



BRASIL IEN

Deponiegasgewinnung und -nutzung Zielmarktanalyse 2019 mit Profilen der Marktakteure

www.german-energy-solutions.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Herausgeber

Deutsch-Brasilianische
Industrie- und Handelskammer
Rio de Janeiro

Bildnachweis

Shutterstock, <https://www.shutterstock.com/pt/>

Stand

Juli 2019

Redaktion (AHK Rio de Janeiro)

Jan Caldeira Riechers
Philipp Hahn
Natalia Chaves
Andreas Olpp

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Herausgebers.

Disclaimer

Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Genutzt und zitiert sind öffentlich bereitgestellte Informationen von Banken und Institutionen. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet der Herausgeber nicht, sofern ihm nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
Einheitenverzeichnis	IX
Währungsumrechnung	IX
Einleitung	1
1. Länderprofil Brasilien	2
1.1 Geographie.....	3
1.2 Bevölkerung, Bildung & Konsum	4
1.3 Politischer Hintergrund.....	4
2. Infrastruktur, Wirtschaft & Entwicklung	5
2.1 Wirtschaftsbeziehungen zu Deutschland	8
2.2 Investitionsklima und Förderung	9
2.3 Rahmenbedingungen für den Markteintritt	10
3. Der brasilianische Energiesektor	13
3.1 Primärenergieverbrauch und Stromerzeugung.....	13
3.2 Der Erdgassektor	14
3.3 Die Rolle von Biogas und Deponiegas	20
4. Rahmenbedingungen für Deponiegas	21
4.1 Die Abfall- und Deponiewirtschaft.....	21
4.1.1 Abfallaufkommen	21
4.1.2 Abfallentsorgung	22
4.1.3 Zusammensetzung des Abfalls und des daraus entstehenden Biogases	24
4.1.4 Zusammensetzung des Deponiegases	25
4.2 Rechtlicher Rahmen des Deponie- und Biogasmarktes	25
4.2.1 Abfallwirtschaft	25
4.2.2 Reduzierung von Treibhausgasemissionen	27
4.2.3 Einspeisung von Deponiegas ins Gasnetz.....	28
4.2.4 Einspeisung von Strom aus Biogasanlagen	30
5. Die Projektopportunität(en)	32
5.1 Technisches Potenzial von Deponiegas	32
5.2 Vermarktungsmöglichkeiten für Deponiegas	34
5.2.1 Verstromung und Einspeisung ins Stromnetz.....	35

5.2.2 Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung ins Gasnetz	40
5.2.3 Aufbereitung zu Biomethan, Abtransport mit LKW und Direktverkauf an Kunden	43
5.2.4 Transport per Pipeline zu nahe gelegenen Abnehmer (z.B. Industriekunde).....	45
5.2.5 Fazit zu den Vermarktungsmöglichkeiten	45
5.3 Wirtschaftliches Potenzial von Deponiegas.....	46
5.4 Elemente des deutschen Konsortiums	47
5.4.1 Verbesserung der Abfallzusammensetzung durch Vorsortierung des Abfalls (Optional)	48
5.4.2 Verbesserte Deponieflächenausnutzung durch Stabilisierung der Hänge und Geometrie-Optimierung.....	49
5.4.3 Verbesserung der Deponiegas-Genese und Senkung der Nachsorgezeit durch Sickerwasser-Reinfiltration.....	49
5.4.4 Verbesserung der Deponiegas-Genese durch optimierte Gasfasssysteme und Vakuum-Motoren.....	49
5.4.5 Verbesserung der Deponiegasqualität durch Echtzeit-Datenmanagement und Automatisierung der Gasbrunnen	50
5.4.6 Upgrading zu Biomethan	50
5.4.7 Kompression des Biomethans.....	50
5.4.8 Verstromung und energetische Nutzung der Abwärme (Optional).....	51
5.4.9 Projektentwicklung (Optional)	51
5.4.10 Investition (Optional).....	51
5.4.11 Generalunternehmer/EPCLer	51
5.4.12 O&M (Optional).....	51
5.5 Ansatzpunkt für die Geschäftsentwicklung des Konsortiums.....	51
6. Fazit	53
7. Marktakteure im Deponiegassektor.....	54
7.1 Organisationen.....	54
7.2 Verbände	54
7.3 Unternehmen im Bereich der Nutzung von Deponiegas.....	55
7.4 Deponiebetreiber	56
7.5 Standortagenturen, Beauftragte für Auslandsinvestitionen, Beratungsunternehmen, Forschungsinstitute und sonstige Multiplikatoren	56
7.6 Bereits in Brasilien tätige Unternehmen aus der Deponiegasbranche	57
8. Quellen- und Literaturverzeichnis	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Brasilien „in a nutshell“	2
Tabelle 2: Wirtschaftswachstum (%)	6
Tabelle 3: Handelsbilanz Brasilien - Deutschland in 2018	8
Tabelle 4: SWOT-Analyse Brasilien	10
Tabelle 5: Geschäftsoptionen und ihre Voraussetzungen auf dem brasilianischen Markt	12
Tabelle 6: Durchschnittliche Endkundenpreise im Gasmarkt, Liefermonat Januar 2019	19
Tabelle 7: Entsorgung von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017, unterteilt nach Typ der Deponie und nach Region, in [t/d]	23
Tabelle 8: Entsorgung von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017, Anzahl der Gemeinden, geordnet nach Typ der Deponie und nach Region	24
Tabelle 9: Zusammensetzung von Biogas	25
Tabelle 10: Plan zur Umwandlung von Müllhalden in geordnete Deponien	26
Tabelle 11: Spezifikationen gemäß ANP-Resolução de No. 685/2017 zur Einspeisung von Biogas	29
Tabelle 12: Anforderungen, um als Endkunde im Mercado livre zu agieren	30
Tabelle 13: Unterschiede im Strommarkt zwischen Mercado livre und Mercado cativo	30
Tabelle 14: Potenzial von Biogas auf geordneten Deponien in Brasilien	33
Tabelle 15: Potenzial und Ist-Nutzung von Erdgas und Biogas in Brasilien	33
Tabelle 16: Richtwerte für notwendige Abfallmengen zur Stromproduktion	35
Tabelle 17: Geordnete Deponien mit Stromerzeugung der Firma Solvi in Brasilien	37
Tabelle 18: Geordnete Deponien mit Stromerzeugung der Firma Estre in Brasilien	37
Tabelle 19: Stromerzeugungsprojekte der Firma Asja in Brasilien	38
Tabelle 20: Zwei Varianten des Geschäftsmodells der Firma Asja	38
Tabelle 21: Stromerzeugungsprojekte der Firmen Arcadis/JMalucelli in Brasilien	39
Tabelle 22: Geschäftsmodell der Firmen Arcadis/JMalucelli	40
Tabelle 23: Technische Eckdaten der Biomethaneinspeisung der Deponie Caucaia in Ceará	41
Tabelle 24: Vergleich der versch. Varianten zur Nutzung des Biogases auf Deponien	46
Tabelle 25: Regierungs-Organisationen relevant für den Biogas- und Abfallsektor	54
Tabelle 26: Private Verbände, Institute und Organisationen im Biogas- und Abfallsektor	54
Tabelle 27: Unternehmen im Bereich der Nutzung von Deponiegas	55
Tabelle 28: Ausgewählte private Betreiber geordneter Deponien und Abfallzentren	56
Tabelle 29: Standortagenturen	56
Tabelle 30: Deutsche Unternehmen der Deponiegasbranche in Brasilien	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Topographie und Lage Brasiliens.....	3
Abbildung 2: Verteilung des BIPs (2015) und der Bevölkerung (2017) nach Regionen in Brasilien	6
Abbildung 3: Wirtschaftliches Profil der Bundesstaaten	7
Abbildung 4: Kursverlauf der Landeswährung Real in den letzten 5 Jahren	7
Abbildung 5: Wirtschaftliche Entwicklung Brasiliens 2016 bis 2018	10
Abbildung 6: Zusammensetzung Primärenergieverbrauch: Brasilien 2017 vs. Deutschland 2018.....	13
Abbildung 7: Veränderung der Zusammensetzung des Primärenergieverbrauchs in Brasilien, 2008 vs. 2017.....	14
Abbildung 8: Veränderung der Zusammensetzung der Stromerzeugung in Brasilien, 2008 vs. 2017	14
Abbildung 9: Erdgasaufkommen in Brasilien 2008 - 2017	15
Abbildung 10: Erdgasverbrauch in Brasilien 2008 - 2017.....	16
Abbildung 11: Erdgasverbrauch Inland Brasilien 2017, unterteilt nach Sektoren.....	16
Abbildung 12: Erdgasfernleitungsnetz in Brasilien, Stand 2017	17
Abbildung 13: Übersicht über Distributoren im Erdgassektor in Brasilien.....	18
Abbildung 14: Erdgaspreis von Petrobras an die Distributoren.....	19
Abbildung 15: Aufkommen von Siedlungsabfällen in Deutschland und Brasilien, 2010 – 2017.....	21
Abbildung 16: Aufkommen von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017 (78,4 Mio. t/Jahr) nach Regionen.....	22
Abbildung 17: Entsorgung von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017, unterteilt nach Typ der Deponie und nach Region, in [%]	23
Abbildung 18: Abfallzusammensetzung Brasilien 2017	24
Abbildung 19: Methodik zur Herleitung der Projektopportunität	32
Abbildung 20: Vermarktungsmöglichkeiten für Deponiegas	34
Abbildung 21: Schritte der Aufbereitung des Biogases zu Biomethan	42
Abbildung 22: Elemente des Konsortiums	47
Abbildung 23: Engerer & erweiterter Kreis des Konsortiums	48
Abbildung 24: Wertschöpfungstiefe des Konsortiums	52

Abkürzungsverzeichnis

AHK	Auslandshandelskammer
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica <i>Nationale Regulierungsbehörde für Strom</i>
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis <i>Nationale Regulierungsbehörde für Erdöl, Erdgas und Biomasse</i>
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BRIC	<i>Gruppe von vier Schwellenländern: Brasilien, Russland, Indien und China</i>
BRL	<i>Brasilianischer Real (seit 1994 in Brasilien gültige Währung)</i>
CAPEX	Capital expenditures Investitionsausgaben
CDM	Clean Development Mechanism <i>Weltweites Programm der Vereinten Nationen zur Reduzierung von Treibhausgasen</i>
CER	Certified Emission Reduction <i>Zertifikate für erreichte Emissionsreduktionen im Rahmen des CDM-Programms</i>
CNG	Compressed Natural Gas <i>Komprimiertes Erdgas</i>
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos <i>Abfallverarbeitungszentrum</i>
E&P	Exploration & Production <i>Exploration und Förderung von Erdöl und Erdgas</i>
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas <i>Energieplanungsbehörde</i>
GNR	Gás Natural Renovável <i>Gas aus erneuerbaren Quellen</i>
GWP	Global Warming Potential <i>Treibhauspotenzial</i>
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis <i>Brasilianisches Forschungsinstitut im Bereich Erdöl, Erdgas und Biomasse</i>
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo <i>Clean Development Mechanism (CDM)-Programm der Vereinten Nationen</i>
NCG	Net Connect Germany <i>Deutscher Marktgebetsbetreiber im Gasmarkt</i>
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
LNG	Liquified Natural Gas Flüssigerdgas
NGL	Natural Gas Liquids Erdgaskondensate
PBO	Plan-Build-Operate <i>Geschäftsmodell bestehend aus Planung, Bau und Betrieb einer Anlage</i>

PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos <i>Nationales Gesetz für Siedlungsabfälle</i>
PPI	Programa de Parcerias de Investimentos <i>Konzessions- und Privatisierungsprogramm</i>
PSL	Partido Social Liberal <i>Sozial-Liberale Partei Brasiliens</i>
PT	Partido dos Trabalhadores <i>Arbeiterpartei Brasiliens</i>
RSU	Resíduos sólidos urbanos <i>Feste Siedlungsabfälle</i>
SISBACEN	Sistema de Informações Banco Central <i>Informationssystem der brasilianischen Zentralbank</i>
ToP	Take-or-pay <i>Vertragstyp, bei dem der Abnehmer eine festgelegte Mindestmenge bezahlen muss, unabhängig davon, ob er diese abgenommen hat oder nicht</i>
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica <i>Entgelt für die Nutzung des Distributionsnetzes</i>
TUST	Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão <i>Entgelt für die Nutzung des Transmissionsnetzes</i>

Einheitenverzeichnis

GWh	Gigawattstunde	1 TWh $\approx 1 \times 10^6$ kWh
TWh	Terawattstunde	1 TWh $\approx 1 \times 10^9$ kWh
PJ	Petajoule	1 PJ $\approx 1 \times 10^{12}$ kJ $\approx 0,277$ TWh
MW	Megawatt	1 MW ≈ 1.000 kW
t	Tonne	1 t ≈ 1.000 kg
toe	Tonnen Öleinheit bzw. Oil-Equivalent	1 toe ≈ 41.868 GJ

Währungsumrechnung

Wechselkurs:	1 US\$	1 EUR ¹
Stand: 11.06.2019	3,87 BRL	4,37 BRL

Leitzinssatz (Taxa SELIC, Stand: 01.06.2019): 6,5%²

¹ Banco Central do Brasil (2019d)

² Banco Central do Brasil (2019f)

Einleitung



Die vorliegende Studie wurde im 2. Quartal 2019 von der Deutsch-Brasilianischen Industrie- und Handelskammer Rio de Janeiro (AHK-RJ) erstellt, um deutschen Unternehmen mit Interesse am brasilianischen Markt einen Überblick zum Marktgeschehen in Brasilien zu ermöglichen und eine Entscheidungshilfe an die Hand zu geben.

Für potenzielle Markteintritte sind Kenntnisse zu politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen unentbehrlich, da diese volatil sind als in Deutschland üblich. Eine fundierte Marktanalyse ist unerlässlich. Ziel dieser Marktanalyse ist es, Chancen und Hindernisse für den Markteintritt deutscher Unternehmen aus dem Sektor Deponiegas im brasilianischen Markt zu analysieren. Sie nimmt dabei Bezug zu wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen. Ihr Schwerpunkt liegt auf dem Thema der kommerziellen Nutzung des auf Deponien entstehenden Biogases.

Zu diesem Zwecke enthalten Kapitel 1 und 2 wichtige allgemeine Informationen zum Zielmarkt Brasilien im Hinblick auf wirtschaftliche und politische Hintergründe. Darüber hinaus wird im dritten Kapitel die Struktur des Energiemarktes beschrieben und hierbei ein Fokus auf den Gasmarkt als relevanten Zielmarkt für das Deponiegas gelegt. Darauf aufbauend werden in Kapitel 4 gezielt der Abfallsektor und die sich daraus ergebenden technischen Potenziale an Deponiegas samt seiner gesetzlichen Rahmenbedingungen, Chancen und Risiken, welche sich für deutsche Unternehmen ergeben, erläutert. Der darauffolgende Teil gibt einen Überblick über die für den brasilianischen Markt relevanten Akteure und enthält grundlegende Kontaktdaten zu bereits am Markt aktiven Unternehmen, Verbänden und politischen Instanzen.

1. Länderprofil Brasilien

Tabelle 1: Brasilien „in a nutshell“

BRASILIEN	
	
Hauptstadt	Brasília
Amtssprache	Portugiesisch
Währung	Brasilianischer Real (BRL)
Koordinaten	15.7833° S, 47.8677° W
Gesamtfläche	8.515.770 km ²
Bevölkerung	208,5 Mio. (08/2018) ³
Bevölkerungswachstum	+0,82% (2018) ⁴
BIP (nominal in US\$)	1.867.910,35 Mrd. (2018) ⁵
BIP pro Kopf (US\$)	8.959,02 (2018) ⁶
Ausländische Direktinvestitionen (US\$)	59 Mrd. (2018) ⁷
Wachstum BIP (%)	+1,12 (2018) ⁸

³ IBGE (2019^a)

⁴ IBGE (2019^a)

⁵ Banco Central do Brasil (2019^a)

⁶ Banco Central do Brasil (2019^b)

⁷ Banco Central do Brasil (2019^c)

⁸ Banco Central do Brasil (2019^a)

1.1 Geographie

Die Föderative Republik Brasilien (*República Federativa do Brasil*) liegt an der Ostküste Südamerikas zwischen dem 5. und dem 33. Breitengrad. Das Land grenzt an alle Länder Südamerikas mit Ausnahme von Chile und Ecuador. Brasilien ist mit einer Fläche von 8,5 Mio. km² das größte Land Lateinamerikas. Das Land ist größer als die Europäische Union, fast so groß wie das europäische Festland und nimmt 47% der Fläche des südamerikanischen Kontinents ein. Die Küstenlinie Brasiliens ist 7.367 km lang.⁹

Das Landesklima ist aufgrund der Differenzen zwischen tropischen und subtropischen Regionen sehr unterschiedlich: trocken im Zentrum, tropisch im Amazonasbecken und an den Küsten, subtropisch im Süden. Brasilien weist geringe jahreszeitliche Temperaturschwankungen auf. Nur der Süden hat ein gemäßigteres Klima mit kalten Temperaturen im Winter und gelegentlichen Schneefällen auf den Bergen.¹⁰

Abbildung 1: Topographie und Lage Brasiliens



Quelle: weltkarte.com (2018)

Brasilien hat eine Bevölkerung von ca. 208,5 Mio. Menschen mit einem jährlichen Bevölkerungswachstum von ca. 0,82%. Die Einwohnerdichte beträgt 25,00 E/km² (Stand: 2018) und die Mehrheit lebt in den Großstädten der Küstenregion. Das Land gliedert sich in 27 Verwaltungseinheiten bestehend aus 26 Bundesstaaten und dem Bundesdistrikt Brasília.

Das Land wird in fünf geographische Regionen unterteilt:

- Der Norden umfasst 45% der Fläche Brasiliens – ist jedoch am wenigsten besiedelt und industrialisiert. Zu dieser Region gehören die Bundesstaaten *Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Amapá, Tocantins, Acre*.
- Im Nordosten, bestehend aus den Bundesstaaten *Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe* und *Bahia*, wohnt ca. ein Drittel der brasilianischen Bevölkerung.
- Der Mittlere Westen (*Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás* und der *Bundesdistrikt*) ist reich an Rohstoffen und dünn besiedelt.
- Der Südosten (*Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais* und *Espírito Santo*) mit den Megastädten (inkl. Umland) *São Paulo* (ca. 21,4 Mio. Einwohner; Stand: 2017)¹¹ und *Rio de Janeiro* (ca. 12,3 Mio. Einwohner; Stand: 2017)¹² hat die größte Bevölkerungszahl und -dichte. Diese Region ist das wirtschaftliche Zentrum Brasiliens. Der Bundesstaat *São Paulo* ist außerdem der größte deutsche Industriestandort außerhalb von Deutschland.
- Der Süden mit den drei Bundesstaaten *Paraná, Santa Catarina* und *Rio Grande do Sul* ist die kleinste Region und stark von deutscher bzw. italienischer Einwanderung geprägt.¹³

⁹ KPMG (2013)

¹⁰ IBGE (2014)

¹¹ AHK Rio de Janeiro (2017b)

¹² AHK Rio de Janeiro (2017b)

¹³ AHK Rio de Janeiro (2016a)

1.2 Bevölkerung, Bildung & Konsum

Die brasilianische Gesellschaft ist sehr vielfältig in Bezug auf Kultur, Ethnien, soziale Schichtung und (Aus-) Bildungsniveau. Die Analphabeten-Quote lag 2017 bei ca. 7,0%.¹⁴ Die Bedingungen an öffentlichen Schulen sind oftmals schlecht. Lehrer werden schlecht bezahlt und haben teils selbst kein Studium abgeschlossen.¹⁵ Die meisten Angehörigen der Mittel- und Oberschicht schicken ihre Kinder deshalb auf private Schulen.¹⁶

Laut Studien der Bank Bradesco und des Consulting-Unternehmens LCA haben trotz der abklingenden Rezession in den letzten Jahren und der Erholung des Arbeitsmarktes die Einkommensklassen A (Familieneinkommen von über 11.001 R\$) und B (Familieneinkommen von über 7.278 R\$) zuletzt an Präsenz verloren. Die Studien deuten an, dass insgesamt ca. 900.000 Personen die Einkommensklassen A und B verlassen und sich auf die Einkommensklassen C (Familieneinkommen von über 1.819 R\$) und D (Familieneinkommen von über 1.100 R\$) verteilt haben. So macht die Einkommensklasse A mit 10,3 Mio. Personen derzeit nur noch 4,9% und die Einkommensklasse B 5,3% der Bevölkerung aus.¹⁷

1.3 Politischer Hintergrund

Brasilien wurde von 1964 bis 1985 durch eine Militärjunta regiert. Diese Zeit war geprägt von Menschenrechtsverletzungen an Regimekritikern und staatlichen Großprojekten zur Entwicklung von Land und Wirtschaft. Die wirtschaftliche Entwicklung wurde dominiert durch Bauprojekte wie Straßen und Wasserkraftwerke sowie ein Nuklearenergieprogramm. Zu den Folgen der Militärregierung zählten hohe Staatsschulden, Inflation und Innovationsstau. Seit seiner Verfassung von 1988 ist Brasilien eine föderale präsidentielle Republik mit 26 politisch autonomen Bundesstaaten und dem Bundesdistrikt Brasília sowie 5.570 Kommunen.¹⁸ Die Legislative besteht aus einem Parlament mit zwei Kammern, dem Bundessenat und dem Abgeordnetenhaus, das 513 Abgeordnete umfasst. Die Senatoren werden auf acht Jahre direkt gewählt, im Gegensatz dazu werden die Abgeordneten durch ein „personalisiertes Verhältniswahlrecht“ nur für eine Legislaturperiode von vier Jahren bestimmt. In Brasilien herrscht Wahlpflicht für Personen zwischen dem 18. und dem 70. Lebensjahr, jedoch besteht ein Wahlrecht bereits ab dem 16. Lebensjahr. Der Präsident ist sowohl Staatsoberhaupt als auch Regierungschef, ernennt sein eigenes Kabinett und wird alle vier Jahre mit einer absoluten Mehrheit vom Volk gewählt. Sollte diese Mehrheit nicht im ersten Wahlgang erreicht werden, kommt es zu einer Stichwahl zwischen den beiden führenden Kandidaten. Dies gilt auch für die Gouverneure der Bundesstaaten, die zum gleichen Zeitpunkt gewählt werden.¹⁹ Die Judikative wird vom Präsidenten durch die Ernennung der Richter des Obersten Gerichts auf Lebenszeit bestimmt.²⁰

Im Jahr 1992 trat der damals erwählte Präsident Fernando Collor de Mello noch vor Abschluss des Amtsenthebungsverfahrens infolge von Korruptionsvorwürfen von seinem Amt zurück. Sein Vizepräsident Itamar Franco übernahm das Amt. 1993 konnte die Bevölkerung Brasiliens in einem Referendum über die Wiedereinführung der Monarchie entscheiden. Die Wahl fiel dabei eindeutig auf die Republik. 1994 wurde eine umfassende Währungsreform beschlossen und der Real-Plan eingeführt, der vorerst die Hyperinflation beendete. Der populäre Finanzminister Fernando Henrique Cardoso wurde deswegen zum Präsidenten gewählt. Zur Sanierung des Haushalts beschloss das Parlament die Privatisierung von Staatsmonopolen, die inländische Staatsverschuldung war vorher durchschnittlich um 24,8% pro Jahr gewachsen.²¹

Von 2003 bis 2011 war Luiz Inácio Lula da Silva von der Arbeiterpartei Partido dos Trabalhadores (PT) Präsident Brasiliens. Die Wirtschaft profitierte unter anderem auch von den damals hohen Rohstoffpreisen und wuchs zu Amtszeiten Lulas um 35,45%. Seit 2018 sitzt Lula wegen Korruptionsvorwürfen eine zwölfjährige Haftstrafe ab.

¹⁴ IBGE (2019b)

¹⁵ AHK Rio de Janeiro (2016a)

¹⁶ AHK Rio de Janeiro (2016a)

¹⁷ Valor Econômico (2019b)

¹⁸ KAS (2018a): Brasilien auf einen Blick.

¹⁹ Bpb (2014): Brasiliens politisches Spiel.

²⁰ KAS (2018a): Brasilien auf einen Blick.

