienz der Wasserkraftwerke von 95% erfolgte erst, nachdem die Daten der IEA und UNSD zur Produktion von Elektrizität aus Wasserkraft um jene aus der Literatur ergänzt wurden.

Seit dem Jahr 1945 produziert Uruguay Elektrizität aus Wasserkraft. In diesem Jahr wurde das erste Wasserkraftwerk – das *Rincón del Bonete* – ans Netz angeschlossen. Im Jahr 1960 wurde erstmals auch im zweiten Wasserkraftwerk Uruguays – dem *Baigorria* – Strom produziert. Beide Kraftwerke befinden sich am Rio Negro (Chebataroff, 1965, p. 83). Daten zur Elektrizität aus Wasserkraft finden sich bei Bertoni und Román (2006a). Die Daten wurden von ktoe in TJ umgerechnet. Da es sich bei den Daten um Konsumdaten handelt und für die EFA Produktionsdaten benötigt werden, wurden die Produktionsdaten zwischen 1945 und 1949 geschätzt, indem das Verhältnis der Produktionsdaten der UNSD der ersten zehn dokumentierten Jahre (1950-1960) in Relation gesetzt wurden zu den Daten zum Konsum bei Bertoni und Román (2006a). Mit dem durchschnittlichen Verhältnis konnte somit geschätzt werden, wie viel der Elektrizität aus Wasserkraft zwischen 1945 und 1949 in Uruguay selbst produziert und wie viel davon importiert wurde. Daraus ergab sich ein Importanteil von durchschnittlich knapp 86% für diese Periode.

Die Differenz zwischen der konsumierten und der produzierten Elektrizität aus Wasserkraft wurde demzufolge den Importen zugeordnet. Zwischen 1950 und 1970 mussten die Importe von Elektrizität ebenfalls geschätzt werden, da bei der UNSD keine Daten diesbezüglich vorliegen. Die Daten zu den Importen von Elektrizität zwischen 1950 und 1970 wurden aus der Differenz von Konsum und Produktion berechnet. Die ersten Daten zu Exporten von Elektrizität finden sich für das Jahr 1980 bei der IEA (IEA, 2016). Die Daten zu den Importen und Exporten von Elektrizität wurden von GWh in TJ umgerechnet.

### 2.5.3. Bevölkerung und GDP

Die Daten zur Bevölkerung Uruguays zwischen 1950 und 2013 wurden der statistischen Datenbank der FAO entnommen (FAO, 2017). Ein Vergleich mit den Daten der Datenbank der Weltbank (The World Bank Group, 2017), welche jedoch online erst ab dem Jahr 1960 zur Verfügung stehen, zeigte Übereinstimmung. Da mit den Daten über FAOSTAT ein größerer Zeitraum abgedeckt werden konnte, wurden sie dort entnommen. Für die Jahre 1908 bis 1960 waren Daten zur Bevölkerung in den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years) zu finden. Manche der Daten waren als Zensusdaten ausgewiesen. Alle anderen beruhten auf Schätzungen. In Summe war zwischen 1908 und 1960 jedoch keine konsistente Datenreihe zur Bevölkerung Uruguays vorliegend. Die Daten wurden mit den Bevölkerungsdaten von Maddison (2009) verglichen. Es zeigten sich Unterschiede von bis zu 11%. Nachdem in den Daten der IIA und FAO bis 1949 Lücken von bis zu acht Jahren aufscheinen und bei Maddison eine längere und konsistente Datenreihe zur Bevölkerung zu finden ist, wurden für den Zeitraum 1900 bis 1949 die Daten von Maddison (2009) herangezogen und ab 1950 auf die Daten von FAOSTAT (FAO, 2017) zurückgegriffen.

Für das Bruttoinlandsprodukt (*gross domestic product* – GDP) finden sich bei Bértola (2016) Daten zum GDP pro Kopf (GDP/cap) zwischen 1870 und 2010. Diese Daten sind identisch mit jenen aus der Maddison-Project-Database, welche ebenfalls den gesamten Zeitraum bis 2010 abdecken und das GDP in Kaufkraftparitäten und inflationsbereinigt auf das Jahr 1990 angeben (The Maddison-Project, 2013).

Die GDP-Daten wurden Maddison (2009) entnommen und um Daten aus der Datenbank der Weltbank (The World Bank Group, 2017) ergänzt. Für die Verlängerung der Datenreihe wurden die GDP-Daten der Weltbank im Zeitraum 2009 bis 2015 in *PPP, current international \$* entnommen und die jährlichen Wachstumsraten berechnet. Mit den Wachstumsraten konnte somit an die Datenreihe von Maddison (2009) angeknüpft werden und die GDP-Daten für den Zeitraum 2009 bis 2015 in Millionen *1990 International Dollars* (1990 Int. \$) berechnet werden.

### **3. Ergebnisse**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Analyse des Agrar- und Energiesystems Uruguays zunächst deskriptiv präsentiert. Dabei werden die Ergebnisse der berechneten Biomasse- und Energieflüsse Uruguays im Zeitraum 1909 bis 2013 (Biomasse) und 1905 bis 2013 (Energie) anhand von wichtigen Indikatoren vorgestellt. Neben den Material- und Energieflussindikatoren sollen aber auch noch die Ergebnisse der Datenarbeit zu anderen wichtigen Elementen des Agrarsystems, wie beispielsweise die Veränderung der Landnutzung, präsentiert werden. Die Indikatoren werden mit Daten zur Bevölkerung und der wirtschaftlichen Entwicklung in Verbindung gesetzt. Wenn die Indikatoren in ihrer Intensität dargestellt werden, können sie mit Ergebnissen anderer Studien wie beispielsweise mit der langen Zeitreihe zum sozialen Metabolismus des Vereinigten Königreichs (Schandl and Schulz, 2002), Japans (Krausmann et al., 2011), der USA (Gierlinger, 2010) oder anderen Industrienationen verglichen werden. Bei Krausmann und KollegInnen (2009) finden sich Zahlen zum globalen Materialverbrauch, GDP und der Bevölkerung (Krausmann et al., 2009). Ein Vergleich mit dem Nachbarland Brasilien kann anhand der Arbeit von Mayer (2010) angestellt werden. Es können jedoch nur Ergebnisse ab 1970 verglichen werden, da die Zeitreihe zu den Material- und Energieflüssen Brasiliens erst mit diesem Jahr beginnt.

Hinsichtlich der Energieflüsse werden in folgendem Ergebnisteil die Daten zu Uruguay mit den Daten Österreichs (Krausmann and Haberl, 2002a), der USA (Gierlinger, 2010) und Brasiliens (Mayer, 2010) verglichen.

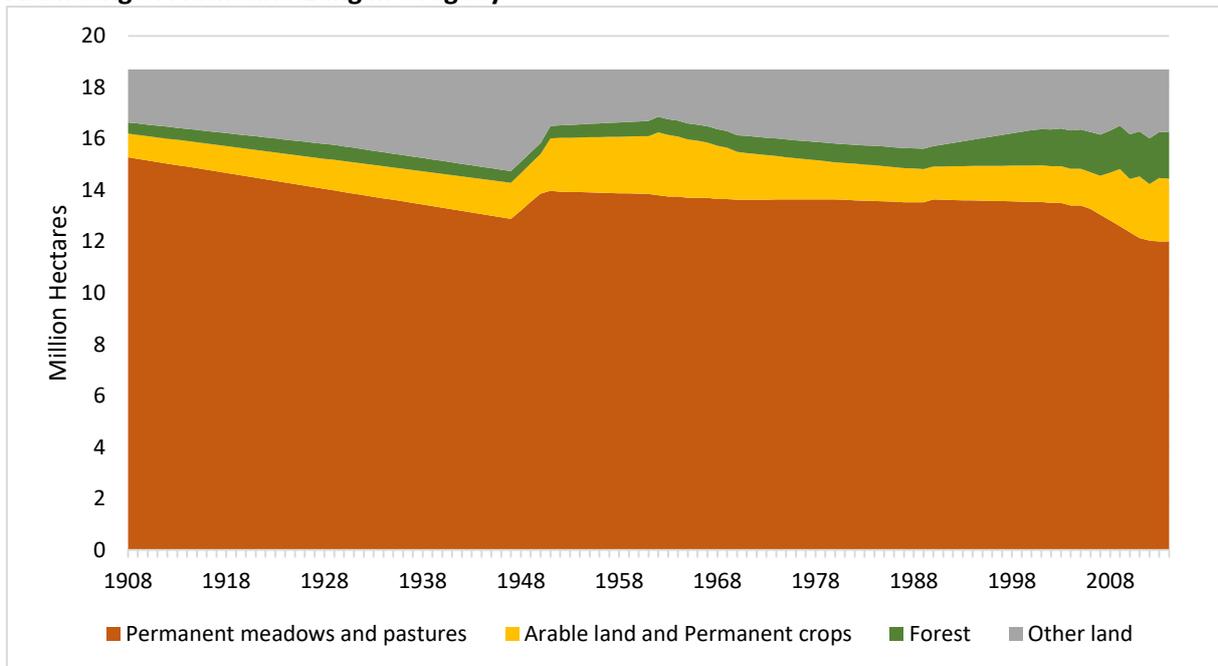
#### **3.1. Das Agrarsystem Uruguays**

Die Ergebnisse der Datenarbeit zum Agrarsystems Uruguays im Zeitraum 1900/1909 bis 2013 umfassen nicht nur die Präsentation der Materialflussindikatoren der Biomasse, sondern auch die Ergebnisse der aufbereiteten Daten zur Viehwirtschaft und tierischer Erzeugnisse, landwirtschaftlicher Produktionsmittel wie auch die Veränderungen der Flächennutzung.

Die DE der Biomasse deutet auf eine Dominanz des Agrarsystems in Uruguay hin. Dieses hohe Extraktionspotenzial, das Uruguay heute hat und auch während des gesamten vergangenen Jahrhunderts hatte, zeigt sich insbesondere dann, wenn die Daten zur Landnutzung- und Landnutzungsveränderung betrachtet werden. An diesem Punkt sei noch einmal darauf hingewiesen, dass Uruguay mit knapp 3,4 Millionen EinwohnerInnen (2015) auf einer Landesfläche von rund 187 000 km<sup>2</sup>, über eine Bevölkerungsdichte von lediglich 19,6 Personen pro km<sup>2</sup> verfügt. Stellt man für das Jahr 1908 die Zahl der Bevölkerung von knapp über einer Million Menschen

in Relation zur Landesfläche, so ergibt sich eine durchschnittliche Bevölkerungsdichte von rund 5,6 Personen pro km<sup>2</sup>. Eine geringe Bevölkerungsdichte in Kombination mit günstigen klimatischen und topographischen Bedingungen, erhöht das relative (zur Bevölkerung) Extraktionspotenzial für Biomasse eines Landes. Uruguay erfüllt diese Kriterien und der Anteil agrarisch genutzter Fläche an der Landesfläche ist sehr hoch (siehe Abbildung 5).

**Abbildung 5: Flächennutzung in Uruguay**



**Quelle: eigene Berechnung**

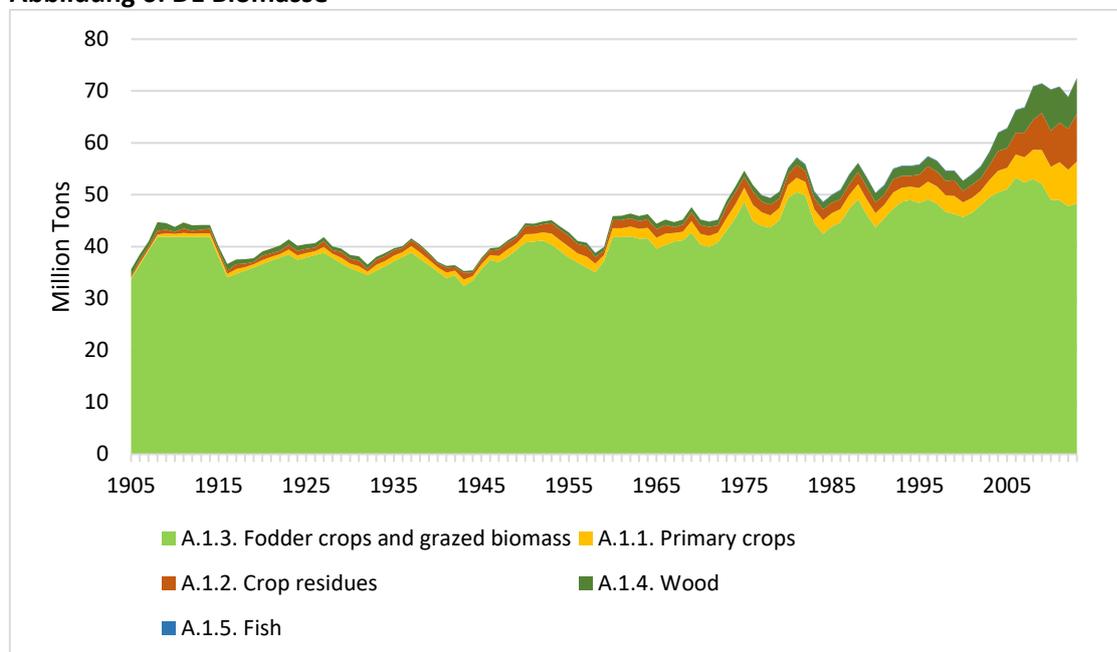
Das Verhältnis von Agrarland zu anders genutzter Fläche, wie z.B. Bauland oder ungenutzter Fläche hat sich seit dem beginnenden 20. Jahrhundert nur geringfügig verändert. Im Jahr 1908, für welches in den Jahrbüchern der IIA (IIA, 1912) Zensusdaten zu finden sind, machte das Agrarland (Ackerland und Grünland) mit knappen 16,2 Millionen ha knappe 87% der gesamten Landfläche (ca. 18,7 Millionen ha) aus. Im Jahr 2013 machte dieser Anteil 77% aus. Demnach ist zwischen dem Beginn und dem Ende des Beobachtungszeitraumes ein Rückgang der Agrarflächen von insgesamt 10% zu verzeichnen, welcher jedoch weniger auf die Verbauung von Land sondern viel mehr auf die Zunahme der Waldfläche zurückzuführen ist. Zwischen 1908 und 1947 hat das Agrarland in absoluten Zahlen um knappe 2 Millionen ha abgenommen. Laut der verfügbaren Daten ist nach dem zweiten Weltkrieg wieder ein Anstieg zu verzeichnen. Den größten Anteil in Prozent der Landfläche machte das Agrarland im Jahr 1962 mit knapp über 87% aus. Der Anstieg in diesem Zeitraum ist auf die Zunahme des Ackerlandes (*arable land and permanent crops*) und des Grünlandes (*permanent meadows and pastures*) zurückzuführen.

ren. Auch wenn die Dominanz des Grünlandes im Verlauf des vergangenen Jahrhunderts abgenommen hat, so besteht sie dennoch weiterhin. Im Jahr 1908 waren knappe 82% der Gesamtfläche Grünland. Die restlichen 18% fielen auf Ackerland, Wald und sonstige Fläche, wobei die Waldfläche im Jahr 1908 mit 434 000 ha weniger als die Hälfte des Ackerlandes ausmachte. Die Waldfläche nahm ab der Mitte des 20. Jahrhunderts und vor allem ab dem Jahr 1990 stetig zu und machte im Jahr 2014 mit über 1,8 Millionen ha 10% der Gesamtfläche aus. Die Agrarfläche, welche als Ackerland genutzt wurde, nahm ebenfalls ab Mitte des 20. Jahrhunderts zu und lag im Jahr 1951 erstmals über 2 Millionen ha. Ab den 1990er Jahren und in zunehmenden Maße ab 2000 kam es zu vermehrten Veränderungen in der Landnutzung. Hierbei ist zum einen die Zunahme der Waldfläche zu nennen, welche vor allem auf die Aufforstung durch Eukalyptus- und Pinienplantagen zurückzuführen ist (Vihervaara et al., 2012). Ab ca. 2000 setzte ein Prozess der Umwandlung von Grasland in Ackerland ein, was in der Ausweitung der Exportproduktion von Soja sowie Weizen gründet.

Auf diese Veränderungen in der Landnutzung soll noch in weiteren Punkten der Ergebnisdarstellung sowie auch im Diskussionsteil der vorliegenden Arbeit näher eingegangen werden.

### 3.1.1. DE Biomasse

Abbildung 6: DE Biomasse



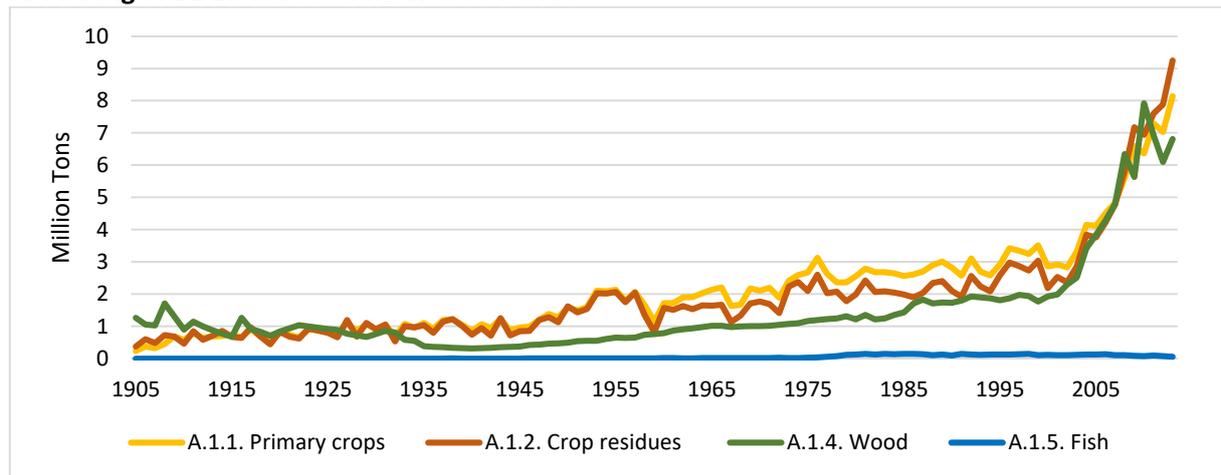
Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der DE von Biomasse. Die Entnahme der gesamten Biomasse ist von knapp 45 Millionen Tonnen im Jahr 1909 auf fast 73 Millionen Tonnen im Jahr 2013 gestiegen. Dies bedeutet eine Zunahme um das 1,6-fache.

Betrachtet man die einzelnen Materialgruppen der Biomasse, so zeigt sich, dass die Kategorie der Weidebiomasse die gesamte DE der Biomasse dominiert. Zu Beginn des Beobachtungszeitraumes lag der Anteil der Weidebiomasse an der gesamten extrahierten Biomasse bei 95%. Innerhalb des 20. und des beginnenden 21. Jahrhunderts erfolgte ein Rückgang der Weidebiomasse auf 67% im Jahr 2013.

In Abbildung 7 ist die Entwicklung der DE vom Ackerland, Wald sowie Gewässern dargestellt.

**Abbildung 7: DE Biomasse ohne Weidebiomasse**



**Quelle: eigene Berechnung**

Insgesamt ist die DE der Biomasse exklusive der Weidebiomasse von knappen 2 Millionen Tonnen im Jahr 1908 auf über 24 Millionen Tonnen im Jahr 2013 gestiegen.

Für manche Ernteprodukte wie bspw. Obst oder Gemüse liegt in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine schlechte Datengrundlage vor und für viele Ernteprodukte mussten die fehlenden Daten daher geschätzt werden. Da es sich beim Obst und Gemüse im Vergleich zu anderen Ernteprodukten wie Getreide oder Ölfrüchten wie bspw. Leinsaat um verhältnismäßig kleine Mengen handelt, können eventuelle Unterschätzungen oder Unsicherheiten in Kauf genommen werden, da diese die Materialflüsse in aggregierter Form wenig bis gar nicht verändern. Auch bei der Kategorie A.1.5. *Fish* liegt vor dem Jahr 1961 nur eine sehr mangelhafte Datengrundlage vor. Dies kann aber vernachlässigt werden, da die Entnahme von Fisch auch bei besserer Erfassung der Daten, von welcher ab Ende des 20. Jahrhunderts ausgegangen werden kann, keine nennenswerten Mengen ausmacht, wenn sie in Relation zu den anderen Materialgruppen gesetzt wird.

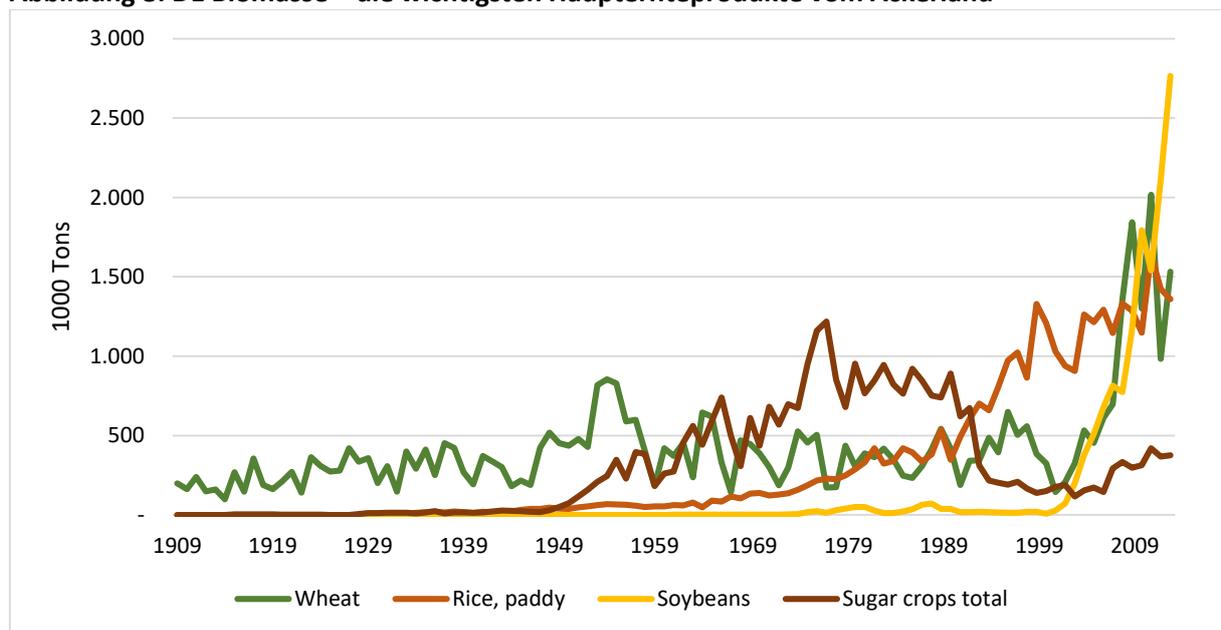
Interessant ist vor allem, dass ab ca. 2000 eine neue Wachstumsdynamik eingesetzt hat, wie in Abbildung 7 zu sehen ist. Diese neue Wachstumsdynamik betrifft die DE des Ackerlandes sowie auch des Waldes. Vom Beginn des Beobachtungszeitraumes im Jahr 1909 an lag ein

mehr oder weniger kontinuierliches Wachstum bei allen Materialgruppen vor. Ab ca. dem Jahr 2000 setzt jedoch ein Beschleunigungsprozess mit sehr hohen durchschnittlichen Wachstumsraten ein.

### A.1.1 Haupternteerzeugnisse vom Ackerland

Abbildung 8 zeigt die Entwicklung einer Auswahl an Ernteerzeugnissen des Ackerlandes, welche über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg die größten Mengen ausmachten.

**Abbildung 8: DE Biomasse – die wichtigsten Haupternteerzeugnisse vom Ackerland**



Quelle: eigene Berechnung

Die DE der Haupternteerzeugnisse vom Ackerland wurde im gesamten Beobachtungszeitraum, mit Ausnahme der 1970er und 1980er Jahre, als die Zuckerpflanzen die größte Erntemenge ausmachten, vom Getreide dominiert. Die Entwicklung der vier wichtigsten Nutzpflanzen wird in Abbildung 8 veranschaulicht. Für die Materialgruppe des Getreides gibt es auch bereits ab 1909 relativ konsistente Datenreihen in den Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years). Für das Jahr 1909 ist beim Getreide eine Entnahme von knapp über 370 000 Tonnen zu verzeichnen. Im Jahr 2013 lag der Wert bei über 4 Millionen Tonnen. Im gesamten Beobachtungszeitraum hat sich somit die absolute Entnahme von Getreide ca. zehnfach. Beim Getreide dominierte bis ca. 1990 der Anbau von Weizen. Von da an überstieg für einige Jahre (bis 2008) die Produktion von Reis jene von Weizen, teilweise um den Faktor 2 (2006).

Die Gruppe der Ölfrüchte (A.1.1.6 *Oilbearing crops*) machte 1909 2% der gesamten Extraktion der Haupternteerzeugnisse aus. Der Anteil veränderte sich über das gesamte 20. Jahrhundert

nur geringfügig. Ab 2000 erfolgte eine Ausweitung der Anbaufläche (siehe Abbildung 5) und der Ernte von Soja. Innerhalb von 13 Jahren erfolgte ein Anstieg von 47 000 Tonnen im Jahr 2000 auf über 2,8 Millionen Tonnen im Jahr 2013. Der Anteil der Ölfrüchte an der DE der Haupternteerzeugnisse stieg somit von 2% zu Beginn des beobachteten Zeitraumes auf 35% im Jahr 2013. Der Anstieg der Extraktion von Ölfrüchten ist auf den Anbau von Sojabohnen zurückzuführen, welcher v.a. ab dem beginnenden 21. Jahrhunderts intensiviert wurde. Zwischen 2002 und 2013 stieg die Produktion von Sojabohnen von knapp über 70 000 auf knappe 2,8 Millionen Tonnen an.

Interessant bei den Haupternteerzeugnissen ist auch noch die Entwicklung der Entnahme der Zuckerpflanzen. Erste Daten zur Produktion von Zuckerrüben finden sich für das Jahr 1915. Bis 1960 liegt eine relativ gute Datengrundlage in den statistischen Jahrbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912) und FAO (FAO, various years) vor. Ab dem Jahr 1948 gilt dies auch für Zuckerrohr, dessen Produktion im Jahr 1981 die der Zuckerrübe überstieg. Ab 1994 finden sich nur mehr Daten zur Produktion von Zuckerrohr. Der Peak in der Produktion von Zuckerpflanzen wurde im Jahr 1977 erreicht, mit einer Erntemenge von mehr als 1,2 Millionen Tonnen. Interessant bei der Extraktion von Zuckerpflanzen ist der relativ rasche Rückgang ab ca. 1990 und eine neuerliche Ausweitung des Anbaus in den letzten Jahren.

### **A.1.2. Erntenebenprodukte**

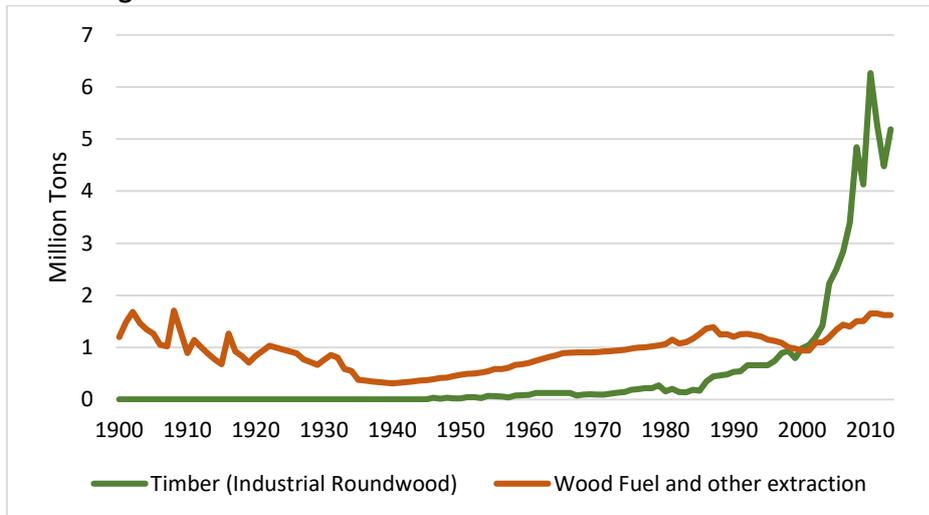
Die Produktion bzw. Entnahme der Erntenebenprodukte ist an die Produktion von Getreide, Zucker- und Ölpflanzen gekoppelt. Seit 2008 liegt die Entnahme der Erntenebenprodukte über der gesamten Haupternteerzeugnisse wie in Abbildung 7 abzulesen ist.

### **A.1.3. Futterpflanzen und Weidebiomasse**

Die Kategorie der Futterpflanzen und Weidebiomasse umfasst in der vorliegenden Arbeit ausschließlich die geweidete Biomasse, da zum einen keine Daten zur Extraktion von Futterpflanzen berichtet sind und zum anderen das Viehwirtschaftssystem Uruguays Grasland basiert ist. Die DE der Weidebiomasse wurde über den jährlichen Futterbedarf der Nutztiere berechnet. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, wurden im Jahr 1909 mehr als 40 Millionen Tonnen Biomasse von den Nutztieren Uruguays extrahiert. Bis zum Jahr 1972 oszillierte die Entnahme zwischen ca. 35 und knapp über 40 Millionen Tonnen. Danach lagen die Werte konstant über 40 Millionen Tonnen und erreichten teilweise auch Werte von über 50 Millionen Tonnen.

#### A.1.4. Holz

Abbildung 9: DE von Holz



Quelle: eigene Berechnung

Legende: erste Daten für Industrie- und Bauholz (Timber) sind erst ab dem Jahr 1946 verfügbar

Zwischen 1900 und 2000 bewegte sich die gesamte Extraktion von Holz zwischen 1,2 Millionen Tonnen (1900) und 1,9 Millionen Tonnen (2000). Bis ca. Mitte der 1980er Jahre spielte die Entnahme von Bau- und Industrieholz im Vergleich zu jener von Feuerholz noch eine deutlich nebensächliche Rolle wie in Abbildung 9 zu sehen ist.

Bei der Extraktion von Feuerholz ist im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts eine Abnahme von 1,2 Millionen Tonnen im Jahr 1900 zu 664 000 Tonnen im Jahr 1929 zu verzeichnen. Danach setzte ein kontinuierliches Wachstum ein, welches bis zum Jahr 1987 mit knappen 1,4 Millionen Tonnen extrahiertem Feuerholz anhielt. Nach einem leichten Abwärtstrend setzte ab ca. dem Jahr 2000 ein erneutes Wachstum ein. Die Entnahme von Feuerholz lag am Ende des beobachteten Zeitraumes im Jahr 2013 mit 1,6 Millionen Tonnen bei einem ähnlichen Wert wie in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts.

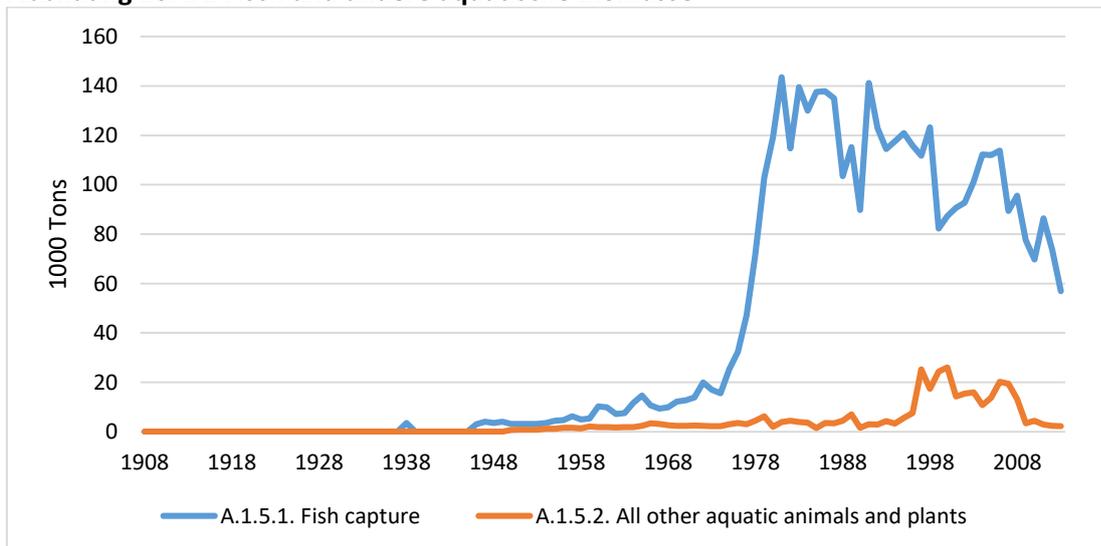
Bei der Entnahme von Industrie- und Bauholz ist darauf hinzuweisen, dass es Daten erst ab dem Jahr 1946 gibt. Nachdem die Entnahme von Industrie- und Bauholz jedoch auch in den darauffolgenden Jahren relativ gering war, kann davon ausgegangen werden, dass auch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die DE von Industrie- und Bauholz im materiellen Stoffwechsel Uruguays keine allzu große Rolle gespielt haben kann. Wird die Holzproduktion in Relation zur Waldfläche gesetzt, wird diese Annahme noch untermauert, da dieser im Verhältnis zu Ackerflächen und Grünland auch ein verhältnismäßig geringer Anteil zukommt. Ab Mitte der 1980er Jahre ist bei der Entnahme von Industrie- und Bauholz eine stärkere Zunahme zu verzeichnen. Ab ca. dem Jahr 2000 setzte bei der Entnahme von Bau- und Industrieholz ein

Wachstumsprozess mit sehr hohen jährlichen Wachstumsraten ein. Bei einer Zunahme der Waldfläche von 1,4 Millionen ha im Jahr 2000 auf 1,8 Millionen ha im Jahr 2013 (siehe Abbildung 5) erfolgte bei der DE von Bau- und Industrieholz eine Zunahme von 985 000 Tonnen auf 5,2 Millionen Tonnen im selben Zeitraum.

### A.1.5. Fisch

Auch wenn der Extraktion von Fisch und anderen Meerestieren und –pflanzen im gesamten materiellen Stoffwechsel Uruguays mengenmäßig nur eine untergeordnete Rolle zukommt, so ist innerhalb dieser Materialkategorie dennoch eine Veränderung in der absoluten Entnahme zu erkennen. Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der DE von Fisch und anderer aquatischer Biomasse im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert.

**Abbildung 10: DE Fisch und andere aquatische Biomasse**



**Quelle: eigene Berechnung**

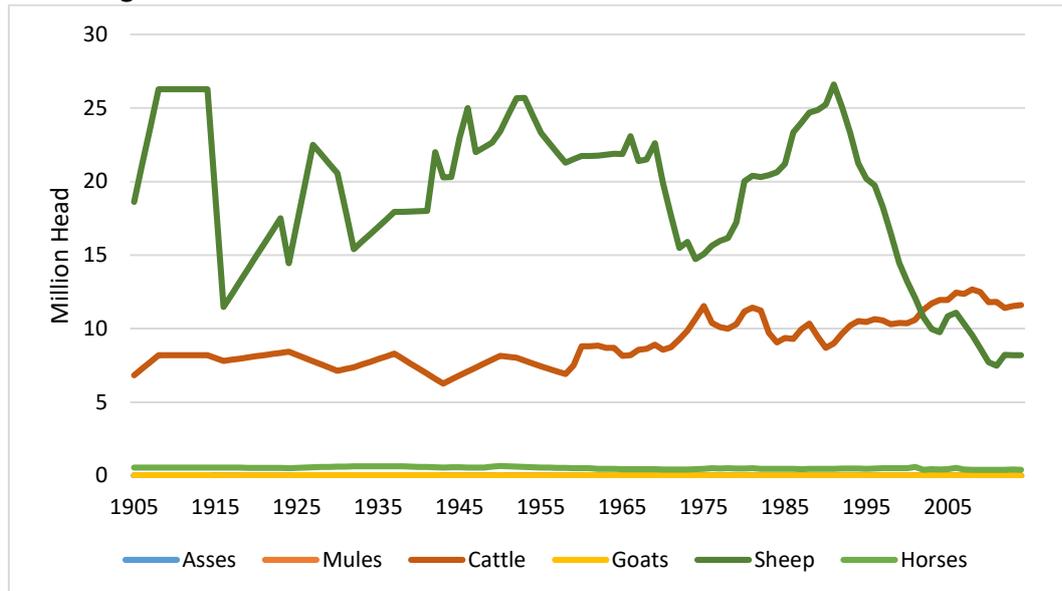
**Legende: erste Daten zur Extraktion von Fischen und anderer aquatischer Biomasse liegen für das Jahr 1946 vor (mit Ausnahme von 1938)**

Bis zum Jahr 1974 umfassten die Fangmengen maximal 22 000 Tonnen. Ab dem Jahr 1978 nahm die DE von Fisch im Vergleich zu den Jahren davor rasant zu. Mit 144 000 Tonnen wurde im Jahr 1991 die größte Menge im gesamten Beobachtungszeitraum aus dem Meer und den Inlandsgewässern gefischt. Danach nahmen die Fangmengen kontinuierlich ab und zum Ende des beobachteten Zeitraumes lag die extrahierte Menge Fisch bei 57 000 Tonnen.