²¹ Banco Central do Brasil (2019e)

2011 wurde Dilma Rousseff die erste Präsidentin Brasiliens. Im Juni 2013 brachen landesweite Proteste aus, die sich gegen die Ausrichtung der Fußballweltmeisterschaft 2014, Korruption und soziale Missstände richteten. Auf die größten Unruhen seit dem Ende der Militärdiktatur reagierte Präsidentin Rousseff mit dem Versprechen eines „großen Pakts“ für ein besseres Brasilien. Nach einem Amtsenthebungsverfahren verlor Rousseff jedoch am 31. August 2016 das Regierungsamt. Vizepräsident Michel Temer übernahm daraufhin die Regierung, litt aber genau wie Rousseff an massivem Popularitätsverlust, was letztendlich eine Kandidatur bei den Präsidentschaftswahlen 2018 ausschloss. Dennoch ist es Temer gelungen einige Reformen zur Debatte in das Parlament zu leiten. Mittlerweile sitzt Michel Temer ebenfalls wegen Korruptionsvorwürfen in Untersuchungshaft.

In der ersten Wahlrunde am 7. Oktober 2018 erhielt Jair Bolsonaro von der Sozial-Liberalen Partei (PSL) 46% der gültigen Stimmen, deutlich mehr als die Wahlprognosen vorhersagten. Er trat somit am 28. Oktober 2018 die Stichwahl gegen Fernando Haddad (PT) an, der 29%²² der gültigen Stimmen erhalten hatte, und gewann mit dem Versprechen, Brasiliens Wirtschaft liberaler zu gestalten, durch hartes Durchgreifen die Sicherheitslage zu verbessern und durch die Reduzierung der Bürokratie sowie die Durchführung einer Renten- und Steuerreform Wohlstand zu schaffen.

2. Infrastruktur, Wirtschaft & Entwicklung

Die brasilianische Verkehrsinfrastruktur ist je nach Region sehr unterschiedlich. Sie misst eine Länge von 1,72 Mio. km, wodurch Brasilien nach der Volksrepublik China über das viertgrößte Fernstraßennetz der Welt verfügt. Jedoch sind nur ca. 12,4% des Straßennetzes asphaltiert (Stand 2017).²³ Der Großteil des Personen- und Güterverkehrs erfolgt auf den Straßen. Schienenverkehr und Binnenschifffahrt spielen fast keine Rolle. Ein Schienennetz nach europäischem Verständnis ist nicht vorhanden und bis auf den Amazonas sind nur wenige Ströme für die Schifffahrt ausgebaut. Im Personenfernverkehr dominieren Bus und Flugzeug.

Mit einem Bruttoinlandsprodukt von 804 Billionen US\$ war Brasilien 2018 die achtgrößte Volkswirtschaft der Welt und mit Abstand die größte Lateinamerikas.²⁴ In den 1960er und 70er Jahren wurden unter der Militärregierung zahlreiche Maßnahmen unternommen, um Brasilien aus einem landwirtschaftlich geprägten Land in ein Dienstleistungs- und Industrieland zu transformieren. Erste Schritte im Sinne der Entwicklung einer nationalen Industrie geschahen mit Hilfe der Importsubstitution in der Zeit von *Getúlio Vargas* (1930-1945; 1951-1954).

Nach einer schweren Wirtschaftskrise zwischen 2014 und 2016 erholte sich die Industrieproduktion nach drei rückläufigen Jahren zuletzt wieder etwas. Der Chemiesektor, die Kfz- und die Pharmaindustrie verkündeten steigende Produktionszahlen. Eine gute Entwicklung zeigt auch der Agrarsektor, der laut dem staatlichen Versorgungsunternehmen Conab mengenmäßig 2018 24% mehr geerntet haben wird als im Vorjahr. Im Maschinenbau lässt sich dagegen noch kein Umschwung erkennen.²⁵

Das Wirtschaftswachstum lag 2018 bei 1,1%, für 2019 werden 2,27% erwartet.²⁶ Damit ist die Entwicklung Brasiliens in den letzten Jahren weit hinter den Erwartungen der Analysten und den Entwicklungen der anderen Schwellenländer zurückgeblieben, wie z.B. Indien oder China, und auch der meisten anderen Länder Südamerikas. Mit ca. 3,75% lag die Inflation im Jahr 2018 jedoch weit unter den Werten in den Jahren zuvor. Der Leitzins *Selic* erreichte im Mai 2018 einen historischen Tiefststand von 6,5%.

Im ersten Quartal 2019 wertete der brasilianische Real (R\$) gegenüber dem US-Dollar und dem Euro erneut stark ab. Dies kommt den Exporten zugute, die sich ohnehin schon gut entwickelten, mit einem Wachstum von 4,8% im 1. Quartal. Die Importe wiederum, die mit 1,8% ebenfalls überdurchschnittlich zulegten, werden durch den

²² Justiça Eleitoral

²³ Confederação Nacional dos Transportes – CNT

²⁴ Estadão (2019)

²⁵ GTAI (2019a)

²⁶ IBGE (2019c)

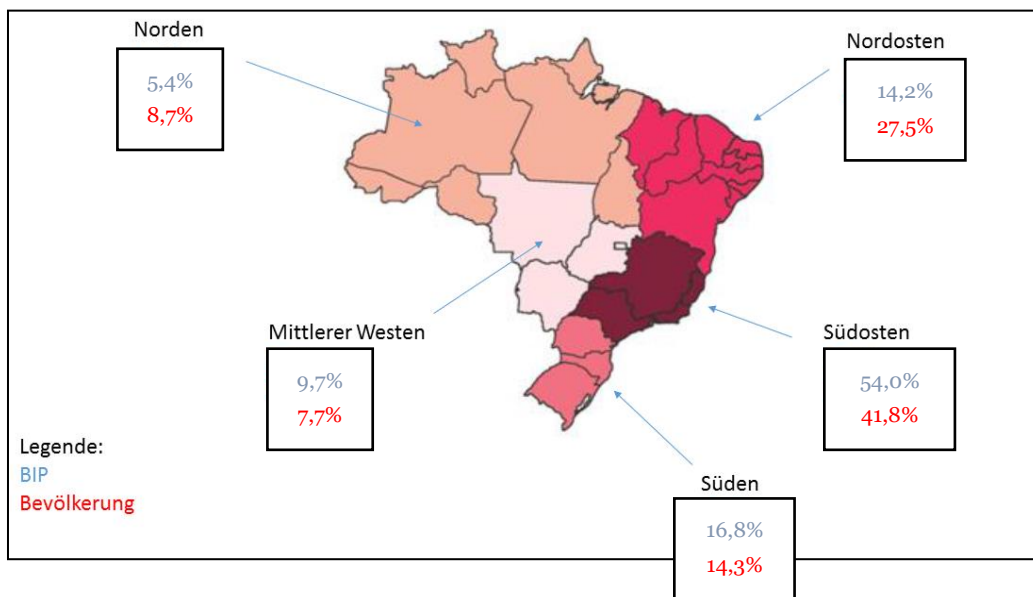
schwachen Real erschwert. Die hohe Arbeitslosigkeit und die Verschuldung drücken weiterhin auf den Konsum der Haushalte.

Tabelle 2: Wirtschaftswachstum (%)

2000	2005	2010	2014	2015	2016	2017	2018
4,3	3,2	7,5	0,5	-3,8	-3,6	0,6	1,1

Quelle: IBGE

Abbildung 2: Verteilung des BIPs (2015) und der Bevölkerung (2017) nach Regionen in Brasilien



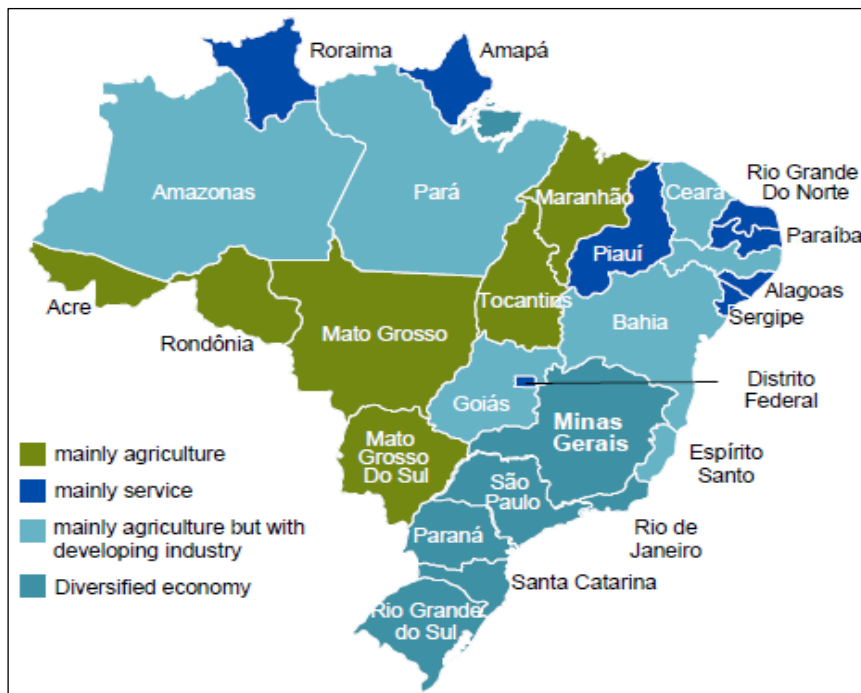
Quelle: IBGE

Das BIP setzt sich folgendermaßen zusammen: Dienstleistungen 62,63%, Industrie 18,44% und Landwirtschaft 4,36% (Stand: 2018), wobei der Anteil der Industrie tendenziell abnehmend ist, während die Anteile der Landwirtschaft und Dienstleistungen dagegen zunehmen (Stand: 2018).²⁷

Die folgende Abbildung zeigt die Dominanz verschiedener Wirtschaftssektoren in den einzelnen Regionen und Bundestaaten Brasiliens. Daraus ist klar zu erkennen, dass der Mittlere Westen sowie ein Teil des Nordens sich besonders durch seine extensive Agrarwirtschaft hervorheben, wohingegen der Südosten und Süden eine diversifizierte Wirtschaft vorweisen.

²⁷ ADVFN (2018)

Abbildung 3: Wirtschaftliches Profil der Bundesstaaten

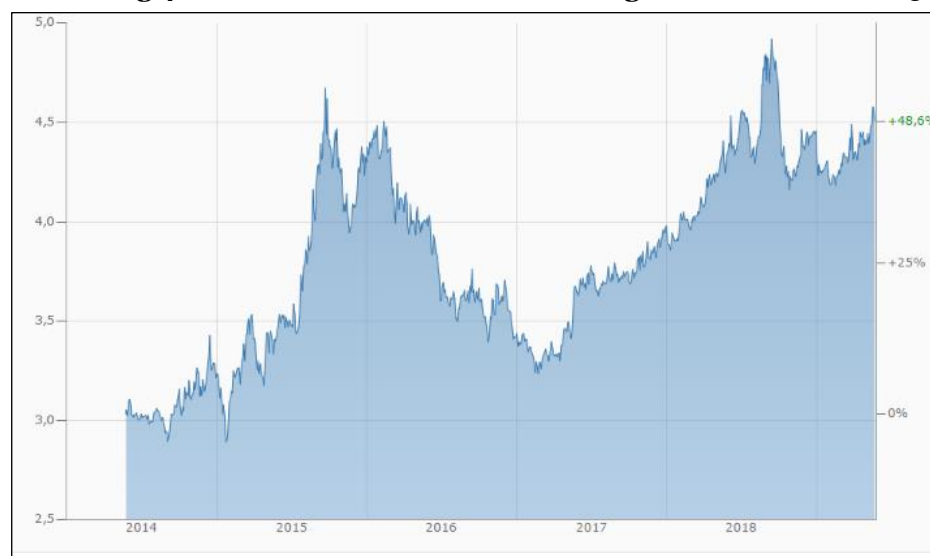


Quelle: CNI (2016)

Konjunkturmotoren sind neben dem starken Binnenmarkt der Export von Rohstoffen und Agrarprodukten wie Eisenerz, Rohöl, Stahl, Fleisch, Zucker, Soja, Kaffee und Bioethanol. Brasilien leidet seit 2014 an den niedrigen Weltmarktpreisen für ebenjene Produktgruppen. Dies verursachte auch negative Effekte für den Staatshaushalt. Ab Mitte 2017 gab es jedoch einen Anstieg der Preise (Nahrungsmittel ausgenommen) und die Tendenz zeigt sich positiv. Dies könnte dazu beitragen, Brasiliens defizitären Staatshaushalt zu verbessern.²⁸

Eine andere Folge dieser Entwicklung war auch die Abwertung der Landeswährung *Real*. So ist seit Mitte 2013 ein stetiger Kursverfall gegenüber dem US-Dollar und dem Euro zu verzeichnen, im zweiten Halbjahr 2016 kehrte sich diese Entwicklung vor allem aufgrund der staatlichen Sparpolitik wieder leicht um. Seit Mitte 2017 zeigt sich jedoch ein erneuter Kursverfall gegenüber dem Euro.

Abbildung 4: Kursverlauf der Landeswährung Real in den letzten 5 Jahren



Quelle: finanzen.net²⁹

²⁸ HWWI (2018)

²⁹ Finanzen.net

Die Außenhandelsbilanz Brasiliens wies 2015 einen positiven Saldo von 12,3 Mrd. US\$ auf und stieg im Jahr 2017 auf 60,3 Mrd. US\$.³⁰ Rohstoffe sind Brasiliens wichtigste Exportgüter und werden vor allem in Industrie- und andere Schwellenländer exportiert. So ist der wichtigste Abnehmer von Rohstoffen auch der wichtigste Handelspartner Brasiliens: China – mit einem Anteil von 21,9% des Gesamtvolumens.³¹ Einen der wichtigsten europäischen Handelspartner, neben den Niederlanden, stellt Deutschland mit 2,7% dar. Die wichtigsten Importgüter sind raffiniertes Erdöl und Fahrzeuge, chemische Erzeugnisse, Vorerzeugnisse und Kraftfahrzeuge. Die Tatsache, dass verstärkt Industriegüter importiert werden, gibt den lokalen Industrieverbänden Anlass zur Sorge über eine Deindustrialisierung Brasiliens (Stand: 2017).³²

Wichtigste Handelspartner bei den Importen sind China (37,8%), die USA (28,56%), Argentinien (13,2%) und Deutschland (13,3%).³³ Importiert werden aus Deutschland vor allem Autos, Autoteile und -zubehör, Chemie- und Pharma-Produkte sowie Maschinen. Für Deutschland ist Brasilien traditionell einer der wichtigsten Handelspartner auf dem amerikanischen Kontinent hinter den USA, Kanada und Mexiko (Stand: 2017).³⁴

Im Jahr 2008 wurden umfangreiche Rohöl- und Erdgasvorkommen an der südöstlichen Atlantikküste entdeckt, deren Abbau bereits anlief und die weiterhin positive Impulse für die lokale Wirtschaft versprechen. Für die nächsten Jahre sind viele Erdöl- und Gasprojekte geplant, die Arbeitsplätze schaffen und die Wirtschaft ankurbeln sollen (Stand: 2018). Weitere Wachstumssektoren sind die Stahl-, Papier- und Zellulose- sowie Autoindustrie.³⁵

2.1 Wirtschaftsbeziehungen zu Deutschland

Brasilien pflegt weltweite Wirtschaftsbeziehungen, von denen besonders die Mitgliedschaft in der südamerikanischen Zollunion Mercosul (Mercado Comum do Sul) für die brasilianische Konjunktur von Bedeutung ist. Diese dient dazu, Zölle und Handelshemmnisse schrittweise abzubauen und somit den Handel von Gütern und Dienstleistungen innerhalb Südamerikas zu fördern. Der Mercosul gilt heute, gemessen an der Größe der beteiligten Volkswirtschaften, als das wichtigste Integrationssystem Lateinamerikas und der Karibik.³⁶ Darüber hinaus ist Brasilien Mitglied in folgenden internationalen Wirtschaftszusammenschlüssen und -abkommen: UNASUL (Union Südamerikanischer Nationen), IWF, WTO.³⁷

Seit einiger Zeit laufen Verhandlungen über ein Freihandelsabkommen zwischen der EU und dem Mercosul, die von Deutschland und Brasilien besonders unterstützt werden (Stand: Juni 2019).³⁸

Brasilien ist Deutschlands wichtigster Handelspartner in Lateinamerika. Der bilaterale Außenhandel hat sich in den letzten beiden Jahrzehnten in beide Richtungen positiv entwickelt mit einem zeitweisen Rückgang im Zuge der Wirtschafts- und Währungskrise. Zuletzt hat die Dynamik nachgelassen. Die deutschen Exporte nach Brasilien betragen 2018 etwa 9,5 Mrd. EUR (-13,2% gegenüber 2015). Die Einfuhren Deutschlands aus Brasilien waren 2016 mit 7,8 Mrd. EUR 8,2% niedriger als im Vorjahr. Brasilien lag damit 2016 als Abnehmer deutscher Waren auf Platz 30 und als Lieferland auf Platz 26. Das Jahr 2016 brachte nach Angaben des Statistischen Bundesamtes einen deutschen Handelsbilanzüberschuss von rund 744 Mio. EUR.³⁹

Tabelle 3: Handelsbilanz Brasilien - Deutschland in 2018

³⁰ Statista

³¹ OECD (2019)

³² G1: Economia (2015)

³³ OECD (2019)

³⁴ OECD (2019)

³⁵ AHK Rio de Janeiro (2017a)

³⁶ Mercosul: Saiba mais sobre o Mercosul

³⁷ GTAI (2015)

³⁸ Auswärtiges Amt (2019)

³⁹ Auswärtiges Amt (2019)

Außenhandel Brasiliens (in Mio. US\$ (fob); Veränderung in %)			
Indikator	2017	2018 *)	Veränderung 2018/2017
Importe	150.749	175.900	16,7
Exporte	217.739	233.300	7,1
Handelsbilanzsaldo	66.990	57.400	-14,3
*) Hochrechnung			

Quelle: GTAI (2016), Wirtschaftsdaten kompakt Brasilien (November 2016)

2.2 Investitionsklima und Förderung

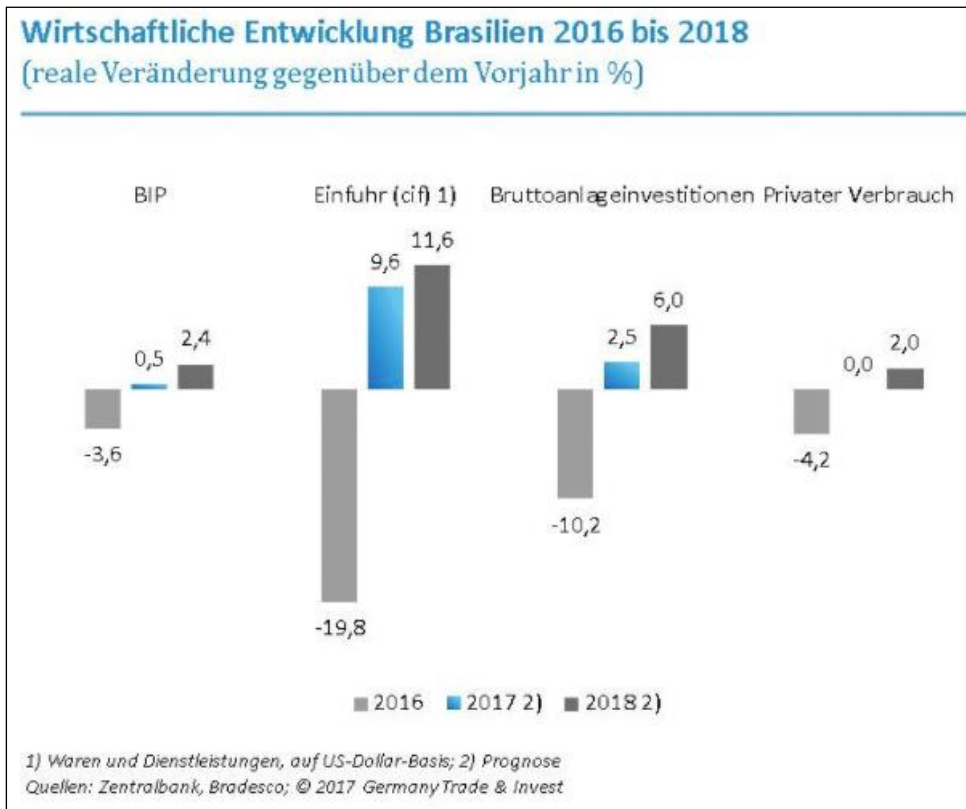
Das Volumen ausländischer Direktinvestitionen (Foreign Direct Investment - FDI) in Brasilien ist zwischen 2009 und 2014 um 60% gestiegen. Dies ist ein relevanter Wert, wenn man diese mit den weltweiten Investitionen im Hinblick auf die Auswirkungen der internationalen Finanzkrise vergleicht. Im Jahr 2012 erhielt Brasilien mit 27% die größten ausländischen Direktinvestitionen in Lateinamerika und der Karibik. Laut dem World Investment Report der UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) aus dem Jahr 2015 bleibt die brasilianische Wirtschaft eine der attraktivsten für ausländische Direktinvestitionen, wenn Unternehmen sich entscheiden, neue Einheiten zu gründen und andere Unternehmen zu kaufen. Sie belegen den 6. Platz im globalen Ranking.

Im Jahr 2017 lagen die Investitionen unter dem Niveau der Jahre 2003-2013. Hauptgründe für die Zurückhaltung waren gemäß einer Umfrage des Industrieverbandes CNI die wirtschaftliche Ungewissheit (80% der Befragten), die geringe Nachfrage und Kapazitätsauslastung (54%) sowie hohe Finanzierungskosten (39%). Auch 2018 entwickelten sich die Investitionen nur zaghafte. Die Ratingagentur Moody's stuft Brasiliens Kreditwürdigkeit bereits im Mai 2017 auf negativ herab.

Wegen des angespannten Staatshaushaltes will die Regierung die Investitionen des privaten Sektors fördern. Sie stellte Ende 2016 das Konzessions- und Privatisierungsprogramm PPI (Programa de Parcerias de Investimentos) vor. Es wurden bereits Flughäfen und Stromnetze unter Konzession gestellt, Häfen, Autobahnen und Hafenterminals sollen folgen. Insgesamt umfasst das PPI 55 Projekte in den Bereichen Infrastruktur, Energie, öffentliche Versorgung, Telekommunikation sowie Erdöl und Bergbau. Es soll private Investitionen von 13,8 Mrd. US\$ auslösen.⁴⁰

⁴⁰ GTAI (2019a)

Abbildung 5: Wirtschaftliche Entwicklung Brasiliens 2016 bis 2018



Quelle: GTAI (2019): Wirtschaftsausblick – Brasilien (Dezember 2018)

2.3 Rahmenbedingungen für den Markteintritt

Potenzielle Investoren und Unternehmen, die nach Brasilien exportieren wollen, sollten bei ihrer Entscheidung über den Markteintritt das Stärken-Schwächen-Profil des Standorts und die damit verbundenen Chancen und Risiken (SWOT-Analyse) berücksichtigen. Stärken sind z.B. der große Binnenmarkt und der Rohstoffreichtum. Chancen sind z.B. die Privatisierung der Infrastruktur (wie Häfen, Flughäfen, Autobahnen) und der Ausbau erneuerbarer Energien.

Tabelle 4: SWOT-Analyse Brasilien

Strengths (Stärken)	Weaknesses (Schwächen)
<ul style="list-style-type: none"> • Großer Binnenmarkt • Rohstoffreichtum • Starker Agrarsektor • breite Industriebasis 	<ul style="list-style-type: none"> • Prekäre Infrastruktur • komplexes Steuersystem • Bürokratie • Handelshemmnisse • hohe Produktionskosten (Lohn, Strom, importierte Vorprodukte)
Opportunities (Chancen)	Threats (Risiken)
<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Marktdurchdringung Technologien • Strukturreformen • Infrastrukturkonzession und Privatisierungen • Verstärkte Markteteiligungen multinationaler Konzerne • Ausbau von erneuerbaren Energien • Trend zu mehr Transparenz und Compliance 	<ul style="list-style-type: none"> • Politische Instabilität • Deindustrialisierung • Abhängigkeit von Rohstoffpreisen • Niedrige Investitionsquote • Steigende Armut, Kriminalität und Gewalt

Quelle: GTAI (2019b): SWOT-Analyse – Brasilien (Dezember 2018)

Laut dem Doing-Business-Projekt der Weltbankgruppe, das eine aggregierte Rangliste für die Leichtigkeit der Geschäftstätigkeit aufgestellt hat, befindet sich Brasilien auf Platz 109 der 189 verglichenen Volkswirtschaften (World Bank, 2019). Dieses Ranking basiert auf einer Zusammenstellung von Indikatoren, die die Vorschriften für kleine und mittlere Unternehmen während ihres Lebenszyklus messen und bewerten. Die brasilianische Position in diesem Ranking kann mit dem sogenannten „custo Brasil“ in Verbindung gebracht werden. Dieser portugiesische Begriff bedeutet wörtlich die „Brasilien-Kosten“ und bezieht sich generisch auf die zusätzlichen Kosten bei Geschäften in Brasilien, wie übermäßige Bürokratie, unterentwickelte Infrastruktur, Arbeitskosten, hohe Steuerbelastungen etc., zitiert im CMS Brazil Market Entry Guide (2014) und anderen Branchenreferenzen.

Sobald ein Unternehmen sich entschieden hat, in den brasilianischen Markt einzutreten, gibt es Optionen, wie man das am besten angehen kann. Die möglichen Geschäftsstrukturen variieren je nach dem Grad der Verbindung mit dem Land, vom einfachen Export bis zur Gründung einer brasilianischen Tochtergesellschaft. Anleger müssen alle Zuflüsse von ausländischem Kapital nach Brasilien innerhalb von 30 Tagen nach der Einreise nach Brasilien bei der brasilianischen Zentralbank registrieren, mit Hilfe des E-Registrierungstools RDE-IED (Electronic Declaration Registry), welches ein Bereich des Informationssystems der brasilianischen Zentralbank ist (SISBACEN).

Für ausländische Investoren wird es in der Regel als einfacher erachtet, Unternehmen anstatt Niederlassungen in Brasilien zu gründen. Zweigniederlassungen ausländischer Unternehmen unterliegen – abgesehen von der Beschäftigung und einigen Steuerpflichten – dem Recht ihres Hauptsitzes und benötigen eine Genehmigung des brasilianischen Wirtschaftsministeriums für den Betrieb im Land. Dies erklärt, warum in Brasilien nur wenige Filialen ausländischer Unternehmen tätig sind.

Die Beschreibung und die Anforderungen für jede Geschäftsoption sind in Tabelle 5 aufgeführt. Für jede der in dieser Tabelle aufgeführten Optionen sind unterschiedliche rechtliche Verfahren erforderlich. Dieser Bericht versucht nicht, eine vollständige Anleitung zu den gesetzlichen und aufsichtsrechtlichen Anforderungen für die Eröffnung eines Unternehmens in Brasilien zu geben, da aus verschiedenen Quellen, einschließlich der AHK, umfassendere Leitlinien zur Verfügung stehen. Darüber hinaus bietet die brasilianische Regierung eine Website mit dem Titel „Trade and Investment Guide - Invest & Export Brazil“ an.

Tabelle 5: Geschäftsoptionen und ihre Voraussetzungen auf dem brasilianischen Markt

Business Option	Connection with the Country	Brief description	Requirements	Recommendations / Advices
Exportation	Less connection	Exportation of products or services without hiring a representative or setting up a company.	<ul style="list-style-type: none"> - Entities established in Brazil must obtain an import/export permit granted by the Federal Revenue Services which enables access the international trade electronic system, SISCOMEX - File an application for a non-automatic import license before the good's shipment, when applicable, and pay the application fee - Issue the import license - Completion of the import declaration 	<ul style="list-style-type: none"> - Use a local customs agent or broker
Sales Agency Distribution		Entering into an agency, distributions or franchise agreement with a Brazilian individual or corporate entity. It is a quick and inexpensive option to start.	<ul style="list-style-type: none"> - Consider specific laws relating to the agency agreement, which tend to protect the agent rather than the principal and impose certain mandatory terms in agency agreements 	<ul style="list-style-type: none"> - Set up agreements which clearly describe the rights and obligations of each party; - The local agent should have existing business contacts in the market
Commercial Partnerships (Joint Venture)		A joint venture may be incorporated (involves setting up a Brazilian 'limitada' with the profits, ownership and control split among parties) or contractual (the joint venture business does not have a separate identity from the consortium members).	<ul style="list-style-type: none"> - File the consortium contract at the Board of Trade (local acronym is 'Junta Comercial'), which shall include the purpose of the partnership, the term, the address, form of dispute settlement, obligations and responsibilities of each consortium participant, share of profits/losses, accounting rules, representation, management fees and the form of deciding on common interest issues - For both cases the partnership must obtain a CNPJ tax registration number 	<ul style="list-style-type: none"> - To participate in procurements, tender rules usually require a Brazilian company to be the consortium leader - Other types of contractual arrangements can be used and are increasingly common, such as alliances and asset sharing
Consortium		Acquisition of equity in an already established Brazilian company by the foreign investor.		
Acquisition of equity		Open a new company in Brazil.	<ul style="list-style-type: none"> - Register the articles of association or bylaws at the Board of Trade ('Junta Comercial') 	
Establishment of a Brazilian subsidiary	More connection			

Quellen: Mitsidi Projetos/IEI-Brasil (2018), CMS (2014), PwC (2013), EY (2011), AMCHAM (2014) Business Option, adaptiert von Mitsidi 2016

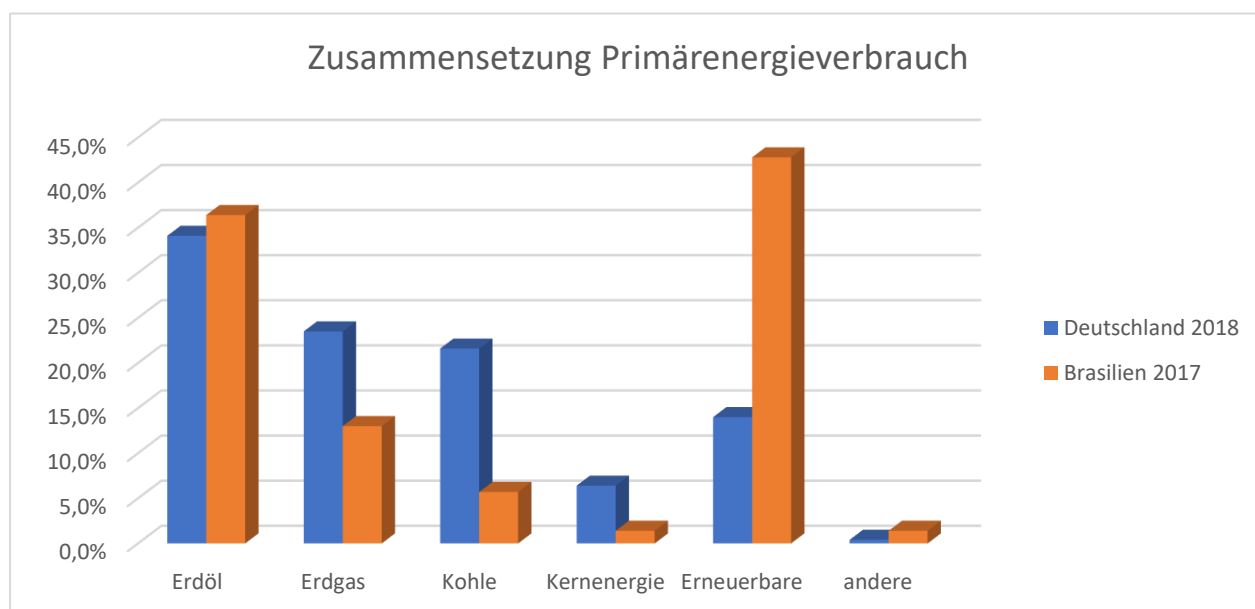
Die deutschen KMU sollten mit lokalen Partnern zusammenarbeiten, um den lokalen Markt für Deponiegaslösungen zu erschließen. Dies hilft mehrere Hindernisse zu überwinden und den lokalen Kunden zu zeigen, dass technischer Support verfügbar ist.

3. Der brasilianische Energiesektor

3.1 Primärenergieverbrauch und Stromerzeugung

Brasilien hatte 2017 einen Primärenergieverbrauch von $292.099 \times 10^3 \text{ toe}^{41}$ (= 12.230 PJ) pro Jahr, was ungefähr dem Primärenergieverbrauch Deutschlands (12.900 PJ)⁴² im Jahre 2018 entspricht, jedoch relativ wenig ist gemessen an der Größe des Landes und an der Bevölkerungszahl. Im Gegensatz zu Deutschland ist der Primärenergieverbrauch in Brasilien jedoch in den letzten 10 Jahren um 15% gestiegen, wohingegen er in Deutschland im gleichen Zeitraum um 10% gesunken ist. Vergleicht man die aktuelle Zusammensetzung des Primärenergieverbrauchs von Brasilien und Deutschland, so gibt es erhebliche Unterschiede.

Abbildung 6: Zusammensetzung Primärenergieverbrauch: Brasilien 2017 vs. Deutschland 2018



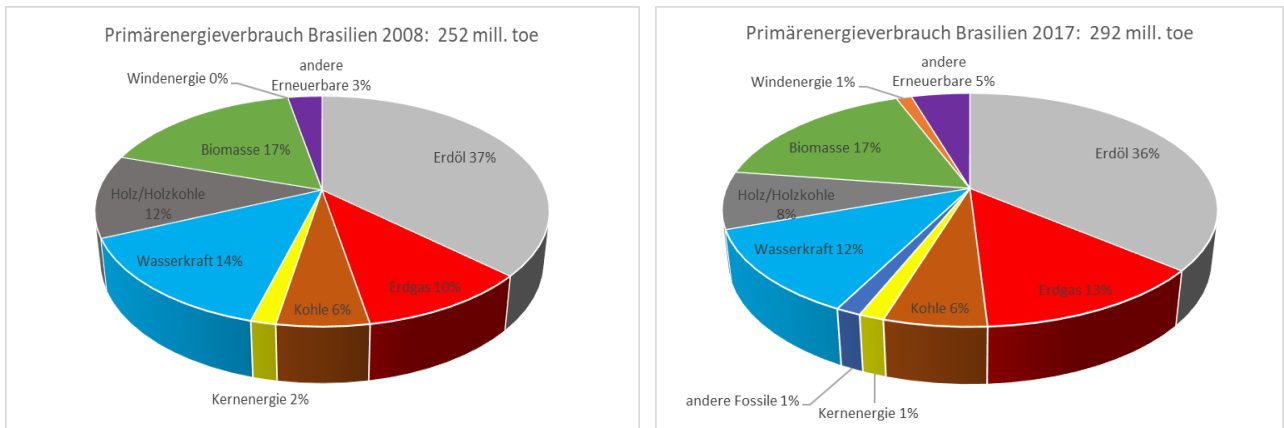
Brasilien hat mit über 40% einen sehr hohen Anteil an erneuerbaren Energien in seiner Energiematrix. Dies liegt vor allem an zwei wichtigen Energiequellen: Wasserkraftwerke zur Stromerzeugung, wie z.B. das weltgrößte Wasserkraftwerk Itaipu, und Biokraftstoff (Ethanol), der landesweit an fast allen Tankstellen erhältlich ist und aus Zuckerrohr hergestellt wird; beide zusammen stellen bereits 30% des Primärenergieverbrauchs.

Erdgas, Kohle und Kernenergie hingegen stellen einen deutlich kleineren Anteil an der Energiematrix Brasiliens. Beim Erdgas ist dies unter anderem damit begründet, dass in Brasilien quasi keine Nutzung von Erdgas zum Heizen im Haushaltssektor erfolgt, wohingegen in Deutschland dies einen signifikanten Anteil des Erdgasverbrauchs ausmacht. Erdgas ist jedoch in Brasiliens Energiematrix der einzige Energieträger, dessen Verbrauch zuletzt überproportional gestiegen ist und dessen Anteil am Primärenergieverbrauch sich in den letzten zehn Jahren vergrößert hat. Die Gründe hierfür sind vielseitig und werden im nächsten Abschnitt beschrieben.

⁴¹ MME/EPE (2017), S. 24

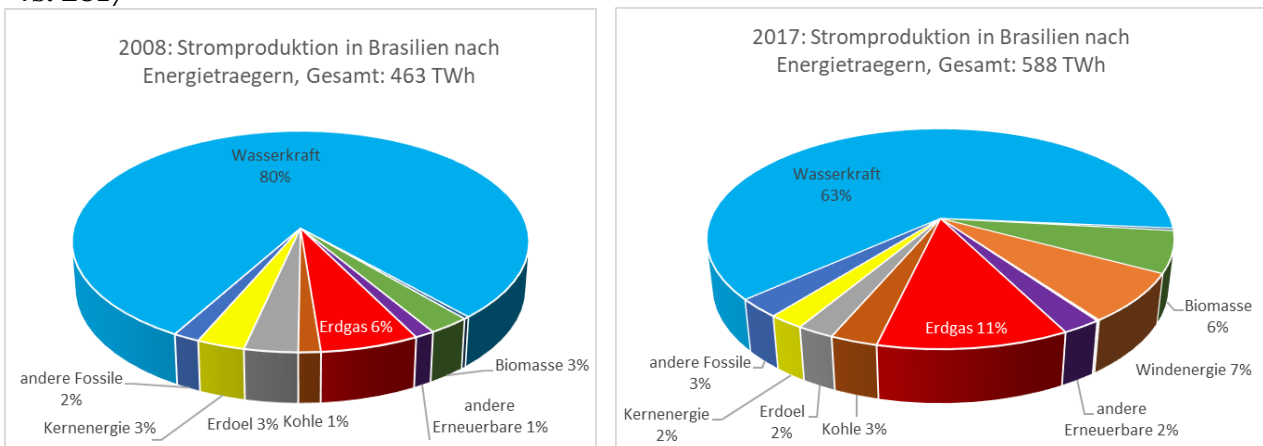
⁴² Umweltbundesamt (2019a)

Abbildung 7: Veränderung der Zusammensetzung des Primärenergieverbrauchs in Brasilien, 2008 vs. 2017⁴³



Die Stromerzeugung in Brasilien ist mit 588 TWh⁴⁴ (2017) aktuell geringer als die Stromerzeugung in Deutschland mit 649 TWh⁴⁵ (2018), hat aber in den letzten zehn Jahren um 27% zugenommen. Es ist also anzunehmen, dass Brasilien in einigen Jahren Deutschland „einholen“ bzw. sogar überholen wird. Die brasilianische Stromerzeugung wird stark dominiert durch Wasserkraft: Da hier aber schon seit einiger Zeit keine neuen Wasserkraftwerke mehr gebaut werden, der Strombedarf und die Stromerzeugung jedoch kontinuierlich zunehmen, hat sich der prozentuale Anteil der Wasserkraft seit 2008 von 80% auf aktuell 63% reduziert, absolut ist die Stromerzeugung durch Wasserkraft mit ca. 370 TWh/a jedoch konstant geblieben. Ein bemerkenswerter Anstieg in der Stromerzeugung ist hingegen bei Biomasse, beim Erdgas und bei der Windenergie festzustellen.

Abbildung 8: Veränderung der Zusammensetzung der Stromerzeugung in Brasilien, 2008 vs. 2017⁴⁶



3.2 Der Erdgassektor

Der Erdgassektor in Brasilien ist, wie der obige Abschnitt bereits gezeigt hat, in den letzten Jahren stark gewachsen und wächst auch weiterhin. Dies hat mit der Steigerung des Angebots durch die stetig wachsende inländische Erdgasproduktion im Zuge der Erschließung neuer Erdöl- und Erdgasvorkommen, vor allem im Offshore-Bereich, zu tun, andererseits aber auch mit der gleichzeitig wachsenden Erdgasnachfrage, vor allem im Strom-Sektor.

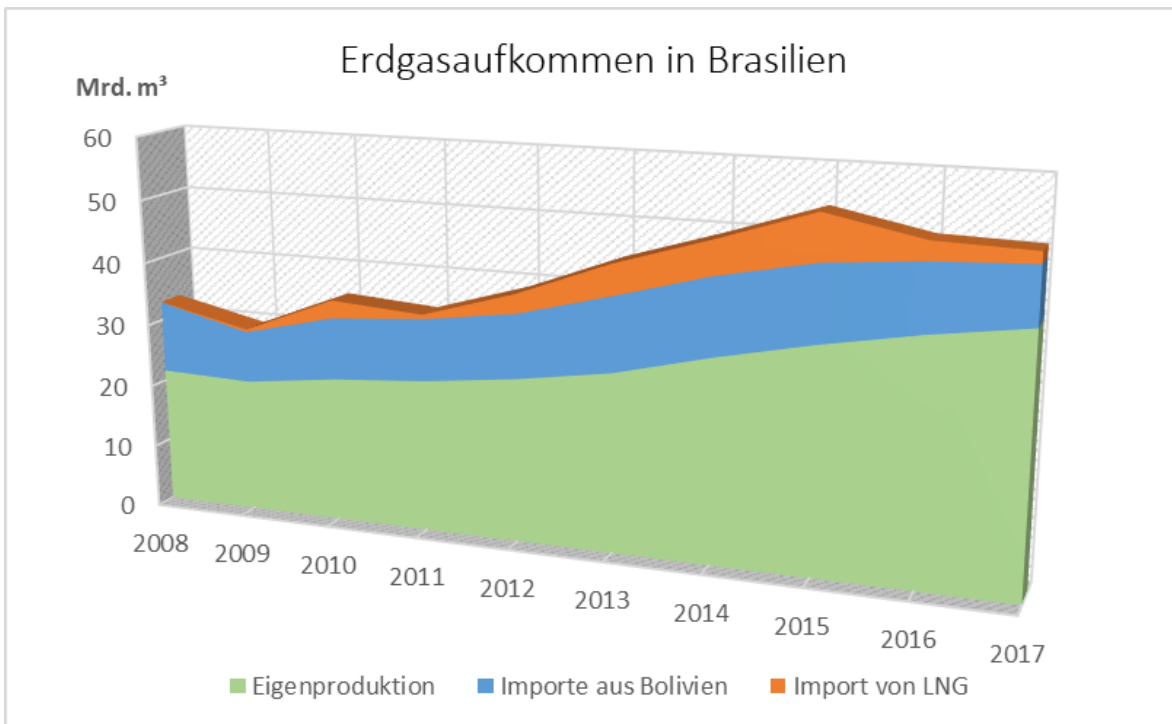
⁴³ MME/EPE (2017), S. 24

⁴⁴ MME/EPE (2017), S. 111

⁴⁵ Umweltbundesamt (2019b)

⁴⁶ MME/EPE (2017), S. 111

Abbildung 9: Erdgasaufkommen in Brasilien 2008 - 2017⁴⁷



Interessant ist dabei festzustellen, dass trotz der stark gestiegenen Erdgasproduktion weiterhin Erdgasimporte aus Bolivien (über Pipelines) als auch LNG-Importe über die drei verfügbaren LNG-Regasifizierungsterminals erfolgen, denn die Erdgasproduktion Brasiliens im Jahre 2017 betrug ca. 40 Mrd. m³ und wäre prinzipiell ausreichend gewesen, um die brasilianische Inlandsnachfrage 2017 von ca. 28 Mrd. m³ zu decken.⁴⁸

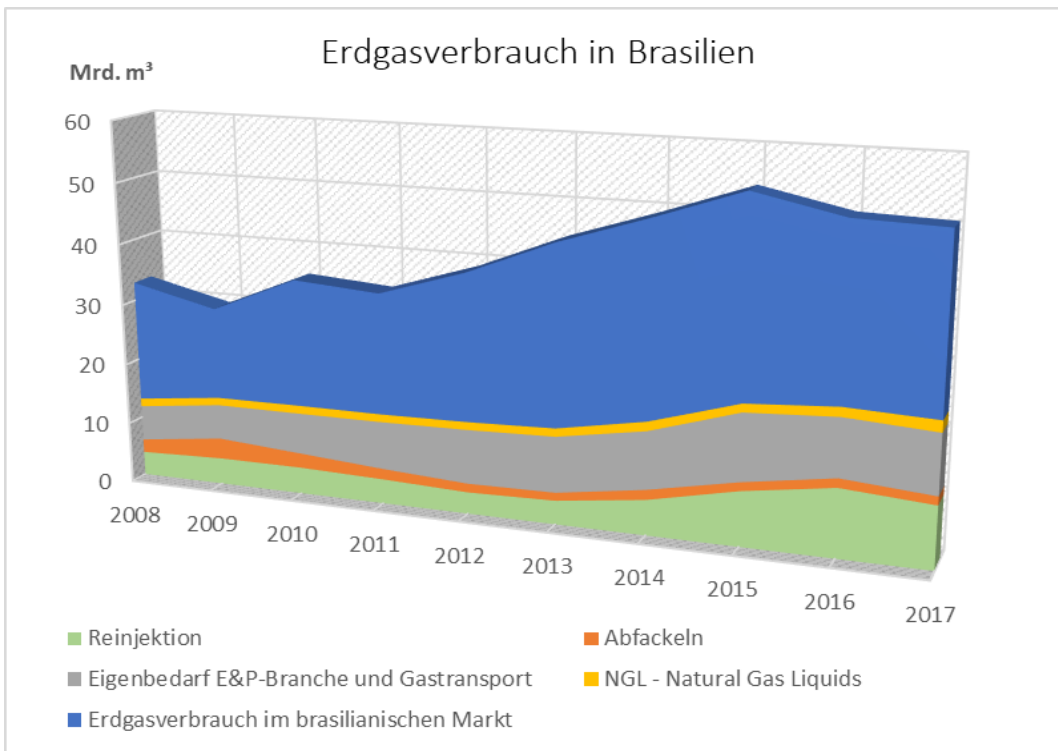
In Brasilien ist, zumindest aktuell, die Förderung von Erdgas und Erdöl mit klarem Fokus auf Erdöl ausgerichtet. Das heißt, dass in 2017 ca. 77%⁴⁹ des geförderten Erdgases sogenanntes „Associated Gas“ war, also Erdgas, was als Beiprodukt bei der Erdölförderung mitgefördert wurde. Ein Großteil dieses *Associated Gas* wird dann im weiteren Verlauf der Erdölgewinnung entweder wieder in die Reservoirs reinjiziert, um die Förderraten des Erdöls zu steigern, oder einfach abgefackelt, da ein Abtransport wirtschaftlich nicht sinnvoll ist. Weiterhin wird im weiteren Verlauf der Wertschöpfungskette der E&P-Branche (u.a. Verarbeitung und Aufbereitung des Erdöls und Erdgases, Stromerzeugung für die technischen Anlagen, Abtransport von Erdöl und Erdgas über Pipelines) ebenfalls ein Großteil des geförderten Erdgases verbraucht, wodurch von den in 2017 ursprünglich geförderten 40 Mrd. m³ Erdgasmengen nur noch ca. 17 Mrd. m³ für die Inlandsnachfrage zur Verfügung standen. Da diese Menge aber nicht ausreicht, um die wachsende inländische Erdgasnachfrage zu decken, wird weiterhin Erdgas importiert.

⁴⁷ ANP (2018), Table 1.26

⁴⁸ ANP (2018), Table 1.26

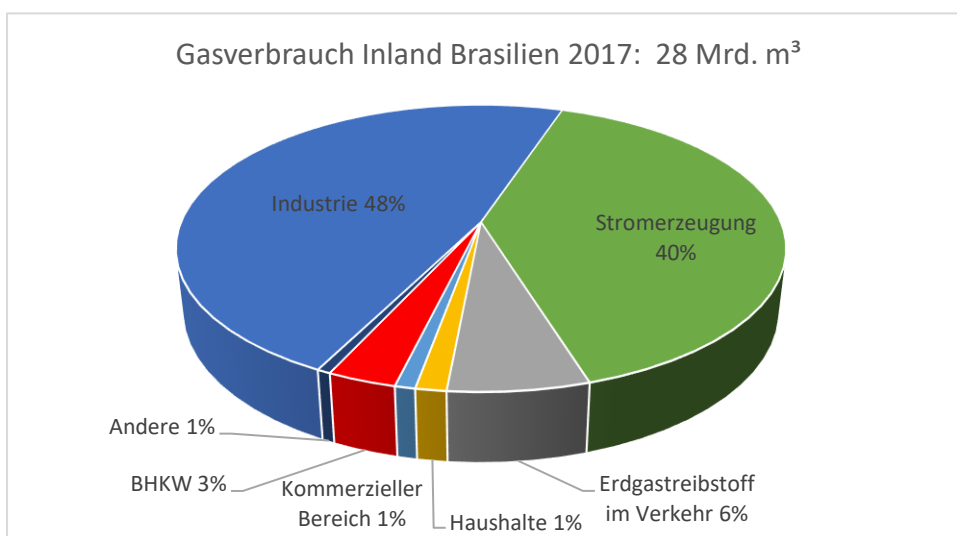
⁴⁹ ANP (2018), Table 1.6

Abbildung 10: Erdgasverbrauch in Brasilien 2008 - 2017⁵⁰



Der inländische Erdgasverbrauch mit ca. 28 Mrd. m³/a (also der verbleibende Verbrauch nach Berücksichtigung des Erdgasverbrauchs der E&P-Branche) wird hauptsächlich durch zwei Abnehmergruppen bestimmt: Stromerzeugung und Industrie. Während der Erdgasverbrauch in der Industrie in den letzten zehn Jahren lediglich schwach stieg, ist beim Erdgasverbrauch in der Stromerzeugung ein sehr starker Anstieg zu verzeichnen gewesen (siehe auch Kapitel 2.2.1). Des Weiteren gab es auch signifikante Anstiege des Erdgasverbrauchs in den Bereichen Verkehr, also Fahrzeuge, die mit Erdgas als Kraftstoff fahren, und im Bereich der sogenannten „Cogeração“, das heißt die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme (im Deutschen als BHKW bekannt).