### 3.1.2. Viehwirtschaft

Betrachtet man die Zahlen zum Viehbestand Uruguays, so fällt auf, dass dieser von Schafen und Rindern dominiert wird wie in Abbildung 11 zu sehen ist.

**Abbildung 11: Nutztiere in Stück**



**Quelle: eigene Berechnung**

Die Population der Schafe hat im Jahr 1905 mehr als 18,6 Millionen Tiere umfasst. Innerhalb weniger Jahre ist sie auf über 26 Millionen Tiere angewachsen. Ähnlich hohe Werte erreichte die Schafspopulation 1953 sowie 1990 und 1991. Auffallend ist, dass ab dem letzten Peak Anfang der 1990er Jahre die Anzahl der Schafe kontinuierlich abgenommen hat und seit dem Jahr 2002 die Anzahl der Schafe geringer ist als die der Rinder. Zwischen 1991 und 2013 hat die Population der Schafe um 69% abgenommen.

Die Population der Rinder fluktuierte im Beobachtungszeitraum weniger als die der Schafe. Im Jahr 1905 weideten knappe 7 Millionen Rinder auf Uruguays Wiesen und Weiden. Ab den 1950er Jahren ist die Rinderpopulation mit einigen Fluktuationen kontinuierlich angewachsen und erreichte im Jahr 2008 mit 12,7 Millionen Tieren den größten Bestand innerhalb des beobachteten Zeitraumes. Dies bedeutet eine Zunahme der Rinderpopulation zwischen 1958 und 2008 um 45%. Parallel zur kontinuierlichen Abnahme des Graslandes (siehe Abbildung 5) durch Umwandlung in Ackerland und zunehmender Aufforstung vor allem ab dem Jahr 2000, kam es in den letzten 5 Jahren des beobachteten Zeitraumes zu einer Abnahme der Rinderpopulation um 9%.

Die Bedeutung der Viehwirtschaft Uruguays zeigt sich auch in den Mengen der produzierten tierischen Erzeugnisse, welche in Abbildung 12 abzulesen sind.

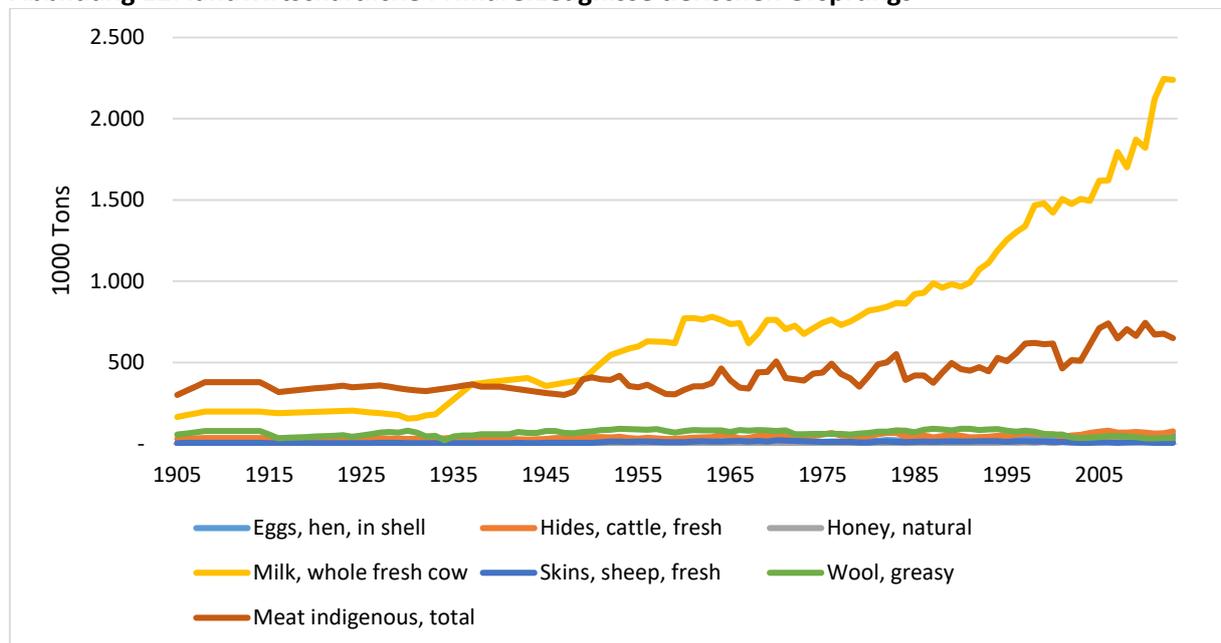
Bis Anfang der 1930er Jahre machte die Produktion von Fleisch mit über 300 000 Tonnen pro Jahr mengenmäßig bei den tierischen Erzeugnissen das meiste aus. Seit 1937 wird mehr Rohmilch als Fleisch produziert. Die Produktion von Milch stieg kontinuierlich im Verlauf des 20.

und beginnenden 21. Jahrhunderts - vor allem seit den beginnenden 1990er Jahren. Im Jahr 2013 wurden über 2,2 Millionen Tonnen Milch produziert. Den Daten von FAOSTAT (FAO, 2017) zufolge, kam es zwischen den Jahren 1961 und 2013 zu einer Verdoppelung des Milchertrags von 1 400 kg auf 2 900 kg je Milchkuh. Dies stellt im Vergleich zu anderen Ländern einen verhältnismäßig geringen Ertrag je Milchkuh dar (FAO, 2017). Die Rinderproduktion Uruguays ist demnach auf die Produktion von Fleisch ausgelegt. Die Produktion von Milch spielt eine untergeordnete Rolle.

Bei der Fleischproduktion dominiert mengenmäßig mit Abstand das Rindfleisch. Mengenmäßig hat ca. ab dem Jahr 2000 die Produktion von Geflügelfleisch auch die Produktion von Schaffleisch überholt. Im Jahr 2013 verfielen nur 17% des produzierten Fleisches auf Schwein, Geflügel, Schaf, Pferd und Hase.

In den ersten Jahren des beobachteten Zeitraumes (zwischen 1905 und 1930) spielte die Produktion von anderen Fleischsorten außer Rind (vor allem Schaffleisch) noch eine etwas größere Rolle. In diesen Jahren wurden im Durchschnitt 27% des gesamten produzierten Fleisches durch die Schlachtung von Schaf, Schwein etc. gewonnen.

**Abbildung 12: landwirtschaftliche Primärerzeugnisse tierischen Ursprungs**



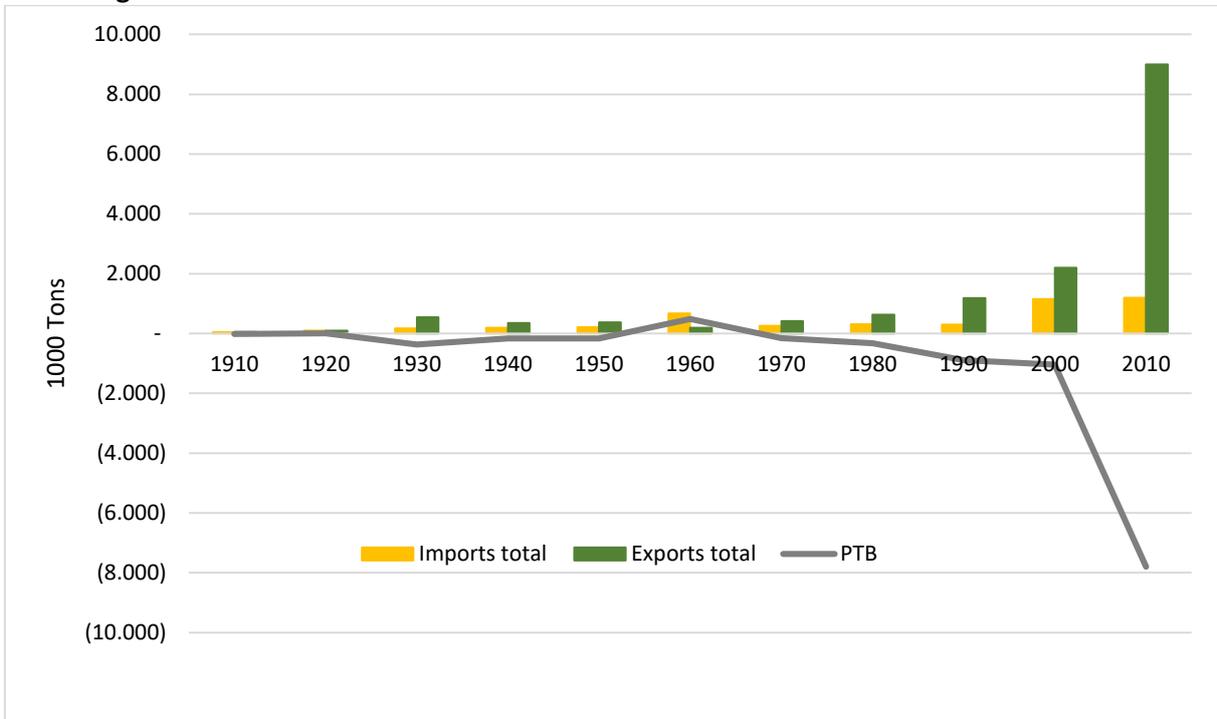
Quelle: eigene Berechnung

### 3.1.3. Außenhandel Biomasse

Bei der physischen Außenhandelsbilanz wird das Verhältnis von importierten und exportierten Handelsgütern (im Falle der vorliegenden Arbeit von Agrarerzeugnissen) untersucht, indem

die Exporte von den Importen subtrahiert werden. Bevor jedoch auf die PTB eingegangen werden soll, werden die Import- und Exportflüsse gesondert betrachtet.

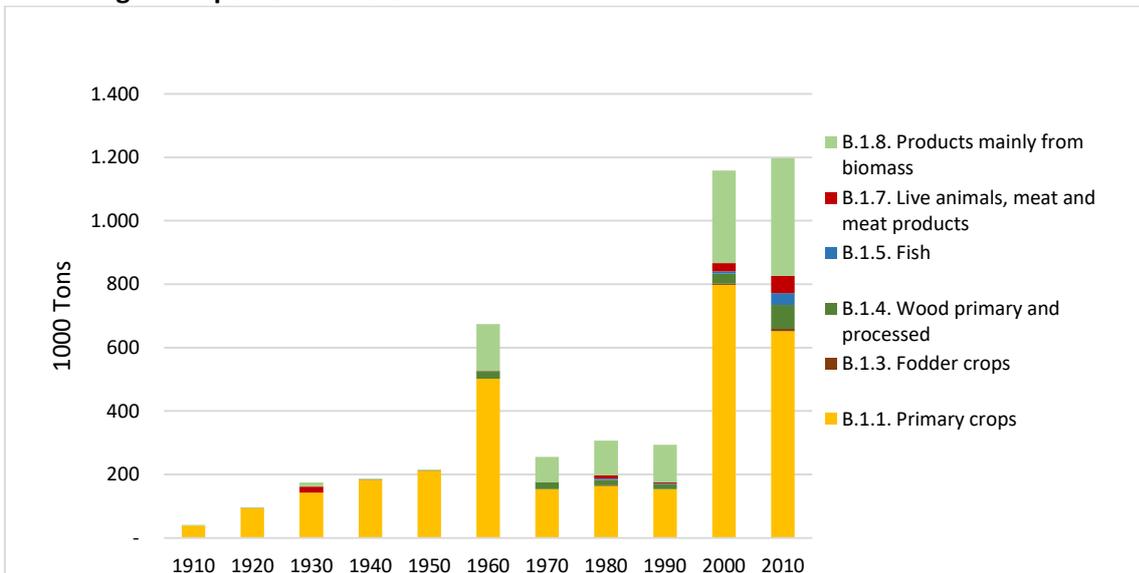
**Abbildung 13: Außenhandel Biomasse**



Quelle: eigene Berechnung

### 3.1.3.1. Importe

**Abbildung 14: Importe Biomasse**



Quelle: eigene Berechnung

Der Import von Biomasse spielte in Uruguay in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine eher marginale Rolle. Importiert wurden v.a. Haupternteerzeugnisse und hier vor allem Getreide (Weizen und Reis), aber auch Gemüse wie Kartoffeln und Mais. Bei den importierten Haupternteerzeugnissen Obst oder Gemüse kommt es in den Datenbüchern der IIA (IIA, 1922, 1912)

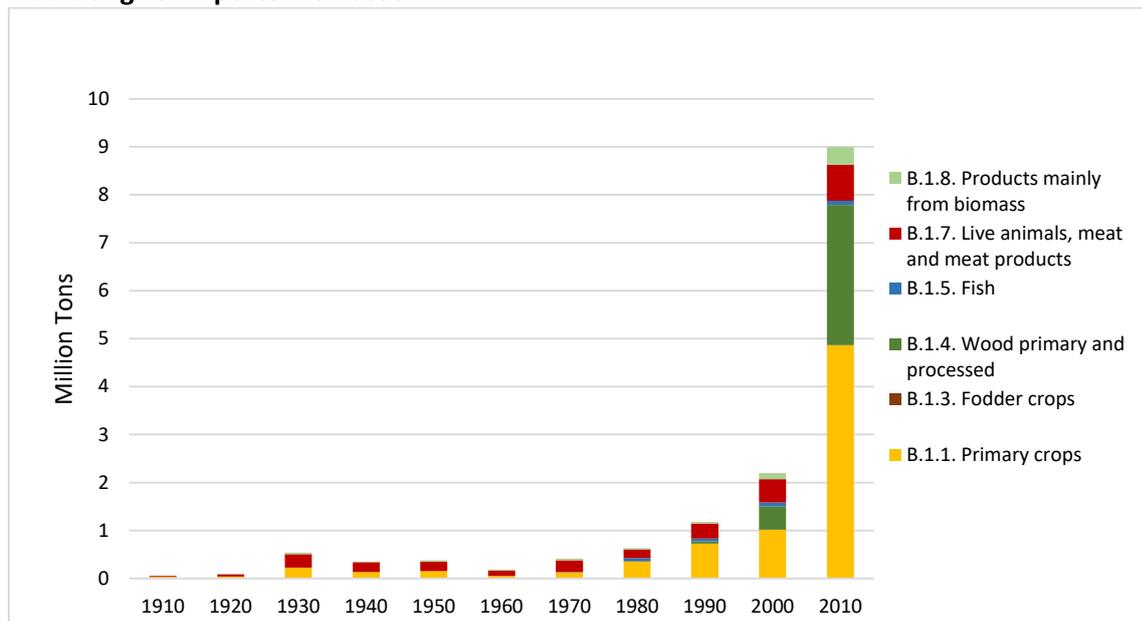
und FAO (FAO, various years) zu einer Untererfassung der Daten. Da diesen Importflüsse mengenmäßig jedoch eine geringe Bedeutung zukommt, werden die Ergebnisse der Importflüsse der Haupternteerzeugnisse in aggregierter Form daher nicht in großem Ausmaß unterschätzt. Zu einer doch deutlicheren Unterschätzung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts kommt es bei der Kategorie *B.1.8. Products mainly from biomass*, da erste Daten zu den Importen von Holzserzeugnissen erst für das Jahr 1945 vorliegen. Auch für die Kategorie *B.1.4. Wood* sind erst für dieses Jahr erste Daten zu finden, weshalb demzufolge in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts diese Materialgruppe in der importierten Biomasse nicht enthalten ist wie in Abbildung 14 zu sehen ist.

Ab den 1950er und vor allem ab den 1960er Jahren liegt eine zunehmende Erfassung der Daten vor und so sind ab diesen Jahren auch die Kategorie *B.1.8. Products mainly from biomass* und *B.1.4. Wood* in der importierten Biomasse enthalten. Die Kategorie *B.1.8. Products mainly from biomass* umfasst Produkte wie Kaffee, Tee, der in Uruguay äußerst beliebte Maté oder Tabak aber vor allem auch Holzserzeugnisse, welche im Jahr 1960 mit 141 000 Tonnen 95% dieser Kategorie ausmachten. Bis zum Ende des 20. Jahrhunderts bewegten sich die Importe dieser Kategorie in derselben Größenordnung, wie auch in Abbildung 14 ersichtlich ist. Im Jahr 2000 betragen die Importe dieser Kategorie mit 291 000 Tonnen mehr als das Doppelte als noch 10 Jahre davor. Zwischen dem Jahr 2000 und 2010 liegt die Wachstumsrate wiederum bei knappen 22%. Vor allem ab dem beginnenden 21. Jahrhundert sind auch bei den anderen Materialkategorien wie den Haupternteerzeugnissen, Holz aber auch Fisch, Nutztiere sowie Fleisch und Fleischerzeugnisse starke Zunahmen zu verzeichnen. So betrug bspw. die Wachstumsrate der Kategorie *B.1.4. Wood* zwischen den Jahren 1990, 2000 und 2010 jeweils mehr als 50%.

Doch auch wenn der Import von Biomasse und Biomasseprodukten innerhalb des Beobachtungszeitraumes von über 110 Jahren von 41 000 auf knappe 1,2 Millionen Tonnen um das fast 30-fache gestiegen ist, so spielt der Import im Vergleich zum Export dennoch eine verschwindend kleine Rolle. Dies ist allein an der Größenordnung beider Materialflüsse zu erkennen und zeigt sich in einer fast durchgehend negativen physischen Handelsbilanz wie in Abbildung 13 zu sehen ist.

### 3.1.3.2. Exporte

Abbildung 15: Exporte Biomasse



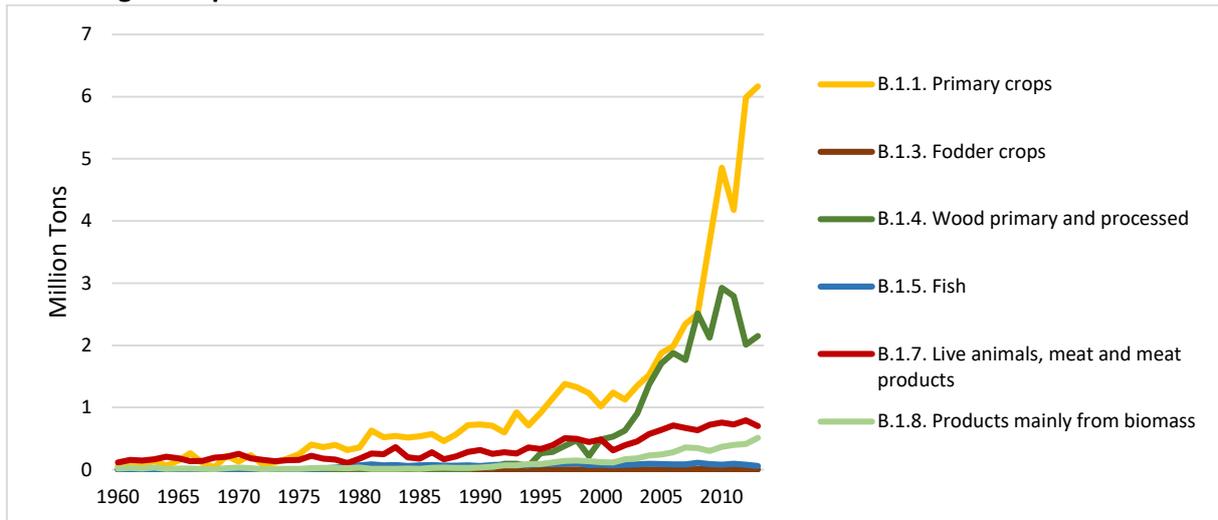
Quelle: eigene Berechnung

Bereits im Jahr 1930 wurden mehr als eine halbe Million Tonnen Agrargüter exportiert. Bis 1980, als zum ersten Mal Fisch und andere Meerestiere und –pflanzen exportiert wurden, beschränkte sich der Export der Biomasse auf Haupternteprodukte wie Mais, Weizen, Weizenmehl oder Leinsamen, Lebewesen und tierische Produkte sowie Handelsgüter aus der Kategorie *B.1.8. Products mainly from biomass*. Hier wurde vor allem Leinöl exportiert.

Ab den 1920er bzw. 1930er Jahren liegt eine zunehmende Dokumentation der Daten zum Export von Lebewesen, Fleisch, Milch und Milchprodukten sowie Wolle vor. Demnach kommt es in den ersten beiden Jahrzehnten des beobachteten Zeitraumes wahrscheinlich zu Unterschätzungen der Exportflüsse. Zwischen 1917 und 1971 machte die Materialgruppe der Lebewesen, Fleisch, Milch und Milchprodukte (B.1.7.) mit durchschnittlichen 54% den größten Anteil an Exportbiomasse aus. Rindfleisch und Wolle machten den größten Anteil dieser Materialgruppe aus. Nach 1971 wurde die Materialgruppe der Lebewesen, Fleisch, Milch und Milchprodukte wieder von der Materialgruppe der Haupternteprodukte abgelöst, welche bis zum Ende des beobachteten Zeitraumes mit durchschnittlichen 55% den größten Anteil der exportierten Biomasseflüsse ausmachte.

Da ab dem Jahr 1960 für alle Jahre Exportdaten vorliegen, wird die Exportbiomasse zwischen den Jahren 1910 und 2013 in der Abbildung 16 gesondert betrachtet, vor allem um die rapide Wachstumsdynamik der Haupternteprodukte sowie Holz, welche Ende der 1990er aber vor allem ab dem Jahr 2000 einsetzte, näher betrachten zu können.

**Abbildung 16: Exporte Biomasse ab 1960**



**Quelle: eigene Berechnung**

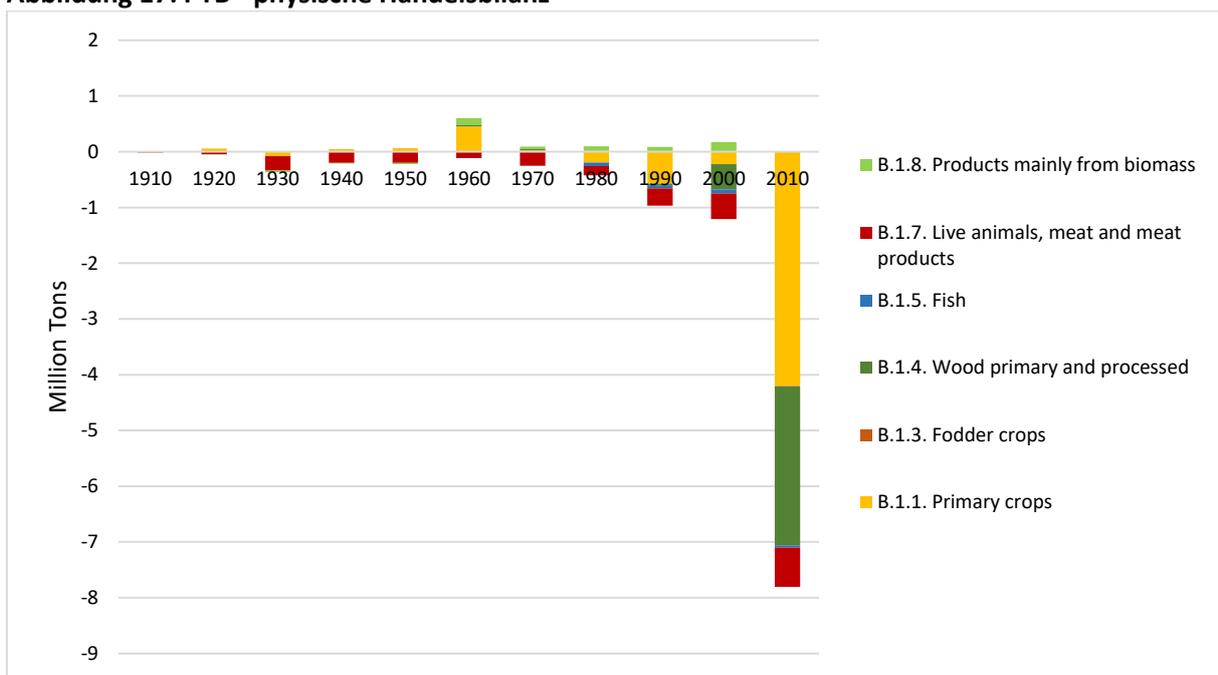
Betrachtet man die Exportdaten ab 1960, so zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme bei den Exporten von Haupternteprodukten. Ab Mitte der 1990er Jahre aber vor allem ab dem beginnenden 21. Jahrhundert setzte eine rapide Wachstumsdynamik beim Export von Haupternteprodukten ein. Dieser stieg im Zeitraum 2007 bis 2013 von 2,3 auf über 6 Millionen Tonnen an. Dieser enorme Zuwachs des Exports der Haupternteprodukte ist auf den Export von Getreide und Sojabohnen zurückzuführen. Innerhalb von nur 12 Jahren stieg der Export von Sojabohnen von knappen 11 000 Tonnen (2001) auf über 3,5 Millionen Tonnen (2013) an. Vor dem Jahr 2001 wurden Sojabohnen exportiert, jedoch nicht jährlich und in bedeutend kleineren Mengen. Der Anbau von Soja erfolgt in zunehmendem Maße für den Export. Im Jahr 2001 wurden knappe 40% der geernteten Sojabohnen exportiert. Im Jahr darauf waren es bereits 87%. Auch bei den Exportdaten der Materialkategorie der Lebewesen, Fleisch, Milch und Milchprodukte ist zwischen 1960 und 2013 ein kontinuierliches Wachstum zu verzeichnen. Mit Anteilen von bis zu 71% (1973) wurde diese Kategorie stets vom traditionellen Exportgut Rindfleisch und Rindfleischerzeugnissen dominiert. Ein weiteres traditionelles Exportgut Uruguays – Wolle – verlor ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zunehmend an Relevanz. Machte Wolle im Jahr 1960 noch 35% der Materialkategorie Lebewesen, Fleisch, Milch und Milchprodukte aus, so reduzierte sich der Anteil bis zum Ende des beobachteten Zeitraumes auf 4% (2013). Der Export von Fleischmehl und Talg hingegen spielte in der Mitte des 20. Jahrhunderts noch keine große Rolle und machte nur wenige Prozentpunkte der Materialkategorie Lebewesen, Fleisch, Milch und Milchprodukte aus. Zunehmend gewannen diese Exportprodukte jedoch an Bedeutung und ihr Anteil lag 2009 bspw. bereits bei 18%.

Neben den Haupternteprodukten setzte auch beim Export von Holz und Holzzeugnissen ab ca. dem Jahr 2000 ein sehr rapides Wachstum ein. Bis zum Jahr 1990 spielte die Kategorie der Holz und Holzzeugnisse noch keine Rolle im Export von Biomasse und auch in den ersten Jahren (1990-1994) machte sie nur durchschnittlich 5% der gesamten exportierten Biomasse aus. Vor allem ab dem Jahr 2000 gewann der Export von Holz und Holzzeugnissen zunehmend an Relevanz. Im Jahr 2008 machte er bereits 41% der gesamten exportierten Biomasse aus. In den darauffolgenden Jahren ist wieder eine rückläufige Tendenz zu beobachten. Der Anteil machte im Jahr 2013 jedoch immer noch 22% aus.

### 3.1.3.3. Physische Handelsbilanz – PTB

Bei der physischen Handelsbilanz werden die biophysischen Importe den Exporten gegenübergestellt, in dem die Exporte von den Importen abgezogen werden. Hat ein sozioökonomisches System eine negative PTB, so wird sie als Nettoexporteur bezeichnet.

**Abbildung 17: PTB - physische Handelsbilanz**



**Quelle: eigene Berechnung**

Hinsichtlich des Außenhandels von Agrarerzeugnissen, kann das Land bis auf einige wenige Ausnahmen als Nettoexporteur bezeichnet werden. Wie in Abbildung 17 zu sehen ist, lagen im Jahr 1920 die Importe mit geringen 4 000 Tonnen über den Exporten – somit konnte eine positive physische Handelsbilanz verzeichnet werden. Ein weiteres Jahr, in dem die Importe die Exporte übertrafen, war 1960. Dies ist auf die verhältnismäßig hohen Importe von Haupternteprodukten zurückzuführen. Im Jahr 1960 wurden allein fast 3 Millionen Tonnen Getreide importiert.

Im Jahr 2010 war die PTB vor allem deshalb so weit im negativen Bereich, da zum einen der Export von Holz und Holzprodukten dazugekommen ist, und zum anderen seit 2001 Sojabohnen vermehrt angebaut und exportiert werden (s.o.).

Im Jahr 1990 wurden erstmals 42 000 Tonnen Holz und Holzprodukte exportiert. In den darauffolgenden 20 Jahren stieg der Export auf knappe 3 Millionen Tonnen an.

Auf den Anbau und vor allem auf den Export von Soja und Holz soll im Diskussionsteil vorliegender Arbeit noch etwas näher eingegangen werden.

### 3.1.4. DMC von Biomasse

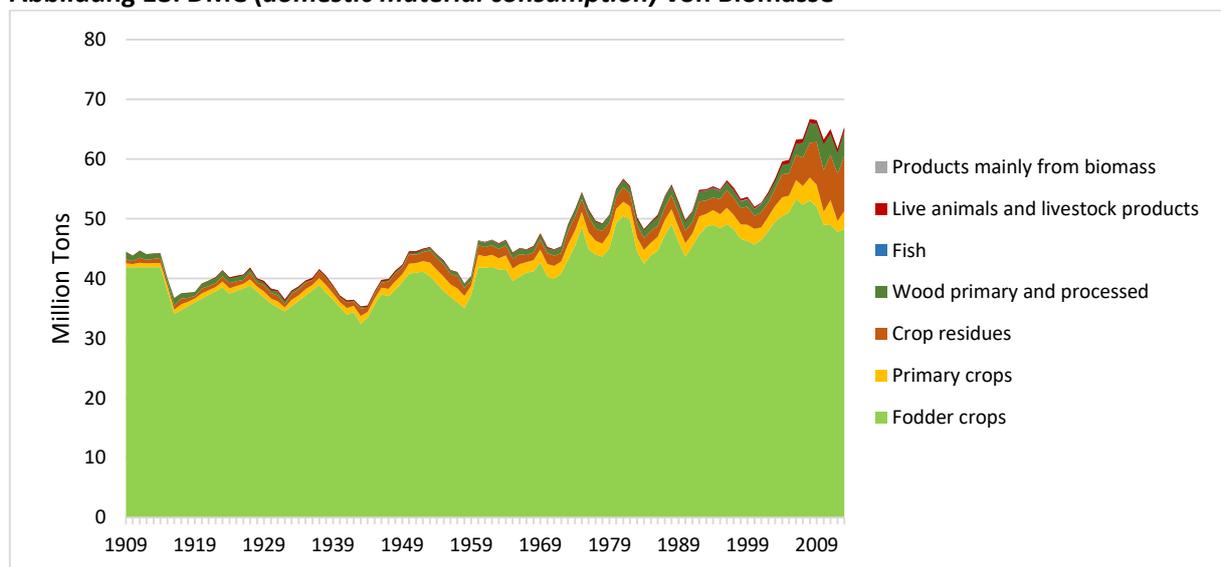
Der Materialverbrauch (*domestic material consumption* - DMC) wird berechnet, indem vom gesamten Materialinput, welcher in ein sozioökonomisches System fließt (*domestic material input* - DMI) die Exporte, also die Materialflüsse, welche aus dem System fließen, subtrahiert werden.

$$DMC = DMI - Exports$$

$$DMC = DE + Imports - Exports$$

Da hinsichtlich der Materialflüsse des Außenhandels die Importe von Biomasse im Vergleich zu den Exporten in Uruguay eine verhältnismäßig kleine Rolle einnehmen, wird in der vorliegenden Arbeit das Hauptaugenmerk auf den DMC gelegt und der DMI nicht dargestellt.

**Abbildung 18: DMC (*domestic material consumption*) von Biomasse**

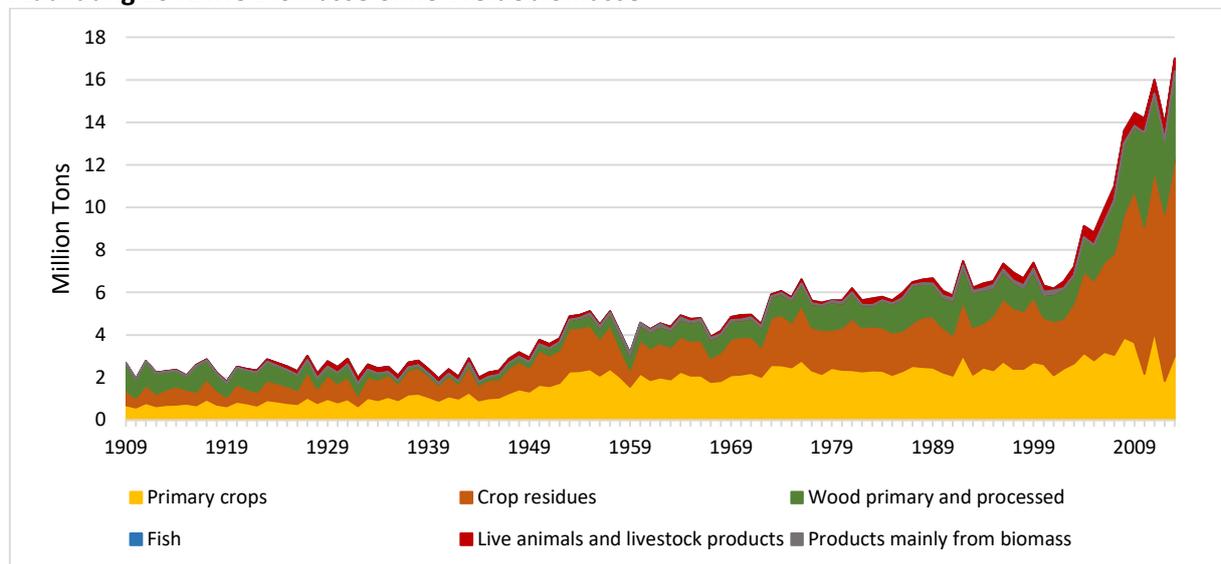


**Quelle: eigene Berechnung**

Der DMC von Biomasse lag bereits im Jahr 1910 bei fast 44 Millionen Tonnen (siehe Abbildung 18). Im Jahr 2010 betrug er 62,5 Millionen Tonnen. Innerhalb von 100 Jahren hat sich der Materialverbrauch in absoluten Zahlen somit um knappe 50% erhöht. Die hohen Werte für den Materialverbrauch Uruguays im gesamten 20. und beginnenden 21. Jahrhundert gründen auf

dem sehr hohen Anteil der Weidebiomasse. Dieser machte zu Beginn des 20. Jahrhunderts 95% der gesamten extrahierten Biomasse aus. Auch im Jahr 2013 vielen noch 67% auf diese Materialgruppe. Insgesamt entspricht der Verlauf des Biomasse DMC weitgehend dem der DE (siehe Abbildung 6).