Abbildung 11: Erdgasverbrauch Inland Brasilien 2017, unterteilt nach Sektoren⁵¹



⁵⁰ ANP (2018), Table 1.26

⁵¹ MME (2019), S. 2

Allein aus diesen Entwicklungen und Tendenzen lässt sich bereits jetzt schließen, dass die Erdgasnachfrage auch in den kommenden Jahren steigen wird, vor allem im Bereich der Stromerzeugung (konventionell oder in der Form von BHKW) und im Bereich der Mobilität im Verkehrssektor. Ein Großteil davon wird durch die wachsende Erdgasproduktion im Offshore-Bereich gedeckt werden, eröffnet aber auch Möglichkeiten für die Biogas- und Deponiegasproduktion.

Erdgasnetz in Brasilien

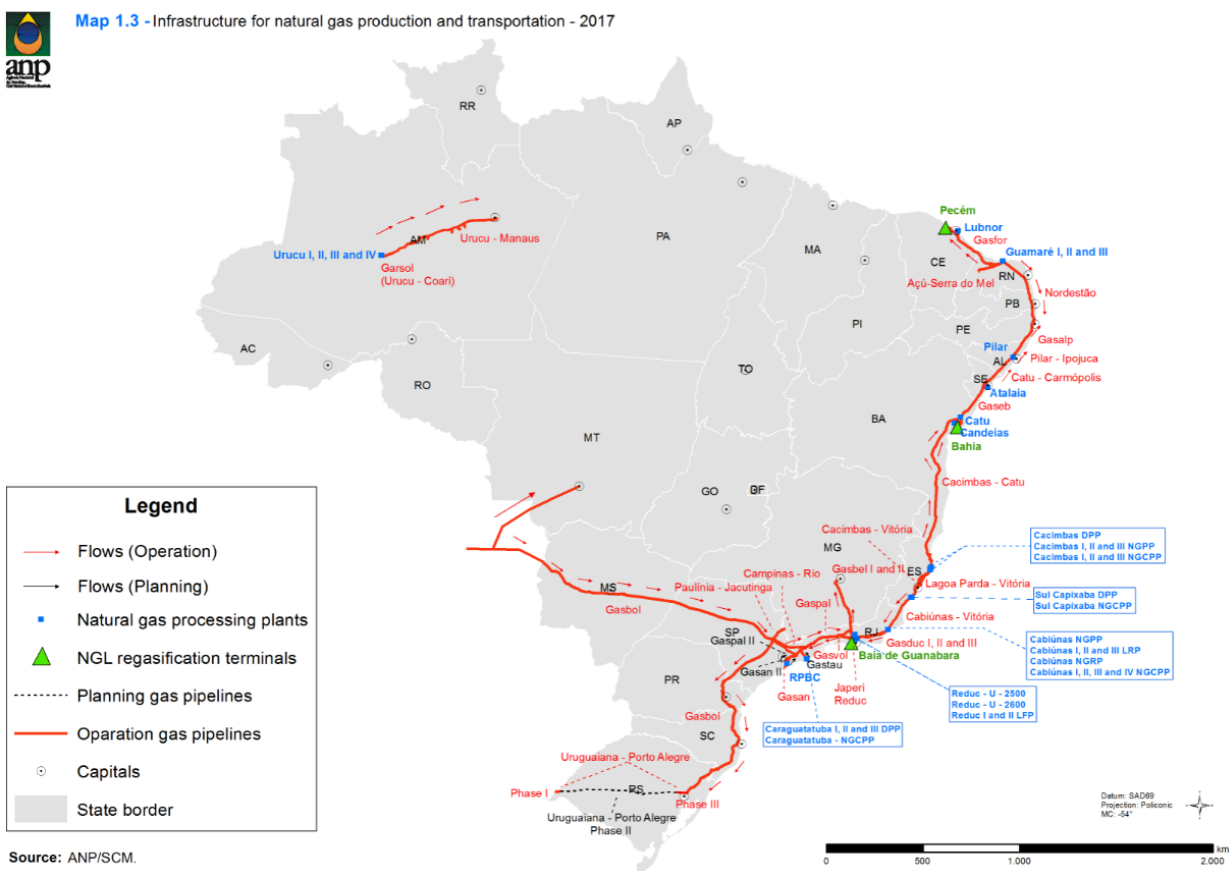
Das Erdgasfernleitungsnetz in Brasilien ist nicht sehr weit verzweigt, was vor allem an der Größe des Landes liegt. Aber auch die Lage der Verbrauchszentren – vornehmlich die großen Städte entlang der Küste Brasiliens – hat zur Entwicklung dieses sehr speziellen Layouts des Gasnetzes geführt. Interessanterweise ist die Hauptstadt Brasilia mit knapp 2,5 Mio. Einwohnern nicht an das Erdgasfernleitungsnetz angebunden.

Derzeit gibt es folgende Eingangspunkte in das Gasfernleitungsnetz:

- Erdgasimportleitung aus Bolivien
- 3 LNG-Regasifizierungsterminals (in der Abbildung grün markiert, bezeichnet als NGL)
- Einspeisungen aus Erdgasproduktion, gekennzeichnet in der Abbildung mit blauen Punkten (Processing plants)

Die Einspeisungen aus der Erdgasproduktion stellen hierbei in Summe die größte Menge aller ins Ferngasleitungsnetz eingespeisten Erdgasmengen dar. Entsprechend der aktuellen Fördergebiete des Öl- und Gassektors liegen hierbei die Schwerpunkte der Erdgasproduktion vor den Küsten von Rio de Janeiro und São Paulo sowie vor den Küsten des Nordostens. Die einzige Inlandserdgasproduktion liegt im Gebiet des Amazonas im Nordwesten Brasiliens.

Abbildung 12: Erdgasfernleitungsnetz in Brasilien, Stand 2017⁵²



⁵² ANP (2018), Map 1.3

Die Regierung Brasiliens arbeitet derzeit gemeinsam mit dem IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis) an einem Konzept für das zukünftige Design des Gasmarktes in Brasilien. Brasilien erwartet einen Boom in der Förderung von Erdöl- und Erdgas und braucht ein stimmiges Konzept, wie dieses zusätzliche Erdgas kommerzialisiert werden kann, statt es wie bisher in die Ölfelder zu injizieren oder abzufackeln. Die notwendigen Änderungen im Gasmarkt betreffen nicht nur den Marktzugang, der aktuell im Vergleich zum Strommarkt noch sehr schwer ist, sondern auch eine Ausweitung und Verbesserung der bestehenden Erdgas-Infrastruktur.

Erdgashandel und Erdgaspreise

Der Erdgasmarkt befindet sich aktuell in der Umbruchphase. Im Gegensatz zum Strommarkt (siehe Kapitel 4.3.4) ist der Erdgasmarkt noch nicht liberalisiert und es existiert noch kein offener Markt; es gibt aber Tendenzen, dass sich dies bald ändern könnte. Aktuell erfolgt deshalb der Vertrieb von Erdgas über Konzessionsgebiete bzw. die in den jeweiligen Gebieten konzessionsberechtigten Distributoren. In der Regel gibt es pro Bundesstaat einen Distributor, in einigen Bundesstaaten wie z.B. Rio de Janeiro und São Paulo gibt es sogar mehrere.

Abbildung 13: Übersicht über Distributoren im Erdgassektor in Brasilien⁵³



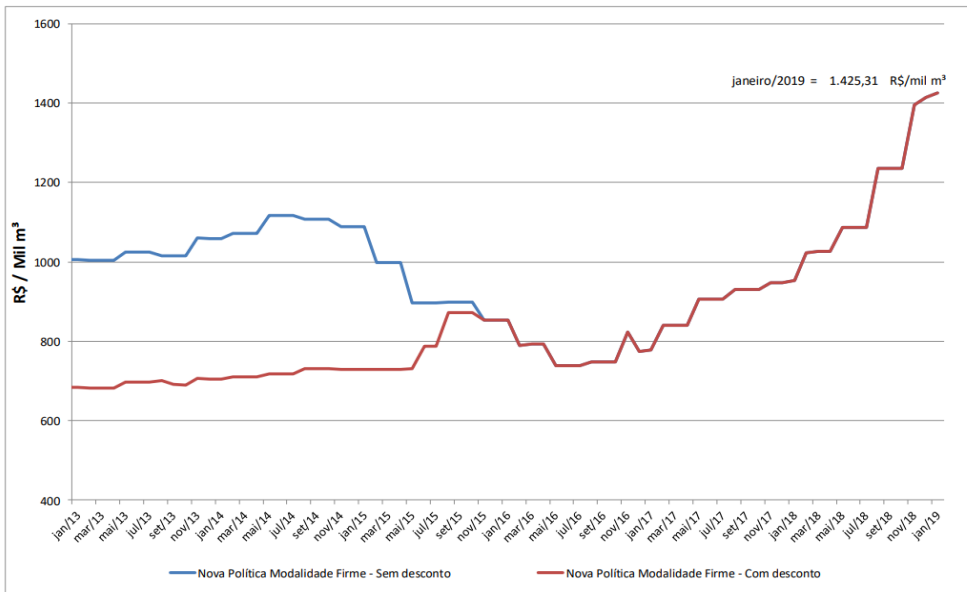
So erfolgt aktuell die Belieferung von Endkunden immer über den im jeweiligen Netzgebiet konzessionsberechtigten Distributoren. Die Distributoren wiederum erhalten ihr Erdgas für den Vertrieb in der Regel von Petrobras. Aus diesem Grunde werden in Brasilien auch immer zwei Typen von Erdgaspreisen veröffentlicht: der Preis von Petrobras an die Distributoren und der Preis der Distributoren an die Endkunden.

Der Erdgaspreis von Petrobras an die Distributoren entspricht – in Bezug auf die Lieferkette – in Deutschland in etwa dem Erdgaspreis an den virtuellen Großhandelsplätzen GASPOOL bzw. NCG. Somit lag der Erdgaspreis an die Distributoren im Januar 2019 bei 1.425 R\$/1.000 m³, was ungefähr einem Preis von 32 EUR/MWh entspricht.⁵⁴ Im Vergleich dazu lagen die Großhandelspreise am GASPOOL und NCG im Januar 2019 bei ca. 20 EUR/MWh.

⁵³ ABEGÁS (2019)

⁵⁴ Bei einem Brennwert von ca. 10 kWh/m³ und einem Wechselkurs von 4,39 R\$/EUR.

Abbildung 14: Erdgaspreis von Petrobras an die Distributoren⁵⁵



Die folgende Tabelle zeigt die Preisübersicht der Erdgaspreise im Endkundensegment in Brasilien, sprich zu welchen Preisen die Distributoren an die Endkunden liefern. Bemerkenswert ist hier die Preisspanne für Erdgas im Verkehrssektor, denn die Tankstellen (Postos) kaufen das Erdgas zu einem relativ günstigen Preis von den Distributoren ein und verkaufen es an den Endkunden (Consumidor Final) mit einem fast 50%igen Preisaufschlag.

Tabelle 6: Durchschnittliche Endkundenpreise im Gasmarkt, Liefermonat Januar 2019⁵⁶

		Preço ao consumidor final (com tributos) janeiro, 2019			
		Segmento	Faixa de consumo	R\$/m³	US\$/MMBtu
Preços das Distribuidoras	Industrial (m³/d)		2.000	2,4972	17,8927
			20.000	2,2100	15,8351
			50.000	2,1465	15,3805
		Residencial (m³/mês)	12	4,5270	32,4371
		Comercial (m³/mês)	800	3,6499	26,1521
		Automotivo (Postos)	faixa única	2,1601	15,4779
ANP	Automotivo (Consumidor Final)	faixa única	3,0840	22,0976	

⁵⁵ MME (2019), S. 22

⁵⁶ MME (2019), S. 23

3.3 Die Rolle von Biogas und Deponiegas

Die aktuell in Brasilien produzierten Mengen an Biogas bzw. Biogas aus Deponien (= Deponiegas) spielen derzeit im Gesamterdgasmarkt noch eine untergeordnete Rolle. Laut Informationen von CIBiogas⁵⁷ existierten in 2015 insgesamt 159 Biogaserzeugungsanlagen mit einer mittleren täglichen Biogasproduktion von 2,7 Mio. m³/d. Bis 2018 sind diese Zahlen angewachsen auf 366 Biogaserzeugungsanlagen mit einer mittleren täglichen Biogasproduktion von 4,7 Mio. m³/d. Insgesamt wurden aus diesen Anlagen im Jahr 2018 ca. 1,1 Mrd. m³ Biogas produziert. Darunter fällt auch das Biogas, welches auf Deponien erzeugt, eingefangen und kommerziell genutzt wird – beispielsweise zur Stromerzeugung oder zur Umwandlung in Biomethan.

Die Erdgasinlandsnachfrage in Brasilien lag in 2017 wie oben beschrieben bei ca. 28 Mrd. m³. Ca. 2% dieser Nachfrage nach Erdgas könnten in Brasilien aktuell durch Biogas gedeckt werden, wenn dieses zu Biomethan aufbereitet wird (1,1 Mrd. m³/a Biogasproduktion in 2018 entspricht ca. 0,56 Mrd. m³/a Biomethan). Der Anteil des Biogases aus Deponien betrug in 2018 dabei ca. 42% des gesamten in Brasilien erzeugten Biogases (0,46 Mrd. m³/a Biogasproduktion aus Deponien in 2018).

Auch wenn der Anteil an aktuell produziertem und genutztem Biogas in Brasilien sehr gering ist, besteht doch ein sehr großes Potenzial für diesen Markt. In Kapitel 4.2 Technisches Potenzial wird näher auf dieses Potenzial eingegangen.

⁵⁷ CIBiogas (2019)

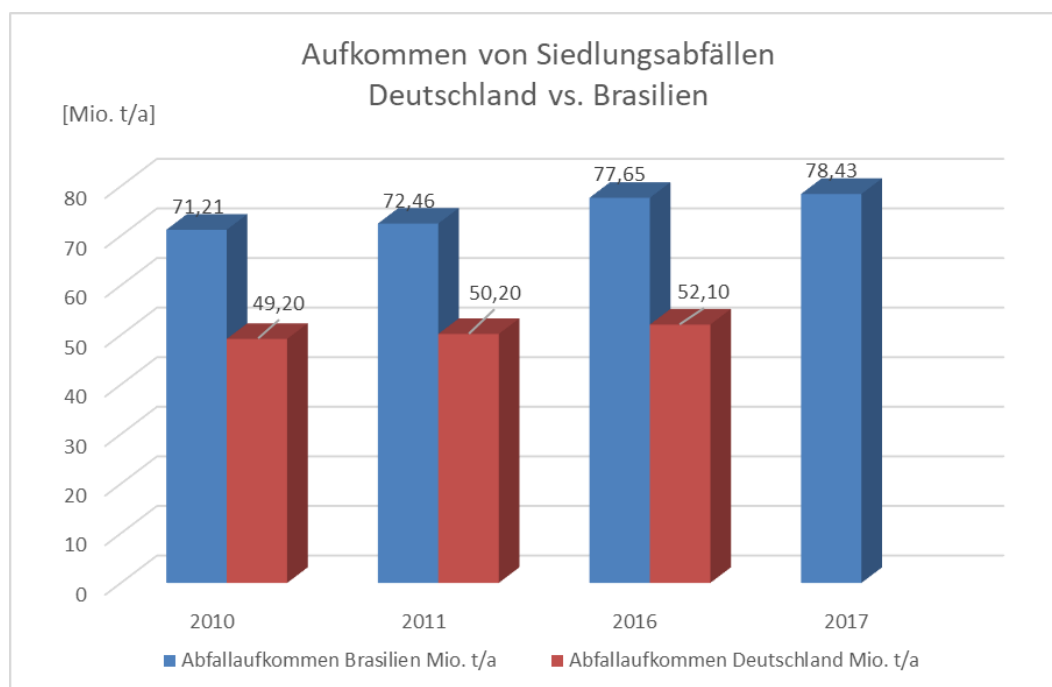
4. Rahmenbedingungen für Deponiegas

4.1 Die Abfall- und Deponiewirtschaft

4.1.1 Abfallaufkommen

Das Aufkommen von festen Siedlungsabfällen in Brasilien (sogenannte RSU „Resíduos sólidos urbanos“) betrug im Jahr 2017 214.868 t/Tag⁵⁸ bzw. 78,4 Mio. t/Jahr. Dies ist ein Anstieg um 10% im Vergleich zu 2010, wo das Abfallaufkommen bei 195.089 t/Tag⁵⁹ bzw. 71,2 Mio. t/Jahr lag. Deutschland hatte 2010 im Vergleich dazu ein Aufkommen von Siedlungsabfällen von 49,2 Mio. t/Jahr, welches bis 2016 um 6% auf 52,1 Mio. t/a anstieg.⁶⁰ Pro Kopf hat Brasilien also ein deutlich geringeres Abfallaufkommen als Deutschland (2016: Brasilien 378 kg/Einwohner/Jahr, Deutschland 632 kg/Einwohner/Jahr), was aber durchaus im Rahmen des Abfallaufkommens anderer südamerikanischer Länder liegt.⁶¹

Abbildung 15: Aufkommen von Siedlungsabfällen in Deutschland und Brasilien, 2010 – 2017



Geographisch betrachtet gibt es innerhalb Brasiliens sehr große Unterschiede, wo Siedlungsabfälle anfallen. So gibt es eine große Konzentration in den Ballungsräumen der großen Städte und Gemeinden wie z.B. die Region „Südosten“ mit den Mega-Metropolen Rio de Janeiro und Sao Paulo, wo ca. 50% der Siedlungsabfälle generiert werden. Ein weiterer Schwerpunkt ist der „Nordosten“ mit seinen Millionenstädten Recife, Fortaleza und Salvador de Bahia, wo ca. weitere 26% aller Abfälle generiert werden.

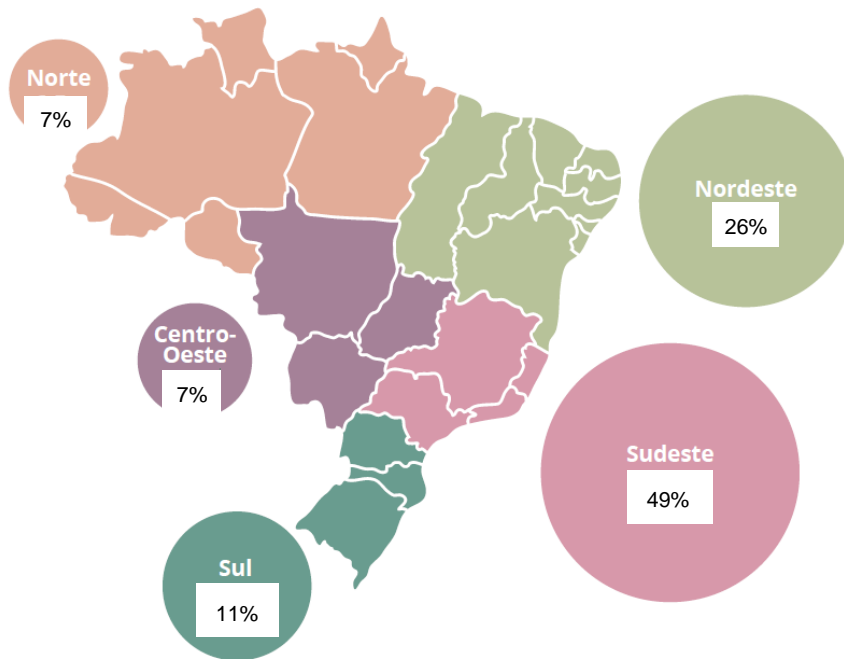
⁵⁸ Abrelpe (2017), S. 15

⁵⁹ Abrelpe (2013), S. 17

⁶⁰ Umweltbundesamt (2019c)

⁶¹ uve GmbH (2018), S. 26

Abbildung 16: Aufkommen von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017 (78,4 Mio. t/Jahr) nach Regionen⁶²



4.1.2 Abfallentsorgung

Das Abfallaufkommen ist in Brasilien aber nicht gleichzusetzen mit der Menge des eingesammelten Abfalls (sogenannte „Coleta“). So wurden 2010 vom Abfallaufkommen i.H.v. 71,2 Mio. t/a am Ende nur 63,36 Mio. t/a eingesammelt und abtransportiert, was ca. 89% entspricht.⁶³ Dieser Wert hat sich seitdem stetig verbessert und lag 2017 bei ca. 91,2%. Regional ist dies jedoch sehr unterschiedlich: Im Südosten und Süden liegt die Quote zwischen 95% und 98%, im Norden und Nordosten hingegen lediglich bei knapp 80%.

Da in Brasilien so gut wie kein Recycling oder Müllverbrennung durchgeführt wird, ist die meist verbreitete Entsorgungstechnologie die Deponierung. Im Jahr 2014 wurde das recycelte Abfallvolumen von der Regierung auf ca. lediglich 1,6% der gesamten Siedlungsabfälle beziffert, der Anteil der Müllverbrennung lag bei ca. 0,1%.⁶⁴

Ein grundsätzliches Problem bei der Deponierung in Brasilien ist, dass ein Großteil des Abfalls keine sachgerechte Entsorgung erfährt. So gibt es in Brasilien üblicherweise drei Typen von Deponierung:⁶⁵

- 1.) aterro sanitário (= geordnete Deponie)
- 2.) aterro controlado (= kontrollierte, aber ungeordnete Deponie)
- 3.) lixões (= Müllhalden)

Lediglich der erste Typ entspricht hierbei einer sachgemäßen Entsorgung, denn geordnete Deponien müssen gemäß der technischen Norm NBR 8419/NB 843 gewisse Sicherheitskriterien erfüllen, wie beispielsweise eine wasserdichte Boden- und Oberabdeckung, umwelt- und geotechnische Überwachung der Deponie, Abflusssysteme für Sickerwasser und Gase, abgetrennte Zellen für medizinische Abfallprodukte und Planung für die Nachsorgephase der Deponie.⁶⁶ Typ zwei und drei der Deponierung sind hingegen als unsachgemäße Entsorgung zu betrachten.

⁶² Abrelpe (2017)

⁶³ Abrelpe (2013), S. 17

⁶⁴ uve GmbH (2018), S. 27

⁶⁵ Abrelpe (2013), S. 17

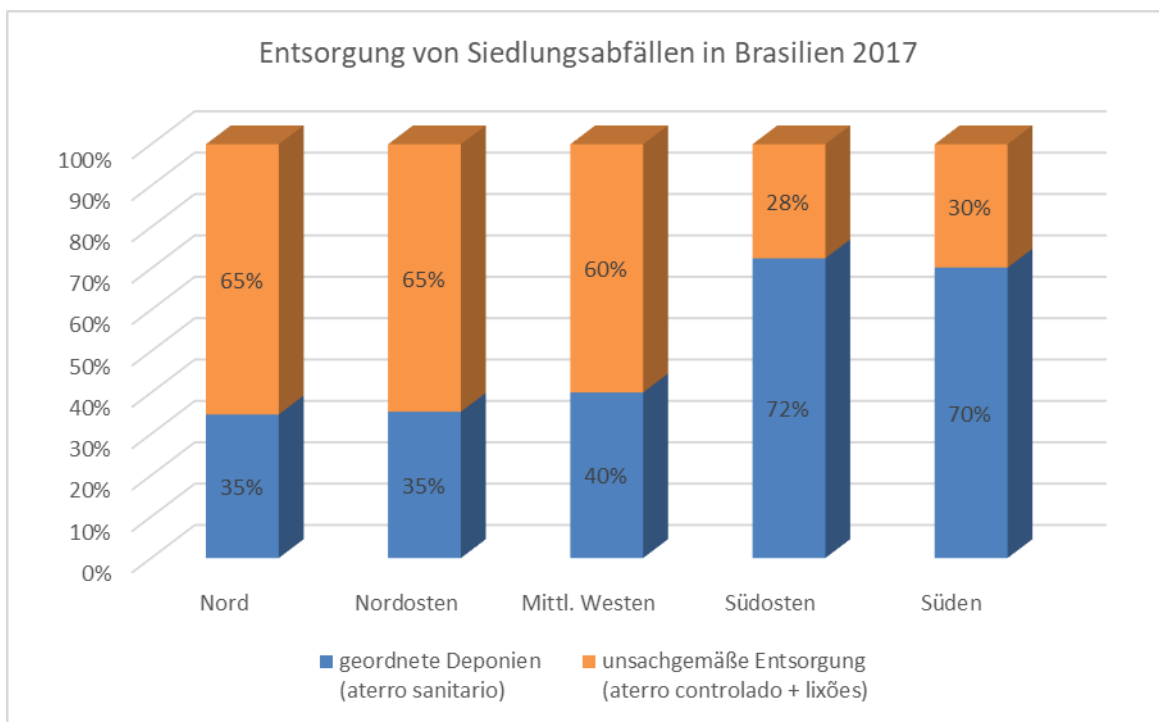
⁶⁶ uve GmbH (2018), S. 34

Die verschiedenen Typen von Deponien/Müllhalden treten mit sehr unterschiedlicher Konzentration in den verschiedenen Regionen Brasiliens auf. Die folgende Tabelle und Grafik zeigen dies als Zusammenfassung. Somit werden in Brasilien im Schnitt nur ca. 60% des abtransportierten Abfalls auf geordnete Deponien (Typ 1) gebracht. Auch hier gibt es, wie bereits bei den Quoten für die Abfallabholung, große regionale Unterschiede. Während im Süden und im Südosten immerhin mehr als 70% des abgeholt Abfalls auf einer geordneten Deponie entsorgt werden, sind es in den anderen Regionen lediglich 35-40%.

Tabelle 7: Entsorgung von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017, unterteilt nach Typ der Deponie und nach Region, in [t/d]⁶⁷

Abfallentsorgung in Brasilien 2017		geordnete Deponien (aterro sanitario)	ungeordnete Deponien (aterro controlado)	Müllhalden (lixões)	Summe
Nord	in t/d	4.410	3.772	4.523	12.705
Nordosten	in t/d	15.520	14.356	13.995	43.871
Mittl. Westen	in t/d	5.765	5.018	3.623	14.406
Südosten	in t/d	75.135	17.851	10.755	103.741
Süden	in t/d	14.971	3.884	2.472	21.327
Summe	in t/d	115.801	44.881	35.368	196.050
	Mio. t/a	42,3	16,4	12,9	71,6
		59%	23%	18%	100%

Abbildung 17: Entsorgung von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017, unterteilt nach Typ der Deponie und nach Region, in [%]⁶⁸



Betrachtet man die Anzahl der Deponien, welche in Brasilien üblicherweise über die Anzahl der Gemeinden erfasst wird, so lässt sich feststellen, dass von den 5.570 Deponien in Brasilien nur 2.218 (40%) geordnete Deponien sind. Da die geordneten Deponien aber, wie oben gezeigt, 60% des abtransportierten Abfalls verarbeiten, lässt sich daraus schließen, dass die geordneten Deponien in der Regel deutlich größer sind.

⁶⁷ Abrelpe (2017)

⁶⁸ Abrelpe (2017)

Tabelle 8: Entsorgung von Siedlungsabfällen in Brasilien 2017, Anzahl der Gemeinden, geordnet nach Typ der Deponie und nach Region⁶⁹

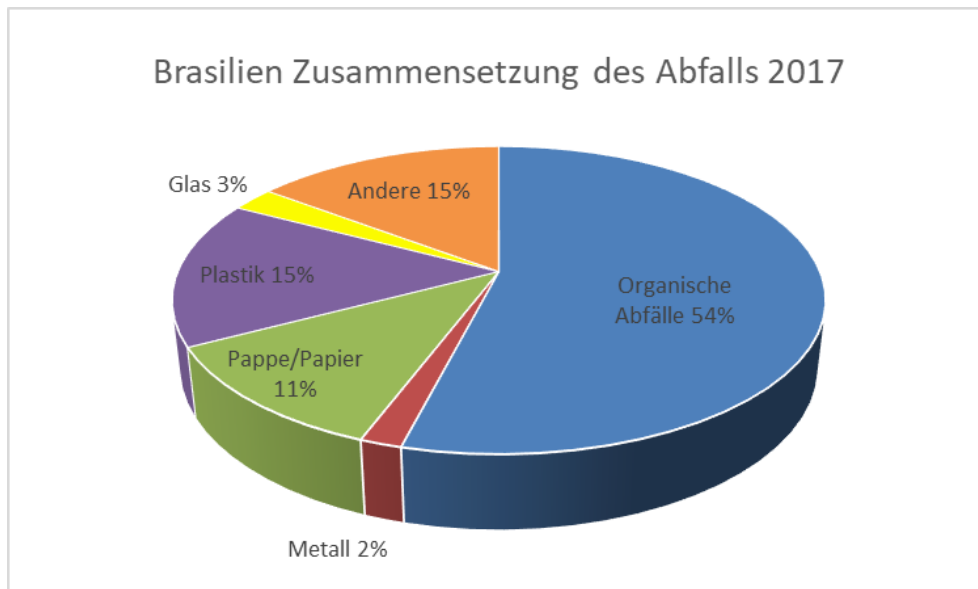
Anzahl der Gemeinden gemäß dem Typ der Deponierung	geordnete Deponien (aterro sanitario)	ungeordnete Deponien (aterro controlado)	Müllhalden (lixões)	Summe
Nord	90	108	252	450
Nordosten	449	484	861	1.794
Mittl. Westen	159	159	149	467
Südosten	817	634	217	1.668
Süden	703	357	131	1.191
Summe	2.218	1.742	1.610	5.570
	40%	31%	29%	100%

Da der Abfallmarkt in Brasilien, wie auf den letzten Seiten aufgezeigt, sehr komplex und mit 5.570 Deponien recht kleinteilig und unübersichtlich ist, erscheint es für die Definition des konkreten Geschäftsansatzes für ein deutsches Konsortium sinnvoll, einen Fokus auf bestimmte Gruppen und Regionen zu setzen. Da der Zielmarkt dieser Studie die Erzeugung und Kommerzialisierung des Deponiegases ist, kommen hierfür in Brasilien aktuell nur die geordneten Deponien in Frage, da diese über entsprechende Sicherheitsstandards und in der Regel bereits über Abflusssysteme für das Deponiegas verfügen.

4.1.3 Zusammensetzung des Abfalls und des daraus entstehenden Biogases

Der Abfall in Brasilien weist mit 54% einen relativ hohen organischen Anteil auf. Dieser organische Anteil ist maßgeblich für die Entstehung des Deponiegases, welches aufgrund des brasilianischen Namens (Biogas de aterro sanitário) im Folgenden hier auch als Biogas bezeichnet werden soll.

Abbildung 18: Abfallzusammensetzung Brasilien 2017⁷⁰



⁶⁹ Abrelpe (2017), S. 20

⁷⁰ uve GmbH (2018), S. 28

4.1.4 Zusammensetzung des Deponiegases

Das Biogas, welches auf Deponien gewonnen werden kann, hat üblicherweise die in der nächsten Abbildung gezeigte chemische Zusammensetzung. Durch den im Vergleich zu Erdgas deutlich geringeren Methangehalt von 50%-60% (Erdgas H-Gas: 87%-99%) besitzt das Deponiegas auch einen deutlich geringeren Brennwert von ca. 6 kWh/m³ (Erdgas H-Gas: 10-11,1 kWh/m³).⁷¹ Je nach Weiterverwendung kann daher eine Aufbereitung zu Biomethan notwendig werden, beispielsweise für die Einspeisung ins Gasnetz. Als Biomethan bezeichnet man in der Regel das von CO₂-befreite, getrocknete und von weiteren unerwünschten Begleitgasen und -stoffen befreite Biogas, so dass es eine ähnliche Zusammensetzung und einen ähnlichen Brennwert wie Erdgas H-Gas besitzt.

Tabelle 9: Zusammensetzung von Biogas⁷²

Bestandteil	Formelzeichen	Konzentration
Methan	CH ₄	50 – 75 Vol.-%
Kohlendioxid	CO ₂	25 – 45 Vol.-%
Wasserdampf	H ₂ O	2 – 7 Vol.-%
Sauerstoff	O ₂	< 2 Vol.-%
Stickstoff	N ₂	< 2 Vol.-%
Ammoniak	NH ₃	< 1 Vol.-%
Wasserstoff	H ₂	< 1 Vol.-%
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	20 – 20.000 ppm

4.2 Rechtlicher Rahmen des Deponie- und Biogasmarktes

4.2.1 Abfallwirtschaft

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei no 12.305/2010⁷³

Nach 19 Jahren andauernder Verhandlungen zwischen der Regierung, Verbänden und dem Nationalkongress wurde im Jahre 2010 das nationale Gesetz für Siedlungsabfälle (PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos) verabschiedet. Dieses Gesetz gibt einen Rechtsrahmen und eine Struktur vor, wie Brasilien in den kommenden Jahren mit Siedlungsabfällen umgehen will, es enthält jedoch keine konkreten Regelungen, was genau zu tun ist. Diese genauen Regelungen sollten deshalb in einem zweiten Schritt im Rahmen sogenannter Maßnahmenpläne für Siedlungsabfälle (sogenannte „Planos de Resíduos“) entwickelt und verabschiedet werden. So schreibt die PNRS drei verschiedene Kategorien solcher Maßnahmenpläne vor, und zwar auf Bundesebene, auf Länderebene und auf Gemeindeebene. Die Maßnahmenpläne haben unterschiedliche Laufzeiten und unterschiedliche Revisionszeitpunkte:⁷⁴

- auf Bundesebene: 20-Jahresplan mit Revisionen alle 5 Jahre
- auf Länderebene: 10-Jahresplan mit Revisionen alle 2 Jahre
- auf Gemeindeebene: 5-Jahresplan mit jährlichen Revisionen

⁷¹ gibgas Consulting (2019)

⁷² FNR (2019)

⁷³ Lei (2010)

⁷⁴ EPE (2014), S. 9

Zur Umsetzung der PNRS sollten demnach folgende Maßnahmenpläne erarbeitet und verschiede werden:

1. Plano Nacional de Resíduos Sólidos bzw. PlaNaRes (Nationaler Maßnahmenplan für Siedlungsabfälle), welcher im September 2011 vom Umweltministerium verabschiedet wurde und als Hauptvorlage für die Maßnahmenpläne der Bundesstaaten und der Gemeinden dienen soll.⁷⁵
2. Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (Maßnahmenpläne für Siedlungsabfälle der einzelnen Bundesstaaten), welche seit 2011 von den einzelnen Bundesstaaten – in Anlehnung an die Vorgaben aus dem Plano Nacional de Resíduos Sólidos – ausgearbeitet und veröffentlicht werden sollten. Ein großes Problem hierbei ist, dass 7 der 26 Bundesstaaten bis heute (Juli 2019) diesen Maßnahmenplan nicht ausgearbeitet haben. Eine Übersicht über alle vorhandenen (und nicht vorhandenen) Maßnahmenpläne der Bundesstaaten findet sich unter: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/item/10611>
3. Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Maßnahmenpläne für integriertes Management von Siedlungsabfällen der einzelnen Gemeinden), welche ebenfalls seit 2011 ausgearbeitet und veröffentlicht werden sollten. Auch hier sollen sich diese Maßnahmenpläne an den Vorgaben des Plano Nacional de Resíduos Sólidos orientieren. Leider hat der Großteil der brasilianischen Gemeinden die Vorgaben des PNRS zur Erstellung eines solchen Maßnahmenplans bis heute nicht umgesetzt. Das Umweltministerium in Brasilien veröffentlichte auf seiner Website eine Liste mit allen Gemeinden⁷⁶ und dem Status der Umsetzung des PNRS: Von 5.569 Gemeinden haben bis heute lediglich 1.865 Gemeinden (33%) einen eigenen Maßnahmenplan erarbeitet und veröffentlicht.

Wichtige Punkte des Plano Nacional de Resíduos Sólidos sind z.B. folgende:

- Kapitel 3.1.1, Seite 68: Verbot von Müllhalden (lixões) und ungeordneten Deponien (aterro controlado) ab 2014: existierende Müllhalden sollen entweder geschlossen oder durch Installation von geeigneten Systemen zur Müllverarbeitung umgewandelt werden. Hierbei ist hervorzuheben, dass an erster Stelle der Müllverarbeitung eine Abfallverwertung stehen soll: sprich Mülltrennung und Recycling. Die verbleibenden Reste nach der Verwertung sollen dann in geordneten Deponien entsorgt werden.⁷⁷
- Kapitel 3.4.1, Seite 73: Energieerzeugung durch die Nutzung von Biogas aus geordneten Deponien.
- Kapitel 4.1.1, Seite 88: Zeitpläne, bis wann welche Schritte des Plano Nacional umgesetzt sein sollen, abgestuft nach 3 Szenarien (günstig, mittel, ungünstig). Hier gibt es etwas widersprüchliche Aussagen bzgl. der Müllhalden (lixões): Einerseits wird gesagt, dass bis 2014 alle Müllhalden abgeschafft sein müssen, andererseits wird ein Maßnahmenplan zur Sanierung bzw. Umwandlung von Müllhalden zu geordneten Deponien mit folgendem Zeitplan dargestellt:

Tabelle 10: Plan zur Umwandlung von Müllhalden in geordnete Deponien⁷⁸

Szenario: ungünstig	2015	2019	2023	2027	2031
Brasilien gesamt	5%	20%	45%	65%	90%
Norden	5%	20%	45%	65%	90%
Nordosten	5%	20%	45%	65%	90%
Zentral. Westen	8%	20%	45%	65%	90%
Südosten	10%	20%	50%	75%	100%
Süden	10%	20%	50%	75%	100%

Insgesamt lässt sich bzgl. des PNRS und den daraus resultierenden Maßnahmenplänen für Siedlungsabfälle (Planos de Resíduos) feststellen, dass bereits 2011 die Zielsetzungen und entsprechenden Maßnahmen für eine

⁷⁵ MMA (2011)

⁷⁶ MMA (2012)

⁷⁷ EPE (2014), S. 9

⁷⁸ MMA (2011), S. 88

Verbesserung der Abfallwirtschaft in Brasilien festgelegt wurden, das Land insgesamt jedoch noch weit hinter der Umsetzung dieser Maßnahmen hinterherhinkt. Dies liegt vor allem daran, dass etliche Bundesstaaten, vor allem aber ein Großteil der Gemeinden, die Maßnahmenpläne noch nicht übernommen und umgesetzt haben. Es existieren zwar Strafzahlungen, welche für die Nichtumsetzung der Maßnahmen fällig werden, jedoch ist die Höhe der Strafzahlungen bisher scheinbar nicht ausreichend genug, um eine Umsetzung zu erzwingen. Hier ist die Regierung also unter Zugzwang, etwas zu unternehmen.

Am 23.12.2010 wurde als Ergänzung zum PNRS noch das Dekret Nr. 7.404/2010 verabschiedet, welches Regelungen für die Umsetzung der PNRS beinhaltet. Hier sieht Artikel 37 unter anderem vor, dass eine Arbeitsgruppe aus Vertretern des Umweltministeriums, des Energie- und Bergbauministeriums und Vertretern der Gemeinden etabliert werden soll, um Rahmenbedingungen und Regelungen für die energetische Nutzung von Biogas auf Deponien zu erarbeiten.⁷⁹

4.2.2 Reduzierung von Treibhausgasemissionen

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Mit Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls 1997 wurden Festlegungen für die Reduzierung von Treibhausgasen für alle 59 unterzeichnenden Länder getroffen: Für die Industrieländer galt eine prozentuale Vorgabe zur Gesamtreduzierung der Treibhausgase von 5% bis 2012. Für die Entwicklungsländer, zu denen auch Brasilien zählte, gab es keine genaue Vorgabe von Zielen, sondern lediglich die Verpflichtung, Entwicklungsprogramme zur Reduzierung von Emissionen auf den Weg zu bringen.⁸⁰ Diese Programme für Entwicklungsländer wurden weltweit unter dem Namen Clean Development Mechanism (CDM) geführt und von einem internationalen Gremium der Vereinten Nationen überwacht und gesteuert. Emissionsreduzierende Projekte, die unter dem Rahmen des CDM durchgeführt werden, erhalten im Gegenzug sogenannte Certified Emission Reduction (CER) Credits zugeteilt, wobei 1 CER für 1 t eingespartes CO₂ (bzw. CO₂-Äquivalent) steht. Die CER können dann gehandelt und z.B. an Industrieländer verkauft werden und diesen Ländern dadurch helfen, ihre Verpflichtungen unter dem Kyoto-Protokoll zu erfüllen.⁸¹

Je nachdem, um welches Treibhausgas es sich handelt, ist das Treibhauspotenzial (GWP – Global Warming Potential) unterschiedlich groß. So hat Methan z.B. ein 21-fach höheres Treibhauspotenzial als CO₂. Somit erhält ein CDM-Projekt zur Vermeidung von Methan-Gasen 21-mal mehr CER-Credits zugeteilt als ein Projekt mit reiner CO₂-Vermeidung.⁸²

In Brasilien wurde zur Umsetzung des CDM das nationale Programm MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) initiiert. Das erste Projekt, welches 2004 genehmigt und umgesetzt wurde, war ein Projekt zur Reduzierung der Treibhausgasemission einer geordneten Deponie. Seitdem wurden in Brasilien insgesamt 343 Projekte angemeldet und umgesetzt, von denen 46 Projekte zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei Deponien waren.⁸³ In Brasilien ist das Interesse an diesen MDL-Projekten generell relativ groß, da vom Projektinhaber durch den Erhalt der CER-Credits zusätzliche Erlöse durch den Weiterverkauf dieser Credits an Industrieländer erzielt werden können. Da das Biogas aus Deponien zu einem Großteil aus Methan besteht, erhalten die Deponiebetreiber auch überproportional viele CER-Credits, was die Attraktivität für die Umsetzung solch eines MDL-Projektes für einen Deponiebetreiber noch weiter steigert.

Weltweit wurden bis zum 31.3.2019 insgesamt 7.804 Projekte im Rahmen des CDM genehmigt und durchgeführt. Brasilien hatte dabei mit 343 genehmigten Projekten insgesamt einen Anteil von ca. 4% aller weltweiten Projekte und lag damit nach China (48%) und Indien (22%) an dritter Stelle.⁸⁴

⁷⁹ EPE (2014), S. 9

⁸⁰ Abrelpe (2013), S. 21

⁸¹ CDM (2019)

⁸² Abrelpe (2013), S. 22

⁸³ Gazeta do povo (2013)

⁸⁴ CDM (2019a)

Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), 29.12.2009

Zusätzlich zum MDL wurde ein nationales Gesetz zum Klimawandel (PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima, Gesetz: Lei n° 12.187⁸⁵ vom 29.12.2009) verabschiedet, welches Brasiliens Selbstverpflichtungen in Bezug auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen regelt. So obliegt sich Brasilien selbst die Verpflichtung, seine Treibhausgasemissionen, welche für das Jahr 2020 prognostiziert sind, um 36,1% - 38,9% zu reduzieren.⁸⁶ Dieses Gesetz wurde am 9.12.2010 noch einmal konkretisiert durch das Decreto No. 7.390, wo die vorher definierten Prozentziele mit konkreten Zahlen ergänzt wurden. Dieses Decreto No. 7.390 wurde letztes Jahr am 22.11.2018 noch einmal durch das neue Decreto No. 9.578 ersetzt. Dort wurde das für 2020 prognostizierte Emissionsvolumen von Treibhausgasen schließlich auf 3.236 Gigatonnen CO₂-Äquivalent festgelegt, woraus eine Selbstverpflichtung zur Reduktion von 1.168 bis 1.259 Gigatonnen CO₂-Äquivalent resultiert.⁸⁷ Dabei wurden jedoch keine konkreten Vorgaben gemacht, wie diese Reduzierung zu erreichen ist und welcher Sektor (z.B. Automobil, Stromerzeugung, Industrie, Abfall etc.) welchen Beitrag hierzu zu leisten hat.

Es lässt sich somit festhalten, dass es Gesetze und Entwicklungsprogramme gibt, die auf das Thema Reduzierung von Treibhausgasen ausgerichtet sind und auch Ziele für Gesamt-Brasilien vorgeben. Es fehlen jedoch konkrete Vorgaben und Maßnahmen, wie und vor allem durch wen diese Ziele zu erreichen sind.

Gemäß Aussagen von ABiogás gibt es beispielsweise eine Pflicht für Betreiber von geordneten Deponien, das in der Deponie entstehende Biogas nicht einfach in die Luft entweichen zu lassen, sondern aufzufangen, zu sammeln und zu nutzen, um damit die Emission von klimaschädlichem Methan zu verhindern. Nach eigenen Recherchen konnten wir zwar keine gesetzliche Regelung für eine solche Pflicht finden, jedoch gibt es durch das MDL-Programm starke finanzielle Anreize für Betreiber geordneter Deponien, eben genau solche Emissionen des Biogases in die Atmosphäre zu verhindern. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass jeder Deponiebetreiber, der dazu technisch in der Lage ist – und das sind in der Regel nur die Betreiber von geordneten Deponien –, das Biogas auffängt, sammelt und gemäß den Vorgaben des MDL-Programms nutzt, statt es in die Atmosphäre entweichen zu lassen.

4.2.3 Einspeisung von Deponiegas ins Gasnetz

Die Regeln zur Einspeisung von Biogas ins Gasnetz in Brasilien werden größtenteils auf Landes- und nicht auf Bundesebene geregelt, da die Regulierung des Erdgasmarktes bundestaatlicher Hoheit unterliegt und regional auch die Besonderheiten der jeweiligen Gasnetzbetreiber bzw. der konzessionsberechtigten Distributoren beachtet werden müssen. Exemplarisch werden im Folgenden die Gesetze und Regelungen des Bundesstaates Rio de Janeiro aufgezeigt. Einige Bundesstaaten haben mittlerweile ähnliche Regelungen, jedoch gibt es auch viele Bundesstaaten, die zum Thema Biogaseinspeisung noch keine Regelungen verabschiedet haben.

Lei estadual 6.361, Bundesstaat Rio de Janeiro, 18.12.2012⁸⁸

Ende 2012 wurde im Bundesstaat Rio de Janeiro ein Gesetz auf Landesebene erlassen, welches eine Kaufverpflichtung von erneuerbarem Gas (GNR = Gás Natural Renovável) durch die Gasnetzbetreiber bzw. die konzessionsberechtigten Distributoren im Bundesstaat vorsieht. Somit sind die Netzbetreiber/Distributoren verpflichtet, Biogas bis zu einer Gesamtmenge von 10% des normalerweise im jeweiligen Netz transportierten Erdgases zu kaufen, sofern Biogasproduzenten eine entsprechende Menge in ihr Gasnetz einspeisen möchte. Des Weiteren wurden relativ allgemeine Regelungen bzgl. der Gasqualität des Biogases getroffen (es wurde lediglich geregelt, die Qualität solle der Erdgasqualität entsprechen). Bzgl. des Kaufpreises des Biogases wurde festgelegt, dass der Preis jeweils individuell zwischen Netzbetreiber/Distributoren und dem Biogasproduzenten auszuhandeln ist und dass dies von der Regulierungsbehörde AGENERSA (Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro) flankiert werden soll.

⁸⁵ Lei (2009)

⁸⁶ MMA (2019)

⁸⁷ Decreto (2018a)

⁸⁸ Lei (2012)

Decreto No. 44855 DE 26/06/2014, Bundesstaat Rio de Janeiro⁸⁹

Da das obige Gesetz No. 6.361 in vielen Punkten nicht detailliert genug war, wurde 2014 ein Dekret erlassen, um gewisse Punkte zu konkretisieren. In diesem Dekret wurde eine Obergrenze für die Einspeisevergütung festgelegt, welche vom Netzbetreiber an den Biogasproduzenten für ins Gasnetz eingespeistes Biogas zu zahlen ist. Diese liegt bei 1,20 R\$/m³. Außerdem wurden einige Parameter für die Gasspezifikation festgelegt, wie Temperatur, Druck und Brennwert, weitere Spezifikationen fehlten aber weiterhin. Artikel 2 dieses Dekretes mit den Regelungen zum Preis für das Biogas wurde in 2018 noch einmal neu gefasst unter der Nummer Decreto No. 46476 DE 25/10/2018.⁹⁰

Resolução de No. 685/2017 der Nationalen Brennstoff-Regulierungsbehörde ANP, 29.6.2017, landesweite Gültigkeit⁹¹

Da es nach wie vor keine Regelungen mit detaillierten Spezifikationen bzgl. der Gasqualität von eingespeistem Biogas gab, war bis 2017 die Einspeisung von Biogas aus Deponien ins Gasnetz grundsätzlich verboten.⁹² Aus diesem Grunde wurde am 29. Juni 2017 von der Nationalen Agentur für Erdöl, Erdgas und Biokraftstoffe (ANP = Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) die landesweit gültige Resolution Nr. 685/2017 verabschiedet, welche Regeln für die Qualität und Spezifikationen für Biogas aus Deponien festlegt, um dieses ins Gasnetz einzuspeisen bzw. in verschiedenen Sektoren wie Haushalten, Industrie oder Verkehr zu nutzen.