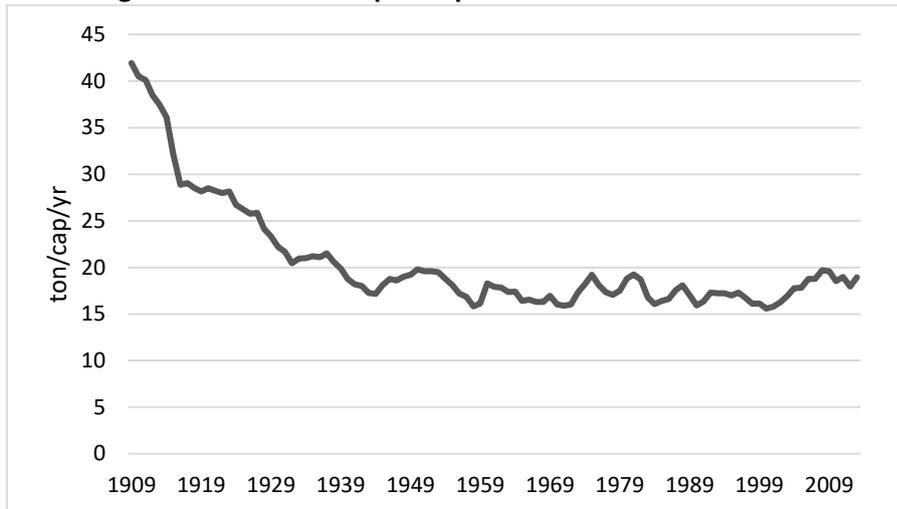
**Abbildung 19: DMC Biomasse ohne Weidebiomasse**



**Quelle: eigene Berechnung**

Der DMC ohne Weidebiomasse (Abbildung 19) lag im Jahr 1909 bei knappen 2,7 Millionen Tonnen. Bis ca. 1945 bewegte er sich in einer mehr oder weniger ähnlichen Größenordnung, jedoch erfolgte eine Verschiebung in der Zusammensetzung von Holz zu den Haupternteerzeugnissen vom Ackerland. Zwischen 1945 und 1975 erfolgte eine kontinuierliche Zunahme des DMC ohne Weidebiomasse um 64%. Danach folgte eine gewisse Stabilisierung bis ca. 1992 auf einem Niveau von ca. 6 Millionen Tonnen. Nach einem leichten Anstieg setzte schließlich ab dem Jahr 2002 eine strukturelle Veränderung ein, welche sich in einer Beschleunigung des Wachstums des DMC zeigt. Innerhalb von 11 Jahren stieg der DMC ohne Weidebiomasse von 6,2 Millionen Tonnen im Jahr 2002 auf 16,3 Millionen Tonnen im Jahr 2013 an. Dies entspricht einem Anstieg von 62%. Der Anstieg des DMC der Haupternteerzeugnisse vom Ackerland um 20% zwischen den Jahren 2002 und 2013, und jener der Holz und Holzprodukte um 36% im selben Zeitraum bedeutet, dass die Ausweitung der DE nicht nur für den Export, sondern auch für den inländischen Verbrauch steigt.

**Abbildung 20: DMC Biomasse pro Kopf**

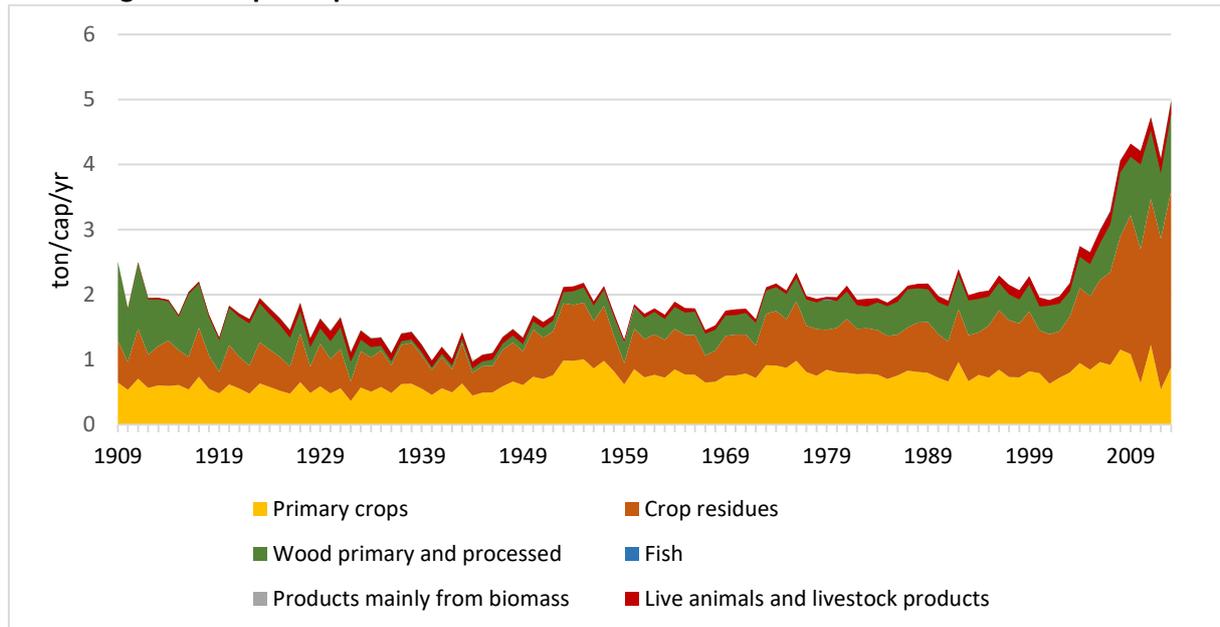


**Quelle: eigene Berechnung**

Betrachtet man die metabolische Rate gemessen am DMC pro Kopf inklusive der Weidebiomasse, so zeigt sich vor allem im ersten Drittel des beobachteten Zeitraumes zwischen 1909 und 1939 eine Abnahme des DMC/cap von 42 Tonnen pro Kopf und Jahr um 52% auf 20 Tonnen pro Kopf und Jahr. Ab 1939 bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes bewegt sich der jährliche Verbrauch von Biomasse pro EinwohnerIn zwischen 15 und 20 Tonnen. Uruguays Agrarsystem war/ist auf extensive Viehhaltung ausgerichtet. Gepaart mit einer geringen Bevölkerungsdichte ergibt sich ein hoher DMC/cap von Biomasse. Ein mehr oder minder stagnierender DMC, wie im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts (siehe Abbildung 18), bei gleichzeitiger Zunahme der Bevölkerung führt zu einem Rückgang des DMC/cap.

Wird die gesamte Kategorie der Weidebiomasse in der Berechnung des jährlichen Materialverbrauchs pro Kopf nicht berücksichtigt, so zeigt sich ein gänzlich anderes Bild. Die Unterschiede betreffen nicht nur die Größenordnung, sondern auch den Entwicklungstrend wie in Abbildung 21 zu sehen ist.

**Abbildung 21: DMC pro Kopf ohne Weidebiomasse**



**Quelle: eigene Berechnung**

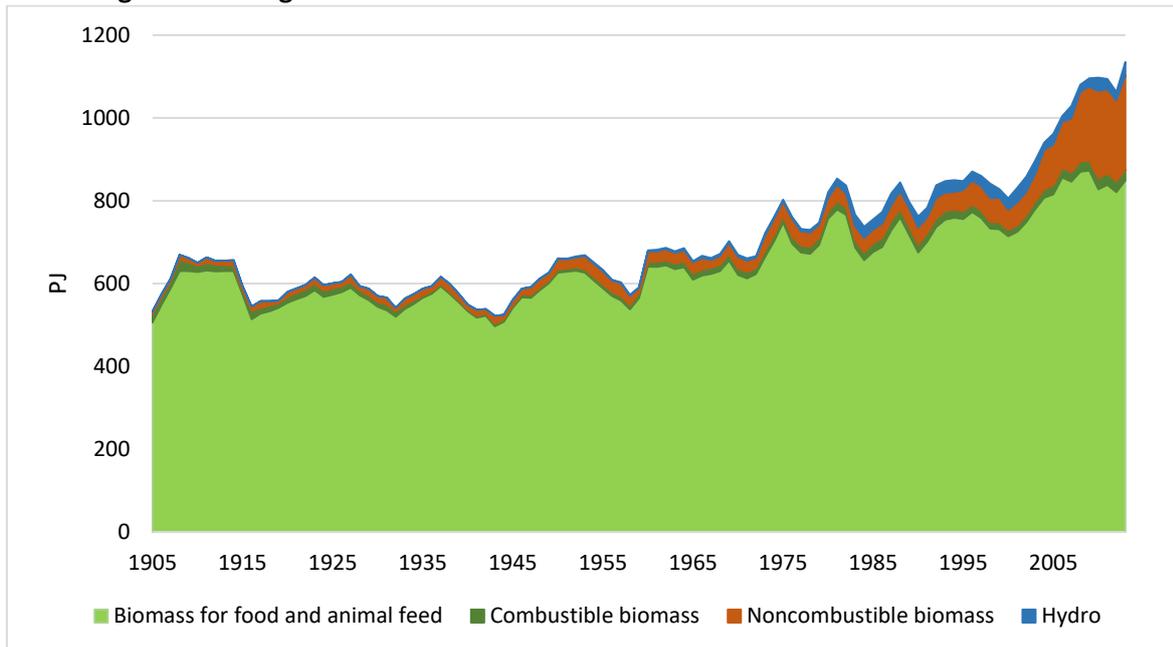
Zwischen 1909 und ca. 1945 sank der DMC/cap um 61% von 2,51 Tonnen pro Kopf und Jahr (1909) auf 0,97 Tonnen pro Kopf und Jahr (1945). Die Abnahme des Pro-Kopf-DMCs ohne Weidebiomasse gründet vor allem auf dem Rückgang des DMC/cap von Feuerholz wie in Abbildung 21 zu sehen ist. Der Biomasseverbrauch in absoluten Zahlen stagnierte in diesem Zeitraum. Die Bevölkerung hingegen nahm zu, woraus wiederum eine Reduktion des DMC/cap resultiert. Ab ca. der Mitte des 20. Jahrhunderts bis zur Jahrtausendwende bewegte sich der DMC/cap zwischen 1,5 und knapp über 2 Tonnen pro Kopf und Jahr. Der enorme Anstieg im Materialverbrauch ab dem beginnenden 21. Jahrhundert zeigt sich auch in den Pro-Kopf-Werten. Denn mit einer Bevölkerung, welche in weit geringerem Maße zunimmt, steigt der DMC/cap rapide an.

### 3.2. Das Energiesystem Uruguays

Auch der energetische Stoffwechsel Uruguays wurde und wird auch nach wie vor von der Energie der Weidebiomasse dominiert. Aus diesem Grund werden in folgendem Kapitel die Ergebnisse zum Energiesystem in gesamte Energie und Energie für den technischen Gebrauch getrennt dargestellt. Die Energie für den technischen Gebrauch beinhaltet die Biomasse zur Erzeugung technischer Energie (*combustible biomass*) – also Feuerholz und Holzkohle. Nicht enthalten sind hingegen die Biomasse für Nahrung und Tierfutter (*biomass for food and animal feed*) sowie die nicht thermisch genutzte Biomasse (*noncombustible biomass*) (siehe dazu die Kategorien zur EFA in Tabelle 3).

### 3.2.1. DE Energie

Abbildung 22: DE Energie

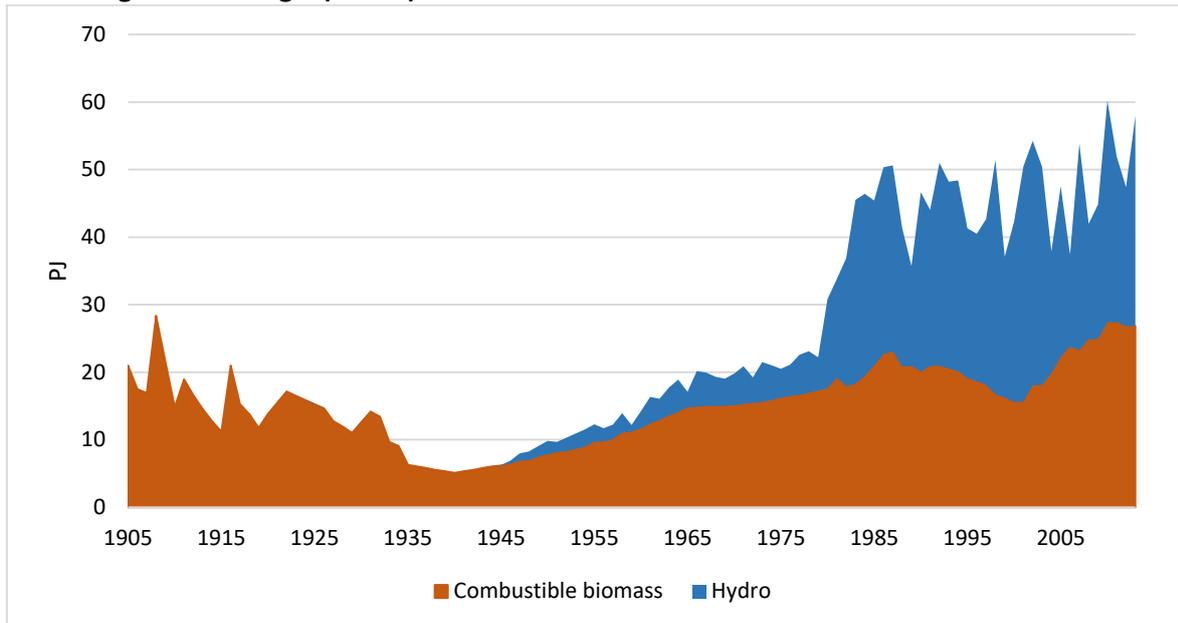


Quelle: eigene Berechnung

Abbildung 22 zeigt die DE (*domestic extraction*) von Primärenergie in Uruguay. Aus der Abbildung wird deutlich, dass in Uruguay nur Biomasse und Wasserkraft entnommen werden; Biomasse, vor allem die Biomasse für Nahrung und Tierfutter dominiert die DE und macht im beobachteten Zeitraum zwischen 97 und 75% aus. Die gesamte entnommene Energie hat sich im Zeitraum 1905 bis 2013 von ca. 600 PJ auf über 1 100 PJ in etwa verdoppelt. Der Anteil der Energie der Biomasse für Nahrung und Tierfutter lag im Jahr 1905 bei 95%. Die Dominanz dieser Energiegruppe besteht auch zum Ende des Beobachtungsraumes, doch hat sie sich mit einem Anteil von 75% im Jahr 2013 etwas reduziert.

Betrachtet man die DE der Energie für den technischen Gebrauch gesondert (Abbildung 23), so zeigt sich allein hinsichtlich der Größenordnung ein gänzlich anderes Bild. Während im Jahr 1905 die DE der Energie für den technischen Gebrauch nur 21 PJ betrug, machte die DE der gesamten Energie mit 530 PJ mehr als das 25-fache aus.

**Abbildung 23: DE Energie (techn.)**



**Quelle: eigene Berechnung**

Wie bereits im Länderprofil in Kapitel 1.1. der vorliegenden Arbeit erwähnt wurde, verfügt Uruguay selbst über keine bekannten Vorkommen fossiler Energieträger. Die DE wird demnach getragen von Biomasse und Energie aus Wasserkraft, wobei letztere erst seit 1945 einen Teil der DE ausmacht, als das erste Wasserkraftwerk Uruguays am Rio Negro ans Netz ging. Der rapide Anstieg in der DE von Energie aus Wasserkraft im Jahr 1979 gründet in der Fertigstellung des gemeinsamen Staudammprojekts mit Argentinien – dem *Salto Grande Dam* am Río Uruguay (Salto Grande, 2013).

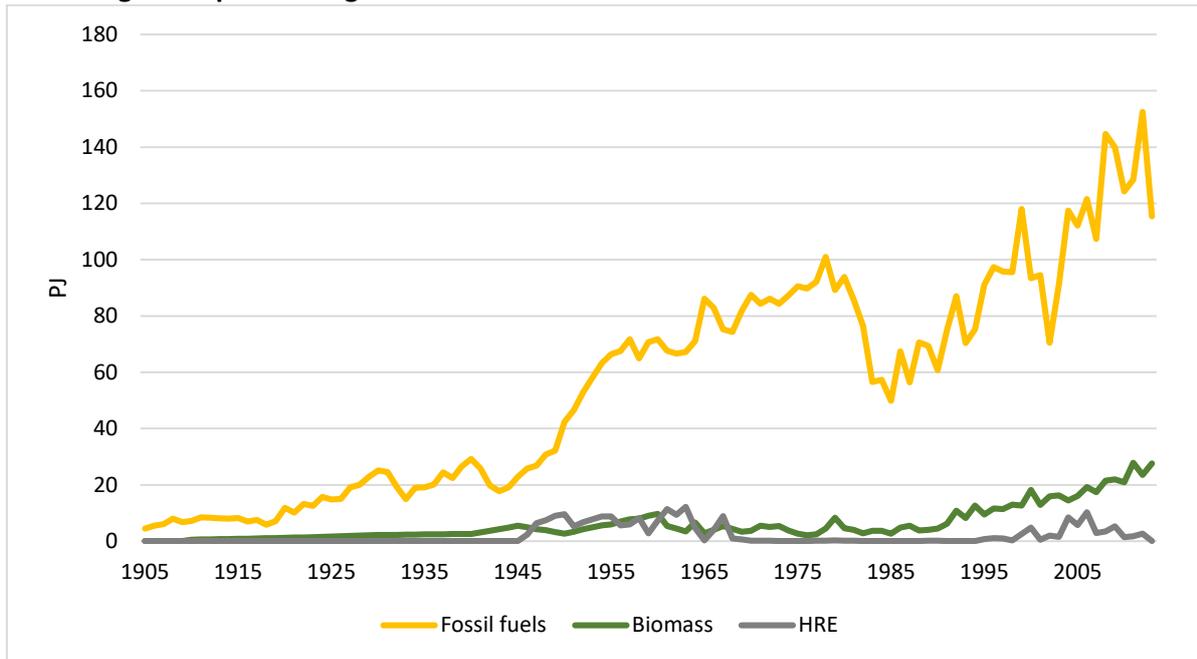
### **3.2.2. Außenhandel Energie**

Abgesehen von Exporten von Biomasse, wird der energetische Außenhandel Uruguays von Importen fossiler Energieträger dominiert.

#### **3.2.2.1. Importe**

Abbildung 24 zeigt eine Zusammensetzung der Importe von Biomasse, fossiler Energie und HRE (*hydropower, noncombustible renewables und electricity imports/exports*).

**Abbildung 24: Importe Energie**



**Quelle: eigene Berechnung**

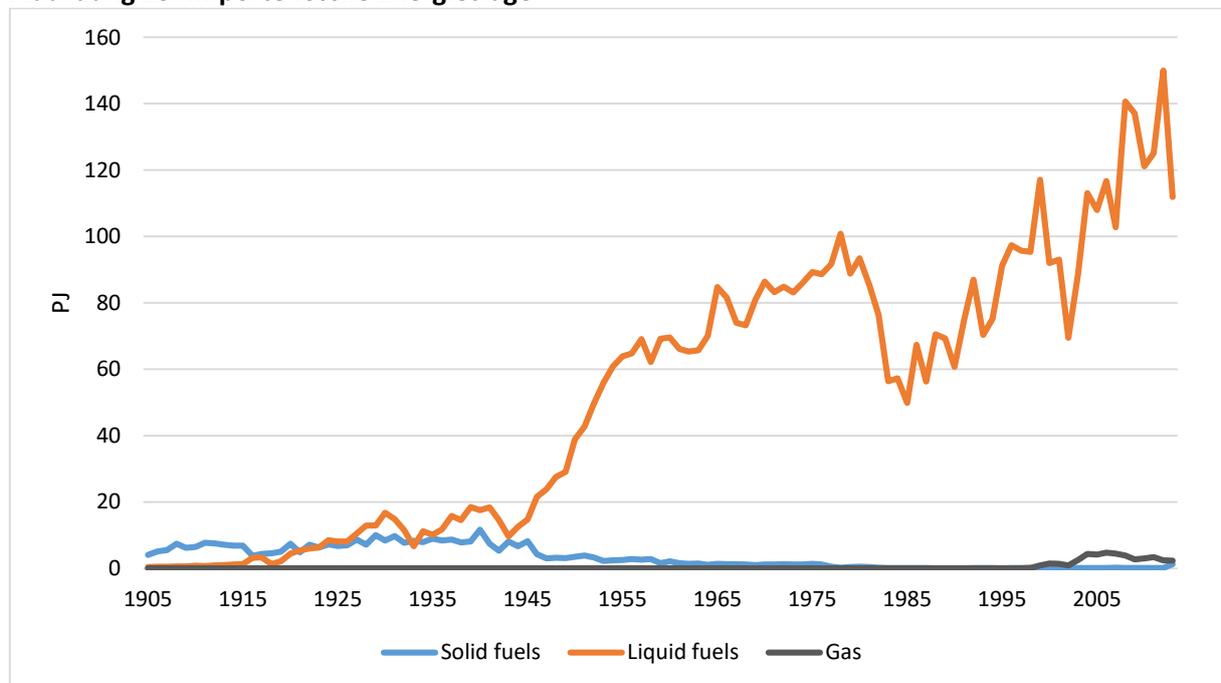
Schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden die Energieimporte von der Gruppe der fossilen Energieträger dominiert. Bei der importierten Biomasse muss jedoch hinzugefügt werden, dass es bis zum Jahr 1945 keine separaten Daten zur DE und zu den Importen von Feuerholz gibt und der Anteil des importierten Feuerholzes bei der DE inkludiert ist. Doch auch nach 1945 spielte der Import von Biomasse vor allem im Vergleich zu den importierten fossilen Energieträgern keine sehr tragende Rolle. Energieimporte von Biomasse nahmen erst ab ca. Ende der 1980er Jahre zu. Bis Anfang der 1960er Jahre viel noch der Großteil der importierten Biomasseenergie auf die Biomasse für Nahrung und Tierfutter. Im Jahr 1960 machte dieser Anteil 69% aus. 27% verfielen auf die Kategorie der nicht thermisch genutzten Biomasse. Die restlichen 4% kamen der Biomasse zur Erzeugung technischer Energie zu. Als vor allem ab den beginnenden 1990er Jahren die Energieimporte von Biomasse zunahm, machte auch die Kategorie der nicht thermisch genutzten Biomasse einen zunehmend größeren Anteil aus. So verfielen im Jahr 1999 bspw. 44% der importierten Biomasse auf diese Unterkategorie.

So wie auch die Importe von Biomasseenergie im Verhältnis zu den Importen fossiler Energie einen geringen Anteil an den gesamten Energieimporten ausmachten, spielten auch die Importe von Elektrizität im gesamten Beobachtungszeitraum eine untergeordnete Rolle. Im gesamten 20. und beginnenden 21. Jahrhundert wurden nie mehr als 13 PJ Elektrizität importiert. Importe etwas größeren Ausmaßes gab es zwischen 1945 und 1967 und dann wieder ab den 1990er Jahren. Bei den Importen von Elektrizität ist hinzuzufügen, dass diese vor allem

dann notwendig sind, wenn die Wasserkraftwerke Uruguays aufgrund zu geringen Niederschlages nicht genügend Strom erzeugen können.

Die gesamte fossile Energie gelangt in Form von Importen ins Land. Abbildung 25 zeigt die Importe der drei Hauptgruppen fossiler Energieträger: Kohle, Öl und Erdgas.

**Abbildung 25: Importe fossile Energieträger**



**Quelle: eigene Berechnung**

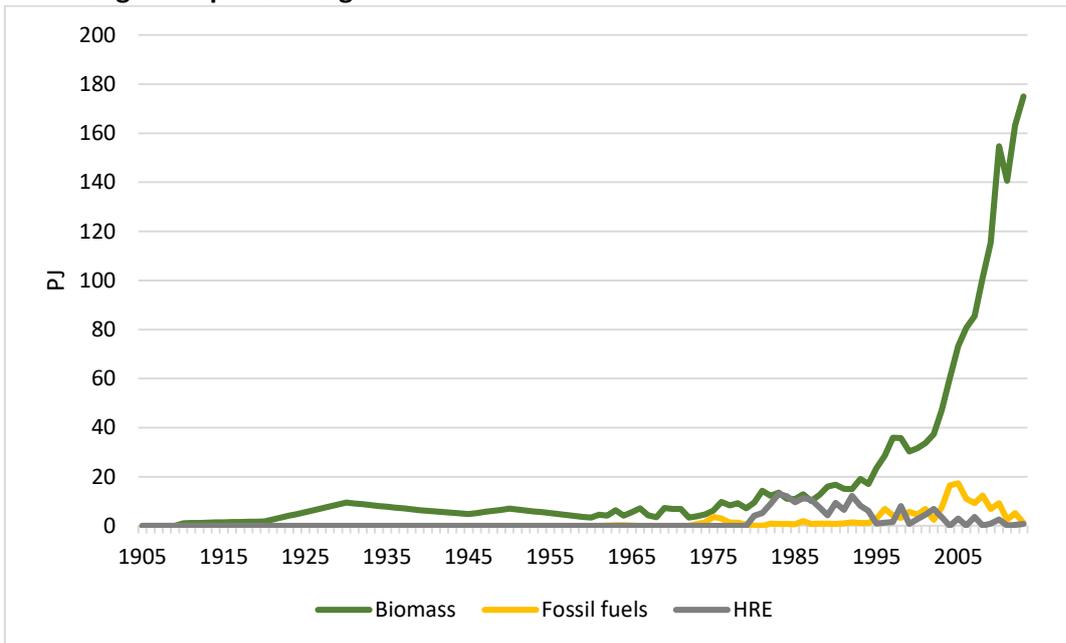
Bis zum Jahr 1916 wurde mehr Kohle als Erdöl importiert. Ab dem Jahr 1921 begann sich das Verhältnis zunehmend zu verschieben und ab dem Jahr 1943 stiegen die Importe von Erdöl rapide an wohingegen die Importe von Kohle eine zunehmend geringere Rolle im energetischen Metabolismus Uruguays spielten. Ab Ende der 1970er bzw. Anfang der 1980er Jahre wurden nur noch verschwindend kleine Mengen Kohle importiert.

Im Jahr 1905 wurden 419 TJ Erdöl importiert. 108 Jahre später im Jahr 2013 hatten die Importe von Öl und Ölprodukten einen 268-fach höheren Wert von über 112 PJ. Im Jahr davor wurden knappe 150 PJ importiert. Der Rückgang der Erdölimporte Ende der 1970er bzw. zu Beginn der 1980er Jahre – zwischen 1980 und 1985 sanken die Importe um 47% - ist zum einen auf die Ölpreiskrise und zum anderen auf die Fertigstellung des Staudammprojektes am Río Uruguay zurückzuführen (s.o.). Der Import von Erdgas begann erst Ende der 1990er Jahre.

Ein Teil des importierten Rohöls wird in Uruguay in der Ö Raffinerie *Refinería de La Teja* (Municipio A, 2017) in Montevideo verarbeitet und zum Teil auch wieder exportiert.

### 3.2.2.2. Exporte

Abbildung 26: Exporte Energie



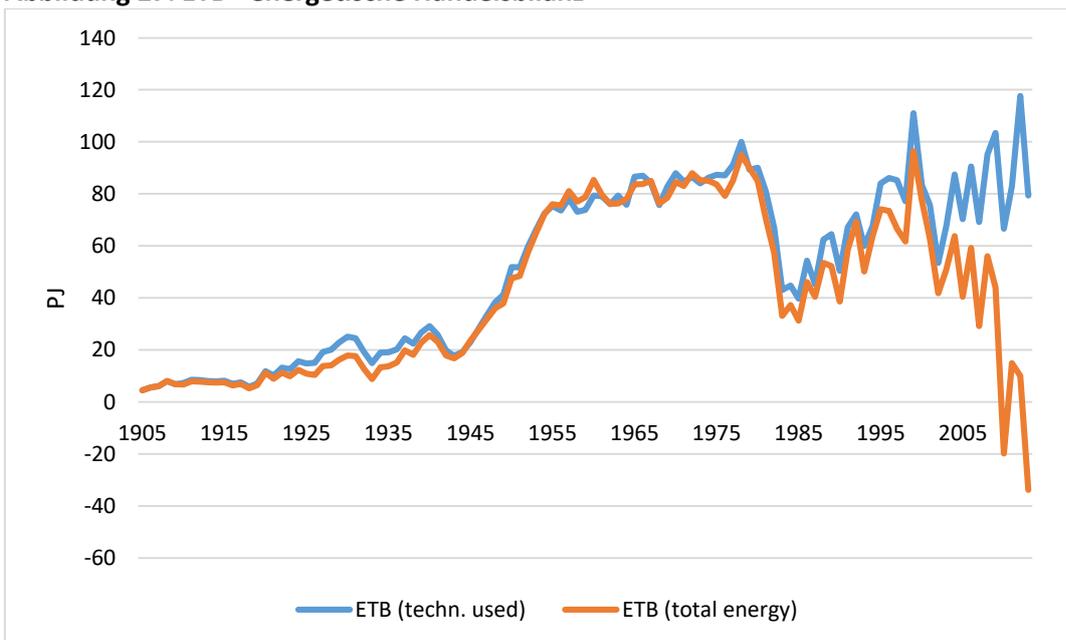
Quelle: eigene Berechnung

Auch wenn es geringe Exporte von Erdölprodukten gibt, so wird der Energieexport dennoch von der Gruppe der Biomasse getragen wie in Abbildung 26 zu sehen ist.

In die Gruppe der HRE fallen die Exporte von Elektrizität. Zu diesen kommt es, wenn es in den Kraftwerken zu einem produzierten Überschuss kommt. Dieser resultiert wiederum aus einem erhöhten Wasservolumen in Folge vermehrten Niederschlages.

### 3.2.2.3. Energetische Handelsbilanz – ETB

Abbildung 27: ETB - energetische Handelsbilanz



Quelle: eigene Berechnung

Die Abhängigkeit Uruguays von Energieimporten zeigt sich in der Tatsache, dass bis zum Jahr 2010 die Energieimporte stets die Energieexporte übertrafen, was eine durchgehend positive energetische Außenhandelsbilanz (ETB – *energy trade balance*) zur Folge hat (siehe Abbildung 27). Wird nur die Energie für den technischen Gebrauch betrachtet – also die Energie der Biomasse für Nahrung und Tierfutter, sowie der nicht thermisch genutzten Biomasse exkludiert – so kann von Uruguay während des gesamten Beobachtungszeitraumes von einem Nettoimporteur gesprochen werden.

### 3.2.3. Energieverbrauch DEC

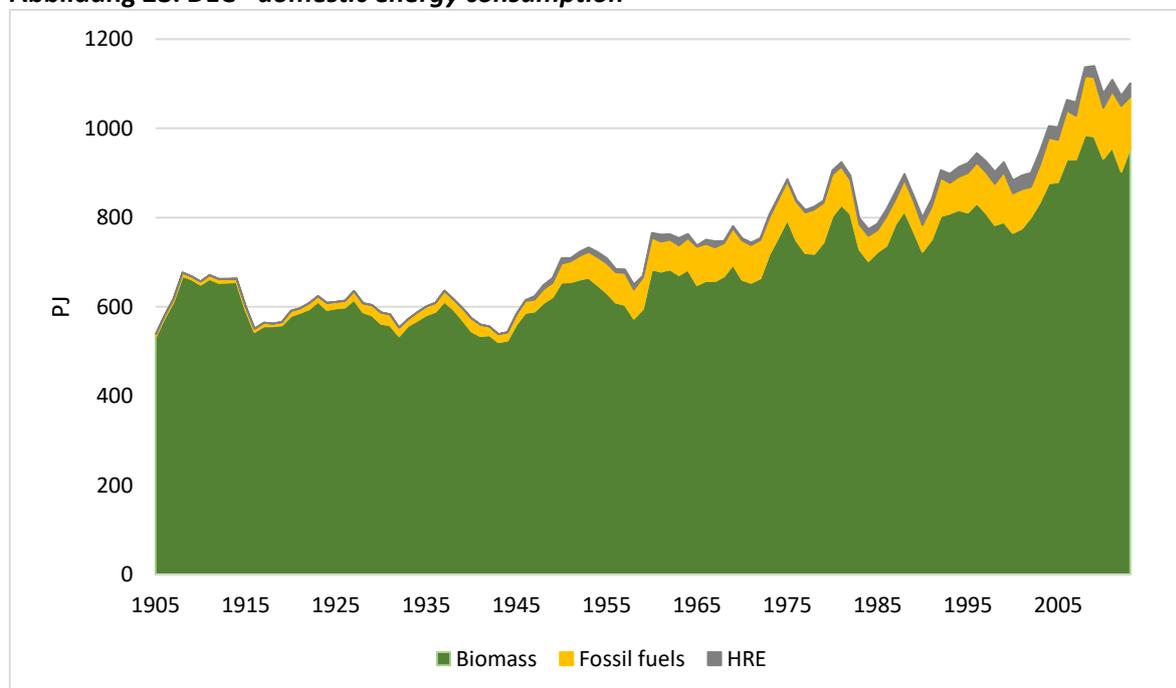
Der Indikator zum Energieverbrauch – der DEC (*domestic energy consumption*) – entspricht dem DMC der Materialflussrechnung und setzt sich zusammen aus dem DEI (*domestic energy input*), von dem die Energieexporte abgezogen werden.

$$DEC = DEI - Exports$$

$$DEC = DE + Imports - Exports$$

Wie auch schon bei der DE und beim energetischen Außenhandel, macht es auch beim DEC einen deutlichen Unterschied, ob die gesamte Energie miteinberechnet wird, oder nur die Energie für den technischen Gebrauch.

**Abbildung 28: DEC - domestic energy consumption**



**Quelle: eigene Berechnung**

Betrachtet man den DEC mit der gesamten Energie (Abbildung 28), so zeigt sich, dass dieser im Jahr 1905 einen Wert von knappen 540 PJ angenommen hat. Der Energieverbrauch der

gesamten Energie hat sich im Verlauf des Beobachtungszeitraumes (1905 bis 2013) mehr als verdoppelt und lag im Jahr 2013 bei 1 101 PJ (dies entspricht 1,1 Exajoule).

Getragen wird der DEC wieder zum überwiegenden Teil von der Biomasse, was wiederum am sehr hohen Anteil der Kategorie der Weidebiomasse liegt. Das Landnutzungssystem Uruguays prägt demnach den DEC des Landes. Tabelle 4 bringt einen Überblick über die veränderte Zusammensetzung des DEC innerhalb des 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts.

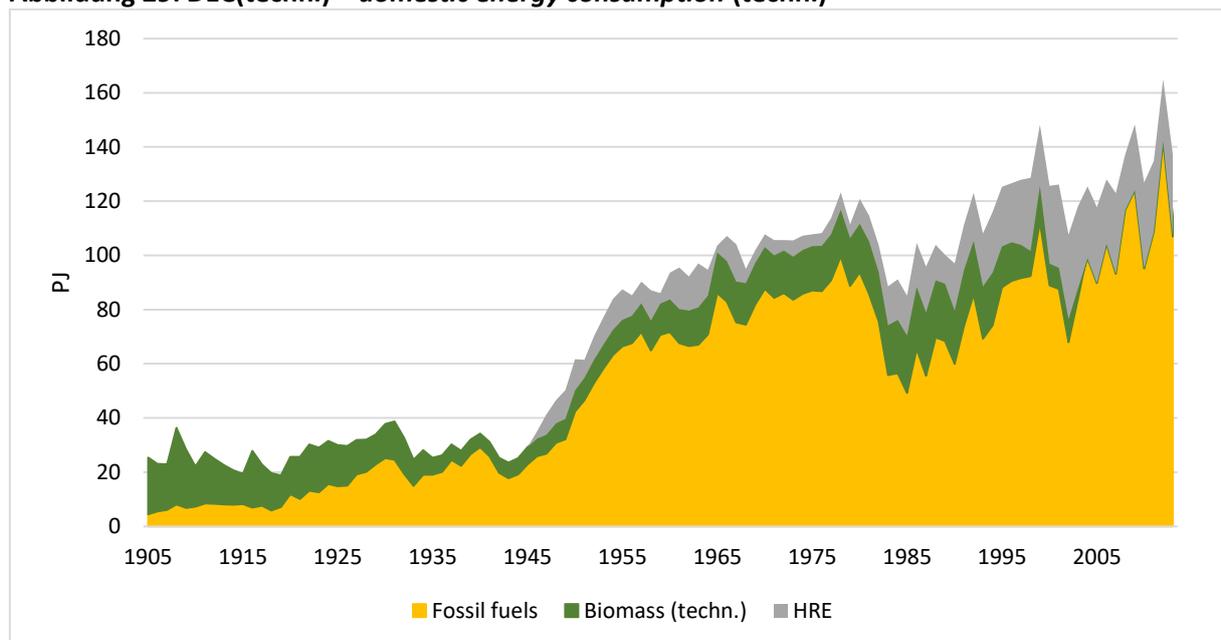
**Tabelle 4: Zusammensetzung des DEC**

Share of DEC	1910	1930	1950	1970	1990	2010
Biomass	99%	96%	92%	88%	90%	86%
Fossil Fuels	1%	4%	6%	12%	7%	11%
HRE	0%	0%	2%	1%	2%	3%

**Quelle: eigene Berechnung**

Der Anteil der Biomasse am DEC hat im Verlauf des 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts zwar abgenommen, doch lag er nie unter 85%.