Tabelle 11: Spezifikationen gemäß ANP-Resolução de No. 685/2017 zur Einspeisung von Biogas⁹³

Charakteristik	Einheit	Limit		
		Nord	Nordost	Mittl. Westen, Südost und Süd
Brennwert	kJ/m ³	34.000 - 38.400	35.000 - 43.000	
	kWh/m ³	9,47 - 10,67	9,72 - 11,94	
Wobbe-Index	kJ/m ³	40.500 - 45.000	46.500 - 53.500	
Mindest-Methangehalt	% mol.	90,0	90,0	
Ethan	% mol.	k.A.	k.A.	
Propan	% mol.	k.A.	k.A.	
Butan und schwerere KW	% mol.	k.A.	k.A.	
Sauerstoff	% mol.	0,8	0,8	
CO ₂ , max.	% mol.	3,0	3,0	
CO ₂ + O ₂ + N ₂ , max.	% mol.	10		
Gesamt Schwefel, max.	mg/m ³	70		
Schwefelwasserstoff (H ₂ S), max.	mg/m ³	10		
Wassertaupunkt bei 1 atm	°C	-39	-39	-45
Kohlenwasserstofftaupunkt	°C	15	15	0
Siloxangehalt	mg Si/m ³	0,3	0,3	
Chlor	mg (Cl)/m ³	5,0	5,0	
Fluor	mg (F)/m ³	5,0	5,0	

⁸⁹ Decreto (2014)

⁹⁰ Decreto (2018)

⁹¹ ANP (2017)

⁹² EPE (2018), S. 4

⁹³ ANP (2017)

Da erst mit der Veröffentlichung der ANP-Resolução de No. 685/2017 im Juni 2017 die notwendigen technischen Qualitätsspezifikationen für eingespeistes Biogas festgelegt wurden, wurden auch erst danach die ersten Anlagen für Biogaseinspeisung in Betrieb genommen. Aktuell gibt es in Brasilien drei Projekte zur Einspeisung von Deponiegas ins Gasnetz, von denen jedoch nur eine in Betrieb ist. Im Kapitel 5.2 „Vermarktungsmöglichkeiten für Deponiegas“ wird noch einmal gesondert auf Beispiele, Risiken/Probleme und Chancen der Biogaseinspeisung eingegangen.

4.2.4 Einspeisung von Strom aus Biogasanlagen

Der Strommarkt in Brasilien ist unterteilt in einen freien Markt (mercado livre) und einen regulierten, abgeschlossenen Markt (mercado cativo). Der regulierte Markt ist der traditionelle Markt, wo Kunden den Strom nur vom lokalen Distributor kaufen können, an dessen Netz sie angeschlossen sind. Der freie Markt hatte sich im Rahmen der Liberalisierung des brasilianischen Strommarktes entwickelt, um den Wettbewerb zu fördern und die Stromkosten für den Endkunden zu reduzieren. Beide Märkte funktionieren unterschiedlich und ein Endverbraucher kann prinzipiell frei wählen, auf welchem Markt er seinen Strom beziehen möchte, sofern er folgende Kriterien erfüllt:

Tabelle 12: Anforderungen, um als Endkunde im Mercado livre zu agieren⁹⁴

Stromverbraucher	Stromquelle	Leistung	Minimalspannung
„Frei“	Konventionell oder Erneuerbar	> 3.000 kW	2,3 kV
„Speziell“	Erneuerbar	> 500 kW	2,3 kV

Zu erneuerbaren Energiequellen zählen alle Stromerzeugungsanlagen aus regenerativen Quellen wie „kleine“ Wasserkraft, Wind, Solar und Biomasse, die weniger als 30 MW installierte elektrische Leistung haben. Insofern fallen unter diese Kategorie auch alle aktuellen Stromerzeugungsanlagen in Brasilien, die Strom aus Biogas von Deponien erzeugen. Die Förderung, welche Stromverbraucher erhalten, wenn sie Strom von solchen Produzenten kaufen, ist ein Discount von bis zu 50% auf die Netznutzungsgebühren TUSD und TUST, welche sie im Rahmen der Stromlieferung zahlen müssen.⁹⁵ Diese Förderung macht es im Umkehrschluss dann auch attraktiver für Stromproduzenten aus Deponiegas, den Strom auf dem Mercado livre zu verkaufen, da ihr Strom damit preislich attraktiver ist als konventionell produzierter Strom.

Im Folgenden sollen die Unterschiede der beiden Strommärkte dargestellt werden.

Tabelle 13: Unterschiede im Strommarkt zwischen Mercado livre und Mercado cativo⁹⁶

	Mercado cativo	Mercado livre
Lieferant	Verteilungsnetzbetreiber	Stromproduzent, Händler
Strompreis	Reguliert durch die ANEEL	Frei handelbar
Durchleitungstarif	Reguliert durch die ANEEL	Reguliert durch die ANEEL
Preis Anpassung	Jährlich durch die ANEEL	Frei handelbar
Vertragsdauer	Festgelegt durch ANEEL	Frei handelbar
Liefermenge	Gemäß Konsum	Frei handelbar
Zuständig für die Lieferung	Verteilungsnetzbetreiber	Verteilungsnetzbetreiber

Für unabhängige kleine Stromproduzenten gab es bis 2012 nur die Möglichkeit, ihre Strommengen im Mercado livre zu verkaufen, wo normalerweise nicht so hohe Preise erzielbar sind wie im Mercado cativo. Am 17. April 2012 verabschiedete ANEEL (brasilianische Strom-Regulierungsbehörde) dann die Resolução normativa No. 482, um

⁹⁴ Mercado livre (2019)

⁹⁵ Mercado livre (2019)

⁹⁶ DuplaConsultoria (2019)

spezielle Regelungen für dezentrale Stromerzeugung von kleinen Stromerzeugungsanlagen zu treffen.⁹⁷ Die Regelung gilt für sogenannte Micro- und Mini-Erzeugungsanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung bis zu 5 MW, sofern die Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen erfolgt. Die Vorteile dieser neuen Regelung liegen darin, dass überschüssiger Strom (Überschuss = Produktion abzgl. eigener Verbrauch) ins örtliche Verteilnetz eingespeist und später oder an einem anderen Standort desselben Betreibers verbraucht werden kann (Letzteres nur, sofern beide Anschlüsse im selben Verteilungsnetz-Konzessionsgebiet liegen).⁹⁸

Aktuell werden in Brasilien ca. 25% des gesamten gelieferten Stroms über den Mercado livre gehandelt und 75% über den Mercado cativo.⁹⁹

⁹⁷ ANEEL (2012)

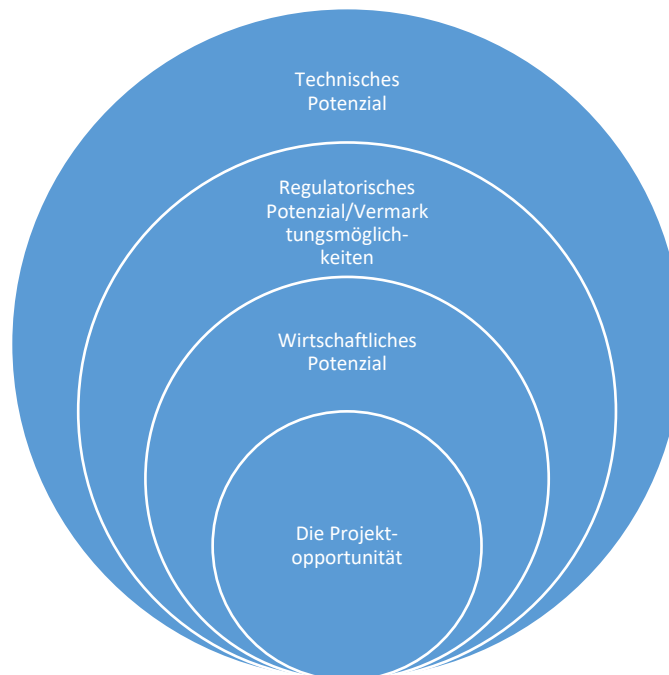
⁹⁸ Asja (2019a)

⁹⁹ Mercado livre (2019)

5. Die Projektopportunität(en)

In diesem Kapitel wird anhand der in folgender Abbildung dargestellten Methodik die Projektopportunität hergeleitet.

Abbildung 19: Methodik zur Herleitung der Projektopportunität



5.1 Technisches Potenzial von Deponiegas

Gemäß Informationen der Verbände Abiogas und Abrelpe entsteht auf einer Deponie bei einer kontinuierlichen Abfallzufuhr von ca. 20,7 t/Tag (bzw. von ca. 11,4 t/d darin enthaltenem organischen Abfallanteil) eine Biogasmenge von ca. 1 Mio. m³/Jahr.¹⁰⁰ Von dieser Biogasmenge ist es möglich ca. 75% technisch „einzufangen“ (sogenanntes „biogás captado“).¹⁰¹ Der Rest entweicht in die Atmosphäre und kann nicht genutzt werden. Wenn auf allen in Brasilien existierenden Deponien und Müllhalden Deponiegas eingefangen würde, käme man somit gemäß denselben Verbänden insgesamt auf ein technisches Potenzial von ca. 7,8 Mrd. m³/Jahr Deponiegas bzw. 4 Mrd. m³/Jahr Biomethan.¹⁰²

Die Projektopportunität reduziert sich jedoch auf geordnete Deponien, da alle anderen Typen derzeit technisch nicht dafür geeignet sind, Deponiegas einzufangen und kommerziell nutzbar zu machen. Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass bei geordneten Deponien das Potenzial an nutzbarem Biogas bei ca. 4,2 Mrd. m³/Jahr bzw. für Biomethan bei 2,2 Mrd. m³/Jahr liegt.

¹⁰⁰ Eigene Berechnung auf Basis der Daten von Abiogas & Abrelpe (2019)

¹⁰¹ Abiogas & Abrelpe (2019)

¹⁰² Abiogas & Abrelpe (2019)

Tabelle 14: Potenzial von Biogas auf geordneten Deponien in Brasilien¹⁰³

Geordnete Deponien in Brasilien und Potenzial der Biogasnutzung	Abfall auf geordneten Deponien (aterro sanitário), 2018 t/a	Abfall auf geordneten Deponien (aterro sanitário), 2018 t/d	davon organischer Abfall (55%) t/d	Potenzial an Biogas mio. m ³ /a	Nutzbare Biogas in 2018 (75% captado) mio. m ³ /a	Potenzial für Biomethan mio. m ³ /a
Nord	1.609.863	4.411	2.419	212	159	82
Nordosten	5.664.596	15.519	8.460	741	556	286
Mittl. Westen	2.104.327	5.765	3.180	279	209	108
Südosten	27.424.528	75.136	41.903	3.672	2.754	1.420
Süden	5.463.445	14.968	8.140	713	535	276
Gesamt Brasilien	42.266.759	115.799	64.102	5.617	4.213	2.172

Setzt man dieses technische Potenzial der Deponiegasproduktion in Relation zum gesamten Biogasmarkt (also inkl. Biogas aus Agrarrohstoffen) in Brasilien und zum Erdgasmarkt in Brasilien, so lässt sich Folgendes feststellen:

Tabelle 15: Potenzial und Ist-Nutzung von Erdgas und Biogas in Brasilien¹⁰⁴

	Erdgas – Inlandsnachfrage 2017	Produktion von Biogas gesamt 2018 (Biogas aus Agrarrohstoffen und Abfall)	Produktion von Biogas 2018 aus allen Deponien	Produktion von Biogas 2018 aus geordneten Deponien	davon Nutzung Biogas für Stromerzeugung	davon Nutzung als Biomethan zur Einspeisung ins Gasnetz
Potenzial	>>28 Mrd. m ³ /a	82 Mrd. m ³ /a	7,8 Mrd. m ³ /a	4,2 Mrd. m ³ /a		
Ist-Nutzung	28 Mrd. m ³ /a	1,1 Mrd. m ³ /a	0,46 Mrd. m ³	0,46 Mrd. m ³	751 GWh/a (=396 Mio. m ³ Biogas)	35 Mio. m ³ /a (= 68 Mio. m ³ Biogas)
Prozentual: Ist-Nutzung vs. Potenzial		1%	6%	11%	9%	2%

Grundsätzlich ist bei einer Potenzialbetrachtung wichtig zu beachten, dass Biogas aufgrund des deutlich geringeren Brennwertes nicht mit Erdgas gleichgesetzt werden kann. Insofern muss hierbei rechnerisch immer eine Umwandlung des Biogases zu Biomethan berücksichtigt werden. Faktisch wird aktuell (und auch zukünftig) nicht das gesamte produzierte Deponiegas in Biomethan umgewandelt werden, da für eine Nutzung zur Stromerzeugung die Qualität des Deponiegas ausreichend ist. Lediglich die Einspeisung ins Gasnetz oder die Nutzung als Kfz-Kraftstoff erfordern die Anreicherung zu Biomethan.

Die Erdgasinlandsnachfrage in Brasilien lag in 2017 bei ca. 28 Mrd. m³ (siehe auch Kapitel „Der Erdgassektor in Brasilien“). Ca. 2% dieser Erdgasnachfrage könnten in Brasilien also derzeit durch Biogas gedeckt werden, wenn dieses zu Biomethan aufbereitet würde (1,1 Mrd. m³/a Biogasproduktion in 2018 entspricht ca. 0,56 Mrd. m³/a Biomethan). Der Anteil des Biogases aus Deponien betrug 2018 dabei ca. 42% des gesamten in Brasilien erzeugten Biogases (0,46 Mrd. m³/a Biogasproduktion aus Deponien).

Das Gesamtpotenzial von Biogas in Brasilien wird auf ca. 82 Mrd. m³/a (bzw. 41 Mrd. m³/a Biomethan) geschätzt.¹⁰⁵ Ca. 74 Mrd. m³/a davon allein ist das Potenzial von Biogas aus Biomasse, dabei vor allem aus Zuckerrohr. Die Frage hierbei ist, wie stark die Produktion von Biogas aus Biomasse ansteigen wird. Aktuell wird in Brasilien Biomasse bereits sehr stark für die Produktion von Bioethanol als Treibstoff genutzt (siehe auch Kapitel „Primärenergieverbrauch und Stromerzeugung in Brasilien“). Die Tendenzen im Verkehrssektor zeigen in jüngster Zeit jedoch auch einen starken Anstieg der Verwendung von Erdgas (siehe Kapitel „Der Erdgassektor in Brasilien“). Dies könnte auch einen Anstieg der Nutzung der Biomasse zur Biogas- bzw. Biomethanproduktion bringen.

¹⁰³ ABiogas & Abrelpe (2019)

¹⁰⁴ ABiogas & Abrelpe (2019)

¹⁰⁵ CIBiogas (2019)

Deponiegas hat aktuell insgesamt ein technisches Potenzial von ca. 7,8 Mrd. m³/Jahr (bzw. 4 Mrd. m³/Jahr Biomethan), wobei aktuell nur ca. 4,2 Mrd. m³/Jahr Deponiegas aus den geordneten Deponien physisch wirklich verfügbar wären. Die verbleibenden 3,6 Mrd. m³/Jahr könnten nur erschlossen werden, wenn die ungeordneten Deponien (aterro controlado) und die Müllhalden (lixões) in geordnete Deponien umgewandelt würden. Hierzu gibt es bereits entsprechende Gesetze und Projekte, welche bisher jedoch leider noch nicht vollständig umgesetzt wurden (siehe Kapitel 4.2.1).

Vom aktuell verfügbaren Biogaspotenzial der geordneten Deponien i.H.v. 4,2 Mrd. m³/Jahr werden bisher nur ca. 11% kommerziell genutzt. Genau gesagt werden 2% davon als aufbereitetes Biomethan ins Gasnetz eingespeist und 9% als Biogas verstromt. Die anderen 89% der in geordneten Deponien als Potenzial verfügbaren Biogasmengen werden aktuell größtenteils einfach abgefackelt. **Hier liegt die Geschäftsoportunität für das deutsche Konsortium.**

Grundsätzlich lassen sich folgende Zwischenfazits bzgl. des technischen Potenzials festhalten:

- Die Inlandsnachfrage nach (Erd-)Gas von aktuell 28 Mrd. m³/a wird in den kommenden Jahren aufgrund steigender Nachfrage in den Sektoren Industrie, Stromerzeugung und Verkehr steigen.
- Dieser Anstieg wird zum einen Teil durch die wachsende Produktion von Erdgas im Rahmen der steigenden Förderraten der Ölbranche gedeckt werden.
- Gleichzeitig tendiert der Import von günstigem Erdgas aus Bolivien zu stagnieren oder sich gar rückläufig zu entwickeln.
- Der Nachfrageanstieg bietet aber auch gleichzeitig eine Chance für Biogas als alternativem und klimafreundlichem Energieträger zu Erdgas, der vor allem in Ballungszentren lokal verfügbar und preislich konkurrenzfähig ist.
- Die Biogasproduktion aus Deponierung hat im Rahmen der bestehenden geordneten Deponien mit Deponiegasfassung und *flares* ein aktuell ungenutztes technisches Potenzial von ca. 3,7 Mrd. m³/Jahr und bei Umwandlung der aktuell ungeordneten Deponien und Müllhalden in geordnete Deponien zusätzlich ein technisches Potenzial von weiteren 3,6 Mrd. m³.

5.2 Vermarktungsmöglichkeiten für Deponiegas

Für die kommerzielle Nutzung kommen in Brasilien prinzipiell vier Möglichkeiten in Frage:

Abbildung 20: Vermarktungsmöglichkeiten für Deponiegas



Im Folgenden sollen diese vier Varianten, sowie deren Vorteile und Nachteile, anhand von konkreten Praxisbeispielen näher betrachtet werden.

5.2.1 Verstromung und Einspeisung ins Stromnetz

Die Variante der Nutzung des Biogases aus Deponien zur Stromerzeugung ist die üblichste in Brasilien: Immerhin 9% des verfügbaren Biogases aus geordneten Deponien wird aktuell zur Stromerzeugung genutzt. Die 2018 insgesamt aus Deponiegas produzierte Strommenge lag bei 750 GWh. Die Gründe, warum die Stromerzeugung auf Deponien am weitesten verbreitet ist, sind:

- Das Biogas muss für die Stromerzeugung nicht zu Biomethan aufbereitet werden.
- Es eignet sich im Prinzip (fast) jede geographische Lage für eine Stromerzeugung, da in der Regel fast immer Stromleitungen in der Nähe der Deponie sind, in welche der produzierte Strom eingespeist werden kann.

Entscheidend dafür, ob sich eine geordnete Deponie kommerziell für die Stromproduktion eignet, ist im Prinzip nur die Menge an produziertem Biogas, welches wiederum abhängig ist vom umgeschlagenen Abfallvolumen. Als Richtgröße wurde hierfür von der Firma Solvi Folgendes genannt:

Tabelle 16: Richtwerte für notwendige Abfallmengen zur Stromproduktion¹⁰⁶

Abfallvolumen (AV) pro Tag	Nutzung des Biogases
AV < 500 t/Tag	Abfackeln ohne Gassammlung (Coleta)
500 t/Tag < AV < 1.500 t/Tag	Gassammlung (Coleta) und Abfackeln
AV > 1.500 t/Tag	Gassammlung (Coleta) und Stromerzeugung

Somit lohnt es sich nach Aussage der Firma Solvi erst ab einem Abfallvolumen von ca. 1.500 t/d, eine Anlage zur Stromerzeugung auf der Deponie zu errichten. Gemäß Aussagen der Firma Asja liegt diese Mindestgröße des Abfallaufkommens bei ungefähr der Hälfte: Ab einer Volllastung einer Stromerzeugungskapazität von ca. 1 MW (oder umgerechnet ca. 700-800 t/Tag Abfall) sei es wirtschaftlich, Strom zu produzieren.¹⁰⁷

Grundsätzlich muss hierbei beachtet, was eigentlich genau mit „Anlage zur Stromerzeugung“ gemeint ist, sprich welche Technologie zur Stromerzeugung eingesetzt wird. Hierfür kommen in Brasilien aktuell drei Möglichkeiten in Betracht:

- Gasmotor
- Gasturbine
- Mikro-Gasturbine

Im Folgenden soll kurz auf die Unterschiede sowie Vor- und Nachteile der einzelnen Möglichkeiten eingegangen werden.¹⁰⁸

1.) Gasmotor

Diese Technologie ist die meistverbreitete Variante der Stromerzeugung auf Deponien in Brasilien. Die Vorteile hierin liegen in den relativ geringen Kosten (CAPEX) und der Möglichkeit der guten Skalierbarkeit. In der Regel besitzt ein Motor eine elektrische Leistung von 0,5 – 3 MW, so dass je nach Größe der Deponie ein oder mehrere dieser Motoren eingesetzt werden können. Die Motoren erreichen einen Wirkungsgrad von 25-35% bei Nutzung von Erdgas als Brennstoff; bei Nutzung von Biogas aus Deponien liegt allerdings aufgrund des geringeren Energiegehalts der Wirkungsgrad ca. 5% niedriger.¹⁰⁹ Moderne Gasmotoren von der Firma GE Jenbacher, wie sie in den weiter unten dargestellten Praxisbeispielen verwendet werden, erreichen sogar Wirkungsgrade von ca. 35-40%.¹¹⁰

¹⁰⁶ Solvi (2019)

¹⁰⁷ Asja (2019b)

¹⁰⁸ Abrelpe (2013), S. 82-89

¹⁰⁹ Abrelpe (2013), S. 83

¹¹⁰ Asja (2019a)

Nachteile sind unter anderem die erhöhten Stickoxid-Emissionen bei der Verbrennung im Vergleich zu anderen Alternativen zur Stromerzeugung (wie z.B. die Gasturbine). Die Hersteller dieser Motoren haben aber in den letzten Jahren deutliche Verbesserungen bei den Stickoxid-Emissionen erreichen können. Außerdem sind die Gasmotoren wartungsanfälliger als z.B. Gasturbinen. Die Kosten für die Stromerzeugung liegen bei ungefähr 4 – 7 \$-Ct./kWh.

2.) Gasturbine

Dieses System eignet sich aufgrund der hohen CAPEX im Prinzip nur für große geordnete Deponien mit mindestens 5 Mio. t/d bzw. einer daraus erzeugten elektrischen Leistung von mind. 5 MW. Der Vorteil der Gasturbinen gegenüber den Gasmotoren liegt in den niedrigeren Stickoxid-Emissionen und den geringeren Wartungskosten. Grundsätzlich sind die Gasturbinen aber teurer als die Gasmotoren, was die Gesamtkosten der Stromerzeugung angeht. Erst ab einer Größe der Deponie von ca. 10 Mio. t/d liegen die Kosten für die Stromerzeugung bei einem vergleichbaren Wert wie die Gasmotoren von ungefähr 4 – 7 \$-Ct./kWh.

3.) Mikro-Gasturbine

Mikro-Gasturbinen funktionieren prinzipiell genauso wie normale Gasturbinen, nur dass sie deutlich kleiner sind. Übliche Größen hierbei sind 30 bis 100 kW. Sie eignen sich also für sehr kleine Deponien mit geringem Abfallvolumen und geringer Biogasproduktion. In der Regel sind die daraus produzierten Strommengen dann auch so gering, dass sich eine Einspeisung des Stroms in das Stromnetz nicht lohnt; stattdessen wird der Strom in der Regel vor Ort genutzt. Die Kosten für die Stromerzeugung liegen bei ungefähr 7 - 14 \$-Ct./kWh.

Die oben beschriebenen Verstromungstechnologien sind weitestgehend in Brasilien verfügbar. Marktführerin ist die Firma GE Jenbacher.

Nachfolgend werden die drei Unternehmen Solvi, Asja und Arcadis/JMalucelli mit ihren Aktivitäten und ihrem Geschäftsmodell in Brasilien vorgestellt.

Praxis-Beispiel/Business Case: Solvi¹¹¹

Die Firma Solvi betreibt in Brasilien 39 geordnete Deponien und verarbeitet dort ca. 11,2 Mio. t Abfälle pro Jahr. Sie sind damit neben der Firma Estre einer der größten privaten Deponiebetreiber in Südamerika. Derzeit produziert Solvi aber nur auf 3 dieser geordneten Deponien Strom aus Biogas, was laut Solvi daran liegt, dass die anderen Standorte aktuell zu klein sind bzw. zu wenig Biogas produzieren (**→ Geschäftsopportunität für Verbesserung der Methangense, bspw. durch Sickerwasserreinfiltration**), als dass sich eine Investition in Anlagen zur Stromerzeugung lohnen würde. Für die Variante der Biogasaufbereitung zu Biomethan und Einspeisung ins Gasnetz hat sich Solvi bisher bei keiner geordneten Deponie entschieden, da sehr hohe Anforderungen bzgl. der benötigten Gasqualität existieren und folglich die damit verbundenen Kosten (Aufbereitung, Gaschromatograph etc.) zu hoch seien.

Alle drei Projekte, welche Solvi umgesetzt hat, beinhalteten die Installation eines Rohrsystems zur Deponiegasfassung (sistema de captação), einer Gasaufbereitungsanlage, um das Biogas vor dem Einsatz in den Verbrennungsmotoren von unerwünschten Begleitstoffen zu reinigen, einer Fackel („Flare“) zum Abfackeln, einer Anlage mit mehreren Gasmotoren zur Stromerzeugung sowie einer Trafostation. Die 2016 in Betrieb genommene Stromerzeugungsanlage Termoverde Caieiras ist die derzeit größte Anlage ihrer Art weltweit. Alle drei Deponien sind Teil des MDL-Programms und erhalten für ihre vermiedenen Treibhausgasemissionen entsprechende CER-Credits, welche die Firma Solvi größtenteils nach Europa verkauft.

¹¹¹ Sämtliche Informationen zum Praxisbeispiel Solvi stammen von Solvi (2019)

Tabelle 17: Geordnete Deponien mit Stromerzeugung der Firma Solvi in Brasilien¹¹²

Deponie	Ort	Bundesstaat	Betreiber Stromerzeugung	Installierte Leistung	Produzierte Strommenge 2018	CAPEX	Inbetriebnahme
Aterro Salvador	Salvador	Bahia	Termoverde Salvador	20 MW _{el}	150 GWh	50 Mio. R\$	2008
Aterro Minas do Leão	Porto Alegre	Rio Grande do Sul	Biotérmica Energia	8,5 MW _{el}	60 GWh	30 Mio. R\$	2014
Aterro da Essencis	Caieiras	São Paulo	Termoverde Caieiras	29,5 MW _{el}	230 GWh	100 Mio. R\$	2016

Die Umsetzung der drei Projekte hat Solvi ohne Beteiligung von externen Firmen gemacht, da Solvi das benötigte Know-how im eigenen Hause hat: Solvi hat ca. 50 Tochtergesellschaften mit insgesamt 16.000 Mitarbeitern, welche im Bereich der Umwelttechnik in unterschiedlichen Geschäftsfeldern tätig sind. Lediglich die Gasmotoren, welche Solvi im Rahmen der drei Projekte zur Stromerzeugung eingebaut hat, entstammen nicht der eigenen Produktion. Solvi nutzt hierfür Motoren der Firma GE Jenbacher. Für das Projekt in Rio de Grande do Sul wurden beispielsweise 6 Motoren des Modells JGC mit einer Leistung von je 1,4 MW_{el} verbaut. Diese Baureihe wurde von GE Jenbacher speziell für solche Anwendungen entwickelt, wo Gas mit niedrigem Brennwert eingesetzt wird und Schwankungen in Gasqualität und -druck ausgesetzt ist.

Das Geschäftsmodell, welches Solvi verfolgt, zielt darauf ab, dass Solvi Eigentümer und Betreiber aller Teilprozesse des Wertschöpfungsprozesses ist und bleibt. Fremdleistungen, wie z.B. die Gasmotoren zur Stromerzeugung, werden eingekauft, sofern benötigt.

Ein exakt identisches Geschäftsmodell wie Solvi verfolgt auch die Firma Estre – ebenfalls wie Solvi ein sehr großer Konzern, der in der gesamten Wertschöpfungskette der Abfallwirtschaft tätig ist, insgesamt 13 Deponien betreibt und dort 6 Mio. t Abfall pro Jahr verarbeitet.¹¹³ Auf drei dieser Deponien hat Estre eigene Anlagen zur Stromerzeugung aus Biogas errichtet. Estre ist genauso wie Solvi alleiniger Eigentümer und Betreiber der Stromerzeugungsanlagen. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die drei Projekte von Estre.

Tabelle 18: Geordnete Deponien mit Stromerzeugung der Firma Estre in Brasilien¹¹⁴

Deponie	Ort	Bundesstaat	Betreiber Stromerzeugung	Installierte Leistung	Inbetriebnahme
CGR Guatapar	Guatapar	São Paulo	Estre Ambiental	5,7 MW _{el}	2014
CGR Iguau	Curitiba	Paran	Estre Ambiental	8,6 MW _{el}	2016
CGR Trememb	Trememb	São Paulo	Estre Ambiental	4,3 MW _{el}	2018

Praxis-Beispiel/Business Case - Asja¹¹⁵

Die Firma Asja wurde 1995 in Italien gegründet mit dem Geschäftszweck, Biogas kommerziell für die Stromerzeugung zu nutzen. Schnell stellte sich als gesondertes Geschäftsfeld die Stromerzeugung aus Biogas von Deponien heraus. 2005 expandierte Asja dann nach Brasilien, wo 2010 die erste Anlage zur Stromerzeugung auf einer geordneten Deponie in Belo Horizonte in Betrieb genommen wurde. Seitdem hat Asja noch vier weitere Anlagen projektiert und in Betrieb genommen. Heute betreibt Asja weltweit 27 Anlagen mit Stromerzeugung auf Deponien, davon 21 Anlagen in Italien mit einer Gesamtleistung von 55 MW_{el}, fünf Anlagen in Brasilien mit einer Gesamtleistung von ca. 30 MW_{el} und eine Anlage in China mit einer Leistung von knapp 4 MW_{el}.

¹¹² Solvi (2019)¹¹³ Estre (2019)¹¹⁴ Brainmarket (2018)¹¹⁵ Sämtliche Informationen zum Praxisbeispiel Asja stammen von Asja (2019b)

Tabelle 19: Stromerzeugungsprojekte der Firma Asja in Brasilien

Deponie	Ort der Deponie	Bundesstaat	Betreiber der Stromerzeugung	Installierte Leistung (Jahr 2019)	Strommenge pro Jahr (Jahr 2019)	Inbetriebnahme
Aterro Belo Horizonte	Belo Horizonte	Minas Gerais	Asja	1,4 MW _{el}	8 GWh	2010
Aterro de Uberlândia	Uberlândia	Minas Gerais	Asja	2,8 MW _{el}	16,4 GWh	2012
CTR Macaúbas	Sabara – Belo Horizonte	Minas Gerais	Asja	6,1 MW _{el}	51,2 GWh	2017
CTR João Pessoa	João Pessoa	Paraíba	Asja	4,2 MW _{el}	15,3 GWh (Plan 30 GWh)	2019
CTR Candeias	Jaboatão dos Guararapes	Pernambuco	Asja	14,2 MW _{el}	47,2 GWh (Plan 95 GWh)	2019

Das Geschäftsmodell der Firma Asja ist in Brasilien ein komplett anderes als das der Firma Solvi, da Asja im Gegensatz zu Solvi nicht Eigentümer und Betreiber der Deponien ist. Üblicherweise geht Asja mit dem Betreiber und Eigentümer der Deponie eine Kooperation mit folgendem Konzept ein:

Tabelle 20: Zwei Varianten des Geschäftsmodells der Firma Asja

Variante 1: Extraktion des Biogases durch Deponiebetreiber	Variante 2: Eigene Extraktion des Biogases
- Asja baut die Anlage, die für die Stromerzeugung notwendig ist, auf dem Gelände der Deponie auf eigene Kosten.	- Asja baut die für die Extraktion des Biogases und Stromerzeugung notwendige Anlage auf dem Gelände der Deponie auf eigene Kosten.
- Deponiebetreiber baut Gassammelanlage und übergibt das gesammelte Biogas an Asja; dafür erhält der Betreiber einen fixen Preis.	- Asja darf das Biogas kostenlos extrahieren.
- Asja produziert den Strom in ihren Anlagen und erzielt Erlöse durch den Verkauf des Stroms an Kunden im Stromnetz.	- Asja produziert den Strom in ihren Anlagen und erzielt Erlöse durch den Verkauf des Stroms an Kunden im Stromnetz.
- Asja kann die gesamten Stromerlöse behalten.	- Einen Teil dieser Erlöse muss Asja in Form von „Royalties“ an den Deponiebetreiber weitergeben.

Zu den Anlagen für die Extraktion des Biogases zählen ein Rohrsystem (ggf. mit zusätzlichen Gasbrunnen in der Deponie) zur Fassung des Deponiegases (sistema de captação) und ein Vakuumpumpensystem, um es aus der Deponie abzusaugen.

Zu den Installationen für die Stromerzeugung zählen eine Gasaufbereitungsanlage, um das Biogas vor dem Einsatz in den Verbrennungsmotoren von unerwünschten Begleitstoffen zu reinigen, eine Fackel („Flare“) zum Abfackeln, eine Anlage mit mehreren Gasmotoren zur Stromerzeugung und letztendlich eine Umspannstation. Der Prozess der Gasreinigung umfasst hierbei die Trocknung des Biogases, das Herausfiltern von Kleinstpartikeln und die Verdichtung für die Nutzung in den Gasmotoren. Das gesamte Know-how zur Planung und Umsetzung der ganzen Installationen kommt von Asja selbst. Benötigtes technisches Equipment wird über externe Lieferanten bezogen; so werden unter anderem die Gasmotoren von externen Herstellern wie z.B. GE Jenbacher gekauft.

Laut Asja hat sich die Wirtschaftlichkeit einiger Projekte stark verbessert, seitdem die Resolução Normativa n° 482/2012 verabschiedet wurde (siehe auch Kapitel 4.2.4). Hiernach wurde der Strommarkt für kleine, dezentrale Stromerzeugungsanlagen bis max. 5 MW dahingehend geöffnet, dass der Strom nicht mehr nur im Mercado livre verkauft werden konnte, sondern nun auch im Mercado cativo. So können beim Verkauf des Stroms deutlich höhere Preise erzielt werden.

Größere Stromerzeugungsanlagen wie beispielsweise das neueste Projekt von Asja in Jabotão dos Guararapes hingegen müssen den erzeugten Strom bilateral über den Mercado livre verkaufen. Doch auch dies scheint sehr lukrativ zu sein, da laut Aussagen von Asjas Präsidenten Agostino Re Rebaudengo für das Projekt in Jabotão dos Guararapes bereits 2 Stromlieferverträge mit großen Industriekunden abgeschlossen worden seien, welche Erträge generieren, die das Gesamtprojekt bereits nach 5 Jahren amortisieren sollen.¹¹⁶

Aktuell hofft Asja sehr auf eine striktere Umsetzung des PNRS und den daraus resultierenden Maßnahmenplänen für Siedlungsabfälle (Planos de Resíduos), wie bereits in Kapitel 4.2.1 beschrieben. Denn wenn wirklich in den nächsten Jahren alle Müllhalden und ungeordneten Deponien in Brasilien in geordnete Deponien umgewandelt bzw. geschlossen und stattdessen neue geordnete Deponien errichtet würden, ergäbe sich ein sehr großes Potenzial an weiteren Deponien für das Geschäftsmodell von Asja.

Praxis-Beispiel/Business Case - Arcadis/JMalucelli¹¹⁷

Die Firma Arcadis gründete gemeinsam mit der Firma JMalucelli im Jahr 2004 das Unternehmen BIOGÁS Energia Ambiental S/A zum Zwecke der kommerziellen Nutzung des Biogases der Deponie Bandeirantes im Bundesstaat São Paulo und installierte dort auch die erste Stromerzeugungsanlage aus Deponiegas in Brasilien (mit ursprünglich 20 MW_{el}, wobei aktuell nur noch ca. 4 MW_{el} erzeugt werden aufgrund der seit der Stilllegung der Deponie im Jahr 2007 stark gesunkenen Biogasproduktion). Nachdem das Joint-Venture Erfolg mit diesem ersten Pilotprojekt hatte, folgte ein weiteres Projekt in 2008 auf der Deponie São João, ebenfalls im Bundesstaat São Paulo, und weitere zwei Stromerzeugungsprojekte im Bundesstaat Rio de Janeiro im Jahr 2019 (Nova Iguaçu und São Gonçalo).

Neben diesen vier Stromerzeugungsprojekten besitzt das Joint-Venture aus Arcadis und JMalucelli auch zwei große Anlagen zur Biomethanaufbereitung auf Deponien, welche unter dem Firmennamen „Gás Verde“ operieren und in den nachfolgenden Kapiteln noch beschrieben werden. Somit ist Arcadis/JMalucelli derzeit der größte Betreiber von Biogasanlagen auf Deponien in Brasilien.

Tabelle 21: Stromerzeugungsprojekte der Firmen Arcadis/JMalucelli in Brasilien

Deponie	Ort der Deponie	Bundesstaat	Betreiber der Stromerzeugung	Betreiber der Deponie	Installierte Leistung (Jahr 2019)	Inbetriebnahme
Aterro Bandeirantes	Vila Perus	São Paulo	BIOGÁS Energia Ambiental S/A	Loga	4 MW _{el} (20 MW _{el})	2004
Aterro São João	São Paulo	São Paulo	BIOGÁS Energia Ambiental S/A	Eco Urbis	15 MW _{el}	2008
CTR Nova Iguaçu	Nova Iguaçu	Rio de Janeiro	Nova Iguaçu Biogás e Energia	Foxx Haztec	17 MW _{el}	05/2019
CTR São Gonçalo	São Gonçalo	Rio de Janeiro	São Gonçalo Biogás e Energia	Foxx Haztec	8,5 MW _{el}	Q4 2019

Das Geschäftsmodell von Arcadis/JMalucelli ist ähnlich wie bei der Firma Asja: Die Firma tritt als externer Projektentwickler und Investor auf und lässt sämtliche zur Biogasnutzung notwendigen Anlagen (Extraktion des Biogases und Installationen für die Stromerzeugung) auf eigene Kosten bauen.

Zu den Anlagen für die Extraktion des Biogases zählen ein Rohrsystem zur Fassung des Deponiegases (sistema de captação, ggf. mit zusätzlichen Gasbrunnen in der Deponie) und ein Vakuumpumpensystem, um es aus der Deponie abzusaugen.

Zu den Installationen für die Stromerzeugung zählen eine Gasaufbereitungsanlage, um das Biogas vor dem Einsatz in den Verbrennungsmotoren von unerwünschten Begleitstoffen zu reinigen, eine Fackel („Flare“) zum Abfackeln,

¹¹⁶ Asja (2018)

¹¹⁷ Sämtliche Informationen zum Praxisbeispiel Arcadis/JMalucelli stammen von Sergio Stacchini (2019)

eine Anlage mit mehreren Gasmotoren zur Stromerzeugung und letztendlich ein Umspannwerk. Der Prozess der Gasreinigung umfasst hierbei die Trocknung des Biogases, das Herausfiltern von Kleinstpartikeln und die Verdichtung für die Nutzung in den Gasmotoren. Benötigtes technisches Equipment wird über externe Lieferanten bezogen; so werden wie bei Asja die Gasmotoren von externen Herstellern wie z.B. GE Jenbacher gekauft.

Das Geschäftsmodell der Firmen Arcadis/JMalucelli lässt sich wie folgt darstellen:

Tabelle 22: Geschäftsmodell der Firmen Arcadis/JMalucelli

Variante: Eigene Extraktion des Biogases
- Arcadis/JMalucelli errichtet die Anlagen für Extraktion des Biogases und Stromerzeugung auf dem Gelände der Deponie auf eigene Kosten
- Arcadis/JMalucelli kauft das Biogas der Deponie vom Deponiebetreiber mittels eines ToP (Take-or-Pay)-Vertrags
- Arcadis/JMalucelli produziert den Strom in ihren Anlagen, schließt selbst Stromverkaufsverträge mit einzelnen Kunden ab und kann alle Erlöse aus der Stromvermarktung behalten
- Arcadis/JMalucelli trägt die Kosten für den Betrieb ihrer Anlagenteile

Interessant bei den beiden neuen Projekten Nova Iguaçú und São Gonçalo sowie beim weiter unten beschriebenen neuen Projekt von Gás Verde in Seropédica ist, dass alle drei Projekte ursprünglich zur Einspeisung des Biogases als Biomethan in das Gasnetz des konzessionsberechtigten Gasnetzbetreibers des Bundesstaates Rio de Janeiro „Naturgy“ vorgesehen waren. Da es hier aber bei den Verhandlungen Schwierigkeiten mit Naturgy gab (wie auch weiter unten im Praxisbeispiel von Dois Arcos), wurde kurzerhand das Geschäftsmodell geändert, so dass bei Nova Iguaçú und São Gonçalo jeweils eine Anlage zur Stromerzeugung und bei Gás Verde in Seropédica eine Verladestation zum Abtransport des Biogases per LKW gebaut wurden.¹¹⁸

5.2.2 Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung ins Gasnetz

Die Variante der Aufbereitung des Biogases zu Biomethan und anschließender Einspeisung ins Gasnetz ist aktuell noch nicht sehr weit verbreitet in Brasilien. Lediglich 2% des verfügbaren Biogases aus geordneten Deponien werden aktuell eingespeist. Das liegt vor allem daran, dass es bis zum Juni 2017 keine konkreten Regelungen bzgl. der Qualitätsspezifikationen des eingespeisten Gases gegeben hatte. Wie in Kapitel 4.2.3 erläutert wurde, hatte sich dies mit der Veröffentlichung der ANP-Resolução No. 685/2017 geändert.

Ein weiterer Grund für die schleppende Entwicklung bei der Biomethaneinspeisung ist die Verfügbarkeit entsprechender Erdgasleitungen, in die eingespeist werden könnte. Wie in Kapitel 3.1.2 gezeigt wurde, ist das Erdgasleitungsnetz in Brasilien weit davon entfernt, eine flächendeckende Gasversorgung zu gewährleisten. Und selbst dort, wo Erdgasleitungen vorhanden sind, lohnt sich die Variante der Biomethan-Einspeisung oft nicht, da zuerst eine teure, viele Kilometer lange Anbindungsleitung von der Deponie zum Erdgasnetz gebaut werden müsste. Sprich: Es kommen tendenziell nur diejenigen Deponien für eine Einspeisung von Biogas in Betracht, die ihren Standort in der Nähe einer Erdgasleitung haben.

Ein dritter Grund sind die relativ hohen Kapitalkosten (CAPEX) der notwendigen technischen Installationen für die Einspeisung. Denn im Gegensatz zur Stromerzeugung muss Biogas vor der Einspeisung ins Gasnetz erst einmal zu Biomethan aufbereitet werden. Zusätzlich fallen Kosten für Kompressoren an, um das Biomethan auf den notwendigen Druck des Gasnetzes zu verdichten. Und nicht zuletzt wird auch ein Gaschromatograph benötigt, um die Qualitätsparameter des eingespeisten Biomethans zu überwachen. Alles in allem Kosten, die eine gewisse Größe der Deponie mit ausreichendem Abfallumschlag und ausreichender Biogasproduktion erfordern.

¹¹⁸ Portal Saneamento Basico (2019)

Positiv hervorzuheben ist, dass es bereits in etlichen Bundesstaaten Brasiliens eine gesetzlich geregelte Abnahme- und Kaufverpflichtung des eingespeisten Biogases durch den Gasnetzbetreiber/Distributor gibt (siehe auch Ausführungen in Kapitel 4.2.3). Auch wenn der Preis für die eingespeisten Mengen in der Regel zwischen dem Biogaseinspeiser und dem Gasnetzbetreiber/Distributor zu verhandeln ist, gibt der gesetzliche Rahmen doch zumindest eine gewisse Rechtssicherheit. Einige Gasversorger vor allem in Südbrasilien, veranstalten sogar Ausschreibungen über den Zukauf von Biogas.

Bisher sind in Brasilien drei Projekte mit Biomethaneinspeisung von der Firma Ecometano geplant worden. Zwei Projekte – GNR Fortaleza (33,6 Mio. m³/Jahr Biomethan) und GNR Espirito Santo (22 Mio. m³/Jahr Biomethan) – sind bereits ans Netz gegangen, wobei der Betrieb des Projekts Espirito Santo aktuell ausgesetzt wurde. Das dritte Projekt Dois Arcos im Bundestaat Rio de Janeiro befindet sich im Rechtsstreit mit Behörden und dem Gasnetzbetreiber Naturgy bzgl. der gewünschten Einspeisung, konnte aber bisher noch keine Einigung erreichen. Hier wird das Deponiegas bisher in LKWs an den Endkunden geliefert. Dieser besondere Fall wird im nächsten Kapitel als Beispiel dargestellt.

Darüber hinaus gab es, wie bereits im vorherigen Abschnitt 5.3.1 beschrieben, drei weitere Projekte der Firmen Arcadis/JMalucelli bzw. Gás Verde, welche ebenfalls ursprünglich zur Einspeisung von Biomethan ins Gasnetz angedacht waren. Aufgrund von Problemen mit Naturgy hatte man sich hier dann jedoch für ein anderes Geschäftsmodell mit Stromerzeugung bzw. Abtransport per LKW entschieden.

Im Folgenden soll das Projekte mit Biomethaneinspeisung vorgestellt werden, welches derzeit als einziges operativ im Betrieb ist: das Projekt „GNR Fortaleza“ der Deponie Aterro Sanitario Municipal Oeste de Caucaia in der Provinz Ceará im Nordosten Brasiliens.

Praxis-Beispiel/Business Case: Ecometano - GNR Fortaleza

Die geordnete Deponie befindet sich im Ballungsraum der Großstadt Fortaleza (ca. 2,6 Mio. Einwohner, Ballungsraum ca. 4 Mio. Einwohner) und ist damit eine vergleichsweise große Deponie mit folgenden technischen Eckdaten:

Tabelle 23: Technische Eckdaten der Biomethaneinspeisung der Deponie Caucaia in Ceará¹¹⁹

Empfangene Abfallmenge pro Tag:	4.500 t/d
Produzent des Biomethans:	Ecometano
CAPEX des Biomethan-Produzenten:	100 Mio. R\$
Produktion von Biomethan:	Bis zu 92.000 m ³ /d
Einspeisung von Biomethan ins Gasnetz:	Im Schnitt 75.000 m ³ /d
Gesamteinspeisung von Biomethan im Jahr:	33,6 Mio. m ³ /a
Inbetriebnahme der Einspeisung:	Dez. 2017
Gasnetzbetreiber/Distributor:	Cegás
CAPEX für die Gas-Anbindungsleitung:	22 Mio. R\$ (23 km Anbindungsleitung)
Teilnahme am MDL-Programm:	Ja (erhält also CER-Credits)

Das Projekt zur Produktion des Biomethans, welches von der Firma Ecometano realisiert wurde, beinhaltet den Aufbau eines Rohrsystems zur besseren Fassung des Deponiegases (sistema de captação), eines Vakuumpumpensystems, um das Gas aus der Deponie abzusaugen, einer Gasaufbereitungsanlage, um das Biogas zu Biomethan aufzubereiten, einer Fackel („Flare“) zum Abfackeln und eines Gaschromatographen zur Überwachung der Gasqualität. Der wichtigste Teil hierbei ist die Aufbereitung des Biogases zu Biomethan. Üblicherweise müssen hierfür etliche technische Anlagen errichtet werden mit den folgenden Schritten:

¹¹⁹ Cegás (2019)

Abbildung 21: Schritte der Aufbereitung des Biogases zu Biomethan¹²⁰



Hierbei ist die Entfernung des Kohlenstoffdioxids der wichtigste Schritt, um den Brennwert des Biogases zu steigern. Zusätzlich ist es notwendig, den Sauerstoff und Stickstoff zu reduzieren, welche während des Absaugprozesses aus der Umgebungsluft in das Biogas gelangen, jedoch sind diese technischen Prozesse sehr teuer und werden deshalb in der Regel in Brasilien nicht installiert. Stattdessen wird versucht an den Gasbrunnen der Deponie, wo das Biogas ausströmt, regelmäßige Messungen des ausströmenden Gases durchzuführen und über das Öffnen und Schließen von Ventilen an den Gasbrunnen die Gasströme zu steuern und dafür zu sorgen, dass möglichst wenig Sauerstoff und Stickstoff aus der Umgebungsluft mit hineingelangt (**→ Geschäftsoportunität für die Messung, Automatisierung und Fernsteuerung der Gasbrunnen**).