**Abbildung 29: DEC(techn.) – domestic energy consumption (techn.)**



**Quelle: eigene Berechnung**

Betrachtet man den Verbrauch von Primärenergie ohne der Energie der Biomasse für Nahrung und Tierfutter sowie jener der nicht thermisch genutzten Biomasse, also nur die Primärenergie für den technischen Gebrauch (DEC(techn.) in Abbildung 29), so zeigt sich ein gänzlich anderes Bild. Nur bis 1924 war der Anteil der Biomasse (techn.) im Vergleich zu den fossilen Energieträgern am Gesamtenergieverbrauch (DEC(techn.)) größer. Im Jahr 1925 lag der Anteil der beiden Energiequellen bei jeweils 50%. Bereits im Jahr 1940 verfielen 85% der konsumierten Energie auf die Gruppe der fossilen Energieträger. Vor allem ab den 1950er Jahren nahm der gesamte DEC(techn.) rasant zu. Im Jahr 1950 lag er bei knappen 62 PJ. 7 Jahre danach im Jahr

1957 waren es bereits über 90 PJ. Der rasante Anstieg des DEC(techn.) gründet auf der rapiden Zunahme des Konsums fossiler Energie. Doch kamen ab dem Jahr 1945 auch die Nutzung des Energieinputs von Wasserkraft, sowie Importe und Exporte von Elektrizität hinzu. Diese Gruppe machte im Jahr 1950 bereits 19% des gesamten DEC(techn.) aus.

Ab den beginnenden 1990er Jahren gewann die Gruppe der HRE zunehmend an Relevanz in absoluten Zahlen. Der DEC der HRE hat sich zwischen 1982 und 1994 mehr als verdoppelt. Ab 1994 bis 2013 bewegte sich der DEC der Gruppe HRE zwischen 22 und 31 PJ. Anteilsmäßig änderte sich im gleichen Zeitraum hingegen weniger, da auch der DEC der fossilen Energieträger seit Anfang der 1980 anstieg.

Der DEC der Biomasse (techn.) begann Anfang der 1990er Jahre zu sinken und nahm seit dem Jahr 2004 negative Werte an, was bedeutet, dass der Export in diesen Jahren höher ist, als die DE und die Importe zusammen. Trotz mehrmaliger Kontrolle der Daten und erneuter Berechnung des Indikators, kam es stets zu den negativen Werten ab dem Jahr 2004. Für einige Jahre kann es möglich sein, dass ein negativer DEC zu Stande kommt, wenn etwa Lagerbestände abgebaut werden. Ob dies für alle Jahre zwischen 2004 und 2013 zutrifft, ist fraglich. Folglich müssen die Werte des DEC der Biomasse (techn.) und auch des gesamten DEC(techn.) in diesen Jahren mit Vorbehalt gelesen werden.

Tabelle 5 bringt einen groben Überblick über die veränderte Zusammensetzung des DEC(techn.) innerhalb des untersuchten Zeitraumes.

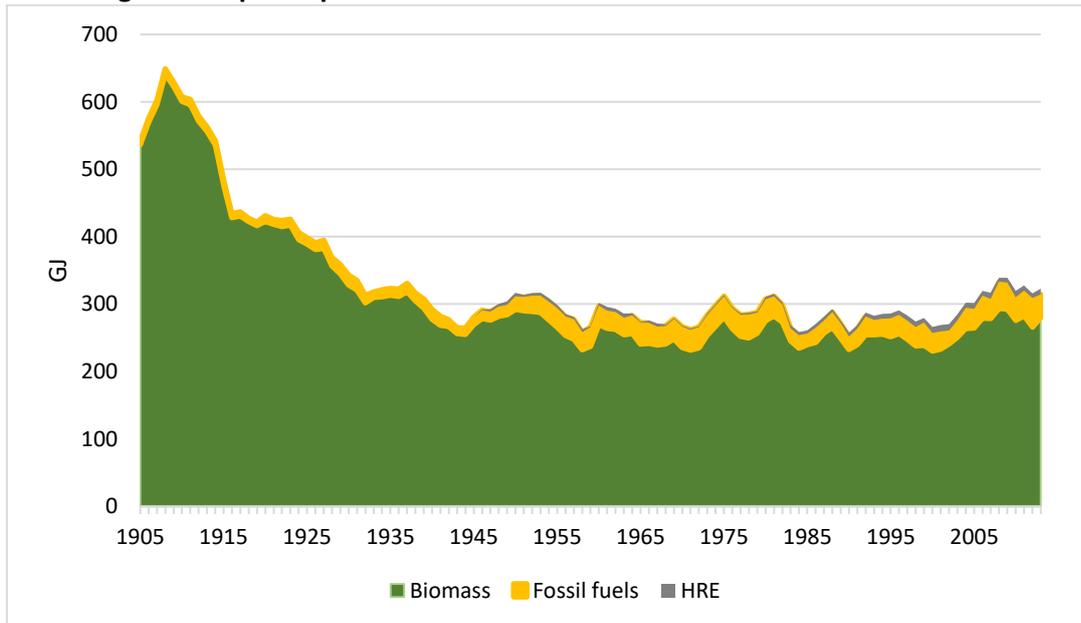
**Tabelle 5: Zusammensetzung des DEC(techn.)**

Share of DEC	1910	1930	1950	1970	1990	2010
<b>Biomass (techn.)</b>	67%	33%	13%	14%	20%	-16%
<b>Fossil fuels</b>	33%	67%	69%	81%	62%	91%
<b>HRE</b>	0%	0%	19%	4%	18%	25%

**Quelle: eigene Berechnung**

Der DEC lässt sich nicht mit dem Energieverbrauch anderer sozioökonomischer Systeme vergleichen, da sein Wert u.a. von der Größe des Systems abhängig ist. Um Vergleiche – etwa mit anderen Ländern – anstellen zu können, muss der Indikator in Relation zu anderen Größen wie etwa der Bevölkerung oder dem GDP –gesetzt werden. Wie auch zuvor wird im folgenden Abschnitt der Energieverbrauch pro Kopf einmal mit der gesamten Energie und einmal nur mit der Energie für den technischen Gebrauch betrachtet.

**Abbildung 30: DEC pro Kopf**



**Quelle: eigene Berechnung**

Der DEC/cap der gesamten Energie verzeichnete in den ersten Jahren des Beobachtungszeitraumes (1905-1911) einen Anstieg von 10%. Innerhalb weniger Jahre sank der Energieverbrauch pro Kopf jedoch wieder ab – und hatte 1919 einen Wert von 422 GJ/cap. Dies bedeutet eine Abnahme des DEC/cap um 30% innerhalb dieser 8 Jahre. Bis 1932 nahm er erneut ab – danach stagnierte der Energieverbrauch pro Kopf bzw. wies keine großen Schwankungen auf und bewegte sich ungefähr zwischen 260 und 330 GJ/cap und Jahr.

### **3.2.3.1. Der Energieverbrauch Uruguays im Ländervergleich**

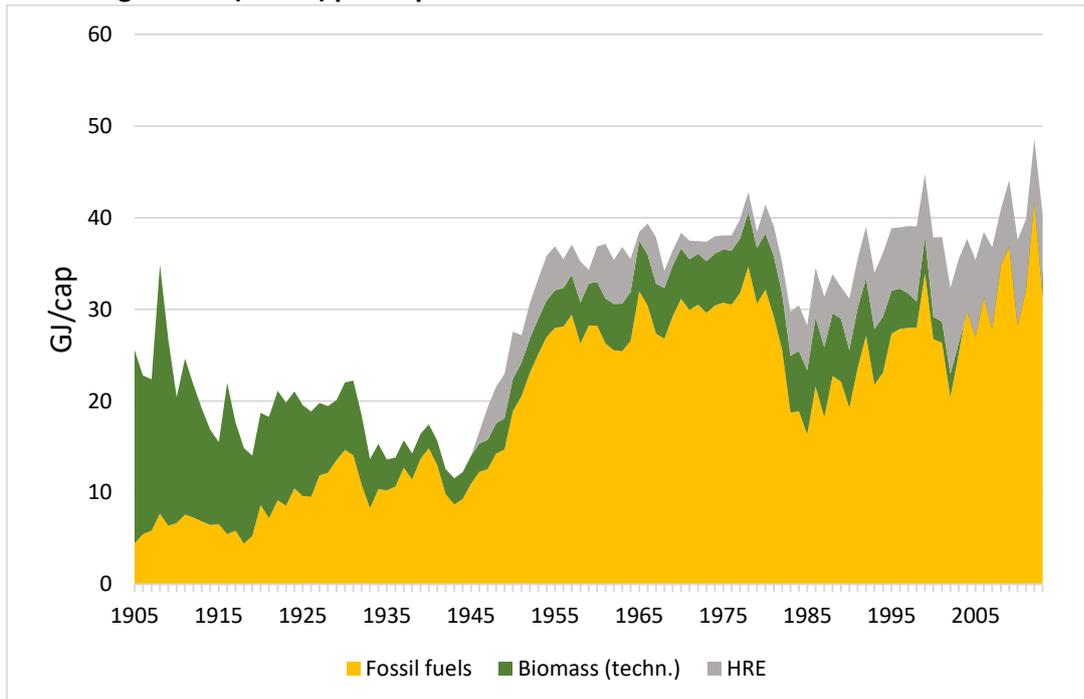
Ein Vergleich mit Daten zum energetischen Stoffwechsel Österreichs (Krausmann and Haberl, 2002a) unterstreicht den hohen Energieverbrauch pro Kopf Uruguays – sofern die Energie der gesamten Biomasse miteingerechnet wird. Während für Österreich der DEC/cap für das Jahr 1910 bei 89,2 GJ/cap lag, ist für Uruguay für dasselbe Jahr ein um fast 7-fach höherer Wert von 607 GJ/cap zu verzeichnen. Während in Uruguay der DEC/cap der gesamten Energie während des 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts abnahm bzw. stagnierte, ist hinsichtlich des Pro-Kopf- Energieverbrauchs in Österreich im Laufe des 20. Jahrhunderts eine stetige Zunahme zu erkennen. So betrug der DEC/cap Uruguays im Jahr 1990 mit einem Wert von 257 GJ/cap nur noch ca. 30% mehr als der DEC/cap Österreichs mit einem Wert von 198 GJ/cap. Ähnlich hohe Werte zum jährlichen Energieverbrauch pro Kopf finden sich für die USA (Gierlinger, 2010). Zwar weisen die USA einen anderen Entwicklungstrend auf, doch liegt der DEC/cap vor allem von ca. 1920 bis Mitte des 20. Jahrhunderts auf einem ähnlichen Niveau von 300 bis 350 GJ/cap und Jahr. Anders als in Uruguay hat in den USA der durchschnittliche

Energieverbrauch pro Kopf im Laufe des 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts kontinuierlich zugenommen und erreichte vor allem ab den 1970er Jahren relativ hohe Werte von 400 bis 450 GJ/cap und Jahr. Dieser hohe Energieverbrauch der USA gründet vor allem auf dem Konsum fossiler Energieträger. Der energetische Stoffwechsel der USA weist demnach eine gänzlich andere Struktur auf, wodurch der Energieverbrauch mit dem Uruguays nur bedingt verglichen werden kann.

Beim Energieverbrauch pro Kopf Brasiliens (Mayer, 2010) ist im Zeitraum 1970 bis 2005 ein Anstieg von 85 GJ/cap auf 125 GJ/cap zu verzeichnen. Mit diesen Werten liegt der Energieverbrauch Brasiliens trotz Zunahme unter dem Uruguays. Dort wurden im Jahr 1970 mit 268 GJ/cap mehr als das Dreifache an Energie konsumiert, als dies in Brasilien der Fall war. Nachdem in Uruguay im Gegensatz zu Brasilien der Energieverbrauch nicht zugenommen hat, hat sich das Verhältnis etwas entschärft. Im Jahr 2005 lag Uruguays Energieverbrauch mit 301 GJ/cap um das 2,4-fache über dem Brasiliens.

Durch den Vergleich des Energieverbrauchs Uruguays mit den Daten anderer Länder konnte aufgezeigt werden, dass Uruguay bezüglich des DEC (und auch des DMC von Biomasse) außergewöhnlich hohe Werte aufweist. Diese kommen daher, dass sowohl der Biomasse- als auch der Energiestoffwechsel des Landes von dessen vorherrschendem Landnutzungssystem – der extensiven Viehwirtschaft – geprägt ist. Der große Viehbestand gepaart mit einer vergleichsweise geringen Bevölkerung führt zu einer überproportionalen Dominanz der Weidebiomasse sowohl beim DEC als auch beim DMC.

**Abbildung 31: DEC(techn.) pro Kopf**



**Quelle: eigene Berechnung**

Wird bei der Berechnung des DEC(techn.)/cap Uruguays nur die Energie der Biomasse zur Erzeugung technischer Energie miteingerechnet und die Energie für Nahrung und Tierfutter sowie die nicht thermisch genutzt Biomasse nicht inkludiert, so ergibt sich ein völlig anderes Bild wie in Abbildung 31 zu sehen ist. Die Unterschiede zeigen sich nicht nur in der Größenordnung der Werte des DEC(techn.)/cap, sondern auch in der Entwicklung und der Zusammensetzung innerhalb des untersuchten Zeitraumes.

Anders als beim DEC/cap mit der gesamten Energie, bei dem vor allem im ersten Drittel eine Abnahme und danach eine mehr oder weniger anhaltende Stagnation zu verzeichnen ist, zeigen sich beim DEC(techn.)/cap andere Entwicklungen. Der DEC(techn.)/cap sank im ersten Drittel des Beobachtungszeitraumes von 26 GJ/cap im Jahr 1905 auf 12 GJ/cap im Jahr 1944 um ca. die Hälfte. Diese Abnahme ist vor allem auf den Rückgang des Brennholzverbrauchs pro Kopf zurückzuführen. Nachdem die Daten zum Konsum von Brennholz jedoch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind (siehe dazu Kapitel 2.5.2. der vorliegenden Arbeit), muss auch die Entwicklung des DEC(techn.)/cap in diesen Jahren mit einem gewissen Vorbehalt gelesen werden. Nach 1944 stieg der DEC(techn.)/cap innerhalb weniger Jahre von 12 GJ/cap/yr auf 37 GJ/cap/yr im Jahr 1957 rapide an und hat sich somit innerhalb von 13 Jahren verdreifacht. Dieser Anstieg ist vor allem auf die Zunahme des Verbrauchs fossiler Energie zurückzuführen. Ab Mitte der 1950er Jahre stagniert der Energieverbrauch pro Kopf mehr oder weniger auf einem Niveau von mehr als 35 GJ/cap und Jahr.

Zwischen 1980 und 1983 sank der DEC/cap innerhalb der drei Jahre von 41 auf 30 GJ/cap ab. Danach stieg er wieder an und bewegte sich auf einem Niveau von etwa 35 bis 45 GJ/cap und Jahr. Zwar kam es in Uruguay zu einer rapiden Zunahme des Konsums fossiler Energie, im Vergleich zu anderen Ländern, kann diesbezüglich jedoch nicht von einem Energieverbrauch großen Ausmaßes gesprochen werden.

### 3.3. DMC und DEC im Kontext wirtschaftlicher Entwicklung

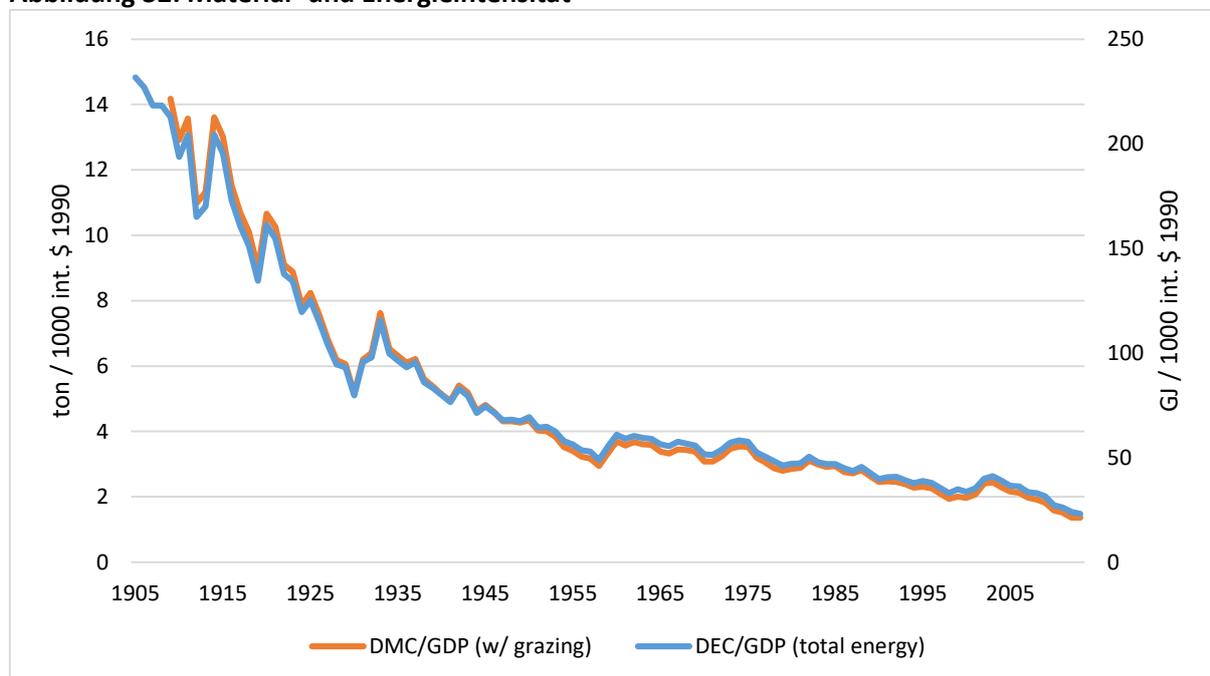
Wird der Material- bzw. Energieverbrauch in Relation zur wirtschaftlichen Entwicklung, gemessen am GDP, gesetzt, so kann die Entwicklung der Material-/Energieintensität und der Material-/Energieproduktivität untersucht werden.

#### 3.3.1. Material- und Energieintensität

Der Indikator der Material- und Energieintensität misst, wie viele Einheiten Material bzw. Energie für die Erwirtschaftung einer Geldeinheit notwendig sind.

Abbildung 32 zeigt die Materialintensität inklusive der Gruppe der Weidebiomasse. Für die Berechnung der Energieintensität wurde ebenfalls der DEC der gesamten Energie herangezogen.

**Abbildung 32: Material- und Energieintensität**

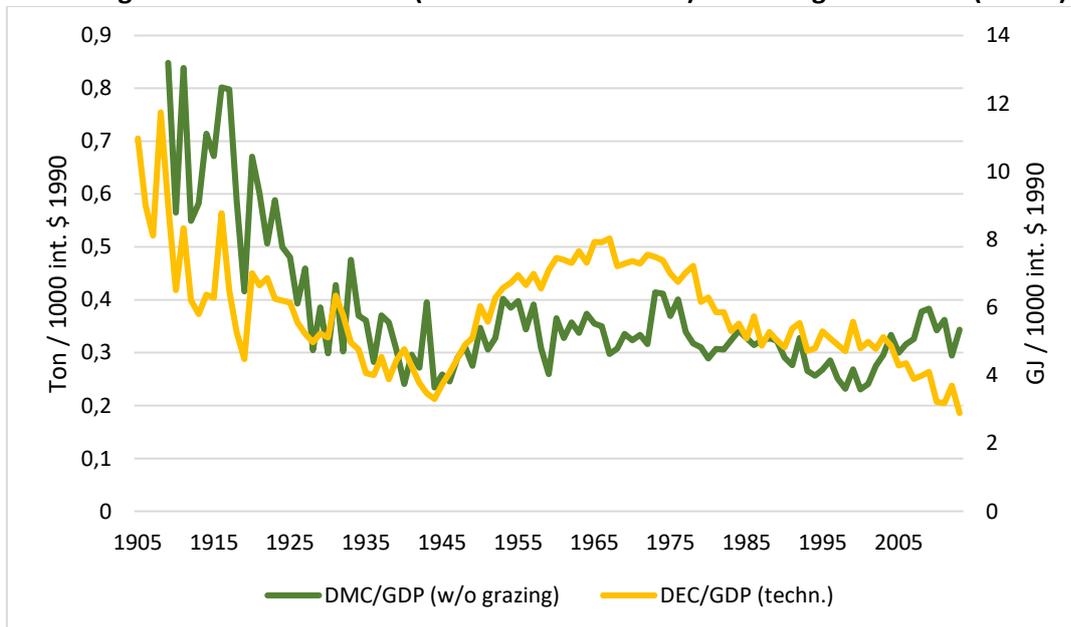


**Quelle: eigene Berechnung**

Nachdem sowohl der DMC der gesamten Biomasse als auch der DEC der gesamten Energie von der Gruppe der Weidebiomasse dominiert werden, zeigt sich hinsichtlich der Material-

und Energieintensität während des 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts ein nahezu identischer Verlauf. Vor allem in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sind Material- und Energieintensität um ca. 70% gesunken. Waren im Jahr 1909 noch 14 Tonnen Biomasse notwendig, um 1000 \$ zu generieren, so waren dies im Jahr 1950 nur noch 4 Tonnen je 1000 \$. Während im Jahr 1905 noch 232 GJ Energie nötig waren, um 1000 \$ zu erwirtschaften, waren es im Jahr 1950 nur noch 69 GJ. Die Energieintensität ist somit auf etwas mehr als ein Drittel gesunken. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts und dem beginnenden 21. Jahrhundert, sind die Material- und Energieintensität weiter gesunken, wenn auch in weit geringerem Ausmaß. Im Jahr 2013 waren für die Erwirtschaftung von 1000 \$ 1,4 Tonnen Biomasse notwendig. Bei der Energieintensität ist für das Jahr 2013 ein Wert von 23 GJ pro 1000 \$ zu verzeichnen und betrug nur mehr ein Zehntel im Vergleich zu dem Wert zu Beginn des beobachteten Zeitraumes. Wird bei der Materialintensität die Biomasse ohne der Gruppe der Weidebiomasse betrachtet und bei der Energieintensität ebenso nur die Energie für den technischen Gebrauch miteingerechnet, so zeigen sich zum einen gänzlich andere Größenordnungen und zum anderen auch andere Verläufe in der Entwicklung wie in Abbildung 33 zu sehen ist.

**Abbildung 33: Materialintensität (ohne Weidebiomasse) und Energieintensität (techn.)**



**Quelle: eigene Berechnung**

Da vor allem im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts der energetische Metabolismus (ohne der Energie der Biomasse für Nahrung und Tierfutter sowie der nicht thermisch genutzten Biomasse) vom Feuerholz getragen wurde, zeigt sich bei der Energie- und Materialintensität in den ersten drei bis vier Dekaden des 20. Jahrhunderts eine ähnliche Entwicklung. Vor allem die Materialintensität ist von über 0,8 Tonnen pro 1000 \$ auf unter 0,3 Tonnen um mehr als

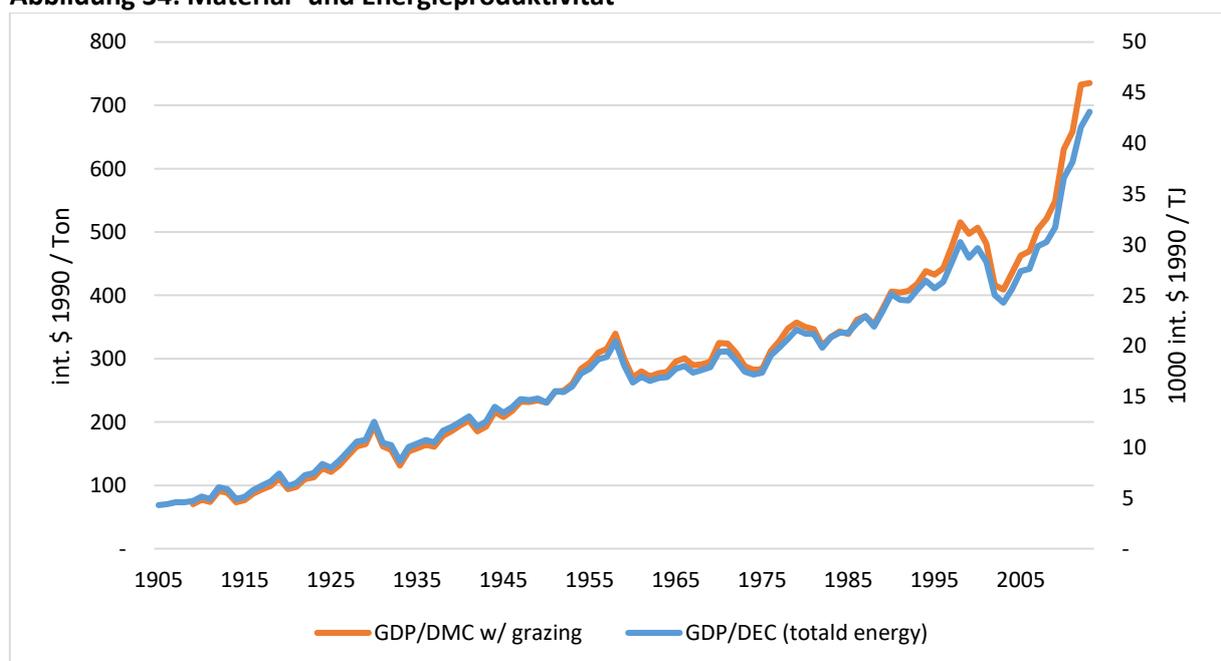
die Hälfte gesunken. Die Energieintensität hatte im Jahr 1905 einen Wert von 11 GJ pro 1000 \$ und sank bis zum Jahr 1945 mit 4 GJ auf fast ein Drittel des ursprünglichen Wertes ab. Die Modernisierungsphase im Energiesystem, welche vor allem den Zeitraum von 1945 bis Mitte der 1980er Jahre umspannte, gründete in der rapiden Zunahme des Konsums fossiler Energieträger und zeigt sich auch in einer Zunahme der Energieintensität. Diese stieg in diesem Zeitraum an und nahm Mitte der 1960er Jahre Werte von 8 GJ pro 1000 \$ an. Bis Mitte der 1980er Jahre sank sie wieder auf Werte von 5 GJ pro 1000 \$ ab. Bis zum Ende des 20. Jahrhunderts stagnierten die Werte mehr oder weniger. Ab dem beginnenden 21. Jahrhundert ist bei der Energieintensität eine abnehmende Tendenz zu verzeichnen. Im Jahr 2013 waren für die Erwirtschaftung von 1000 \$ ein Energieverbrauch (Energie zur technischen Verwendung) von ca. 3 GJ notwendig.

Hinsichtlich der Materialintensität ist kein Modernisierungstrend zu erkennen. Ab Mitte der 1940er Jahre schwankte sie mehr oder weniger konstant zwischen 0,3 und 0,4 Tonnen pro 1000 \$. Einzig zwischen 1990 und 2004 nahm sie Werte unter 0,3 Tonnen an.

### 3.3.2. Material- und Energieproduktivität

Setzt man den DMC und den DEC mit dem GDP andersrum in Beziehung, so ergibt sich die Material- bzw. Energieproduktivität – diese gibt an, wie viele Einheiten GDP pro Einheit Material- bzw. Energieverbrauch erwirtschaftet werden können.

**Abbildung 34: Material- und Energieproduktivität**

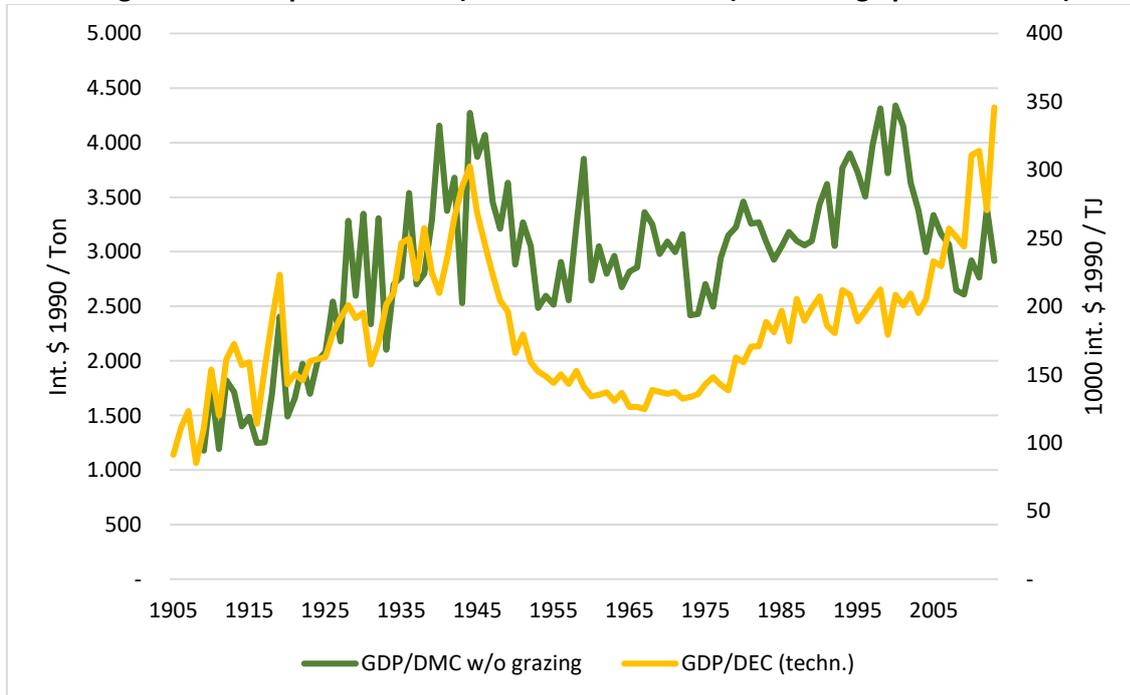


Quelle: eigene Berechnung

Betrachtet man Material- sowie Energieproduktivität, so zeigen sich nahezu identische Kurven, was am hohen Anteil der Weidebiomasse sowohl am DEC als auch am DMC liegt (siehe Abbildung 34). Es zeigt sich somit sowohl hinsichtlich der Material- als auch der Energieproduktivität, mit einigen Einbrüchen der Kurven nach 1929, nach 1958 und vor allem nach der Wirtschaftskrise 2001 und 2002, ein tendenzieller Aufwärtstrend. Wurden im Jahr 1905 noch ca. 4 300 \$ pro TJ Energieverbrauch generiert, so waren es im Jahr 2013 bereits 43 100 \$. Die Energieproduktivität hat sich somit über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg verzehnfacht. Auch die Materialproduktivität hat sich zwischen 1909 und 2013 verzehnfacht - von 71 \$ pro verbrauchte Tonne Biomasse zu 735 \$.

Wird bei der Energieproduktivität (DEC/GDP) nur die Energie zur technischen Verwendung, also exkl. der Energie der Biomasse für Nahrung und Tierfutter sowie der nicht thermisch genutzten Biomasse und bei der Materialproduktivität die Weidebiomasse nicht miteingerechnet, so verlaufen die beiden Kurven immer noch in einem mehr oder weniger ähnlichem Verlauf. Sie unterscheiden sich jedoch in einem weit höheren Maße, als wenn die gesamte Energie und die gesamte Biomasse in die Indikatoren einfließen wie in Abbildung 35 zu sehen ist.

**Abbildung 35: Materialproduktivität (ohne Weidebiomasse) und Energieproduktivität (techn.)**



**Quelle: eigene Berechnung**

Die Materialproduktivität stieg bis ca. 1944 steil an – von ca. 1 200 \$ pro Tonne im Jahr 1909 auf fast 4 300 \$ pro Tonne im Jahr 1944. In den Jahren dazwischen kam es zu starken Fluktuationen. Auch nach 1944 schwankte die Materialproduktivität, doch zeigt sich zwischen den

1950er Jahren und ca. Mitte der 1980er Jahre ein gewisser Abwärtstrend. Nach den Krisen Jahren 2001 und 2002 sank die Materialproduktivität auf knapp über 2 600 \$ pro Tonne. In den darauffolgenden Jahren begann die Materialproduktivität wieder zu steigen.

Auch bei der Energieproduktivität fluktuierten die Werte, doch zeigte sich eine doch eindeutige Entwicklung. Bis zum Jahr 1944 kam es zu einer Zunahme der Energieproduktivität um das Dreifache von 91 000 \$ pro TJ im Jahr 1905 zu mehr als 300 000 \$ pro TJ im Jahr 1944. Zwischen 1944 und 1950 sank die Energieproduktivität rapide ab. Danach kam es bis Ende der 1970er Jahre mehr oder weniger zu einer Stagnation. In den darauffolgenden Jahren begann sie wieder zu steigen und pendelte sich ab Ende der 1980er Jahre bis ca. 2003 bei einem ähnlichen Niveau von ca. 200 000 \$ pro TJ ein. Nach 2003 stieg die Energieproduktivität erneut innerhalb weniger Jahre auf knappe 350 000 \$/TJ im Jahr 2013 an.

#### **4. Diskussion**

Im folgenden Kapitel sollen die empirischen Ergebnisse näher untersucht und kontextualisiert werden. Im ersten Teil wird die Entwicklung des Energiesystems in Verbindung mit der Bevölkerungsentwicklung sowie der wirtschaftlichen Entwicklung diskutiert. Es soll versucht werden, Phasen der Transition zu identifizieren.

Der Vergleich der (ökonomischen) Entwicklung von Uruguay und Neuseeland hat lange Tradition im wissenschaftlichen Diskurs. Dies gründet darin, dass es sich bei beiden Ländern um Agrarstaaten und Siedlergesellschaften handelt, die auch noch hinsichtlich weiterer biogeographischer und ökonomischer Aspekte ähnlich sind, sich dennoch ab einem gewissen Punkt sehr unterschiedlich entwickelt haben. Aus diesem Grund soll auch in der vorliegenden Arbeit ein Fokus auf den Vergleich dieser beiden Länder gelegt werden, um so die Entwicklung des Agrar- wie auch des Energiesystems Uruguays besser verstehen zu können.

Im dritten und letzten Teil des vierten Kapitels wird das Augenmerk auf weitere Aspekte der Entwicklung des Agrarsystems gelegt. Einer der Punkte, welcher näher betrachtet werden soll, stellt der Grundbesitz von Agrarland in Uruguay dar. Des Weiteren sollen bestimmte Entwicklungen der Forstwirtschaft, des Ackerbaus sowie der Viehwirtschaft näher betrachtet und kontextualisiert werden. Ein besonderes Augenmerk soll auf die sehr dynamischen Veränderungen in den vergangenen 15 Jahren gelegt werden, welche auch schon im Ergebnisteil der vorliegenden Arbeit mehrmals aufgezeigt wurden.

#### 4.1. Energiesystem - Phasen der Transition

In folgendem Kapitel soll der energetische Metabolismus Uruguays mit der Entwicklung der Bevölkerung sowie der wirtschaftlichen Entwicklung in Verbindung gebracht und kontextualisiert werden. Es soll versucht werden, Phasen der Entwicklung im gesellschaftlichen Stoffwechsel zu identifizieren und diese mit der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung des Landes in Beziehung zu setzen. Als zentraler Indikator für die Identifikation der Phasen der sozialmetabolischen Transition bzw. Entwicklung, wurde der DEC(techn.) gewählt. Als Kriterium für die Einteilung der Phasen galt die energetische Entwicklung – also eine Änderung in der Zusammensetzung der Energieträger bzw. eine rapide Änderung in der Höhe der gesamten konsumierten Energie.

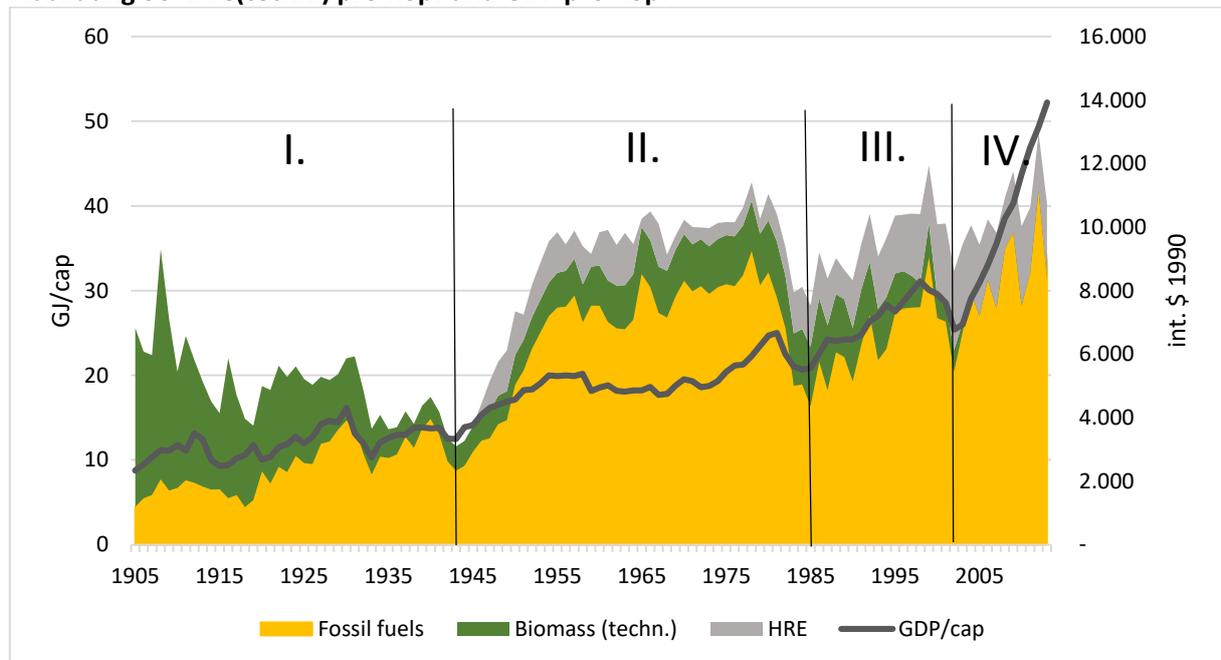
Anhand der Zusammensetzung des Pro-Kopf-Energieverbrauchs soll diskutiert werden, wann in etwa in Uruguay die sozialmetabolische Transition vom Energieregime der Agrargesellschaft hin zum Energieregime der Industriegesellschaft erfolgte. Diese Transition wird an jenem Punkt festgemacht, an dem der Anteil der modernen Energieträger (fossile Energie und Energie der Kategorie HRE) am Energieverbrauch (Energie zum technischen Gebrauch) erstmals höher ist, als jener der biogenen Energieträger.

Neben der sozialmetabolischen Transition sollen auch noch weitere Energietransitionen identifiziert und kontextualisiert werden. Rubio und Folchi (2012) definieren in ihrer Arbeit Energietransition folgendermaßen: „*energy transition* (...) is defined as a gradual substitution of one energy source or energy carrier by another, through history.“ (Rubio and Folchi, 2012, p. 50) Es gibt verschiedene Formen von Energietransitionen – eine ist bspw. der Übergang von traditionellen Energiequellen wie Feuerholz oder Arbeitstiere hin zu modernen Energiequellen. Der Übergang von vorrangig Kohle hin zu Erdöl und Erdgas innerhalb der fossilen Energieträger wird auch als Energietransition verstanden (Rubio and Folchi, 2012, p. 51).

Nachdem sowohl bei den Biomasse- als auch bei den Energieflüssen Uruguays die Kategorie der Weidebiomasse den mit Abstand größten Anteil ausmacht, wird der DEC hinsichtlich der Phasen der Entwicklung bzw. Transition vorerst nur mit der Biomasse zur technischen Energiegewinnung analysiert. Nach der Identifikation von Transitionsphasen in der Entwicklung des DEC(techn.), soll der Frage nachgegangen werden, ob sich diese Phaseneinteilung auch dann widerspiegelt, wenn der DEC der gesamten Energie betrachtet wird. Ebenso soll untersucht werden, ob sich diese Phaseneinteilung auch dann zeigt, wenn bestimmte Indikatoren des Biomassestoffwechsels betrachtet werden.

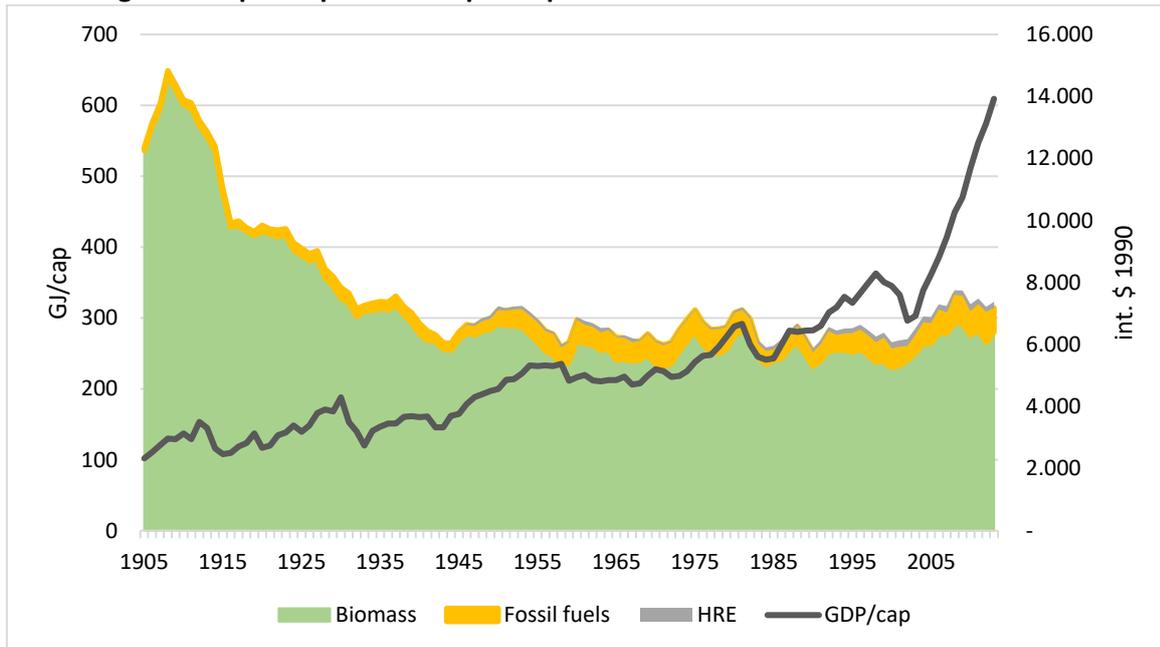
Bei der Entwicklung des GDPs und des Energieverbrauchs Uruguays im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert, macht es nicht nur einen Unterschied, ob die Entwicklung der gesamten Energie oder nur jener Energie zur technischen Verwendung betrachtet wird, sondern auch, ob die Entwicklung der Bevölkerung miteinbezogen wird. Vor allem in der Zeitspanne von ca. 1945 bis Anfang des 21. Jahrhunderts steigt sowohl der DEC(techn.) als auch die wirtschaftliche Entwicklung, gemessen am GDP, wesentlich moderater an, sobald die beiden Indikatoren in Relation zur Bevölkerungsentwicklung gesetzt werden. Nicht nur, weil die Bevölkerungszahl einen wichtigen Parameter in der Entwicklung des energetischen Stoffwechsels eines sozioökonomischen Systems darstellt, sondern auch, um die Werte des Energieverbrauchs mit denen anderer sozioökonomischer Systeme vergleichbar zu machen, wird im folgenden Abschnitt vorrangig der Energiekonsum pro Kopf analysiert und kontextualisiert.

**Abbildung 36: DEC(techn.) pro Kopf und GDP pro Kopf**



Quelle: eigene Berechnung

**Abbildung 37: DEC pro Kopf und GDP pro Kopf**



Quelle: eigene Berechnung

### Phase 1 - bis 1943

#### Biomasse und Kohle

Die erste identifizierte Phase in der Entwicklung des Energieverbrauchs der Energie zum technischen Gebrauch (DEC(techn.)) – sowohl in absoluten Zahlen, als auch in Relation zur Bevölkerung - umfasst den Zeitraum von 1905 bis 1943 (siehe Abbildung 36). Festgemacht wird diese Phase zum einen an der Entwicklung des Energieverbrauchs pro Kopf, welcher in diesen 38 Jahren von 26 GJ/cap auf 12 GJ/cap und somit um 55% abgenommen hat. Ebenso zeigt sich innerhalb der Phase eine deutliche Veränderung in der Zusammensetzung der Energiequellen von vorrangig Feuerholz hin zu fossiler Energie. Die Bevölkerung hat sich in diesen vierzig Jahren von knapp einer Million Menschen auf knapp über zwei Millionen Menschen verdoppelt. Wasserkraft, sowie Importe und Exporte von Elektrizität spielten in dieser ersten Phase noch keine Rolle im energetischen Stoffwechsel Uruguays.

Bis zum Jahr 1925 kann von einem auf Biomasse basierten Energiesystem gesprochen werden. Zumindest dann, wenn nur die Energie zur technischen Verwendung betrachtet wird. Ab dem Jahr 1926 machen die fossilen Energieträger über 50% am DEC(techn.) aus. Die Transition von der Agrargesellschaft hin zu Industriegesellschaft erfolgte somit in dieser ersten Phase.

Betrachtet man die Entwicklung des DEC/cap der gesamten Energie (Abbildung 37), so kann nicht behauptet werden, dass sich diese Phase auch zeigt, sobald die Entwicklung des gesam-

ten Energieverbrauchs betrachtet wird. Der energetische Stoffwechsel Uruguays wurde im gesamten Beobachtungszeitraum vom überproportional großen Viehwirtschaftssystem geprägt und somit der DEC von der Weidebiomasse dominiert. Zwar zeigt sich in den Jahren 1905 bis 1943 auch beim DEC/cap der gesamten Energie eine Verringerung um die Hälfte von teilweise über 600 GJ pro Kopf und Jahr zu Beginn der ersten Phase auf 265 GJ/cap im Jahr 1943, doch liegt diese Abnahme an der Verdoppelung der Bevölkerung in dieser Zeit bei gleichzeitigen geringen Schwankungen des DEC. Das extensive Viehwirtschaftssystem ist demnach nicht mit der Bevölkerung mitgewachsen.

### **Wechsel zu fossiler Energie**

Auch wenn in der ersten Phase noch der Konsum von Brennholz das Energiesystem dominierte, so spielte fossile Energie dennoch bereits eine Rolle im energetischen Stoffwechsel Uruguays. Die gesamte fossile Energie gelangte in Form von Importen ins Land. In den ersten 10 Jahren (1905-1915) spielten die Importe von Öl im Gegensatz zu den Importen von Kohle noch eine verschwindend kleine Rolle. Im Jahr 1924 wurde schließlich Kohle von Öl abgelöst. Im darauffolgenden Jahr war erstmals der Anteil der fossilen Energie am DEC(techn.) größer als jener der brennbaren Biomasse. Wird dies im Rahmen der Theorie der sozialmetabolischen Transition betrachtet, so bildete dieses Jahr jenen Punkt, an dem der endgültige Wechsel vom Energieregime der Agrargesellschaft zum Energieregime der Industriegesellschaft erfolgte. An diesem Punkt ist jedoch anzumerken, dass es sich bei der sozialmetabolischen Transition im Falle Uruguays nicht um eine kohlebasierte Industrialisierung handelte, welche die Transition in den europäischen Industrieländern kennzeichnete. Auch wenn es in Uruguay zu einer vermehrten Nutzung fossiler Energie kam und diese ab einem gewissen Punkt die biogenen Energieträger anteilmäßig übertrafen, so waren die Pro-Kopf-Mengen an konsumierter fossiler Energie nach wie vor vergleichsweise niedrig.

Der Anfang der Phase der Energietransition liegt nicht im Jahre 1905 sondern beginnt laut Folchi und Rubio (2006) im Jahr 1890 als es in Uruguay, aber auch in den anderen Ländern Lateinamerikas und der Karibik, zur vermehrten Nutzung fossiler Energien kam, was erstmals nicht nur Auswirkungen wie Luftverschmutzungen oder Veränderungen des Klimas auf lokaler, sondern auch auf globaler Ebene mit sich brachte. Zusätzlich konnten durch den Einsatz fossiler Energie neue Technologien eingesetzt werden, welche in der Land- oder Forstwirtschaft oder dem Bergbau zum Einsatz kamen. Nach Folchi and Mar Rubio (2006, p. 1 f) verstärkte dies wiederum die Belastungen der Umwelt. So lag der Energieverbrauch pro Kopf

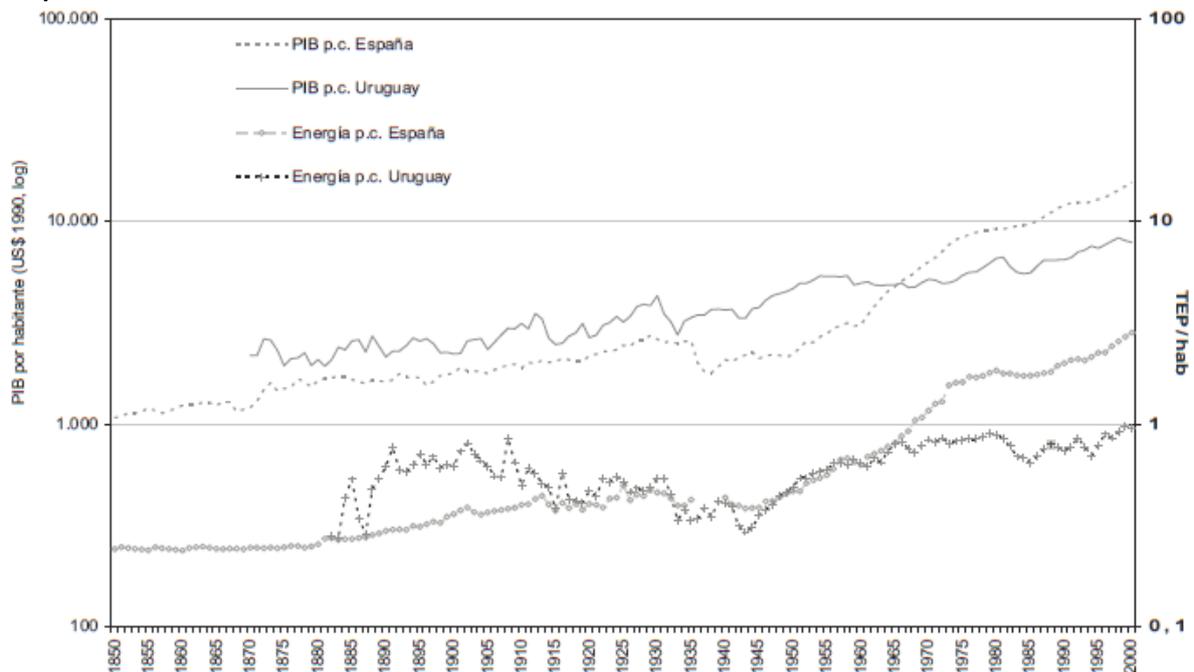
bspw. von Österreich im Jahr 1910 bei 48,4 GJ/cap (Krausmann and Haberl, 2002b, p. 185). Jener von Uruguay lag im selben Jahr bei nur 7 GJ/cap und betrug somit nur ein knappes Siebtel. Der Pro-Kopf-Verbrauch fossiler Energie hat in Österreich bis zum Jahr 1926 zwar auf 28,3 GJ/cap (Krausmann and Haberl, 2002b, p. 185) um 42% abgenommen, doch war der Wert dennoch noch um ca. das 3-fache höher als der Verbrauch in Uruguay mit 10 GJ/cap.

Beim Vergleich des Pro-Kopf-Konsums fossiler Energie aller lateinamerikanischen Länder und der Karibik lag Uruguay im Jahr 1925 an vierter Stelle (Folchi and Mar Rubio, 2006, p. 10). Aufgrund mangelnder ökonomischer Daten zum Vergleich der Länder Lateinamerikas und der Karibik, berechnen Mar Rubio und KollegInnen in ihrer Arbeit den Konsum moderner Energie (fossile Energie und Elektrizität aus Wasserkraft) als Proxy für den Modernisierungsgrad der Länder in den Jahren 1890 bis 1925. Uruguay wies zusammen mit den Ländern Kuba, Argentinien und Chile ausgehend vom Konsum moderner Energie, einen verhältnismäßig hohen Modernisierungsgrad auf. Dieser gründete zum einen darin, dass Uruguay durch den Export von Trockenfleisch bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den Weltmarkt eingebunden war und dadurch ein verhältnismäßig hohes Pro-Kopf-Einkommen erzielt werden konnte. Eine weitere Erklärung, warum Uruguay verhältnismäßig früh und zu einem vergleichsweise hohen Maße fossile Energie konsumierte, liegt an den biogeographischen Gegebenheiten. Das uruguayische so wie auch das argentinische Grasland offeriert wenig brennbare Biomasse, bewaldete Flächen machen nur einen sehr geringen Anteil an der Landfläche aus (Mar Rubio et al., 2010, p. 787 f).

Auch wenn Uruguay bereits in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts hinsichtlich des Pro-Kopf-Konsums fossiler Energie im Vergleich zu den restlichen Ländern Lateinamerikas und der Karibik zu den großen Konsumenten zählte, so sind die verbrauchten Mengen im Vergleich mit den europäischen und nordamerikanischen Industrieländern, wie an den vergleichenden Werten mit Österreich auf der vorangegangenen Seite verdeutlicht werden konnte, verhältnismäßig gering. Auch im Vergleich mit den USA wirken die verbrauchten Mengen fossiler Energie in Uruguay verschwindend klein, wie die folgenden Vergleichszahlen aus der Arbeit von Rubio and Folchi (2012) zeigen. Hinsichtlich des Energieverbrauchs pro Kopf betrug der Wert der USA für das Jahr 1890 beinahe das 13-fache von dem Uruguays. Die Schere ging über die beobachteten Jahre weiter auf. Im Jahr 1913 lag der Unterschied bereits beim 17,5-fachen. Nur 12 Jahre später im Jahr 1925 konsumierten die US-AmerikanerInnen bereits das 31-fache an Primärenergie pro Kopf als in Uruguay (Rubio and Folchi, 2012, p. 54).

Ein Vergleich des Energieverbrauchs pro Kopf Uruguays mit dem Spaniens zeigt ein anderes Bild wie in Abbildung 38 abzulesen ist. Uruguay und Spanien weisen hinsichtlich einiger Punkte ihres Energiesystems Gemeinsamkeiten auf, was einen Vergleich beider Länder nahelegt (Bertoni et al., 2009). Beide Länder sind hinsichtlich fossiler Energieträger von Importen abhängig und beide Länder sind peripher bezüglich ihrer geographischen Verortung. Hier ist jedoch hinzuzufügen, dass die Entfernung von Energiequellen und die Abhängigkeit von externen Energieflüssen für Uruguay in einem größeren Maße gegeben sind, als dies für Spanien der Fall ist. Was beide Länder ebenso gemein haben, ist das Eingreifen der Energiepolitik in das Handeln des freien Marktes. Hinsichtlich der Wirtschaftsleistung pro Kopf gemessen am GDP und auch hinsichtlich des Pro-Kopf- Energieverbrauchs wiesen Uruguay und Spanien vor allem Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch deutliche Diskrepanzen auf. Vor allem zwischen 1885 und ca. 1910 lag der Pro-Kopf- Energieverbrauch Uruguays deutlich über dem Spaniens. Auch in wirtschaftlicher Hinsicht war Uruguay in diesem Zeitraum überlegen. Nach 1910 hatte Uruguay zwar weiterhin noch ein höheres GDP/cap, doch hinsichtlich ihres Energieverbrauchs näherten sich beide Länder an (Bertoni et al., 2009, p. 161 f, 165). Im Jahr 1925 lag der Unterschied nur mehr bei knappen 13% (Rubio and Folchi, 2012, p. 54). Zwischen 1925 und 1943 (aber auch noch in den Jahren danach) wiesen beide Länder einen sehr ähnlichen Pro-Kopf- Energieverbrauch auf. Das GDP pro Kopf Uruguays lag in diesen 20 Jahren weiterhin über dem Spaniens, wenn es sich auch aufgrund des Absinkens nach der Weltwirtschaftskrise im Jahr 1930 an das Spaniens annäherte (Bertoni et al., 2009).

**Abbildung 38: Pro-Kopf-Energieverbrauch und GDP/cap Spaniens und Uruguays im Vergleich (1850-2000)**



Quelle: (Bertoni et al., 2009, p. 165)

### Wechsel von Kohle zu Öl

Auffallend ist, dass der Wechsel von Kohle zu Öl in allen lateinamerikanischen Ländern und der Karibik im Vergleich zu den USA und den Industrienationen in Europa viel früher geschah. In Spanien wurde Kohle von Erdöl erst ca. Mitte der 1960er Jahre abgelöst (Bertoni et al., 2009, p. 167). Auch in den USA erfolgte dieser Wechsel erst Ende der 1940er Jahre (Gierlinger, 2010, p. 48), in Österreich Ende der 1960er Jahre (Krausmann and Haberl, 2002a, p. 187) und in den Niederlanden Mitte der 1960er Jahre. Dort wurde Kohle von Öl zwar verhältnismäßig spät, jedoch sehr abrupt abgelöst. In den 1970er Jahren machte Kohle im Vergleich zu den anderen Energiequellen nur noch einen verschwindend kleinen Anteil der Primärenergie aus (Gales et al., 2007, p. 220). Wie auch in den meisten europäischen Ländern spielte Kohle gegenüber Öl auch beim globalen Energieverbrauch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die weitaus größere Rolle (Haberl, 2006, p. 93). Der Grund für den früheren Wechsel von Kohle zu Öl und den verhältnismäßig geringen Verbrauch an fossiler Energie in Uruguay und auch in den meisten anderen lateinamerikanischen Ländern in der ersten Phase liegt darin, dass dort keine kohlebasierte Industrialisierung mit energieintensiver Schwerindustrie stattfand, so wie dies in den Industrieländern Europas der Fall war.

Kohle und Erdölprodukte wurden vor allem aus dem Vereinigten Königreich, sowie auch aus den USA und Deutschland nach Lateinamerika exportiert. In den 1930er Jahren gab es in Lateinamerika und der Karibik acht Öl produzierende und exportierende Länder: Argentinien, Kolumbien, Bolivien, Ecuador, Trinidad und Tobago, Mexiko, Peru und Venezuela. Vor allem die letzten drei - Mexiko, Peru und Venezuela - spielten eine tragende Rolle als Ölexporteure (Rubio and Folchi, 2012, p. 53).

Die Energietransition von Kohle als die dominierende fossile Energiequelle hin zu Erdöl bedeutet nicht zwangsläufig einen Rückgang von Kohle in absoluten Zahlen, sondern eine stetige Zunahme von Erdöl und dazugehörigen Technologien. Dies führte zu einem Rückgang von Kohle in relativen Zahlen. In ganz Lateinamerika und der Karibik erfolgte die Transition von Kohle zu Öl früher und schneller als in den restlichen Regionen der Welt und generell konsumierten die Länder Lateinamerikas und der Karibik weniger Energie als im Rest der Welt. Ein Grund für den früheren Wechsel von Kohle zu Öl liegt unter anderem am Preis. War zwar zu Beginn Kohle noch teurer als Öl, so änderte sich dies in Lateinamerika und der Karibik relativ rasch. Der Grund für den niedrigeren Preis einer Energieeinheit Öl liegt vor allem am leichteren und somit billigeren Transport von Öl über Tanker und Pipelines. Je länger somit die Distanzen sind, desto billiger wird Öl im Vergleich zu Kohle. Da vor allem in Lateinamerika lange Transportwege zurückgelegt werden müssen, war in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts der Transport von Kohle doppelt so teuer als der Transport von Öl (Rubio and Folchi, 2012).

Die Transition innerhalb der fossilen Energieträger – also der Wechsel von Kohle zu Öl – erfolgte in Uruguay zwar früher als in den Industrieländern Europas wie auch in den USA, doch hinsichtlich ihrer Dauer erfolgte die Transition nach einem ähnlicheren Verlauf. Nicht wie in seinen Nachbarländern Argentinien und Brasilien, wo die Energietransition von Kohle zu Öl nur kurze Zeit in Anspruch nahm, erfolgte sie in Uruguay über mehrere Jahre (Rubio and Folchi, 2012, p. 54 f).

Als Beginn der Transitionsphase kann das Jahr 1916 gesehen werden, als erstmals annähernd gleich große Mengen Kohle wie Öl importiert wurden. Der Konsum von Kohle ebte ab und nahm wieder zu bzw. oszillierte auch der Konsum von Öl. Im Jahr 1943 wurden zum letzten Mal ähnliche Mengen Kohle wie auch Öl importiert. Danach nahmen die Importe von Öl im Gegensatz zu denen von Kohle rapide zu. Mit dem Jahr 1943 kann somit die Transition von Kohle zu Öl als abgeschlossen gesehen werden.

Der Grund, warum der Wechsel von Kohle zu Öl in Uruguay im Verhältnis zu anderen Ländern Lateinamerikas relativ lange Zeit in Anspruch nahm, liegt laut Mar Rubio und Folchi (2012) in der verhältnismäßig frühen Industrialisierung und einem damit einhergehenden verhältnismäßig hohen Energieverbrauch. Kohle stellte in den ersten Jahren der Industrialisierung die einzige Option dar, was wiederum zu einer gewissen Pfadabhängigkeit führte, welche darin resultierte, dass der Übergang verhältnismäßig länger dauerte. Durch das Vorhandensein von Maschinen und sonstiger Infrastruktur, welche auf Kohle ausgerichtet war, erfolgte der Übergang zu Öl als primäre fossile Energiequelle erst später. Andere Länder, in welchen der Industrialisierungsprozess generell später in Gang kam, adaptierten gleich zu Beginn neue Technologien, welche auf die Verbrennung von Öl ausgerichtet waren (Mar Rubio and Folchi, 2012, p. 55 ff). In den 1940er Jahren wurde in Uruguay schließlich mehr Öl als Kohle verbraucht. Die Transition von Kohle zu Öl als die dominierende Quelle fossiler Energie innerhalb des energetischen Metabolismus Uruguays erfolgte somit in diesen Jahren. In den darauffolgenden Jahrzehnten stieg der Konsum von Öl rapide an und der Konsum von Kohle spielte zunehmend eine kleinere Rolle hinsichtlich des Konsums fossiler Energieträger.

Wie anfällig der Konsum fossiler Energie auf Phasen wirtschaftlicher Rezessionen bzw. Auswirkungen von außerhalb ist – insbesondere bei Ländern wie Uruguay, welche hinsichtlich fossiler Energie zu hundert Prozent auf Importe angewiesen sind – zeigt sich ebenso in dieser ersten beobachteten Phase bis zum Jahr 1943. Die Weltwirtschaftskrise im Jahr 1929 hatte nicht nur Auswirkungen auf die Wirtschaft Uruguays sondern auch auf den DEC(techn.). Die Rezession zeigt sich in einem Rückgang des GDPs um 33% zwischen den Jahren 1930 und 1933. Beim DEC(techn.) in absoluten Zahlen ist der erste markante Rückgang zwischen den Jahren 1932 und 1933 erkennbar, als der DEC(techn.) von 32,6 auf 24,6 PJ sank. Dies ist ein Rückgang um 25% innerhalb eines Jahres. Zwischen den Jahren 1931 und 1933 ist auch der Anteil der Biomasse am DEC(techn.) gestiegen. Waren es 1930 nur noch 30%, so lag der Anteil im Jahr darauf bei 37%. Auch in den darauffolgenden zwei Jahren nahm der Anteil weiter zu. Bis zum Beginn der nächsten globalen Krise des zweiten Weltkrieges von 1939 bis 1945 nahm der Anteil der Biomasse am DEC(techn.) wieder ab. Die weltweite Krise um den 2. Weltkrieg schlug sich auch auf die uruguayische Wirtschaft nieder und auch beim Energieverbrauch ist eine rückläufige Entwicklung erkennbar - wenn auch nicht im gleichen Ausmaß wie nach 1929. Der Anteil der biogenen Energieträger am DEC(techn.) nimmt in Zeiten wirtschaftlichen Rezessio-

nen deshalb zu, weil der DEC fossiler Energie abnimmt, wie auch an den Daten zu den Importen fossiler Energie (Abbildung 25) zu sehen ist. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass die wirtschaftliche Entwicklung und der DEC der fossilen Energieträger eng gekoppelt sind.

Die erste identifizierte Phase lässt sich auch in der Entwicklung des Biomassestoffwechsels erkennen (siehe dazu Abbildung 21 in Kapitel 3.1.4. zum DMC pro Kopf ohne Weidebiomasse). Zwischen 1909 und 1943 zeigt sich auch eine Abnahme des Pro-Kopf-Verbrauchs von Biomasse um 48%. Dieser Rückgang gründet vor allem auf der Abnahme des DMC von Feuerholz. Es zeigt sich auch eine Veränderung der Zusammensetzung des DMC/cap.

## **Phase 2 – 1944 bis 1985**

### **Modernisierungsprozess und Wasserkraft**

Die Phase 2 wurde zwischen den Jahren 1944 und 1985 festgemacht. Mitte der 1940er Jahre setzt eine Wachstumsdynamik ein, welche sich in einer Zunahme des DEC(techn.)/cap von 12 GJ/cap im Jahr 1944 auf 37 GJ/cap im Jahr 1955 zeigt. Dieser Anstieg bedeutet ein Wachstum um das 3-fache innerhalb von 11 Jahren. Ebenso kommt es zu gravierenden Veränderungen bei der Zusammensetzung der Komponenten des energetischen Stoffwechsels. Zum einen kommt es innerhalb des Modernisierungsprozesses zu einer Dominanz der fossilen Energieträger. Ebenso kommt es zur Erschließung eines neuen Energieträgers (Fokus Elektrizität) und durch den Bau von Wasserkraftwerken zu einer neuen binnenländischen Energiequelle.

Betrachtet man dieselbe Zeitspanne beim DEC/cap der gesamten Energie, so kann hier von keiner Phase der Transition gesprochen werden. Der DEC/cap der gesamten Energie bewegt sich auf einem mehr oder minder gleich bleibendem Niveau zwischen 260 und knapp über 300 GJ/cap und Jahr. Nach wie vor wird auch in dieser Phase der Energiestoffwechsel der gesamten Energie vom Landnutzungssystem der extensiven Weidewirtschaft und somit der Dominanz der Weidebiomasse geprägt.

Bis auf wenige Phasen bzw. Jahre der wirtschaftlichen Stagnation und Rezession, ist ein verhältnismäßig schneller Anstieg des GDPs im Zeitraum dieser zweiten Phase zu verzeichnen. In absoluten Zahlen ist das GDP in der zweiten Phase von 7,8 Milliarden erwirtschafteten internationalen Dollar auf knappe 20 Milliarden \$ gestiegen und hat sich somit fast verdreifacht. Diese Entwicklung war allerdings auch von einem schnellen Bevölkerungswachstum begleitet.

Betrachtet man daher die Pro-Kopf-Werte, so zeigt sich hingegen eine moderatere wirtschaftliche Entwicklung in diesem Zeitraum. Während im Jahr 1945 auf eine Person 3 800 \$ pro Jahr kamen, waren es im Jahr 1981 6 700 \$ und somit eine Zunahme von 44% - im Vergleich zu den fast 300% wenn das GDP in absoluten Zahlen betrachtet wird.

Anders als der GDP/cap ist beim DEC(techn.) im Zeitraum 1943 bis 1985 eine deutliche Beschleunigung des Wachstums festzustellen. Die Energie aus brennbarer Biomasse spielte in dieser Phase im Verhältnis zur fossilen Energie nur mehr eine Nebenrolle. 1945 fielen noch 22% des DEC(techn.) auf brennbare Biomasse. Innerhalb von zehn Jahren lag der Anteil bei nur noch 11% (1955). In den darauffolgenden Jahren nahm der Anteil der Biomasse am DEC(techn.) jedoch wieder um einige Prozentpunkte zu. Im Jahr 1981 fielen 17% des DEC(techn.) auf Biomasse. In absoluten Zahlen hat der DEC(techn.) in diesem Zeitraum von knappen 30 PJ auf 115 PJ zugenommen und sich somit fast vervierfacht. Wird hinsichtlich des energetischen Stoffwechsels die Population ebenso berücksichtigt, so zeigt sich auch hier eine moderatere Entwicklung. Im Zeitraum 1944 bis 1985 hat sich der DEC(techn.)/cap von 12 GJ/cap und Jahr auf 28 GJ/cap und Jahr etwas mehr als verdoppelt, erreichte jedoch dazwischen auch Werte von über 40 GJ/cap (1978) wie in Abbildung 36 zu erkennen ist. Es ist somit eine deutliche Beschleunigung des Wachstums – v.a. zu Beginn der Phase – zu erkennen. Die zweite Phase ist zum einen von einem Modernisierungsprozess gekennzeichnet, welcher sich vor allem an einem rapide zunehmenden Anteil der fossilen Energie am DEC(techn.)/cap zeigt. Die Pro-Kopf-Werte der konsumierten fossilen Energie bleiben im internationalen Vergleich dennoch gering. So bewegten sich die Werte für Österreich im selben Zeitraum zwischen 45,3 GJ/cap im Jahr 1950 und 111,8 GJ/cap im Jahr 1986. Der DEC/cap fossiler Energie Uruguays bewegte sich zwischen 19 GJ/cap im Jahr 1950 und erreichte im Jahr 1978 den maximalen Wert in dieser zweiten Phase von 35 GJ/cap. Bis zum Ende der Phase sank der DEC/cap fossiler Energie ab und hatte im Jahr 1985 mit 16 GJ/cap einen ähnlich hohen Wert wie Ende der 1940er Jahre.

Ein weiteres Charakteristikum der zweiten Phase ist die Erschließung einer neuen binnenländischen Energiequelle. Seit dem Jahr 1945 produziert Uruguay Elektrizität aus Wasserkraft. In diesem Jahr wurde das erste Wasserkraftwerk – das *Rincón del Bonete* – ans Netz angeschlossen. Im Jahr 1960 wurde erstmals auch im zweiten Wasserkraftwerk Uruguays – dem *Baigorria* – Strom produziert. Beide Kraftwerke befinden sich am Rio Negro (Chebataroff, 1965, p. 83).

Obwohl in der Zeit der Militärdiktatur zwischen 1973 und 1985 einige Wirtschaftsreformen durchgeführt wurden, wurde die uruguayische Wirtschaft dennoch instabil und gelangte im Jahr 1981 in eine Rezession. In den Jahren 1986-87 hatte sie sich schließlich wieder erholt (Hudson et al., 1992, p. 107 ff).

Den Wirtschaftseinbruch von 1981 kann man auch am DEC(techn.)/cap deutlich erkennen. Der Pro-Kopf-Konsum der Energie für den technischen Gebrauch sank von 39 GJ/cap im Jahr 1981 auf 28 GJ/cap im Jahr 1985. Hinsichtlich der Zusammensetzung der Energieträger zeigt sich erneut, dass in Zeiten der wirtschaftlichen Krise bzw. Instabilität der Anteil der fossilen Energieträger ab- und der Anteil von Biomasse zunimmt. In absoluten Zahlen halbierte sich der DEC(techn.)/cap fossiler Energie von 32 GJ/cap im Jahr 1980 auf 16 GJ/cap im Jahr 1985 und erreichte damit einen ähnlichen Wert wie im Jahr 1949.

### **Phase 3 – 1986 bis 2002**

Nach dem Ende der Militärdiktatur im Jahr 1985 begann sich die Wirtschaft Uruguays zu erholen und es waren wieder positive Wachstumsraten zu verzeichnen. Auch der Pro-Kopf-Energieverbrauch erreichte nach 1985 relativ rasch wieder ein ähnliches Niveau wie in den Jahrzehnten davor. Aufgrund höherer Wachstumsraten als in den 1960er Jahren, ist auch in der dritten identifizierten Phase von einer neuen Wachstumsdynamik innerhalb des Energiestoffwechsels (der Energie für den technischen Gebrauch) zu sprechen. Die Zusammensetzung der einzelnen Energieträger begann sich in dieser Phase zunehmend zu verändern. Der Anteil fossiler Energie am Pro-Kopf-Energieverbrauch begann kleiner zu werden wohingegen vor allem die Kategorie HRE an Bedeutung im energetischen Stoffwechsel gewann. Während Mitte der 1970er Jahre fossile Energie noch um die 80% des DEC(techn.) ausmachten, waren es Mitte der 1980er Jahre nur noch um die 60%. Der Anteil der fossilen Energien am DEC(techn.) nahm danach wieder zu und machte 1999 76% aus. Einen deutlichen Zugewinn machte in der zweiten Phase die Gruppe der HRE, welche 2002 fast 30% ausmachte. Der zunehmende Anteil der Wasserkraft ist auf den Bau zwei weiterer Kraftwerke Ende der 1970er sowie Anfang der 1980er Jahre zurückzuführen.

Im Jahr 1974 war der Baubeginn des gemeinsamen Staudammprojektes mit Argentinien - dem *Salto Grande Dam* am *Río Uruguay*. Fertig gestellt und erstmals ans Netz angeschlossen wurde das Wasserkraftwerk im Jahr 1979. Seit der Fertigstellung werden jährlich im Durchschnitt knappe 8 000 GWh und somit 17% mehr als in der Planung vorgesehene Mengen an Strom

produziert. Das Kraftwerk produziert 7% der in Argentinien und 50% der in Uruguay konsumierten Elektrizität (Salto Grande, 2013).

Durch den zunehmenden Ausbau der Wasserkraft konnte Uruguay vor allem ab den 1980er Jahren, als schließlich das vierte Wasserkraftwerk – das *El Palmar Dam* am *Río Negro* – ans Netz ging, seine Abhängigkeit von Ölimporten reduzieren (Hudson et al., 1992, p. 131 f). Anfang der 1980er Jahre stammten noch 75% des DEC(techn.)/cap der Energie für den technischen Gebrauch aus importierten fossilen Energieträgern. Durch den Ausbau der Wasserkraft konnte dieser Anteil auf 58% im Jahr 1987 reduziert werden.

Allerdings ist das Energiesystem Uruguays durch den Ausbau der Wasserkraft auch zunehmend dem Risiko von Dürren ausgesetzt. In Folge von Dürren ist das Land wieder vermehrt auf Importe fossiler Energie und dadurch den hohen Rohölpreisen ausgesetzt (The World Bank, 2015). Beispielsweise mussten in den Jahren 1988 und 1989 in Folge schwerer Dürren Ölfeuerungsanlagen erneut temporär in Betrieb genommen werden, was schließlich zu einem Anstieg der Energiekosten führte (Hudson et al., 1992, p. 131).

Betrachtet man erneut Uruguay und Spanien im Vergleich (siehe dazu Abbildung 38), so sind in der zweiten Phase ab 1945 zwei Entwicklungsphasen zu erkennen. Hinsichtlich der Wirtschaftsleistung pro Kopf lag bis Ende der 1960er Jahre Uruguay zum Teil noch deutlich über Spanien. Hinsichtlich des DEC(techn.)/cap zeigt sich ein nahezu identischer Verlauf. Ab den späten 1960er Jahren entwickelte sich der Pro-Kopf- Energieverbrauch Uruguays nur sehr moderat, wohingegen jener Spaniens verhältnismäßig rapide anstieg. Auch in wirtschaftlicher Hinsicht überholte Spanien Uruguay Ende der 1960er Jahre, als das GDP/cap erstmals über dem Uruguays lag (Bertoni et al., 2009, p. 165).

Das Ende der dritten identifizierten Phase der Entwicklung des energetischen Stoffwechsels Uruguays bildet die Wirtschaftskrise, welche im Jahr 2001 von Argentinien ausging und die auch Uruguay zu spüren bekam. Die Krise führte zum einen zu einem Abfall des GDPs und zum anderen zu einer Reduktion des Energieverbrauchs (Energie für den technischen Gebrauch). Die Frage, ob sich diese dritte Phase zwischen 1986 und 2002 auch im DEC der gesamten Energie widerspiegelt, muss erneut verneint werden. Zwar zeigt sich eine leichte Abnahme des Anteils der Biomasse am DEC, doch von einer wirklich Veränderung in der Zusammensetzung bzw. in der Höhe des Pro-Kopf-Energieverbrauchs der gesamten Energie kann nicht gespro-

chen werden. Ebenso ist die dritte Phase nicht zu erkennen, wenn die Entwicklung der Indikatoren zum Biomassestoffwechsel betrachtet wird. Anders ist dies hingegen, wenn die letzte identifizierte Phase ab dem Jahr 2003 betrachtet wird.

#### **Phase 4 – ab 2003**

Ab ca. 2003 beginnt die nächste Phase, welche in mehrerer Hinsicht für die Entwicklung Uruguays besonders ist bzw. besonders werden könnte. Die Abgrenzung dieser vierten Phase erweist sich als etwas schwieriger, wenn der Pro-Kopf-Verbrauch der Energie für den technischen Gebrauch betrachtet wird. Bei der technischen Energie sind sowohl bei der Zusammensetzung der Energiequellen sowie der Höhe des Verbrauchs nicht von Veränderungen zu sprechen, die auf den Beginn einer Transitionsphase deuten würden. Werden hingegen die Indikatoren zum Biomassestoffwechsel (siehe dazu bspw. den DMC mit und ohne Weidebiomasse in Abbildung 18 und Abbildung 19) sowie auch der DEC der gesamten Energie (Abbildung 28) in diesen letzten Jahren des Beobachtungszeitraumes betrachtet, so ist klar zu erkennen, dass mit dem beginnenden 21. Jahrhundert eine neue Phase eingeleitet wird, die sowohl eine Veränderung in der Zusammensetzung der Biomasse- als auch der Energieflüsse mit sich bringt. Auch bezüglich der wirtschaftlichen Entwicklung wird die vierte Phase von einem davor noch nie dagewesenen wirtschaftlichen Aufschwung eingeleitet. Nach 2003 stieg das GDP innerhalb von 4 Jahren um 37% an. Zwischen 2007 und 2015 war beim GDP ein Anstieg von über 61% zu verzeichnen. Auch wenn die wirtschaftliche Entwicklung in Relation zur Bevölkerung gesetzt wird, so zeigt sich keine minder rasante Entwicklung. Zwischen 2003 und 2013 stieg das GDP/cap von knappen 7 000 \$ pro Kopf auf fast 15 000 \$ pro Kopf an und hat sich somit innerhalb von zehn Jahren mehr als verdoppelt.

Auch der DEC(techn.) stieg zwischen 2003 und 2013 rapide an, wobei im Jahr 2012 ein Peak von über 165 PJ erreicht wurde. Wird der DEC in Relation zur Bevölkerungsentwicklung gesetzt, so zeigt sich eine zunehmende Tendenz, jedoch in einem weitaus moderateren Ausmaß. Interessanter als die Entwicklung des gesamten Energieverbrauchs ist in dieser vierten identifizierten Phase die zunehmende Veränderung bei der Zusammensetzung der Energiequellen. Die Veränderung in der Zusammensetzung der Energiequellen (technische Energie) ist in den Ergebnissen der Datenarbeit, welche für die vorliegende Arbeit vorgenommen wurde, weniger zu erkennen. Aufgrund der doch verhältnismäßig kleinen Werte der „*noncombustible re-*

*newables*“ wie Wind- oder Solarenergie der Kategorie HRE und der unzureichenden Datengrundlage, wurden sie in der Energieflussrechnung für die vorliegende Arbeit nicht berücksichtigt. Darüber hinaus reicht der untersuchte Zeitraum der Datenarbeit für die vorliegende Arbeit nur bis zum Jahr 2013. Die Literaturrecherche zu den aktuellen Entwicklungen des energetischen Stoffwechsels Uruguays sowie ein Blick auf aktuellsten Energiedaten der IEA (IEA, 2017b), wiesen darauf hin, dass Uruguay vor allem in den letzten Jahren der vierten Phase zunehmend auf erneuerbare Energie setzt. Grund dafür war bzw. ist laut Jimeno (2014) zum einen die rapide zunehmende Nachfrage an Energie wie auch das Vorhaben, die Abhängigkeit von Importen fossiler Energie zu reduzieren. Anders als sein Nachbarland Argentinien forciert Uruguay nicht den Ausbau nuklearer Energie. Nach wie vor ist diese per Gesetz verboten und ist somit im energetischen Stoffwechsel Uruguays nicht vorhanden (Jimeno, 2014, pp. 1, 139, 148).

Laut Zhu (2017) befindet sich Uruguay inmitten einer strukturellen Transformation des Energiesektors – weg von fossiler und hin zu erneuerbarer Energie. Im Jahr 2014 stammten laut den Daten der IEA (2017b) bereits mehr als 90% der produzierten Elektrizität aus erneuerbaren Energien, wobei Wasserkraft den weitaus größten Anteil ausmachte. 11,1% stammten aus Biomasse und 5,6% der Elektrizität wurden aus Windenergie erzeugt. Nach dem Bau des *El Palmar Dam* am Río Negro in den 1980er Jahren wurden keine weiteren größeren Wasserkraftwerke in Uruguay gebaut (Hudson et al., 1992, p. 131 f). Auch wenn Wasserkraft noch den größten Anteil der produzierten Elektrizität ausmacht, so setzt Uruguay im Zuge der Energietransition vor allem auf den Ausbau der Windkraft. Dies zeigt sich an deren rapiden Entwicklung seit dem Jahr 2008, als die ersten Windkraftanlagen ans Netz angeschlossen wurden und 3 GWh Elektrizität erzeugten (IEA, 2016). Die rasanteste Zunahme der Elektrizitätserzeugung aus Windkraft erfolgte im Jahr 2014, als mit 733 GWh Elektrizität mehr als das 5-fache als im Jahr davor erzeugt wurde (IEA, 2016). Auch danach wurde der Ausbau der Windkraft weiter vorangetrieben. Im Jahr 2017 werden in 39 Windparks in Uruguay Elektrizität produziert (The Wind Power, 2017).

Uruguay kann durch den Ausbau erneuerbarer Energien die Abhängigkeit von Importen fossiler Energie zunehmend reduzieren. Ebenso kann durch eine wachsende Diversität der erneuerbaren Energiequellen der Anfälligkeit des Energiesektors auf Dürren und den zunehmenden Klimawandel entgegengewirkt werden.

Neben Uruguay können auch weitere kleine Nationen wie etwa Island, Paraguay oder Costa Rica als sehr fortschrittlich hinsichtlich der Energietransition hin zu erneuerbaren Energien gesehen werden (Watts, 2015). Somit kann die These von Mar Rubio und Folchi (2012), welche besagt, dass kleinere Energieverbraucher Energietransitionen schneller bestreiten, auch für die Transition vom Fossilenergie basierten Energiesystem hin zu einem System erneuerbarer Energien, umgelegt werden.

Welche Auswirkungen die unterschiedliche Ausstattung an Energieressourcen neben anderen Faktoren auf die Entwicklung eines Landes haben kann, soll im nächsten Kapitel anhand des Vergleiches von Uruguay und Neuseeland behandelt werden.

## **4.2. Vergleich mit Neuseeland**

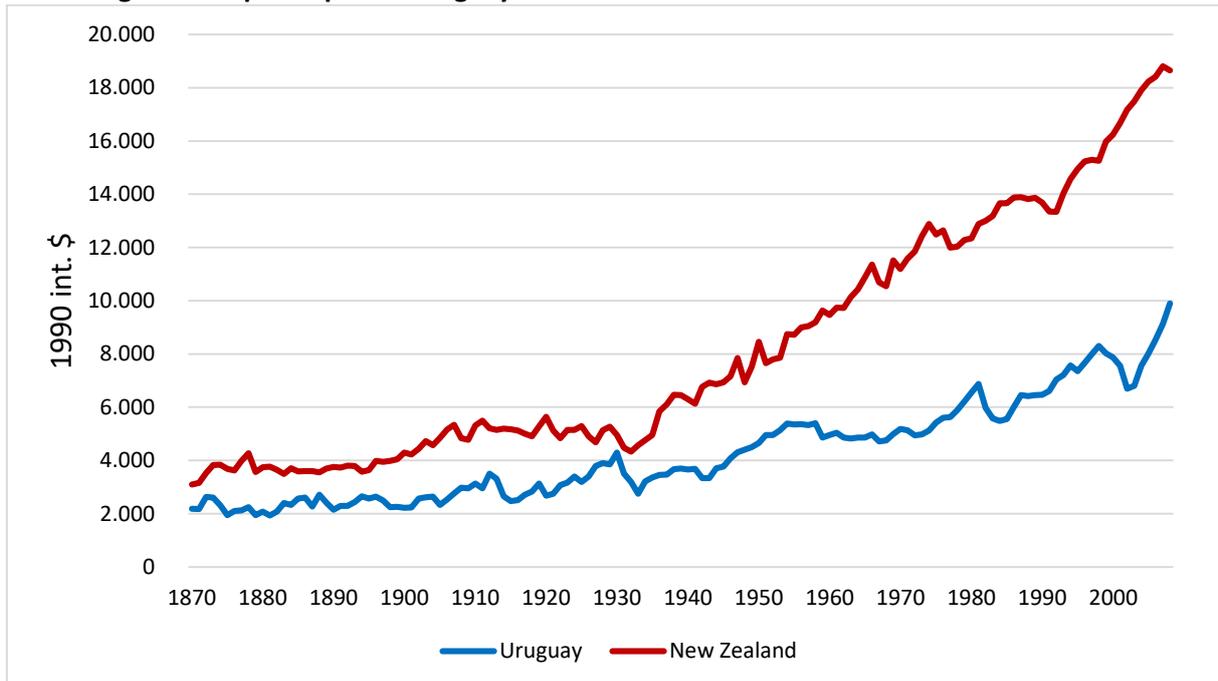
Uruguay und Neuseeland sind beides Siedlergesellschaften, charakterisiert durch einen, dank reichlich vorhandener natürlicher Ressourcen, florierenden Agrarsektor und einer verhältnismäßig geringen Bevölkerung, die sich vorrangig aus Nachkommen europäischer ImmigrantInnen zusammensetzt. Durch den Export von Agrargütern waren beide Länder sehr früh in den Weltmarkt eingebunden und konnten somit ein wirtschaftliches Wachstum erzielen, was Ende des 19. Jahrhunderts dazu führte, dass beide Länder ein höheres Pro-Kopf-Einkommen als die meisten führenden Ökonomien Europas erzielen konnten (Álvarez et al., 2011, p. 151; Bertoni and Willebald, 2015, p. 2 f). Die Entwicklung der exportorientierten Agrarsektoren beider Ländern wurde vor allem durch Kapital und Technologien aus industrialisierten Ländern, allen voran Großbritanniens, stark vorangetrieben. Die klimatischen und topographischen Gegebenheiten beider Länder eignen sich bestens für die Viehzucht mit Weidehaltung das ganze Jahr hindurch (Kirby, 1975, p. 261).

Obwohl sich Uruguay und Neuseeland hinsichtlich ihrer Landesfläche und topographischen Gegebenheiten unterscheiden, so verfügen sie dennoch über sehr ähnliche Voraussetzungen für eine agrarische Bewirtschaftung und haben beide produktive Flächen ähnlicher Größenordnung (Kirby, 1988, p. 121 ff), was einen Vergleich der Agrarsysteme beider Ländern nahelegt. Beide Länder sind zudem bekannt für ihre politische Stabilität und soziale Wohlfahrt wie beispielsweise Mindestlöhne oder kostenlose medizinische Versorgung und Bildung (Kirby, 1975, p. 262 f). Ausführliche Tabellen mit Vergleichszahlen zu den beiden Ländern finden sich u.a. bei Kirby (1975) und Kirby (1988).

Aufgrund der vielen Gemeinsamkeiten der beiden Länder, hat es im wissenschaftlichen Diskurs immer wieder vergleichende Betrachtungen der Entwicklung der beiden Länder mit unterschiedlichen Schwerpunkten gegeben. So finden sich erste Arbeiten in den 1970er Jahren wie bspw. jene von Kirby (1975), der seinen Fokus auf die Entwicklung der Agrarsysteme beider Länder legt. Nach Bertoni und Willebald (2015) findet sich auch bei Barrán und Nahum (1978) ein Vergleich beider Ökonomien. Ebenso kommt es im Werk von Denoon (1983) über die Entwicklung der Siedlergesellschaften der südlichen Hemisphäre zu einem Vergleich von Uruguay und Neuseeland. Kirby beschäftigt sich Ende der 1980er Jahre erneut mit den beiden Ländern, wobei er bei dieser Publikation den Fokus auf landwirtschaftliche Betriebe bzw. Systeme legt (Kirby, 1988). Aktuellere Studien zur Entwicklung der beiden Länder finden sich unter anderem bei Bertoni und Willebald (2015), die sich der Frage nach der Rolle der Energie in der Entwicklung der beiden Länder widmen. Álvarez und KollegInnen (2011) beschäftigen sich in ihrer Arbeit mit der Rolle von Agrarinstitutionen hinsichtlich Industrialisierungs- und Wachstumsprozessen am Beispiel von Uruguay und Neuseeland im Zeitraum 1870 bis 1940. Álvarez und Willebald (2013) gehen in ihrer Arbeit der Frage nach, wie sich unterschiedliche Systeme von Landbesitz auf Einkommensverteilung sowie auf ökonomisches Wachstum so genannter Siedlergesellschaften auswirken.

Trotz der vielen Gemeinsamkeiten der beiden Länder weisen sie dennoch Divergenzen hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Entwicklung und der Entwicklung ihrer Agrarsysteme auf. Nachstehende Grafik veranschaulicht die wirtschaftliche Entwicklung beider Länder gemessen am GDP/cap in internationalen Dollar (1990) im Zeitraum 1870 bis 2010.

**Abbildung 39: GDP pro Kopf von Uruguay und Neuseeland**



**Quelle: eigene Darstellung – Daten aus (Maddison, 2009)**

Betrachtet man die Wirtschaftsleistung pro Kopf beider Länder, so zeigt sich bis Mitte der 1930er Jahre eine ähnliche Entwicklung, wenn auch das Pro-Kopf-Einkommen Neuseelands bereits deutlich über dem Uruguays lag. Danach ist bei Neuseeland eine sehr rasant ansteigende wirtschaftliche Entwicklung zu erkennen, wohingegen sich die Wirtschaft Uruguays nur sehr moderat entwickelte. Im folgenden Teil des Kapitels soll der Frage nachgegangen werden, warum sich zwei Länder, welche hinsichtlich vieler Aspekte so ähnlich sind, sich ab einem gewissen Punkt jedoch so unterschiedlich entwickelten. Beide Länder verfügen über eine vergleichbare Bevölkerungszahl, gepaart mit einer ähnlich großen produktiven Fläche, was für beide Länder ein hohes Extraktionspotential zur Folge hat. Trotz der ähnlichen Voraussetzungen entwickelten sich jedoch auch die Agrarsysteme beider Länder ab einem gewissen Punkt sehr unterschiedlich, was wiederum Auswirkungen auf die gesamte Wirtschaftsleistung der Länder hatte.

Bertoni und Willebald (2015) kommen in ihrer Arbeit zu dem Schluss, dass die Unterschiede in der Entwicklung der beiden Ökonomien, im Sinne von Wohlstand und Produktionsstrukturen, in Neuseelands Vorkommen an Kohle gründet. Ein weiterer Grund für die unterschiedliche Entwicklung liegt nach Bertoni und Willebald and Neuseelands natürlichen Gegebenheiten, Elektrizität zu niedrigen Kosten zu produzieren. Infolgedessen waren Ende des 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Neuseeland die Entwicklung einer Milchwirtschaft,

energieintensiver Industrie sowie die effizientere Nutzung der Eisenbahn möglich. Im Gegensatz zu Uruguay spielte in Neuseeland bereits ab 1870 die Fertigungsindustrie eine zunehmend bedeutende Rolle in der Produktionsstruktur und somit konnten bereits früher andere Handelsgüter als agrarische Primärprodukte exportiert werden. Uruguay war hingegen noch auf den Export von agrarischen Primärprodukten angewiesen. Die Entwicklung hin zu verarbeiteten Exportgütern setzte in Uruguay erst nach Ende des ersten Weltkrieges ein. Durch eigene Kohlevorkommen hatte Neuseeland einen klaren Vorteil gegenüber Uruguay hinsichtlich einer industriellen Entwicklung, den Ausbau der Eisenbahn und im Zuge dieser Modernisierungsprozesse auch in der Entwicklung der Landwirtschaft. Uruguay hingegen war diesbezüglich abhängig von Importen und in Krisenzeiten wie beispielsweise Kriegen, war das Land mit Versorgungsproblemen konfrontiert. Auch hinsichtlich der Produktion von Elektrizität aus Wasserkraft ist Neuseeland aufgrund seiner Topographie, der konstanten Niederschlagsverteilung sowie großer Wasservorkommen im Vorteil. Im Jahr 1930 verfügte Neuseeland bereits über mehrere Wasserkraftwerke (Bertoni and Willebald, 2015, p. 18), wohingegen Wasserkraft erst ab dem Jahr 1945 eine Rolle im energetischen Stoffwechsel Uruguays spielte. Diese frühere Nutzung der Wasserkraft zur Erzeugung von Elektrizität in Neuseeland führte zu einem fast sechsfachen Pro-Kopf-Konsum an Elektrizität gegenüber Uruguay im Jahr 1930 (Bertoni, 2002, p. 41). Nach Bertoni und Willebald (2015) ist die weitaus frühere Entwicklung der Milchwirtschaft ein weiterer Grund für die schnellere wirtschaftliche Entwicklung Neuseelands gegenüber Uruguay. Während die Produktion von Milch in Uruguay erst ab der Mitte des 20. Jahrhunderts zunehmend an Bedeutung gewann und erst im Jahr 1992 erstmals mehr als eine Million Tonnen Milch produziert wurde (siehe Abbildung 12 in Kapitel 3.1.2. der vorliegenden Arbeit), wurden in Neuseeland bereits im Jahr 1917 mehr als 1,8 Millionen Tonnen Milch produziert (Bertoni and Willebald, 2015, p. 28). Die frühere Entwicklung einer Milchwirtschaft, einer energieintensiven Industrie wie auch die effizientere Nutzung der Eisenbahn gründete in Neuseeland in der besseren Ausstattung an Energieressourcen gegenüber Uruguay. Dies unterstreicht die zentrale Rolle, welche Energie in der Entwicklung eines sozioökonomischen Systems einnimmt.

Die unterschiedliche Ausstattung an Energieressourcen kann jedoch nicht als alleiniger Faktor für die divergierende ökonomische Entwicklung Neuseelands und Uruguays gesehen werden. Nachdem es sich bei beiden Ländern um Agrarstaaten handelt, deren Außenhandel schon früh

vom Export von Agrarprodukten bestimmt war, liegt es nahe, weitere Faktoren für die unterschiedliche Entwicklung in den Agrarsystemen auszumachen.

Nach Kirby (1973) ist ein sehr wesentlicher Unterschied der beiden Agrarsysteme deren Grad an Intensivierung, welchen er unter anderem an der produzierten Menge der Hauptagrarerzeugnisse der beiden Länder – Wolle und Fleisch – am Anteil künstlicher bzw. verbesserter Weide am Grasland, Erträge des Weizenanbaus, Nutztiere pro Hektar Weide oder verwendete Menge an Dünger festmacht. Doch sind es laut Kirby weitaus komplexere Faktoren, welche in der unterschiedlichen Entwicklung der Agrarsysteme – insbesondere deren Produktivität - und in Folge des Exportsektors beider Länder eine Rolle spielen, als rein fortschrittlichere Techniken zur Intensivierung der Landwirtschaft. Neben Kirby sehen auch Álvarez und KollegInnen (2011) die unterschiedliche Verteilung von Landbesitz und die dazugehörigen institutionellen Rahmenbedingungen Ende des 19. und am Beginn des 20. Jahrhunderts als maßgeblich für die Entwicklung der Agrarsysteme und des Industrialisierungsprozesses, der Einkommensverteilung und in Folge auch der ökonomischen Entwicklung beider Länder – auch in späterer Folge.

Sowohl Uruguay als auch Neuseeland erfuhren in der Phase der ersten Globalisierung zwischen 1879 und 1914 starke Zuwanderungsströme aus vorrangig europäischen Ländern, was in beiden Ländern ein rapides demographisches Wachstum zur Folge hatte. Innerhalb dieser Phase hat sich die Bevölkerung Uruguays mehr als vervierfacht und jene Neuseelands mehr als verfünffacht. Anders als in Neuseeland gab es in Uruguay bereits im Jahr 1870 kein freies Land mehr, wo sich ImmigrantInnen ansiedeln bzw. dieses bewirtschaften konnten. Die gesamte Landesfläche befand sich zu diesem Zeitpunkt bereits in meist privatem Besitz. Der unterschiedliche Zugang zu Land und Grundbesitz hat unterschiedliche Trends hinsichtlich der Einkommensverteilung der beiden Ökonomien zur Folge (Álvarez and Porcile, 2006, p. 5 ff). Eine gleichmäßigere Verteilung von Land in Neuseeland führte nach Álvarez und KollegInnen (2011, p. 156) zu einer größeren Menge an Menschen mit genügend Kaufkraft, um industriell hergestellte Produkte kaufen zu können, was wiederum den Industrialisierungsprozess weiter vorantrieb.

In Neuseeland wurde die Verteilung von Land unter den ImmigrantInnen rigoros von der britischen Krone kontrolliert. Die EinwanderInnen konnten nicht direkt mit der nativen Bevölkerung – den *Maoris* – verhandeln, sondern die vermittelnde Rolle hatte stets die britische Krone inne. Staatliches Land wurde nur unter besonderen Konditionen, welche die effiziente Nut-

zung von Land gewährleisten sollten, verkauft bzw. verpachtet. Im Jahr 1870 erfolgte eine administrative Reform, welche die Registrierung für Landbesitz und somit die Schaffung eines Marktes für Land erleichterte. Dadurch war es einer großen Gruppe der Bevölkerung möglich, Land zu besitzen bzw. zu pachten und dieses zu bewirtschaften. Der Staat konnte somit die Kontrolle des Landes durch einige wenige GroßgrundbesitzerInnen vermeiden (Álvarez et al., 2011, p. 156 f).

Uruguay erlebte hinsichtlich der Verteilung von Land eine sehr konträre Entwicklung. Das 19. Jahrhundert war geprägt von Instabilität in politischer und institutioneller Hinsicht. Wiederkehrende finanzielle Krisen und die fehlende Kontrolle des staatlichen Territoriums führten dazu, dass die Regierung staatliches Land verkaufte, anstelle es zu verpachten. Waren im Jahr 1830 noch 80% des Landes in öffentlicher Hand, so waren es im Jahr 1878 nur noch 25% - mit zunehmender Tendenz in Richtung Privatisierung. Der Zugang der Bevölkerung zu Land war ein äußerst konfliktreicher Prozess und die Regierung war nicht im Stande, diesen zu kontrollieren und dem Druck von Seiten der Großgrundbesitzer standzuhalten. All diese Faktoren führten zu einer zunehmenden Konzentration von Landbesitz (Álvarez et al., 2011, p. 157; Álvarez and Porcile, 2006, p. 10 f).

Álvarez und KollegInnen (2011) kommen zu dem Schluss, dass die unterschiedlichen Institutionen, welche in Uruguay und Neuseeland den Agrarsektor im Zeitraum 1870 bis 1904 regelten, sowohl eine differente Verteilung von Landbesitz sowie der Produktanteile im Agrarsektor generierten. Kommt es zu einer gleichmäßigeren Verteilung von Landbesitz und somit zu einer gleichmäßigeren Einkommensverteilung, so hat dies mehr Menschen mit einem höheren Einkommen als dem Subsistenzlevel zur Folge. Dadurch steigt wiederum die Nachfrage nach einfachen industriell gefertigten Produkten, was wiederum die industrielle Produktion profitabel macht. Im Falle Uruguays wurde durch die Konzentration des Landbesitzes auf einige wenige GroßgrundbesitzerInnen die Industrialisierung gehemmt und somit auch das ökonomische Wachstum gebremst (Álvarez et al., 2011, p. 165 f).

### **4.3. Zur Entwicklung des Agrarsystems**

Im dritten und letzten Teil der Diskussion soll auf einige besondere Entwicklungen des Agrarsystems Uruguays näher eingegangen werden. Im ersten Punkt wird näher auf die weitere Entwicklung der Verteilung von Landbesitz eingegangen. Daran anschließend wird die rapide Wachstumsdynamik in der Forstwirtschaft in den vergangenen 25 Jahren diskutiert. In Punkt

4.3.3. wird näher auf die Entwicklung der wichtigsten Haupternteerzeugnisse vom Ackerland eingegangen. Vor allem die rasante Entwicklung des Anbaus von Sojabohnen seit dem beginnenden 21. Jahrhundert wird kontextualisiert. Im letzten Punkt werden einige wichtige Entwicklungen der für das Agrarsystem Uruguays so charakteristischen Viehwirtschaft näher betrachtet und kontextualisiert.

#### **4.3.1. Landbesitz**

Die Ungleichverteilung von Landbesitz und Einkommen im Agrarsektor hat sich auch im weiteren Verlauf des 20. Jahrhunderts nach Kirby (1975) nicht geändert. Kirby macht die bestehende Verteilung von Landbesitz in einige wenige *latifundios* und viele *minifundios* verantwortlich für das langsame Wachstum des Agrarsystems Uruguays. Kirby definiert *latifundios* folgendermaßen: „the farming of a large expanse to provide high-aggregate, low-unit returns to the owner“ (Kirby, 1975, p. 267). *Minifundios* bilden das Pendant zu diesen Großfarmen und werden von Kirby wie folgt definiert: „a very small holding from which the rural family can barely subsist“ (Kirby, 1975, p. 267). Mitte des 20. Jahrhunderts waren einige wenige *latifundios* vielen *minifundios* gegenübergestellt. Zweitere machten 45% der Farmen aus, bewirtschafteten hingegen nur 1,7% des Landes. Auf der anderen Seite der Skala sind die Farmen mit mehr als 2 500 ha, welche sich über ein Drittel der gesamten Landesfläche erstrecken, jedoch nur 1,5% der Anzahl der Farmen ausmachen. Nicht nur hinsichtlich des bewirtschafteten Landes sondern auch bezüglich des Einkommens des Agrarsystems bestand nach Kirby im 20. Jahrhundert eine enorme Ungleichverteilung. In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts fielen 24% des erzielten landwirtschaftlichen Einkommens auf 6,3% der in der Landwirtschaft tätigen Familien, wohingegen 27% des Einkommens auf über 58% der Familien verteilt wurden (Kirby, 1975, p. 267 ff). Die Entwicklung hin zu einer zunehmenden Konzentration des Landbesitzes schritt auch Ende des 20. Jahrhunderts weiter voran. Mitte der 1980er Jahre waren 85% aller Farmen kleine familiengeführte Unternehmen, die jedoch nur 25% der Agrarfläche bewirtschafteten. Die *latifundistas* – die GroßgrundbesitzerInnen - auf der anderen Seite kontrollierten 75% der Agrarflächen. Die Entwicklung der ländlichen Ökonomie wurde dadurch gehemmt, dass die kleinen Familienbetriebe nur wenige bezahlte ArbeiterInnen anstellten. Bei den großen Farmen handelte es sich meist um extensive Nutztierfarmen, die wenig Arbeitskraft benötigten. Mit zunehmender Konzentration des Landbesitzes kam es schließlich zu einer zunehmenden Reduktion der Arbeitskräfte im Agrarsektor und somit auch der ländlichen Bevölkerung (Hudson et al., 1992, p. 120).

Die Konzentration von Agrarland sowie auch ein zunehmend stattfindender „foreignization processes“ (Dirven, 2014, p. 108) durch ausländische Unternehmen sind auch Ende des 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts charakteristisch für die Verteilung von Landbesitz in Uruguay. Der Gini-Index für Landbesitz – also das Maß für die (Un-)gleichverteilung von Land – nimmt in Uruguay und allen anderen *Mercosur*-Ländern sowie auch in Chile Werte zwischen 0,80 und 0,95 an, was eine sehr ausgeprägte Ungleichverteilung widerspiegelt (Dirven, 2014, p. 108). Mehr als 1,4 Millionen ha Agrarland sind in Uruguay in Besitz bzw. werden gepachtet von lediglich sieben Forstunternehmen, sechs Agrarunternehmen, einem Molkereiunternehmen sowie einem brasilianischen Unternehmer (Gateway, 2014). Die starke Konzentration des Agrarlandes wird verdeutlicht, wenn der Grundbesitz dieser 15 Unternehmen in Relation zum gesamten Agrarland Uruguays gesetzt wird. Knapp ein Zehntel der gesamten Agrarfläche Uruguays, welches Ende des 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts um die 16 Millionen ha ausmachte, liegt in der Hand dieser 15 Unternehmen.

Der Besitz durch ausländische Unternehmen lag zwischen 1970 und 2010 zwischen 4 und 8% bezüglich der Anzahl der Farmen und zwischen 8 und 10% hinsichtlich der agrarisch genutzten Landfläche. Nach Dirven (2014) macht die Agrarfläche, welche im Eigentum ausländischer Unternehmen ist, bereits 1,8 Millionen ha aus. Bei den zwei größten Agrarunternehmen handelt es sich um Forstunternehmen, welche jeweils knappe 200 000 ha bewirtschaften (Dirven, 2014, p. 117). Forstwirtschaft spielt eine immer bedeutendere Rolle im Agrarsystem Uruguays, was aufgrund der ursprünglich sehr geringen Waldfläche eine sehr außergewöhnliche Entwicklung darstellt. Die Zunahme der Waldflächen (Abbildung 5), der Extraktion von Holz (Abbildung 7) sowie der Exportflüsse von Holz- und Holzprodukten (Abbildung 16) in den letzten Jahren des 20. und vor allem ab dem beginnenden 21. Jahrhundert sind auch in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit deutlich zu erkennen. Aus diesem Grund soll in einem nächsten Punkt näher auf diese Entwicklung eingegangen werden

#### **4.3.2. Forstwirtschaft**

Während im Jahr 1908 der Waldbestand Uruguays 434 000 ha ausmachte, waren im Jahr 2014 bereits über 1,8 Millionen ha der Landesfläche mit Wald bedeckt. Aufforstungen erfolgten in zunehmendem Ausmaß vor allem ab den frühen 1990er Jahren.

Der Prozess der Aufforstung in Uruguay wurde eingeleitet durch ein Forstgesetz aus dem Jahr 1987. In den vergangenen 25 Jahren haben sich in Uruguay industrielle Holzplantagen auf Kosten von Weideflächen zur extensiven Viehhaltung ausgebreitet. Holzplantagen wurden zum

integralen Bestandteil des Landschaftsbildes, vor allem in den zentralen und nördlichen Teilen des Landes. Bei den aufgeforsteten Plantagen handelt es sich mehrheitlich um Monokulturen von Eukalyptus- und Pinienwäldern, wobei es sich für Uruguay hierbei um exotische Spezies handelt. Der Rotationszyklus der Eukalyptusplantagen umfasst 8 bis 12 Jahre für die Zellstoffproduktion und 15 bis 20 Jahre für die Produktion von Industrie- bzw. Bauholz. Pinien werden nach 18 bis 20 Jahren geschlagen (Vihervaara et al., 2012, pp. 59, 62). Die Expansion von Eukalyptus- und Pinienplantagen in den *campos* Uruguays ist eine der auffälligsten Landnutzungsänderungen. Zum einen bringen sie Möglichkeiten der wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung, zum anderen jedoch auch neue Herausforderungen in ökologischer und sozialer Hinsicht (Paruelo, 2012, p. 85). Arbeiten wie jene von Payret und KollegInnen (2009), Farley und KollegInnen (2008) oder Altesor und KollegInnen (2008) beschäftigen sich mit den Auswirkungen der Aufforstung durch Eukalyptus- und Pinienplantagen sowie der Zellulosefabriken auf die terrestrischen sowie limnischen Ökosysteme Uruguays bzw. der biochemischen und hydrologischen Konsequenzen dieser enormen Veränderungen in der Landnutzung.

Die Expansion von Eukalyptus- und Pinienplantagen in Uruguay geht Hand in Hand mit der zunehmenden Konzentration und „foreignization“ von Agrarland. So sind bspw. mehr als eine halbe Million ha der aufgeforsteten Waldfläche in Besitz von nur drei multinationalen Kooperationen. Nach Payret und KollegInnen (2009) hat die Umwandlung von Grasland in Baumplantagen eine Abnahme der *ecosystem services* zur Folge. Eine Veränderung der physiochemischen Eigenschaften des Bodens sowie eine Abnahme der Wasserverfügbarkeit haben ihrerseits wieder negative Auswirkungen auf die Biodiversität (Payret et al., 2009, pp. 177, 189). Durch die zunehmende Expansion von Eukalyptus- und Pinienplantagen entsteht eine wachsende Konkurrenz um Agrarfläche, welche vor allem die Milchwirtschaft zu spüren bekommt. Wurden im Jahr 2000 noch 1,2 Millionen ha Agrarland von der Milchwirtschaft genutzt, so waren es im Jahr 2008 nur noch knappe 850 000 ha. Auch die Anzahl der Milchfarmen hat sich von 6 500 im Jahr 2000 auf 4 500 im Jahr 2008 reduziert. Der Rückgang gründet vor allem auf dem Verschwinden von kleinen Betrieben. Gleichzeitig sind jene Farmen, die dem Druck von sinkenden Rohstoffpreisen und zunehmender Flächenkonkurrenz standhalten konnten, gewachsen (Wiener Bravo, 2011, p. 53). Die Konzentration von Landbesitz im Agrarsystem wird somit weiter vorangetrieben. Die zunehmende Flächenkonkurrenz, mit der die Milchwirtschaft konfrontiert ist, besteht nicht nur mit den expandierenden Baumplantagen sondern auch mit zunehmenden Monokulturen von Soja und Weizen (Wiener Bravo, 2011, p. 53). Aus

diesem Grund soll im nächsten Abschnitt eine weitere besondere Wachstumsdynamik, welche in Uruguay vor allem ab dem Jahr 2000 einsetzte und welche sich auch in den Ergebnissen der empirischen Arbeit deutlich zeigen, näher betrachtet werden.

### **4.3.3. Zur Entwicklung des Ackerbaus**

Ackerbau spielte gegenüber der Viehwirtschaft stets eine untergeordnete Rolle im Agrarsystem Uruguays, was verdeutlicht wird, wenn die Verteilung der Landnutzung Uruguays in Abbildung 5 betrachtet wird. Laut Hudson und KollegInnen (1992) bestand stets ein Zusammenhang zwischen dem bewirtschafteten Ackerland und den Weltmarktpreisen für Fleisch und andere tierische Produkte. Haben die Preise für Rindfleisch abgenommen, so wurde vermehrt Weizen oder Mais gepflanzt. Steigende Fleischpreise in den 1980er Jahren führten zu einer Abnahme des Ackerlandes. Nachdem der Ackerbau durch zunehmende Mechanisierung effizienter gemacht werden konnte, kam es trotz Abnahme der Anbauflächen zu keiner Ertragsminderung (Hudson et al., 1992, p. 123f). Diese von Hudson und KollegInnen genannte Abnahme der Ackerflächen lässt sich auch in den Daten zur Flächennutzung der vorliegenden Arbeit erkennen (wenn auch nur geringfügig) (siehe dazu Abbildung 5).

Wie in Abbildung 8 zur DE der Biomasse der wichtigsten Haupternteerzeugnisse vom Ackerland zu sehen ist, nahm die Extraktion von Reis in den Jahren 1985 bis 2007 höhere Werte an, als die Ernte von Weizen. Ein Großteil der produzierten Reisernte wurde exportiert. Werden die Daten der DE von Reis in Relation zu den Exportdaten gesetzt, so zeigt sich, dass in den Jahren, als es zu einem vermehrten Anbau von Reis gekommen ist (1985 bis 2007) im Durchschnitt 62% davon exportiert wurden. Der Anbau von Reis steht laut Hudson und KollegInnen (1992) in engem Zusammenhang mit der Viehwirtschaft. Für zwei Jahre wurde Reis angebaut. Anschließend wurden die Felder gemäht und für vier bis fünf Jahre von Rindern beweidet, sodass sich die Felder erneuern konnten (Hudson et al., 1992, p. 124).

Weizen wurde das ganze 20. Jahrhundert über angebaut. Die geernteten Mengen bewegten sich zwischen 1909 und 2004, mit Ausnahme von den 1950er Jahren als für einige Jahre vermehrt Weizen angebaut wurde, zwischen 200 000 und 500 000 Tonnen pro Jahr. Wird die DE in Relation zur exportierten Menge gesetzt, so zeigt sich, dass bis zu den 1960er Jahren, wenn, dann nur ein sehr kleiner Anteil der geernteten Mengen exportiert wurde. Im Jahr 1971 wurden erstmals mit knappen 100 000 Tonnen 33% der extrahierten Menge Weizen exportiert. In den darauffolgenden Jahren kam es noch selten zu größeren Exportmengen, woraus geschlossen werden kann, dass der Export von Weizen keine große Rolle im Biomassestoffwechsel

Uruguays spielte. Uruguayische Weizenfarmer konnten am internationalen Markt nicht mithalten. Der internationale Wettbewerb gewann zunehmend an Bedeutung so Hudson und KollegInnen (1992: 124), als die uruguayische Regierung im Zuge der wirtschaftlichen Liberalisierung in den 1970er Jahren die Subventionen für Weizenfarmer nicht länger ausbezahlte. Uruguay war daraufhin nicht mehr im Stande, die Versorgung des Landes mit Weizen aufrecht zu erhalten und war vermehrt auf Importe angewiesen. Die aufbereiteten Daten zu den Importflüssen der vorliegenden Arbeit zeigen, dass zwischen 1971 und 1980 im Durchschnitt jährlich fast 78 000 Tonnen Weizen importiert wurden. Der Weizenanbau begann sich zu erholen und ab dem beginnenden 21. Jahrhundert wurden größere Mengen Weizen angebaut, wie auch in Abbildung 8 der vorliegenden Arbeit zu sehen ist. Im Jahr 2011 wurden mehr als 2 Millionen Tonnen Weizen geerntet wovon 53% exportiert wurden. Der Anbau und auch der Export von Weizen spielt demnach eine zunehmend größere Rolle im Biomassestoffwechsel Uruguays. Noch bedeutender als Weizen sind seit dem beginnenden 21. Jahrhundert der Anbau und der Export von Soja. Der Anbau von Soja ist neben dem von Weizen (in geringerem Ausmaß) und der zunehmenden Aufforstung und der Entnahme von Holz eine der Hauptkomponenten eines Entwicklungsprozesses bzw. einer Wachstumsdynamik, welche seit ca. dem Jahr 2000 sowohl den agrarischen als auch den energetischen Metabolismus Uruguays zu verändern beginnen. Mit dieser Wachstumsdynamik gehen auch Veränderungen in der Landnutzung, im Sinne einer Reduktion der Weideflächen bei gleichzeitiger Zunahme des Ackerlandes sowie der Waldflächen, einher. Im folgenden Abschnitt soll daher etwas näher auf die Sojaproduktion Uruguays eingegangen werden.

Betrachtet man Abbildung 8 in Kapitel 3.1.1. der vorliegenden Arbeit, so ist ersichtlich, dass die DE von Sojabohnen bis zum Jahr 2002 keine tragende Rolle im agrarischen Stoffwechsel Uruguays spielte. Erste Daten für die Produktion von Sojabohnen finden sich in der Datenbank der FAO (2017) für das Jahr 1961, jedoch in sehr geringen Mengen. Erste merklich größere Mengen wurden Ende der 1970er Jahre geerntet, doch handelte es sich auch hierbei um Mengen geringer als 100 000 t. Eine wirklich rapide Zunahme in der Extraktion von Sojabohnen erfolgte 2003, als innerhalb eines Jahres fast die doppelte Menge des Vorjahres geerntet wurde. Im Jahr 2013 betrug die geerntete Menge schon fast 2,8 Millionen Tonnen.

Auch in Uruguays Nachbarländern Argentinien und Brasilien sowie auch in Paraguay wurde vor 1976 Soja nur in sehr geringen Mengen angebaut. Danach wurde in Uruguay, sowie auch

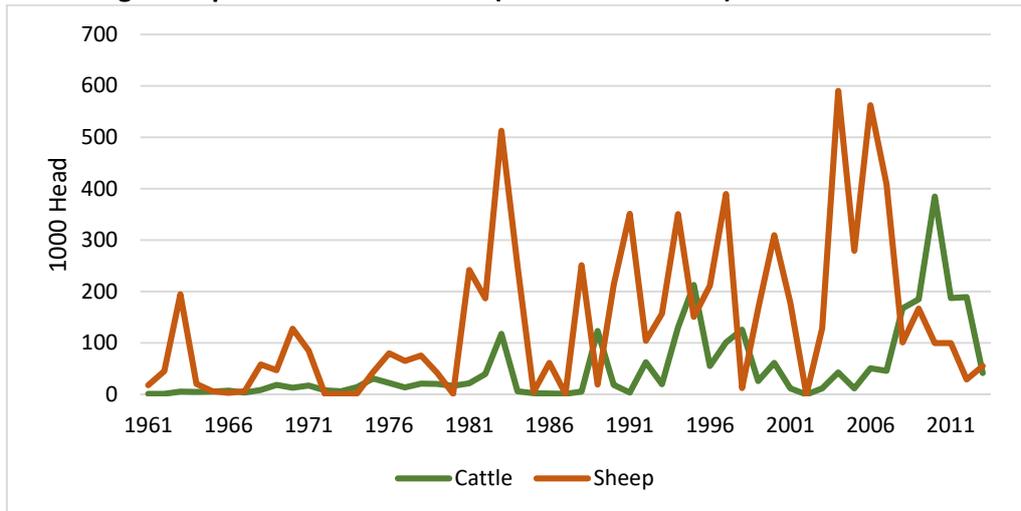
in Argentinien und Paraguay, zunehmend Weideland in Ackerland für den Sojaanbau umgewandelt. Der Anbau von Soja erfolgt in Uruguay in den *departamentos* Paysandi, Rio Negro, Soriano und Colonia westlich des Río Uruguay. Die Zunahme des Ackerlandes und der Produktion von Soja in den späten 1970er und frühen 1980er Jahren gründete vor allem in der zunehmenden Mechanisierung der Landwirtschaft. Der enorme Anstieg der Extraktion von Soja in den Erntejahren 2002 und 2003 in Uruguay resultierte aus der Einführung neuer Produktionstechnologien argentinischer Sojaproduzenten. In den darauffolgenden Jahren erfolgte eine rapide Zunahme der Sojaproduktion auf ursprünglichen Ackerflächen sowie auch auf umgewandeltem Weideland. In Uruguay, sowie in Argentinien, Brasilien und Paraguay auch, überstieg nach dem Jahr 2000 gentechnisch verändertes Soja das konventionelle Saatgut (Rocha et al., 2013, p. 5ff, 13). In Uruguay war bis zum Jahr 2000 gentechnisch verändertes Saatgut illegal (Garrett et al., 2013, p. 3). Der globale Konsum von Soja ist nach Garrett (2013) seit dem Jahr 1970 um 200 Millionen t gewachsen. Die zunehmende globale Nachfrage nach Soja, einhergehend mit der zunehmenden ökonomischen Globalisierung, reduzierten Handelsbarrieren sowie verbessertem Transport und Logistik, treiben die Produktion von Soja in Südamerika weiter voran (Garrett et al., 2013, p. 2). Bleibt die Nachfrage nach Soja auch weiterhin in dem derzeitigen Ausmaß bestehen bzw. nimmt diese weiter zu, so ist anzunehmen, dass Uruguay und auch andere Soja produzierende Länder Landnutzungsänderungen und negative ökologische Auswirkungen durch den Sojaanbau weiter in Kauf nehmen werden, solange es sich dabei um ein lukratives Geschäft handelt.

Der Ausbau der Anbauflächen für Soja und Weizen sowie die Zunahme der Waldflächen durch Aufforstungen von Eukalyptus- und Pinienplantagen in den vergangenen 15 Jahren geschieht auf Kosten von Weideflächen, wie auch bei den Ergebnissen zur Flächennutzung Uruguays deutlich zu sehen ist (Abbildung 5). Betrachtet man jedoch die Daten zum Viehbestand sowie der Erzeugung von Fleisch und anderen tierischen Produkten, so lässt sich hier keine abnehmende Entwicklung erkennen (siehe dazu Abbildung 11 und Abbildung 12). Dies deutet auf eine zunehmende Intensivierung der Viehwirtschaft. Ein weiterer Punkt, welcher für einen solchen Intensivierungsprozess spricht, ist die Zunahme des DMC von Haupternteprodukten vom Ackerland (v.a. Weizen und Soja) bei gleichzeitiger Umwandlung von Weideland in Ackerland. In folgendem Abschnitt soll daher auf die für das Agrarsystem Uruguays so charakteristische Viehwirtschaft etwas näher eingegangen werden.

#### 4.3.4. Viehwirtschaft

Betrachtet man die Rinderpopulation Uruguays in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (siehe Abbildung 11), so zeigt sich, dass diese bis ca. zum Jahr 1960 eine relativ konstante Größe von durchschnittlichen 7,7 Millionen Tieren umfasste. Die Schafspopulation unterlag im selben Zeitraum hingegen weitaus größeren Fluktuationen. So zählten die Schafsherden Uruguays im Jahr 1914 mehr als 26 Millionen Tiere und zwei Jahre danach im Jahr 1916 nur noch 11,5 Millionen, was einer Abnahme um 56% gleichkommt. Das Viehwirtschaftssystem Uruguays ist traditionell auf extensive Tierhaltung ausgerichtet und unterlag nach Hudson und KollegInnen (1992) eigentlich das gesamte 20. Jahrhundert über keinem großen Fortschritt, was sie auch am verhältnismäßig geringen Fleischertrag festmachen. In den 1970er Jahren brauchte es 26 Rinder, um eine Tonne Rindfleisch zu erzeugen. In Argentinien waren für die gleiche Menge hingegen nur 18 Rinder und in den europäischen Ländern und den USA nur 13 Rinder notwendig. Auch die Wollproduktion pro Schaf war mit 3,5 kg im Verhältnis zu den 5 kg in Australien oder Argentinien verhältnismäßig gering. In den 1960er Jahren wurde laut Hudson und KollegInnen (1992: 122) die Zucht von Schafen für die Wollproduktion zunehmend unprofitabel, was auch in der Abnahme der Schafspopulation in dieser Zeit zu sehen ist (siehe Abbildung 11). Werden jedoch die Zahlen der Wollproduktion betrachtet, welche für die vorliegende Arbeit aufbereitet wurden, so zeigt sich hierbei keine signifikante Abnahme. Zwischen den Jahren 1960 und 1969 wurden im Durchschnitt jährlich 82 000 Tonnen produziert. In den fünf Jahren davor betrug der jährliche Durchschnittswert 83 000 Tonnen. Als Grund dafür, warum sich die Wollproduktion als zunehmend unprofitabel erwies, nennen Hudson und KollegInnen (1992) die zunehmende Konkurrenz am Weltmarkt durch synthetische Fasern auf der Basis von Petroleum. Nachdem im Jahr 1973 der Ölpreis anstieg, wurde die Wollproduktion schließlich wieder attraktiver, was sich auch in einem Ansteigen der Produktionsdaten zeigt. Ebenso zeigt sich dies in einem rapiden Anstieg der Schafspopulationen von 14,7 Millionen Tiere im Jahr 1974 auf fast 27 Millionen Tiere im Jahr 1991, was einem Wachstum von 54% gleichkommt. Die Aufzucht von Schafen erfolgte jedoch nicht ausschließlich zur Wollproduktion sondern diente auch der Erzeugung von Lamm- und Hammelfleisch. Zwischen 1980 und 1991 wurden davon durchschnittlich 23% exportiert, was sich aus den Daten der vorliegenden Arbeit berechnen lässt. Die Zunahme des Exports von Schaf- und Hammelfleisch zeigt sich noch besser, wenn der Export von Lebewesen betrachtet wird (siehe Abbildung 40), welcher im Jahr 1983 bspw. fast 513 000 Tieren ausmachte.

**Abbildung 40: Export von Lebendtieren (Rinder und Schafe) zwischen 1961 und 2013**



**Quelle: eigene Berechnung**

In den 1970er Jahren kam es zu einer Zunahme der Rinderpopulation (siehe Abbildung 11) von 8,7 Millionen im Jahr 1971 auf 11,4 Millionen im Jahr 1981. Dieser Anstieg gründete in den steigenden Preisen für Rindfleisch in den 1970er Jahren. Die Aufzucht von Rindern wurde dadurch zunehmend profitabel, doch führte dies in einem nächsten Schritt zu einer gewissen Instabilität in der Viehwirtschaft. Durch die Expansion der Rinderherden Ende der 1970er Jahren kam es zu einem Preisanstieg von Weideland um das 10-fache. Farmer nahmen Kredite auf, um ihren Landbesitz zu vergrößern. Jedoch sanken die Preise für Rindfleisch und in Folge auch für Weideland. Die Farmer blieben mit Schulden zurück und waren in Folge auch gezwungen, eine große Anzahl an Tieren zu schlachten, um somit dem Konkurs entgehen zu können (Hudson et al., 1992, p. 122f). Diese Zunahme der Schlachtungen in den Jahren 1981 bis 1984 ist auch an der Abnahme der gesamten Rinderpopulation (Abbildung 11) zu erkennen. Wie an der Zunahme der Rinderpopulation vor allem ab dem Jahr 1990 zu sehen ist, hat sich die Lage der Farmer wieder gebessert. Gleichzeitig kam es ab 1992 zu einer rapiden Abnahme der Schafspopulation, von mehr als 25 Millionen Tieren im Jahr 1992 auf 8,2 Millionen im Jahr 2013. Dies bedeutet eine Abnahme um fast 70%. Eine Zunahme der Rinderpopulation ab 1990 bei gleichzeitiger Abnahme der Weideflächen (siehe Abbildung 5) und Zunahme des DMC der Haupternteprodukte vom Ackerland (siehe Abbildung 19) von 2,2 Millionen Tonnen im Jahr 1990 auf über 4 Millionen Tonnen im Jahr 2011 deuten auf eine zunehmende Intensivierung der Viehwirtschaft hin.

Aufgrund eines neuen europäischen Zollkontingents von „high quality beef“ kommt es in der Viehwirtschaft vermehrt zu einer Zufütterung von Getreide, so Bervejillo (2015). Die uruguay-

ischen *feedlots* seien jedoch nicht mit bspw. den US-amerikanischen zu vergleichen. Die Mastanlagen sind vorrangig nur für die letzten 100 bis 120 Tage vor der Schlachtung vorgesehen. Ebenso werden darin vorrangig nur Stiere gehalten. Des Weiteren kommt es zu keiner Beigabe von wachstumsfördernden Substanzen (Bervejillo, 2015, p. 10f).

Auch wenn sich somit Tendenzen einer zunehmenden Intensivierung der Viehwirtschaft zeigen, so ist dennoch die extensive Weidehaltung vorherrschend und kann weiterhin als charakteristisch für das Agrarsystem und die Landnutzung Uruguays gesehen werden.

## **5. Conclusio und Ausblick**

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den agrarischen und energetischen Metabolismus Uruguays nachzuzeichnen, um so die Entwicklung des Agrar- wie auch des Energiesystems Uruguays im gesamten 20. und beginnenden 21. Jahrhundert aus einer sozialmetabolischen Sicht untersuchen zu können. Durch eine intensive Datenrecherche und –aufbereitung war es möglich, die Biomasse und Energieflüsse zu berechnen, anhand derer wiederum versucht wurde, Phasen der Entwicklung festzumachen. Durch die Berechnung verschiedener Material- und Energieflussindikatoren konnten in Kombination mit Indikatoren zur wirtschaftlichen und demographischen Entwicklung Vergleiche mit anderen Ländern angestellt werden. Der Vergleich mit anderen Ländern anhand des DMC/cap und DEC/cap unterstrich das Bild des Agrarstaates Uruguays. Ein einfacher Vergleich des DMC/cap und DEC/cap Uruguays mit denen anderer Länder kann jedoch missgedeutet werden, da Uruguay aufgrund des enorm hohen Anteils der Kategorie der Weidebiomasse sowohl bei den Biomasse- als auch bei den Energieflüssen pro Kopf sehr hohe Werte aufweist. Wird bei der metabolischen Rate (DMC/cap) die gesamte Biomasse miteingerechnet, so zeigt sich vor allem im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts eine Abnahme um fast die Hälfte, was jedoch in einem mehr oder weniger stagnierendem DMC bei gleichzeitiger Verdoppelung der Bevölkerung gründet. Nach 1940 hat sich der DMC/cap bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes bei Werten zwischen 15 und 20 Tonnen Biomasse pro Kopf und Jahr eingependelt. Diese Werte sind doppelt bis dreimal so hoch wie jene von Brasilien (Mayer, 2010) oder den USA (Gierlinger, 2010). Global machte die konsumierte Biomasse im Schnitt mit ca. 3 bis 3,5 Tonnen pro Kopf (Krausmann et al., 2009) somit nur ein Fünftel bzw. Sechstel der Werte Uruguays aus. Ein gänzlich anderes Bild zeigt sich, wenn die Kategorie der Weidebiomasse nicht in die Berechnung des DMC miteingerechnet wird. Im ersten Drittel des beobachteten Zeitraumes ist der DMC/cap von Werten über 2 Tonnen pro Kopf und Jahr auf unter eine Tonne pro Kopf und Jahr gesunken. Danach hat sich der DMC/cap bis zum Ende

des 20. Jahrhunderts bei Werten zwischen 1,5 und knapp über 2 Tonnen eingependelt. Mit diesen Werten hat Uruguay eine ähnliche metabolische Rate für Biomasse wie etwa Japan (Krausmann et al., 2011), Österreich, Deutschland oder die Niederlande (1991) (Schandl and Schulz, 2002). Ende des 20. Jahrhunderts bzw. zu Beginn des 21. Jahrhunderts beginnt die wohl markanteste Entwicklung im Agrarsystem Uruguays. Innerhalb von nur 24 Jahren ist durch gezielte Aufforstung von Eukalyptus- und Pinienplantagen der Waldbestand von knappen 800 000 ha (1990) auf fast 2 Millionen ha (2014) angewachsen. Die Extraktion von Holz und Holzprodukten hat innerhalb dieses Zeitraumes von 1,7 Millionen Tonnen extrahiertem Holz im Jahr 1990 auf fast 7 Millionen Tonnen im Jahr 2013 zugenommen. Neben der erhofften wirtschaftlichen Entwicklung, welche die Holzplantagen bringen sollen, könnte die zunehmende Aufforstung auch in ökologischer Hinsicht als positiv erachtet werden, da es durch den vergrößerten Waldbestand zu einer Zunahme an CO<sub>2</sub>-Senken kommt. Doch bringen die Plantagen und die Zellulosefabriken auch negative ökologische Konsequenzen wie bspw. biochemische Veränderungen des Bodens oder Veränderungen des Grundwassers mit sich. Eine zunehmende Flächenkonkurrenz entsteht nicht nur durch die Aufforstung von Eukalyptus- und Pinienplantagen, sondern auch durch den zunehmenden Anbau von Soja und Weizen. Am markantesten ist die Zunahme der Extraktion von Soja, welche zwischen 2002 und 2013 von 71 000 Tonnen auf fast 2,8 Millionen Tonnen angestiegen ist. Diese rasante Zunahme um das 39-fache war vor allem durch den Einsatz von gentechnisch verändertem Saatgut möglich, welcher im Jahr 2000 legalisiert wurde (Garrett et al., 2013, p. 3). Diese markanten Veränderungen in der Landnutzung passieren auf Kosten von Weideland. Die extensive Weidehaltung von Rindern und Schafen für die Produktion von Wolle und Fleisch ist traditionell und auch heute noch charakteristisch für das Agrarsystem Uruguays, auch wenn gewisse Tendenzen einer Intensivierung der Viehwirtschaft zu erkennen sind.

Aggregierte Materialflussindikatoren, wie der DMC es ist, stellen ein geeignetes Instrument dar, um grob die materielle Entwicklung des Agrarsystems darzustellen. Der Vergleich der metabolischen Rate Uruguays mit denen anderer Länder unterstreicht die Dringlichkeit, aggregierte Indikatoren wie den DMC stets in seiner Zusammensetzung genauer zu betrachten bzw. zu kontextualisieren – vor allem dann, wenn er im Kontext nachhaltiger Entwicklung diskutiert werden soll. So liegt beispielsweise der DMC/cap Uruguays deutlich über dem Brasiliens oder der USA, doch übt die Extraktion von gegraster Weidebiomasse mit Sicherheit weniger Druck

auf die Ökosysteme aus, als dies beim Anbau von gentechnisch verändertem Soja oder Eukalyptus- und Pinienplantagen, die hochgradig mit Pestiziden und Düngermittel bearbeitet werden, der Fall ist.

Aus einem ähnlich kritischen Blickwinkel sollte auch der DEC gelesen werden. Wird die Energie der gesamten Biomasse in den DEC miteingerechnet, wie es die Konvention zur Energieflussanalyse nach Haberl (2002a) vorsieht, so weist Uruguay über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg einen äußerst hohen Pro-Kopf-Energieverbrauch auf. Auf den ersten Blick könnte man daraus schließen, dass für Uruguay auch heute noch von einem sozialmetabolischen Regime der Agrargesellschaft gesprochen werden kann, da der Anteil der biogenen Energieträger stets über dem der fossilen Energieträger lag. Wird jedoch in der Berechnung des DEC nur die Energie der Biomasse für den technischen Gebrauch berücksichtigt, so erfolgte in Uruguay die sozialmetabolische Transition von der Agrargesellschaft hin zur Industriegesellschaft bereits Anfang des 20. Jahrhunderts, als im Jahr 1926 der Anteil der fossilen Energieträger erstmals höher war als jener der biogenen Energieträger.

Betrachtet man die Ergebnisse der Literaturrecherche zur Entwicklung des energetischen Stoffwechsels Uruguays in den letzten Jahren, so zeigt sich eine Entwicklung weg von fossilen hin zu erneuerbaren Energiequellen. Somit steht Uruguay nicht nur hinsichtlich der Entwicklung seines Agrarsystems am Anfang einer neuen Entwicklungsphase, sondern auch hinsichtlich des energetischen Profils des Landes. Uruguay setzt in dieser neuen Phase vermehrt auf Windkraft, jedoch spielt Wasserkraft dennoch noch die weitaus größere Rolle. Ob daher hinsichtlich des neuen Energieregimes, welches Uruguay anstrebt, von einem nachhaltigen Energieregime gesprochen werden kann, muss hinterfragt werden. Nichts desto trotz kann angenommen werden, dass mit neuen Energiequellen und der im Falle von Uruguay damit einhergehenden, reduzierten Abhängigkeit von Energieimporten, neue Wege der Entwicklung offen stehen.

Welche zentrale Rolle Energie bzw. das Vorhandensein von Energiequellen in der Entwicklung des Agrarsystems bzw. der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung eines Landes spielt, konnte am Vergleich von Uruguay und Neuseeland verdeutlicht werden. Obwohl beide Länder hinsichtlich vieler Faktoren sehr ähnlich sind, haben sie sich dennoch ab einem gewissen Punkt sehr unterschiedlich entwickelt. Bertoni und Willebald (2015), sehen einen Grund in der unterschiedlichen Entwicklung beider Ökonomien in der Tatsache, dass Neuseeland über eigene Kohlevorkommen und bessere Gegebenheiten, Elektrizität zu erzeugen, verfügt. Ein weiterer

sehr wesentlicher Faktor hinsichtlich der unterschiedlichen Entwicklung liegt laut Álvarez and Porcile (2006) und Álvarez und KollegInnen (2011) im unterschiedlichen Zugang zu Land und Grundbesitz. Zunehmende Konzentration von Landbesitz auf einige wenige GroßgrundbesitzerInnen, das Verschwinden von kleinen Farmen, sowie der Prozess der „foreignization“ durch multinationale Kooperationen sind charakteristisch für das Agrarsystem Uruguays.

Ein möglicher Anknüpfungspunkt an die vorliegende Arbeit wäre, die Entwicklung des Grundbesitzes im Agrarsystem vor allem in den letzten Jahrzehnten des 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts näher zu untersuchen. Ebenso wäre es wichtig, einen vermehrten Fokus auf die institutionellen Rahmenbedingungen zu legen, welche die Entwicklung sowohl im Agrar- als auch im Energiesystem steuern. Wie der Vergleich mit Neuseeland zeigt, können diese Rahmenbedingungen nämlich grundlegend in der weiteren Entwicklung sein.

## 6. Literaturverzeichnis

- Adriaanse, A., World Resources Institute (Eds.), 1997. Resource flows: the material basis of industrial economies. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Altesor, A., Eguren, G., Mazzeo, N., Panario, D., Rodríguez, C., 2008. La industria de la celulosa y sus efectos: certezas e incertidumbres. *Ecol. Austral* 18, 291–303.
- Álvarez, J., Bilancini, E., D’Alessandro, S., Porcile, G., 2011. Agricultural institutions, industrialization and growth: The case of New Zealand and Uruguay in 1870–1940. *Explor. Econ. Hist.* 48, 151–168. doi:10.1016/j.eeh.2010.05.004
- Álvarez, J., Porcile, G., 2006. Institutions, the land market and income distribution in New Zealand and Uruguay, 1870-1940., in: Factor and Commodity Prices: The Performance of the Less Industrialized Economies 1870-1939. Presented at the XIV International Economic History Congress Helsinki-Finland 21-25 August 2006.
- Álvarez Kalverkamp, M., 2011. Nuclear Power in Uruguay [WWW Document]. Heinrich Böll Stift. Green Polit. Found. URL <https://www.boell.de/en/navigation/climate-energy-nuclear-power-uruguay-11701.html>
- Ayres, R.U., Kneese, A.V., 1969. Production, Consumption, and Externalities. *Am. Econ. Rev.* 59, 282–297.
- Berretta, E.J., 2006. Country Pasture/Forage Resource Profiles: Uruguay.
- Bértola, L., 2016. El PIB per cápita de Uruguay 1870-2015: una reconstrucción. Documentos de trabajo (Programa de Historia Económica y Social, Unidad Multidisciplinaria, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República).
- Bertoni, R., 2011. Energía y desarrollo: la restricción energética en Uruguay como problema (1882-2000). Universidad de la República, Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Montevideo, Uruguay.
- Bertoni, R., 2002. Economía y cambio técnico : adopción y difusión de la energía eléctrica en Uruguay: 1880-1980. (Tesis de maestría). Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias Sociales. Unidad Multidisciplinaria.
- Bertoni, R., Román, C., 2006a. Estimación y Análisis de la EKC para Uruguay en el siglo XX. XXI Jorn. Anu. Econ. Montev. 7 8 Agosto 2006.
- Bertoni, R., Román, C., 2006b. Energía y Desarrollo: La Transición Energética en Uruguay (1882-2000). *Bol. Hist. Económica* 19–31.
- Bertoni, R., Román, C., Mar Rubio, M. del, 2009. El desarrollo energético de España y Uruguay en perspectiva comparada, 1860-2000. *Rev. Hist. Ind.* 41, 161–194.
- Bertoni, R., Willebald, H., 2015. Do Energy Natural Endowments Matter? New Zealand and Uruguay in a Comparative Approach (1870-1940). Documentos de trabajo (Programa de Historia Económica y Social, Unidad Multidisciplinaria, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República).
- Bervejillo, J.E., 2015. Uruguay’s beef industry NUPI Working Paper 847. Department of International Economics.
- Central Intelligence Agency, 2017. The World Factbook [WWW Document]. URL <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/uy.html> (accessed 10.5.17).
- Central Intelligence Agency, 2016. The World Factbook [WWW Document]. URL <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/uy.html> (accessed 8.1.16).
- Chebataroff, J., 1965. Fuentes, Producción y Consumo de Energía en el Uruguay. *Rev. Geográfica* 35, 83–108.
- DGE, various years. Anuarios Estadísticos.
- Dirven, M., 2014. Land market dynamics in the Mercosur countries and Chile: a critical analytical overview., in: Gómez, S. (Ed.), The Land Market in Latin America and the Caribbean: Concentration and Foreignization. FAO, Santiago.

- Etchevers, P., 2017. Brothers of Mate [WWW Document]. welcomeuruguay.com. URL <https://www.welcomeuruguay.com/montevideo/mate-typical-riodelaplata.html> (accessed 26.6.17).
- Europäische Kommission (Ed.), 2001. Economy-wide material flow accounts and derived indicators: a methodological guide, 2000 ed. ed, Eurostat Theme 2, Economy and finance. Office for Official Publ. of the Europ. Communities, Luxembourg.
- FAO, 2017. FAOSTAT [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed 11.5.17).
- FAO, 2016. FISHSTAT [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/en> (accessed 25.11.16).
- FAO, various years. Yearbook of food and agricultural statistics. Rome.
- FAO, various years. Production yearbook. Rome.
- FAO, various years. Yearbook of food and agricultural statistics. P. 2, Trade . Rome.
- FAO, various years. Yearbook of food and agricultural statistics. P. 1, Production = Producción. Rome.
- FAO, various years. Trade yearbook. Rome.
- FAO - Yearbook of fishery statistics, various years. Yearbook of fishery statistics. Rome.
- FAO - Yearbook of Forest Products Statistics, various years. Yearbook of Forest Products Statistics. Rome.
- Farley, K.A., Piñeiro, G., Palmer, S.M., Jobbágy, E.G., Jackson, R.B., 2008. Stream acidification and base cation losses with grassland afforestation: STREAM ACIDIFICATION. *Water Resour. Res.* 44. doi:10.1029/2007WR006659
- Firebaugh, G., 1999. Empirics of World Income Inequality. *Am. J. Sociol.* 104, 1597–1630. doi:10.1086/210218
- Fischer-Kowalski, M., 2003. On the History of Industrial Metabolism, in: Bourg, D., Erkman, S. (Eds.), *Perspectives on Industrial Ecology*. Greenleaf Publishing, Midsomer Norton, pp. 35–45.
- Fischer-Kowalski, M. (Ed.), 1997. *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur: ein Versuch in Sozialer Ökologie*, Lizenzausg. ed. Overseas Publ. Association, OPA, Amsterdam.
- Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (Eds.), 2007. Socioecological transitions and global change: trajectories of social metabolism and land use, *Advances in ecological economics*. Edward Elgar, Cheltenham, UK ; Northampton, MA.
- Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., 1997. Tons, joules, and money: Modes of production and their sustainability problems. *Soc. Nat. Resour.* 10, 61–85. doi:10.1080/08941929709381009
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S., Moriguchi, Y., Schütz, H., Schandl, H., Weisz, H., 2011. Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting: State of the Art and Reliability Across Sources. *J. Ind. Ecol.* 15, 855–876. doi:10.1111/j.1530-9290.2011.00366.x
- Fischer-Kowalski, M., Weisz, H., 2008. Das industrielle sozialökologische Regime und globale Transitionen, in: von Gleich, A., Gößling-Reisemann, S. (Eds.), *Industrial Ecology: Erfolgreiche Wege Zu Nachhaltigen Industriellen Systemen*. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, pp. 181–201.
- Folchi, M., Mar Rubio, M. del, 2006. El consumo de energía fósil y la especificidad de la transición energética en América Latina, 1900-1930. III Simp. Latinoam. Caribeño Hist. Ambient. Carmona Sevilla.
- Gales, B., Kander, A., Malanima, P., Rubio, M., 2007. North versus South: Energy transition and energy intensity in Europe over 200 years. *Eur. Rev. Econ. Hist.* 11, 219–253. doi:10.1017/S1361491607001967
- Garcia, V., Colonna, P., Bouchet, B., Gallant, D.J., 1997. Structural Changes of Cassava Starch Granules after Heating at Intermediate Water Contents. *Starch - Stärke* 49, 171–179. doi:10.1002/star.19970490502
- Garrett, R.D., Rueda, X., Lambin, E.F., 2013. Globalization's unexpected impact on soybean production in South America: linkages between preferences for non-genetically modified crops, eco-certifications, and land use. *Environ. Res. Lett.* 8, 44055. doi:10.1088/1748-9326/8/4/044055

- Gateway, 2014. In Uruguay 15 companies own more than 1,400,000 ha of farm land. [WWW Document]. URL <https://www.gatewaytosouthamerica-newsblog.com/in-uruguay-15-companies-own-more-than-1400000-ha-of-farm-land/> (accessed 9.15.17).
- Gierlinger, S., 2010. Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005.
- González de Molina Navarro, M., Toledo, V.M., 2014. The social metabolism: a socio-ecological theory of historical change.
- Gurmendi, A.C., 2009. The mineral industries of Paraguay and Uruguay, in: U.S. Geological Survey Minerals Yearbook - 2006. USGS, Reston.
- Guzmán Casado, G.I., González de Molina Navarro, M. (Eds.), 2017. Energy in agroecosystems: a tool for assessing sustainability, *Advances in agroecology*. Taylor & Francis, New York.
- Haberl, H., 2006. The global socioeconomic energetic metabolism as a sustainability problem. *Energy* 31, 87–99. doi:10.1016/j.energy.2004.04.045
- Haberl, H., 2002a. Economy-Wide Energy Flow Accounting., in: Schandl, H. (Ed.), *Handbook of Physical Accounting: Measuring Bio-Physical Dimensions of Socio-Economic Activities*; MFA-EFA-HANPP. Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Division V/10, Vienna.
- Haberl, H., 2002b. Economy-wide energy flow accounting. *Soc. Ecol. Work. Pap.* 73 29–47.
- Haberl, H., 2001a. The Energetic Metabolism of Societies Part I: Accounting Concepts. *J. Ind. Ecol.* 5, 11–33. doi:10.1162/108819801753358481
- Haberl, H., 2001b. The Energetic Metabolism of Societies: Part II: Empirical Examples. *J. Ind. Ecol.* 5, 71–88. doi:10.1162/10881980152830141
- Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W., Fischer-Kowalski, M., 2007. Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104, 12942–12947. doi:10.1073/pnas.0704243104
- Haberl, H., Weisz, H., Amann, C., Bondeau, A., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., 2006. The Energetic Metabolism of the European Union and the United States: Decadal Energy Input Time-Series with an Emphasis on Biomass. *J. Ind. Ecol.* 10, 151–171. doi:10.1162/jiec.2006.10.4.151
- Hudson, R.A., Meditz, S.W., Weil, T.E., Library of Congress (Eds.), 1992. Uruguay: a country study, 2nd ed. ed, Area handbook series. Federal Research Division, Library of Congress : For sale by the Supt. of Docs., U.S. G.P.O, Washington, D.C.
- IEA, 2017a. Uruguay: Renewables and Waste for 2008 [WWW Document]. URL <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=Uruguay&product=RenewablesandWaste&year=2008> (accessed 27.5.17).
- IEA, 2017b. Uruguay: Renewables and Waste for 2014 [WWW Document]. URL <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=Uruguay&product=RenewablesandWaste&year=2014> (accessed 27.5.17).
- IEA, 2016. World energy statistics. OECD Publishing.
- IIA, 1922-. *International yearbook of agricultural statistics*. Rome.
- IIA, 1912-. *Annuaire international de statistique agricole*. Rome.
- Instituto Uruguayo de Meteorología, 2017. URL <http://meteorologia.gub.uy/ServCli/tablasEstadisticas> (accessed 20.4.17).
- IUCN, 2016. *Arctocephalus australis*: Cárdenas-Alayza, S., Oliveira, L. & Crespo, E.: The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T2055A45223529. International Union for Conservation of Nature.
- Jimeno, M., 2014. Explaining Divergent Energy Paths: Electricity Policy in Argentina and Uruguay. Freie Universität Berlin, Berlin.
- Kirby, J., 1988. Uruguay and New Zealand Paths to progress. *Rev. Geográfica* 107, 119–149.
- Kirby, J., 1975. On the Viability of Small Countries: Uruguay and New Zealand Compared. *J. Interam. Stud. World Aff.* 17, 259–280.

- Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., Lauk, C., Plutzer, C., Searchinger, T.D., 2013. Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 10324–10329. doi:10.1073/pnas.1211349110
- Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Eisenmenger, N., 2008. The Global Sociometabolic Transition: Past and Present Metabolic Profiles and Their Future Trajectories. *J. Ind. Ecol.* 12, 637–656. doi:10.1111/j.1530-9290.2008.00065.x
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., 2009. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecol. Econ.* 68, 2696–2705. doi:10.1016/j.ecolecon.2009.05.007
- Krausmann, F., Gingrich, S., Nourbakhch-Sabet, R., 2011. The Metabolic Transition in Japan: A Material Flow Account for the Period From 1878 to 2005. *J. Ind. Ecol.* 15, 877–892. doi:10.1111/j.1530-9290.2011.00376.x
- Krausmann, F., Haberl, H., 2002a. The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism: Socioeconomic energy flows in Austria 1830–1995. *Ecol. Econ.* 41, 177–201. doi:10.1016/S0921-8009(02)00032-0
- Krausmann, F., Haberl, H., 2002b. The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. *Ecol. Econ.* 41, 177–201. doi:10.1016/S0921-8009(02)00032-0
- Krausmann, F., Haberl, H., Schulz, N.B., Erb, K.-H., Darge, E., Gaube, V., 2003. Land-use change and socio-economic metabolism in Austria—Part I: driving forces of land-use change: 1950–1995. *Land Use Policy* 20, 1–20. doi:10.1016/S0264-8377(02)00048-0
- Krausmann, F., Weisz, H., Eisenmenger, N., Schütz, H., Haas, W., Schaffartzik, A., 2015. Economy-wide Material Flow Accounting Introduction and Guide Version 1.0.
- Kuskova, P., Gingrich, S., Krausmann, F., 2008. Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: An energy transition under changing political regimes. *Ecol. Econ.* 68, 394–407. doi:10.1016/j.ecolecon.2008.04.006
- Luhmann, N., 2015. *Soziale Systeme: Grundriß einer allgemeinen Theorie*, 16. Auflage. ed, Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- Maddison, A., 2009. Original Maddison Homepage [WWW Document]. URL <http://www.ggdc.net/maddison/oriindex.htm> (accessed 7.6.17).
- Manrique, P.L.P., Brun, J., González-Martínez, A.C., Walter, M., Martínez-Alier, J., 2013. The Biophysical Performance of Argentina (1970–2009): Biophysical Performance of Argentina. *J. Ind. Ecol.* 17, 590–604. doi:10.1111/jiec.12027
- Mar Rubio, M. d. M., Yáñez, C., Folchi, M., Carreras, A., 2010. Energy as an indicator of modernization in Latin America, 1890–1925. *Econ. Hist. Rev.* 63, 769–804. doi:10.1111/j.1468-0289.2009.00463.x
- Mar Rubio, M. del, Folchi, M., 2012. Will small energy consumers be faster in transition? Evidence from the early shift from coal to oil in Latin America. *Energy Policy* 50, 50–61. doi:10.1016/j.enpol.2012.03.054
- Matthews, E. (Ed.), 2000. *The weight of nations: material outflows from industrial economies*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Mayer, A., 2010. Zurück zur Fläche? Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie Brasiliens zwischen 1970 und 2005. *Social Ecology Working Paper* 118.
- MGAP, 2017. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca [WWW Document]. URL <http://www.mgap.gub.uy/> (accessed 30.5.17).
- MIEyM, 1997. *Balance Energético Nacional*. Montevideo.
- Municipio A, 2017. Refinería de La Teja [WWW Document]. URL <http://municipioa.montevideo.gub.uy/node/166> (accessed 6.7.17).
- OECD, 2012. *Die OECD in Zahlen und Fakten 2011–2012, Die OECD in Zahlen und Fakten*. OECD Publishing.
- OECD, 2008. *Measuring material flows and resource productivity: Volume 1. The OECD guide*. OECD, Paris.
- OECD/IEA, 2005. *Energy Statistics Manual*.

- Paruelo, J.M., 2012. Ecosystem services and tree plantations in Uruguay: A reply to Vihervaara et al. (2012). *For. Policy Econ.* 22, 85–88. doi:10.1016/j.forpol.2012.04.005
- Payret, C.C., Pineiro, G., Achkar, M., Gutierrez, O., Panario, D., 2009. The irruption of new agro-industrial technologies in Uruguay and their environmental impacts on soil, water supply and biodiversity: a review. *Int. J. Environ. Health* 3, 175. doi:10.1504/IJENVH.2009.024877
- Piaggio, M., Padilla, E., Román, C., 2017. The long-term relationship between CO<sub>2</sub> emissions and economic activity in a small open economy: Uruguay 1882–2010. *Energy Econ.* doi:10.1016/j.eneco.2017.04.014
- Rocha, P.J., Villalobos, V.M., Groves, M., Argentina, Ministry of Agriculture, L. and F., Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture, 2013. Comparative study of genetically modified and conventional soybean cultivation in Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay.
- Rubio, M. d. M., Folchi, M., 2012. Will small energy consumers be faster in transition? Evidence from the early shift from coal to oil in Latin America. *Energy Policy* 50, 50–61. doi:10.1016/j.enpol.2012.03.054
- Russi, D., Gonzalez-Martinez, A.C., Silva-Macher, J.C., Giljum, S., Martínez-Alier, J., Vallejo, M.C., 2008. Material Flows in Latin America: A Comparative Analysis of Chile, Ecuador, Mexico, and Peru, 1980-2000. *J. Ind. Ecol.* 12, 704–720. doi:10.1111/j.1530-9290.2008.00074.x
- Salto Grande, 2013. Salto Grande. Argentina - Uruguay. [WWW Document]. URL <https://www.salto-grande.org/> (accessed 11.8.17).
- Schandl, H., Schulz, N., 2002. Changes in the United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolism and land-use from 1850 to the present day. *Ecol. Econ.* 41, 203–221. doi:10.1016/S0921-8009(02)00031-9
- Sieferle, R.P., 2001. *The subterranean forest: energy systems and the Industrial Revolution*. White Horse Press, Cambridge.
- Sieferle, R.P., 1997. *Rückblick auf die Natur: eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt*. Luchterhand, München.
- Sieferle, R.P., Krausmann, F., Schandl, H., 2015. *Das Ende der Fläche Zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung*. Böhlau Verlag.
- Soto, D., Infante-Amate, J., Guzmán, G.I., Cid, A., Aguilera, E., García, R., González de Molina, M., 2016. The social metabolism of biomass in Spain, 1900–2008: From food to feed-oriented changes in the agro-ecosystems. *Ecol. Econ.* 128, 130–138. doi:10.1016/j.ecolecon.2016.04.017
- The Maddison-Project, 2013. New Maddison Project Database [WWW Document]. URL <http://www.ggd.net/maddison/maddison-project/home.htm>, 2013 version (accessed 7.6.17).
- The Wind Power, 2017. The Wind Power. Wind Energy Market Intelligence. [WWW Document]. URL [http://www.thewindpower.net/country\\_en\\_63\\_uruguay.php](http://www.thewindpower.net/country_en_63_uruguay.php) (accessed 6.9.17).
- The World Bank, 2017. The World Bank In Uruguay [WWW Document]. URL <http://www.worldbank.org/en/country/uruguay/overview> (accessed 9.10.17).
- The World Bank, 2015. Case Study. Mitigation the Impact of Drought on Energy Production in Uruguay. [WWW Document]. URL [http://treasury.worldbank.org/bdm/pdf/Case\\_Study/Uruguay\\_Weather\\_Derivative\\_2015.pdf](http://treasury.worldbank.org/bdm/pdf/Case_Study/Uruguay_Weather_Derivative_2015.pdf) (accessed 13.8.17).
- The World Bank Group, 2017. World Development Indicators [WWW Document]. URL <http://data-bank.worldbank.org/data/> (accessed 20.6.17)
- The World Bank Group, 2016. World Development Indicators [WWW Document]. URL <http://data-bank.worldbank.org/data/> (accessed 10.1.16)
- United Nations, 2017a. UN Comtrade Database [WWW Document]. URL <https://comtrade.un.org/> (accessed 11.5.17).
- United Nations, 2017b. *Energy Statistics Yearbook 2014*. United Nations Pubns.
- United Nations, 1952. *World Energy Supplies in Selected Years, 1929-1950.*, Statistical Papers. United Nations Publications, New York.

- United Nations Development Programm, 2016. Human development report 2015. United Nations, [S.l.].
- UNSD, 2017. Energy Statistics Database.
- Vihervaara, P., Marjokorpi, A., Kumpula, T., Walls, M., Kamppinen, M., 2012. Ecosystem services of fast-growing tree plantations: A case study on integrating social valuations with land-use changes in Uruguay. *For. Policy Econ.* 14, 58–68. doi:10.1016/j.forpol.2011.08.008
- Watts, J., 2015. Uruguay makes dramatic shift to nearly 95% electricity from clean energy. *The Guardian*.
- West, J., Schandl, H., 2013. Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean. *Ecol. Econ.* 94, 19–27. doi:10.1016/j.ecolecon.2013.06.015
- Wiener Bravo, E., 2011. The concentration of land ownership in Latin America: An approach to current problems. The International Land CoalitionThe, Rome.
- World Bank, 2006. Uruguay - Financial sector assessment. [WWW Document]. URL <http://documents.worldbank.org/curated/en/130001468125380317/Uruguay-Financial-sector-assessment> (accessed 27.9.16).
- Yáñez, C., Mar Rubio, M. del, Jofré, J., Carreras, A., 2013. El consumo aparente de carbón mineral en América Latina, 1841-2000. Una historia de progreso y frustración. *Rev. Hist. Ind.* 25–77.
- Zhu, Z., 2017. Uruguay's Energy Transition Will Make You a Believer in a Clean Energy Future. [WWW Document]. Worldwatch Inst. URL <http://blogs.worldwatch.org/uruguay-believe-clean-energy-future/> (accessed 9.6.17).

## Anhang

**Tabelle 6: Durchschnittlicher jährlicher Futterbedarf von Rindern in Lateinamerika**

1960: 3,52 (t/head and year)

1970: 3,56 (t/head and year)

1980: 3,51 (t/head and year)

1990: 3,61 (t/head and year)

2005: 3,77 (t/head and year)

Quelle: (Haberl et al., 2007; Krausmann et al., 2013, 2009)

**Tabelle 7: Wassergehalt und Brennwerte für die Biomasse Uruguays**

	Water content (%)	Gross Calorific Value (MJ/kg dry matter)
<b>Primary crops</b>		
Cereals	0,86	18,3
Roots and tubers	0,24	16,3
Sugar crops	0,18	16
Pulses	0,90	20
Nuts		25
Oil bearing crops	0,91	25
Vegetables	0,10	18,5
Fruits	0,15	20
Fibres		19,5
Spices		19
Other crops	0,90	19
Fodder Crops		18,5
<b>Grazed biomass and residues</b>		
Grass harvest	0,15	17,5
Grazed biomass	0,15	17,5
Crop residues	0,15	18
<b>Wood and wood products</b>		
Wood and wood products	0,15	19,5
Paper	0,1	19,5
<b>Animal products</b>		
Live animals	0,55	22
Meat	0,55	22
Milk	0,87	25
Eggs	0,66	30
Fats and Oils	0	40

**Tabelle 8: Wassergehalt der Biomasseprodukte des Außenhandels****FAO trade items - SITC correspondence table**

<b>Watercontent (%)</b>	<b>Item-Code (FAO)</b>	<b>Imports</b>
0,14	15	Wheat
0,12	16	Flour of Wheat
0,115	17	Bran of Wheat
0,104	18	Macaroni
0,042	19	Germ of Wheat
0,35	20	Bread
0,1	21	Bulgur, Wholemeal
0,35	22	Pastry
0,9	26	Wheat Fermented Beverage
0,14	27	Rice, Paddy
0,14	28	Rice, Husked
0,12	29	Milled/Husked Rice
0,12	31	Milled Paddy Rice
0,12	32	Rice, Broken
0,097	35	Bran of Rice
0	36	Oil of Rice Bran
0,1	37	Cake of Rice Bran
0,1	38	Rice Flour
0,9	39	Rice Fermented Beverages
0,035	41	Breakfast Cereals
0,14	44	Barley
0,14	45	Pot Barley
0,12	46	Barley, Pearled
0,12	47	Bran of Barley
0,12	48	Barley Flour and Grits
0,05	49	Malt of Barley
0,03	50	Malt Extracts
0,9	51	Beer of Barley
0,14	56	Maize
0,04	57	Germ of Maize
0,12	58	Flour of Maize
0,12	59	Bran of Maize
0	60	Oil of Maize
0,12	61	Cake of Maize
0,14	71	Rye

0,12	72	Flour of Rye
0,14	75	Oats
0,12	76	Oats, Rolled
0,14	79	Millet
0,12	80	Flour of Millet
0,14	83	Sorghum
0,12	85	Bran of Sorghum
0,14	89	Buckwheat
0,12	90	Flour of Buckwheat
0,14	92	Quinoa
0,14	97	Triticale
0,14	101	Canary Seed
0,14	103	Mixed Grain
0,12	104	Flour of Mixed Grain
0,12	105	Bran of Mixed Grain
0,14	108	Cereals nes
0,5	109	Infant Food
0,1	110	Wafers
0,12	111	Flour of Cereals
0,12	112	Bran of Cereals
0,12	113	Cereal Prep nes
0,2	114	Mixes and Doughs
0,12	115	Food Prep.Flour,Malt Ext
0,78	116	Potatoes
0,076	117	Flour of Potatoes
0,7	118	Potatoes, frozen
0,78	120	Potato Offals
0,7	121	Potato Tapioca
0,7	122	Sweet Potatoes
0,7	125	Cassava
0,1	126	Flour of Cassava
0,7	127	Cassava Tapioca
0,1	128	Cassava Dried
0,74	135	Yautia (Cocoyam)
0,74	136	Taro (Coco Yam)
0,74	137	Yams
0,75	149	Roots and Tubers nes
0,1	150	Flour of Roots and Tuber
0,1	151	Roots and Tubers Dried
0,83	156	Sugar Cane
0,77	157	Sugar Beets
0,005	160	Maple Sugar and Syrups
0,005	162	Sugar (Centrifugal, Raw)
0,005	164	Sugar Refined
0,24	165	Molasses
0,24	166	Other Fructose and Syrup
0,125	167	Sugar and Syrups nes

0,13	168	Sugar Confectionery
0,13	169	Beet Pulp, Dry
0,24	170	Bagasse
0,005	172	Glucose and Dextrose
0,005	173	Lactose
0,005	175	Isoglucose
0,1	176	Beans, Dry
0,1	181	Broad Beans, Dry
0,11	187	Peas, Dry
0,11	191	Chick-Peas
0,11	195	Cow Peas, Dry
0,11	197	Pigeon Peas
0,11	201	Lentils
0,1	205	Vetches
0,15	210	Lupins
0,1	211	Pulses nes
0,1	212	Flour of Pulses
0,1	213	Bran of Pulses
0,05	216	Brazil Nuts
0,05	217	Cashew Nuts
0,08	220	Chestnuts
0,04	221	Almonds
0,04	222	Walnuts
0,05	223	Pistachios
0,05	224	Kolanuts
0,06	225	Hazelnuts (Filberts)
0,05	226	Areca Nuts (Betel)
0,05	229	Brazilnuts Shelled
0,05	230	Cáshew Nuts Shelled
0,04	231	Almonds Shelled
0,04	232	Walnuts Shelled
0,06	233	Hazelnuts Shelled
0,05	234	Nuts nes
0,05	235	Preprd Nuts(Excl.Grnuts)
0,1	236	Soybeans
0	237	Oil of Soya Beans
0,1	238	Cake of Soya Beans
0,63	239	Soya Sauce
0,63	240	Soya Paste
0,06	242	Groundnuts in Shell
0,06	243	Groundnuts Shelled
0	244	Oil of Groundnuts
0,05	245	Cake of Groundnuts
0,01	246	Prepared Groundnuts
0,02	247	Peanut Butter
0,4	249	Coconuts
0,04	250	Coconuts, Dessicated

0,04	251 Copra
0	252 Oil of Coconuts
0,1	253 Cake of Coconuts
0,6	256 Palm Kernels
0	257 Oil of Palm
0	258 Oil of Palm Kernels
0,1	259 Cake of Palm Kernels
0,6	260 Olives
0	261 Oil of Olive
0,6	262 Olives, Preserved
0,05	263 Karite Nuts (Sheanuts)
0,8	265 Castor Beans
0	266 Oil of Castor Beans
0,07	267 Sunflower Seed
0	268 Oil of Sunflower Seed
0,1	269 Cake of Sunflower Seed
0,12	270 Rapeseed
0	271 Oil of Rapeseed
0,1	272 Cake of Rapeseed
0,6	273 Olive Residues
0	274 Oil of Olive Residues
0,05	275 Tung Nuts
0	276 Oil of Tung
0	278 Oil of Jojoba
0,05	280 Safflower Seed
0	281 Oil of Safflower
0,06	289 Sesame Seed
0	290 Oil of Sesame Seed
0,1	292 Mustard Seed
0	293 Oil of Mustard Seed
0,1	294 Cake of Mustard
0,1	295 Flour of Mustard
0,05	296 Poppy Seed
0,1	299 Melonseed
0,1	314 Cake of Kapok
0,1	329 Cottonseed
0	331 Oil of Cotton Seed
0,1	332 Cake of Cotton Seed
0,1	333 Linseed
0	334 Oil of Linseed
0,1	335 Cake of Linseed
0,05	336 Hempseed
0,1	339 Oilseeds nes
0	340 Oil of Veget Origin nes
0,1	341 Cakes of Oilseeds
0,1	343 Flour/M meal of Oilseeds
0,92	358 Cabbages

0,85	366 Artichokes
0,92	367 Asparagus
0,95	372 Lettuce
0,9	373 Spinach
0,94	388 Tomatoes
0,93	389 Tomatojuice Concentrated
0,93	390 Tomatojuice Single-Stren
0,75	391 Tomato Paste
0,87	392 Peeled Tomatoes
0,91	393 Cauliflower
0,91	394 Pumpkins, Squash, Gourds
0,95	397 Cucumbers and Gherkins
0,92	399 Eggplants
0,8	401 Chillies&Peppers, Green
0,89	402 Onions+Shallots, Green
0,89	403 Onions, Dry
0,61	406 Garlic
0,85	407 Leeks and Oth.Alliac.Veg
0,8	414 Beans, Green
0,78	417 Peas, Green
0,8	420 Broad Beans, Green
0,8	423 String Beans
0,88	426 Carrots
0,89	430 Okra
0,72	446 Green Corn (Maize)
0,72	447 Sweet Corn Frozen
0,72	448 Sweet Corn Prep. or Pres
0,9	449 Mushrooms
0,1	450 Dried Mushrooms
0,8	451 Canned Mushrooms
0,9	459 Chicory Roots
0,5	460 Veg Prod Fresh or Dried
0,7	461 Carobs
0,95	463 Vegetables Fresh nes
0,95	466 Juice of Vegetables nes
0,1	469 Vegetables Dehydrated
0,9	471 Vegetables Pr by Vinegar
0,9	472 Vegetables Prepared nes
0,9	473 Vegetables Frozen
0,9	474 Veg. in Temp Preservativ
0,9	475 Veg.Prep or Pres.Frozen
0,9	476 Homogenized Veget. Prep.
0,75	486 Bananas
0,66	489 Plantains
0,86	490 Oranges
0,88	491 Oranjucice Single-Strengt
0,88	492 Oranjucice Concentrated

	Tang.Mand.Cle-
0,87	495 ment.Satsma
0,87	497 Lemons and Limes
0,88	498 Lemonjuice Single-Streng
0,88	499 Lemonjuice Concentrated
0,88	507 Grapefruit and Pomelos
0,88	509 Grapefruitjuice Sing-Str
0,88	510 Grapefruitjuice Concentr
0,86	512 Citrus Fruit nes
0,88	513 Citrusjuice Single-Stren
0,88	514 Citrusjuice Concentrated
0,85	515 Apples
0,92	517 Ferm. Beverages Exc Wine
0,9	518 Applejuice Single Streng
0,9	519 Applejuice Concentrated
0,83	521 Pears
0,84	523 Quinces
0,85	526 Apricots
0,15	527 Dry Apricots
0,9	530 Sour Cherries
0,8	531 Cherries
0,89	534 Peaches and Nectarines
0,81	536 Plums
0,15	537 Plums, Dried (Prunes)
0,89	541 Stone Fruit nes, Fresh
0,9	544 Strawberries
0,84	547 Raspberries
0,89	549 Gooseberries
0,84	550 Currants
0,83	552 Blueberries
0,88	554 Cranberries
0,85	558 Berries nes
0,81	560 Grapes
0,18	561 Raisins
0,88	562 Grape Juice
0,88	563 Must of Grapes
0,85	564 Wine
0,75	565 Vermouths and Similar
0,8	566 Marc of Grapes
0,93	567 Watermelons
0,9	568 Cantaloupes&oth Melons
0,77	569 Figs
0,15	570 Figs, Dried
0,82	571 Mangoes
0,74	572 Avocados
0,85	574 Pineapples
0,85	575 Pineapples, Canned

0,88	576 Pineapplejuice Sing-Stre
0,22	577 Dates
0,88	580 Pineapplejuice Concentr.
0,88	583 Mango Juice
0,88	584 Mango Pulp
0,78	587 Persimmons
0,9	592 Kiwi Fruit
0,89	600 Papayas
0,85	603 Fruit Tropical Fresh nes
0,15	604 Fruit Tropical Dried nes
0,85	619 Fruit Fresh nes
0,15	620 Fruit Dried nes
0,88	622 Fruit Juice nes
0,88	623 Fruit Prepared nes
0,15	624 Flour of Fruit
0,8	625 Fruit,Nut,Peel,Sugar Prs
0,8	626 Homogen.Cooked Fruit Pre
0,8	628 Fruit Pulp for Feed
0,99	631 Waters,Ice, etc.
0,92	633 Beverages Non-Alcoholic
0,6	634 Beverages Dist Alcoholic
0,14	635 Straw, Husks
0,8	641 Alfalfa for Forage+Silag
0,88	647 Beets for Fodder
0,88	649 Swedes for Fodder
0,88	650 Leaves and Tops, Vines
0,14	651 Forage Products nes
0,14	652 Veg Products for Feed
0,25	653 Food Wastes
0,6	654 Dregs from Brewing+Dist.
0,8	655 Vegetables+Roots,Fodder
0,1	656 Coffee, Green
0,03	657 Coffee Roasted
0,03	658 Coffee Subst Cont Coffee
0,03	659 Coffee Extracts
0,03	660 Coffee Husks and Skins
0,1	661 Cocoa Beans
0,1	662 Cocoa Paste
0,1	663 Cocoa Husks+Shell
0,03	664 Cocoa Butter
0,03	665 Cocoa Powder and Cake
0,03	666 Chocolate Products nes
0,05	667 Tea
0,05	671 Mate
0,05	672 Extract Tea,Mate, Prep.
0,8	677 Hops
0,93	687 Pepper,White/Long/Black

0,8	689 Pimento, Allspice
0,05	692 Vanilla
0,05	693 Cinnamon (Canella)
0,05	698 Cloves, Whole+Stems
0,05	702 Nutmeg, Mace, Cardamons
0,05	711 Anise, Badian, Fennel
0,87	720 Ginger
0,05	723 Spices nes
0,1	767 Cotton Lint
0,1	768 Cotton Carded Combed
0,1	769 Cotton Waste
0,1	770 Cotton Linter
0,1	771 Flax Fibre Raw
0,1	773 Flax Fibre and Tow
0,1	774 Flax Tow Waste
0,1	777 Hemp Fibre and Tow
0,13	780 Jute
0,13	782 Jute-Like Fibres
0,1	788 Ramie
0,08	789 Sisal
0,1	800 Agave Fibres nes
0,1	809 Abaca (Manila Hemp)
0,1	813 Coir
0,1	821 Fibre Crops nes
0,1	826 Tobacco Leaves
0,1	828 Cigarettes
0,1	829 Cigars Cheroots
0,1	831 Tobacco Products nes
0,65	836 Natural Rubber
0,65	837 Rubber Natural Dry
0,65	839 Natural Gums
0,1	840 Compound Feed, Cattle
0,1	841 Compound Feed, Poultry
0,1	842 Compound Feed, Pigs
0,1	843 Pet Food
0,1	845 Compound Feed,Oth or nes
0,1	846 Gluten Feed and Meal
0,1	850 Feed Supplements
0,1	852 Other Concentrates, nes
0	853 Vitamins
0,1	854 Feed Additives
0,14	857 Hay Non-Leguminous
0,14	859 Hay (Unspecified)
0,1	862 Alfalfa Meal and Pellets
0,55	866 Cattle
0,55	867 Beef and Veal
0,55	868 Offals of Cattle, Edible

0	869 Fat of Cattle
0,55	870 Beef and Veal,Boneless
0	871 Cattle Butcher Fat
0,45	872 Beef Dried Salt Smoked
0,45	873 Meat Extracts
0,5	874 Sausages Beef and Veal
0,5	875 Beef Preparations
0,5	877 Homogenized Meat Prep.
0,5	878 Liver Preparations
0,87	882 Cow Milk, Whole, Fresh
0,6	885 Cream, Fresh
0,155	886 Butter of Cow Milk
0,155	887 Ghee (From Cow Milk)
0,9	888 Skim Milk of Cows
0,27	889 Whole Milk,Condensed
0,27	890 Whey, Condensed
0,88	891 Yoghurt
0,88	892 Yogurt Concentr.Or Not
0,88	893 Butterm,Curd,Acid.Milk
0,73	894 Whole Milk, Evaporated
0,73	895 Skim Milk, Evaporated
0,27	896 Skim Milk, Condensed
0,02	897 Dry Whole Cow Milk
0,02	898 Dry Skim Cow Milk
0,02	899 Dry Buttermilk
0,02	900 Dry Whey
0,4	901 Cheese (Whole Cow Milk)
0,93	903 Whey, Fresh
0,4	904 Cheese (Skim Cow Milk)
0,4	905 Whey Cheese
0,4	907 Processed Cheese
0,4	909 Prod.Of Nat.Milk Constit
0,4	910 Ice Cream and Edible Ice
0,2	920 Hides Wet-Salted Cattle
0,1	921 Hides Dry-Salted Cattle
0,1	922 Hides nes Cattle
0,2	928 Skins Wet-Salt Calves
0,1	929 Skins Dry-Salt Calves
0,1	930 Skins nes Calves
0,55	946 Buffaloes
0,55	947 Buffalo Meat
0,2	958 Hides Wet-Salted Buffal
0,1	959 Hides Dry-Salted Buffal
0,5	976 Sheep
0,5	977 Mutton and Lamb
0,5	978 Offals of Sheep, Edible
0,87	982 Sheep Milk

0,155	983 Butter+Ghee (Sheep Milk)
0,4	984 Cheese of Sheep Milk
0,1	987 Wool, Greasy
0,1	988 Wool, Scoured
0	994 Grease Incl Lanolin Wool
0,2	996 Skin Wet-Salted Sheep
0,1	997 Skin Dry-Salted Sheep
0,1	998 Skin nes Sheep
0,1	999 Skin With Wool Sheep
0,1	1002 Karakul Skins
0,1	1007 Wool Shoddy
0,1	1008 Hair Carded or Combed
0,1	1009 Wool and Hair Waste
0,5	1016 Goats
0,5	1017 Goat Meat
0,87	1020 Goat Milk
0,4	1021 Cheese of Goat Milk
0,2	1026 Skins Wet-Salted Goats
0,1	1027 Skins Dry-Salted Goats
0,1	1028 Skins nes Goats
0,1	1030 Fine Goat Hair
0,45	1034 Pigs
0,45	1035 Pigmeat
0,45	1036 Offals of Pigs, Edible
0	1037 Fat of Pigs
0,45	1038 Pork
0,45	1039 Bacon-Ham of Pigs
0,45	1041 Sausages Pig Meat
0,45	1042 Meat Preparations Pigs
0,45	1043 Lard
0,2	1045 Skin Wet-Salted Pigs
0,1	1046 Skin Dry-Salted Pigs
0,1	1047 Skin nes Pigs
0,5	1057 Chickens 1000
0,5	1058 Chicken Meat
0,5	1059 Offals Liver of Chickens
0,5	1060 Fat Liver Prep(Foie Gras
0,5	1061 Meat Canned Chicken
0,73	1062 Hen Eggs
0,73	1063 Eggs Liquid Hen
0,04	1064 Eggs Dry Whole Yolks Hen
0	1065 Fat of Poultry
0	1066 Fat of Poultry Rendered
0,5	1068 Ducks 1000
0,5	1069 Duck Meat
0,5	1072 Geese 1000
0,5	1073 Goose Meat

0,5	1074	Offals Liver Geese
0,5	1075	Offals Liver Ducks
0,5	1079	Turkeys 1000
0,5	1080	Turkey Meat
0,5	1081	Offals Liver Turkeys
0,5	1083	Pigeons Other Birds
0,5	1089	Meat of Pigeon Oth.Birds
0,73	1091	Eggs, excluding Hen
0,5	1096	Horses
0,5	1097	Horsemeat
0,5	1098	Offals of Horse
0,1	1100	Hair of Horses
0,2	1103	Hides Wet-Salted Horses
0,1	1104	Hides Dry-Salted Horses
0,1	1105	Hides Unspecified Horses
0,5	1107	Asses
0,5	1110	Mules
0,5	1126	Camels
0,5	1140	Rabbits 1000
0,5	1141	Rabbit Meat
0,5	1146	Rabbit Skins
0,5	1163	Game Meat
0,35	1164	Meat, Dried, nes
0,5	1166	Meat nes
0,5	1167	Offals nes
0	1168	Animal Oils and Fats nes
0,5	1171	Live Animals nes
0,5	1172	Meat Prepared nes
0,5	1173	Meat Meal
0,5	1181	Beehives
0,17	1182	Honey
0,1	1183	Beeswax
0,1	1185	Cocoons, Reelable
0,1	1186	Silk, Raw and Waste
0,1	1187	Cocoons, Unreelable
0,1	1195	Fur Skins
0,2	1214	Hide Wet-Salted
0,1	1215	Hide Dry-Salted
0,1	1216	Hide nes
0,1	1217	Leather Used and Waste
0,1	1218	Hair Fine Animal
0,1	1219	Hair Coarse nes
0	1221	Lard and Stearine Oil
0	1222	Degras
0	1225	Tallow
0,5	1232	Food Prepared nes
0,15	1241	Liquid Margarine

0,15	1242	Margarine + Shortening
0	1243	Fat Preparations nes
0,5	1259	Food Wastes Prep Feed
0	1274	Oils Boiled etc
0	1275	Oils Hydrogenated
0	1276	Fatty Acids Oils 431.31
0	1277	Res Fatty Subst 431.32
0,5	1293	Crude Organic Materls 29
0,5	1295	Spermaceti 431.41
0,1	1296	Waxes Veg 431.43