Das Geschäftsmodell unter den drei beteiligten Akteuren funktioniert wie folgt:¹²¹

1.) Ecometano:

- baut alle zur Produktion des Biomethans notwendigen technischen Anlagen auf eigene Kosten (100 Mio. R\$)
- kauft das Biogas aus der Deponie vom Deponiebetreiber zu einem verhandelten Preis
- verkauft das erzeugte Biomethan an den Netzbetreiber/Distributor zu einem verhandelten Preis

2.) Cegás (Gasnetzbetreiber/Distributor):

- baut die zur Einspeisung ins Gasnetz notwendige Anbindungsleitung auf eigene Kosten (22 Mio. R\$)
- kauft von Ecometano das Biomethan und kann dadurch seine Erdgasbeschaffungsmengen von Petrobras reduzieren (im Schnitt 13% pro Monat)

3.) Deponiebetreiber (Gemeinde von Caucaia)

- verkauft an Ecometano das Biogas aus der Deponie zu einem verhandelten Preis
- erhält über das MDL-Programm die Certified Emission Reduction (CER) Credits für die vermiedenen Emissionen zugeteilt und kann diese verkaufen

¹²⁰ Abrelpe(2013), S. 90

¹²¹ Ecometano (2019)

5.2.3 Aufbereitung zu Biomethan, Abtransport mit LKW und Direktverkauf an Kunden

Aktuell gibt es in Brasilien zwei Fälle, wo aufbereitetes Biomethan aus Deponien per LKW zu Industriekunden abtransportiert wird: das Projekt von Ecometano auf der Deponie von Dois Arcos und das Projekt von Gás Verde auf der Deponie Seropédica. Beide Projekte liegen im Bundesstaat Rio de Janeiro, und beide waren ursprünglich angedacht für eine Einspeisung des Biomethans in das Gasnetz des im Bundesstaat Rio de Janeiro konzessionsberechtigten Netzbetreibers Naturgy. Da es bei den Verhandlungen aber Probleme mit Naturgy gab, sind Ecometano und Gás Verde auf die ungewöhnliche Art des Abtransports per LKW ausgewichen. Obwohl dieser Fall also sehr unüblich ist, soll er hier doch als Praxisbeispiel¹²² erläutert werden, um die Schwierigkeiten aufzuzeigen, welche es in Brasilien oft zu überwinden gilt.

Praxis-Beispiel/Business Case: Ecometano - Dois Arcos¹²³

Die Deponie Dois Arcos wurde 2008 als erste private geordnete Deponie in der Região dos Lagos (Urlaubsregion nordöstlich von Rio de Janeiro) gegründet. Die Deponie wurde auch gleichzeitig beim MDL-Programm registriert und erhält seitdem regelmäßig CER-Credits für die vermiedenen Emissionen zugeteilt. In den ersten Jahren nach Inbetriebnahme wurde das Deponiegas zunächst nur abgefackelt, um die Vorgaben des MDL-Programms zu erfüllen, jedoch nicht kommerziell genutzt.

Um dies zu ändern, gründete der Betreiber Dois Arcos ein Joint-Venture mit dem Unternehmen Ecometano, um das Biogas kommerziell zu nutzen. Das Projekt beinhaltete den Aufbau eines Rohrsystems zur besseren Fassung des Gases (sistema de captação), eines Vakuumpumpensystems, um das Biogas aus der Deponie abzusaugen, einer Gasaufbereitungsanlage, um das Biogas zu Biomethan aufzubereiten, einer Fackel („Flare“) zum Abfackeln und eines Gaschromatographen zur Überwachung der Gasqualität. Ziel des Projekts war es, das aufbereitete Biomethan in das Gasnetz einzuspeisen, welches ca. 5 km entfernt von der Deponie liegt. Die Investitionskosten von ca. 20 Mio. R\$ wurden gemeinsam vom Joint-Venture getragen; die Erlöse aus dem Verkauf des Biomethans sollten ebenfalls unter den Joint-Venture-Partnern geteilt werden.

Der Aufbau der Anlage zur Deponiegasfassung wurde von der Firma **Landtec** umgesetzt, die Gasaufbereitungsanlage wurde von der Firma **Greenlane Biogas** gebaut. 2014 war dann das ganze System betriebsbereit, jedoch konnte das Biomethan nicht wie geplant ins Gasnetz eingespeist werden. Das Problem lag hierbei an den gesetzlichen Regelungen für die Einspeisung.

Wie in Kapitel 4.2.3 erläutert, gab es im Bundesstaat Rio de Janeiro seit 2012 das Gesetz Lei estadual 6.361, welches besagt, dass der Gasnetzbetreiber/Distributor verpflichtet ist, eine Einspeisung von Biogas bis zu 10% des im Gasnetz transportierten Gases zuzulassen und das Biogas vom Produzenten abzukaufen. Als Dois Arcos/Ecometano also in 2014 das Biomethan ins Gasnetz einspeisen wollte, weigerte sich der Gasnetzbetreiber/Distributor, da in dem besagten Gesetz keine exakten Regelungen über die notwendigen Spezifikationen der Gasqualität getroffen wurden. Wie in Kapitel 4.2.3 ebenfalls erläutert, wurde dieses Problem erst im Juni 2017 durch die Veröffentlichung der Resolução de No. 685/2017 von ANP gelöst. Dennoch weigerte sich der Gasnetzbetreiber/Distributor danach weiterhin, eine Einspeisung gemäß dem Gesetz Lei estadual 6.361 zuzulassen. Dois Arcos/Ecometano befindet sich deshalb weiterhin in Gesprächen mit Behörden, dem Landesgericht des Bundesstaates Rio de Janeiro und dem Gasnetzbetreiber/Distributor.

Erschwerend für Dois Arcos ist die unklare Interpretation der Regulierungskompetenz zwischen bundesstaatlicher und nationaler Behörde. Darüber hinaus agieren die Landesbehörden nicht mit genug Nachdruck, so dass es wie in diesem Fall keine Pönalisierungen für den Gasnetzbetreiber/Distributor gibt, weil er das Lei estadual 6.361 nicht befolgt. Der Gassektor hat außerdem das grundsätzliche Problem, dass er dem Strommarkt um einige Jahre „hinterherhinke“. Im Stromsektor gibt es ja, wie bereits in Kapitel 4.2.4 erläutert, gesetzliche Regelungen, die eine direkte Vermarktung von ins Stromnetz eingespeisten Strommengen an andere Abnehmer im Netz (z.B.

¹²² Sämtliche Informationen zum Praxisbeispiel Dois Arcos stammen von Dois Arcos (2019)

¹²³ Dois Arcos (2019)

Industriekunden) zulassen. Beim Gas hingegen kann das eingespeiste Biogas aktuell nur an den Gasnetzbetreiber/Distributor verkauft werden. Dois Arcos/Ecometano versucht aktuell in den Gesprächen mit den Behörden eine Änderung dieses Systems hin zu einem Modell wie im Strommarkt zu bewirken.

Da Dois Arcos/Ecometano bis heute keine Einspeisung des Biomethans ins Gasnetz realisieren konnte, wurde das Biomethan seit 2014 mit LKWs als Compressed Natural Gas (CNG) mit Hilfe der Firma **CDGN** abtransportiert und an Tankstellen geliefert. Dies verursachte höhere Betriebskosten, da hierfür zwei Kompressoren installiert werden mussten, die das Biomethan verdichten, um es in den LKW transportieren zu können. Dennoch funktioniert diese Variante laut Dois Arcos gut und liefert auch einen ähnlichen Verkaufspreis wie bei einer Einspeisung des Biomethans in das Gasnetz. Das große Problem liegt jedoch darin, dass das produzierte Biomethan nicht kontinuierlich abgenommen wird, wie es z.B. bei einer Einspeisung ins Gasnetz der Fall gewesen wäre. Der Abtransport per LKW folgt entsprechend der Nachfrage der Tankstellen, wobei hierfür aus logistischen Gründen nur Tankstellen in einem Umkreis von 200 km in Frage kommen. So kann an manchen Tagen z.B. nur ein Drittel des produzierten Biomethans physisch per LKW abtransportiert werden, so dass der Rest des Biomethans an diesem Tag abgefackelt werden muss.

Dies führt unweigerlich zu Einbußen in der Wirtschaftlichkeit des gesamten Projekts. Zwar decken die täglichen Einnahmen aus dem Verkauf des Biomethans die operativen Betriebskosten von Dois Arcos/Ecometano, jedoch ist das Projekt unter Berücksichtigung der CAPEX aktuell in den roten Zahlen. Im Schnitt wird zu folgendem Preis an die Tankstellen verkauft:

2,36 R\$/m³: Verkaufspreis Biomethan an Tankstelle
- 0,53 R\$/m³ Steuern
- 0,25 R\$/m³ Kosten für Verdichter
1,58 R\$/m³ Netto-Erlös für Biomethan

Aktuelle Betriebsparameter der Biogaserzeugung von Dois Arcos:

Abfallaufkommen:	ca. 700 t/d
Faktor für Biogaserzeugung:	ca. 41 m ³ Biogas / t Abfall
Biogasproduktion:	ca. 1.200 m ³ /h oder 28.800 m ³ /d Biogas
Aufbereitung zu Biomethan:	ca. 15.000 m ³ /d bzw. 5,5 Mio. m ³ /a Biomethan

Die bestehende aktuelle Biogasproduktion wird sich durch die Expansion der Deponie in den nächsten 2-3 Jahren vermutlich verdoppeln. Ursprünglich wollten Dois Arcos/Ecometano deshalb noch eine zweite Gasaufbereitungsanlage neben die erste bauen, um die Kapazität für die Biomethanherzeugung zu vergrößern. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen und der weiterhin ungeklärten Rechtslage im Staate Rio de Janeiro wird das Joint-Venture nun jedoch für die zusätzlichen Biogasmengen Gasmotoren zur Stromerzeugung installieren lassen und den Strom ins Stromnetz einspeisen.

Praxis-Beispiel/Business Case: Gás Verde - Seropédica

Ein jüngeres Beispiel dieses Geschäftsmodells und von weitaus größerer Dimension ist die Anlage von Gás Verde (Joint-Venture von Arcadis/JMalucelli) bei der größten in Betrieb stehenden Deponie Rio de Janeiros in Seropédica (Deponiebetreiber Ciclus Ambiental). Hier werden täglich 400.000 m³ Deponiegas durch eine von einer US-amerikanischen Firma gebaute Anlage aufbereitet und von der Firma Neogas per LKW zum benachbarten Stahlwerk von Ternium transportiert, wo es eine kostengünstige Alternative zum Erdgasbezug darstellt. Die Anlage wurde offiziell am 4. Juli 2019 eingeweiht.

Das Geschäftsmodell ist exakt das gleiche Modell, welches Arcadis/JMalucelli bereits bei den weiter oben in Abschnitt 5.3.1 beschriebenen Stromerzeugungsanlagen von BIOGÁS Energie Ambiental S/A verwendet. Der große Vorteil, den die Anlage in Seropédica gegenüber der Anlage von Ecometano in Dois Arcos hat, ist, dass hier eine kontinuierliche, konstante Abnahme des Biomethans seitens des Stahlwerks von Ternium vorliegt.

5.2.4 Transport per Pipeline zu nahe gelegenen Abnehmer (z.B. Industriekunde)

Ein weiterer möglicher Fall der kommerziellen Nutzung des Biogases ist der Verkauf des Biogases an einen nahe gelegenen Industriekunden, wobei der Transport über eine eigens dafür gebaute Gasleitung abgewickelt wird. Dieser Fall ist sehr speziell und kann nur auf solchen Deponien umgesetzt werden, die ihren Standort in der Nähe eines Industriekunden haben. Aktuell gibt es in Brasilien nur einen solchen Fall: die Anlage von Gás Verde auf der stillgelegten Deponie Gramacho in Rio de Janeiro, wo das Biogas per Pipeline zur Raffinerie von Petrobras in Duque de Caxias (REDUC) geliefert wird.

Praxis-Beispiel/Business Case: Gramacho - Gás Verde¹²⁴

Ein Beispiel für den Verkauf des Biogases an einen nahe gelegenen Industriekunden ist die Deponie Gramacho ganz in der Nähe des Internationales Flughafen von Rio de Janeiro. Die Deponie war ca. 30 Jahre lang die wichtigste Deponie für insgesamt ca. 80 Mio. t Abfällen aus Rio de Janeiro. 2012 wurde die Deponie geschlossen und es wurde ein neues Abfallverarbeitungszentrum (Centro de Tratamento de Resíduos – CTR Rio) von der Firma Ciclus Ambiental in der Nähe von Seropédica eröffnet (siehe auch Kapitel 5.3.3).

Die Deponie in Gramacho produziert trotz der Schließung weiterhin Biogas und es wird damit gerechnet, dass noch die nächsten 20 Jahre genug Biogas anfallen wird, um dies kommerziell zu nutzen. Aus diesem Grunde initiierte die Firma Gás Verde im Jahre 2012 ein Projekt mit dem Ziel, das Biogas aus Gramacho aufzubereiten und an die nahe gelegene Raffinerie von Petrobras in Duque de Caxias (REDUC) zu liefern. Um dies umzusetzen, wurden ein System zur Fassung des Biogases (sistema de captação), eine Gasaufbereitungsanlage und eine 6 km lange Anschlussleitung bis zur Raffinerie gebaut, was eine Gesamtinvestition von Gás Verde i.H.v. 240 Mio. R\$ erforderte. Die Gasaufbereitungsanlage wurde speziell mit dem Ziel konzipiert, das Biogas so aufzubereiten, dass es exakt die Anforderungen bzgl. der Gasqualität der Raffinerie erfüllt. Bereits im ersten Betriebsjahr 2013 konnten durch die Lieferung des Biogases 10% des Gesamtgasbedarfs der Raffinerie gedeckt werden, im Schnitt wurden ca. 49.000 m³/Tag Biogas geliefert. Gás Verde baut alle technischen Anlagen auf eigene Kosten, kauft das Biogas von der Deponie Gramacho bzw. zahlt eine fixe Gebühr für die Extraktion des Biogases und verkauft schließlich das aufbereitete Deponiegas an die Raffinerie von Petrobras.

Das Geschäftsmodell von Gás Verde hier funktioniert hier im Prinzip ähnlich wie das Geschäftsmodell von Ecometano bei der Einspeisung von Biogas im Projekt GNR Fortaleza (Kapitel 5.3.2), wo das Biogas in das Erdgasnetz eingespeist wird. Das EPC wurde durch eine kanadische Firma geleistet.

5.2.5 Fazit zu den Vermarktungsmöglichkeiten

Auf Basis der betrachteten Varianten zur Nutzung des Biogases aus Deponien lässt sich feststellen, dass die Stromerzeugung derzeit die am weitesten verbreitete Variante der kommerziellen Nutzung des Deponiegases ist. Darüber hinaus gibt es noch ein Projekt mit Biogas-Belieferung eines Industriekunden mittels Pipeline (Gás Verde Gramacho) sowie vier Projekte im Bereich der Biomethanherzeugung, wobei aktuell nur ein Projekt wirklich Biomethan ins Gasnetz einspeist (Ecometano GNR Fortaleza) und zwei andere Projekte das Biomethan über LKW abtransportieren (Ecometano Dois Arcos und Gás Verde Seropédica).

Die einzelnen Varianten sind in der folgenden Übersicht mit Vor- und Nachteilen gegenübergestellt.

¹²⁴ Petrobras (2019)

Tabelle 24: Vergleich der versch. Varianten zur Nutzung des Biogases auf Deponien

	Stromerzeugung	Einspeisung ins Gasnetz	Abtransport per LKW	Abtransport per Pipeline zu Kunden
Aufbereitung zu Biomethan notwendig?	Nein	Ja	Ggf. ja, abhängig von Gasspezifikation des Kunden	Ggf. ja, abhängig von Gasspezifikation des Kunden
Kontinuierliche Nutzung des Biogases möglich (24 h am Tag)?	Ja	Ja	Abhängig von Nachfrage/Abnahme: - bei Dois Arcos: nein - bei Seropédica: ja	Ja
Gewisse Größe der Deponie erforderlich?	Ja, mittelgroß	Ja, sehr groß	Ja, mittelgroß	Ja, mittelgroß
Anforderungen an geographische Lage	Ja, in der Nähe einer Stromleitung	Ja, in der Nähe einer Gasleitung	Nein (bzw. bedingt, da es in LKW-Reichweite entsprechende Abnehmer geben muss)	Ja, in der Nähe eines Industriekunden/ Großabnehmers
Vorteile	- Durch die Nutzung von Gasmotoren beliebig skalierbar - Strom kann beliebig an andere Kunden im Netz verkauft werden	- keine Emissionen, da das gesammelte und aufbereitete Biomethan komplett von der Deponie abtransportiert wird	- keine Emissionen, wenn alles produzierte Biomethan auch abtransportiert werden kann - flex. Absatz an andere Abnehmer möglich, da Vertrieb via LKW	- keine Emissionen, da das gesammelte und aufbereitete Biomethan komplett von der Deponie abtransportiert wird
Nachteile	- Emissionen von CO ₂ und Stickoxid durch die Verbrennung des Biogases	- Gas kann nur an den Netzbetreiber/ Distributor verkauft werden	- ggf. schwankende Abnahme, abhängig von Nachfrage (Dois Arcos) => dadurch ggf. Abfackeln notwendig	- Gas kann nur an den mit Pipeline verbundenen Industriekunden/ Großabnehmer verkauft werden

5.3 Wirtschaftliches Potenzial von Deponiegas

Die Zahlen aus Kapitel 5.1 zeigen eine große Diskrepanz zwischen dem technischen Potenzial an Biogas aus Deponien und der tatsächlichen Nutzung. Biogas aus Deponierung hat in Brasilien aktuell ein Gesamtpotenzial von ca. 7,8 Mrd. m³/a (bzw. 4 Mrd. m³/a Biomethan), wobei aktuell nur ca. 4,2 Mrd. m³/a Biogas aus den geordneten Deponien physisch wirklich verfügbar sind; die anderen 3,6 Mrd. m³ Biogaspotenzial könnten erst durch die Umwandlung von ungeordneten Deponien und Müllhalden in geordnete Deponien verfügbar gemacht werden. Dies bedarf jedoch voraussichtlich noch einiger Jahre, wie in Kapitel 4.2.1 gezeigt.

Von den 4,2 Mrd. m³/Jahr Deponiegaspotenzial der geordneten Deponien werden, wie weiter oben erwähnt, aktuell nur ca. 11% kommerziell genutzt: 2% davon werden als aufbereitetes Biomethan ins Gasnetz eingespeist und 9% werden zur Stromerzeugung genutzt. Die verbleibenden 89% des Potenzials werden derzeit zum größten Teil abgefackelt.

Theoretisch gäbe es auch die Möglichkeit, das bei der Deponierung entstehende Biogas einfach kontrolliert über entsprechende Entlüftungssysteme in die Atmosphäre entweichen zu lassen. Gemäß den Ausführungen von Kapitel 4.2.2 ist jedoch verständlich, dass so gut wie kein Betreiber geordneter Deponien diesen Weg wählt, sondern stattdessen das Biogas mit dem Ziel einfängt und sammelt, seine Treibhausgasemissionen zu reduzieren und CO₂-Zertifikate zu erzeugen. Das Abfackeln ist hierbei der einfachste Weg, da durch die Verbrennung des Methans CO₂ und Wasser entstehen: Das CO₂ hat wie oben dargestellt ein 21-fach geringeres Treibhauspotenzial

(GWP) als Methan, was eine enorme Verbesserung der Treibhausgasbilanz der Deponie mit sich bringt. Diese Variante des Abfackelns ist deshalb in Brasilien auch anerkannt als Methode im Rahmen des MDL-Programms zur Reduzierung von Treibhausgasen (siehe Kapitel 4.3.3).

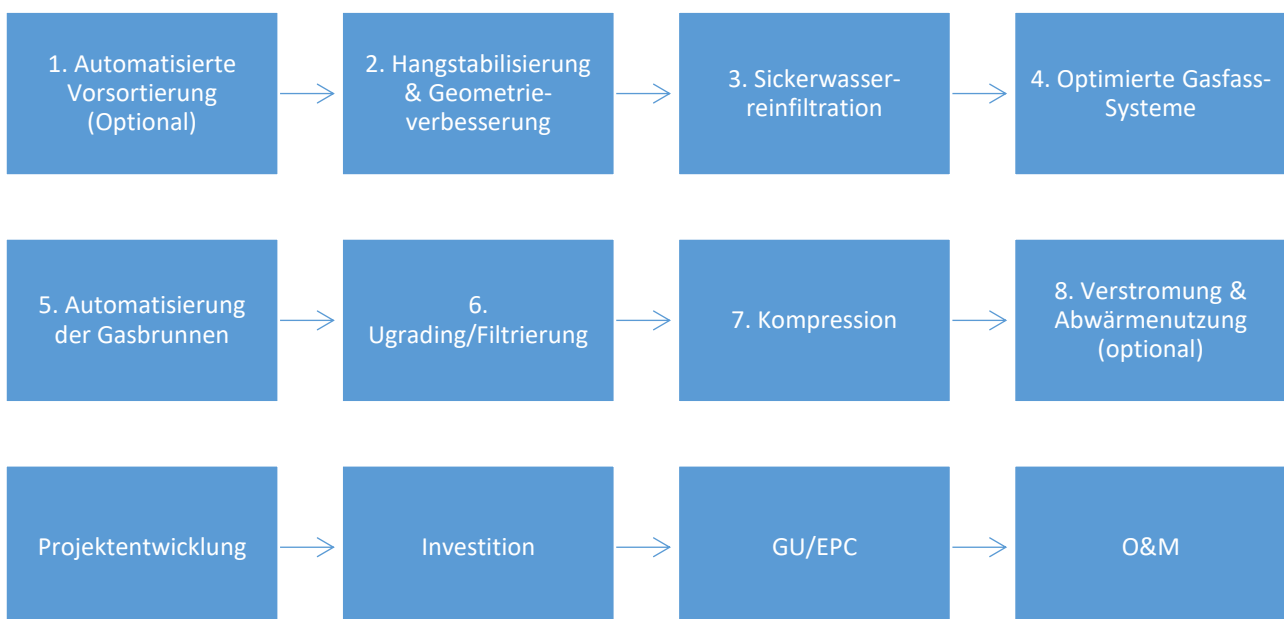
Obwohl die Deponiebetreiber beim Abfackeln CER-Credits im Rahmen des MDL-Programms erhalten, bleibt dennoch die Frage, warum von den 89%, die aktuell das Biogas einfach nur abfackeln, nicht mehr Betreiber das Biogas auch zusätzlich kommerziell nutzen. Die Gründe hierfür sind vielfältig und liegen zum Teil an wirtschaftlichen Gesichtspunkten wie z.B. Deponiegröße, ab welcher sich eine kommerzielle Nutzung des Biogases wirtschaftlich lohnt. Viele Deponiebetreiber haben allerdings auch keinen Anlass sich der Kommerzialisierung des Deponiegases anzunehmen und sehen darin nicht ihr Kerngeschäft. Für viele Betreiber wären die Einnahmen aus der Vermarktung des Deponiegases im Vergleich zur *gate fee* der angenommenen Abfälle „Peanuts“, andere wiederum haben keinen wirtschaftlichen Anreiz, da sie sich im Rahmen von streng regulierten öffentlichen Konzessionsverträgen bewegen, die eine fixe Kapitalvergütung vorsehen und wo zusätzliche Einnahmen auf der einen Seite durch die Reduzierung der Vergütung auf der anderen Seite ausgeglichen würden.

Ebendiese (vor allem privaten) Betreiber von geordneten Deponien mit Gasfassung und Fackeln sind jedoch indifferent, ob sie das gesammelte Deponiegas abfackeln oder einem Dritten zur Vermarktung oder Verwendung zur Verfügung stellen (sofern dessen Verwendung gleich viel oder weniger Emissionen erzeugt, also mindestens das Methan in CO₂ umwandelt). **So kann die Geschäftsoportunität für das deutsche Konsortium weiter eingegrenzt werden.**

5.4 Elemente des deutschen Konsortiums

Bei der kommerziellen Nutzung von Deponiegas gibt es in Brasilien bereits einige erfolgreich umgesetzte Projekte. Die bereits existierenden Projekte und Gespräche mit zahlreichen Markakteuren aus dem Bereich Deponiegasverwertung wie Ecometano, Gás Verde, BIOGÁS Energie Ambiental S/A oder Asja, aber auch privaten Deponiebetreibern wie Dois Arcos, Solvi und Estre zeigten eine konkrete Geschäftsoportunität für ein deutsches Technologie-Anbieter-Konsortium, das u.a. folgende Elemente abdecken kann:

Abbildung 22: Elemente des Konsortiums

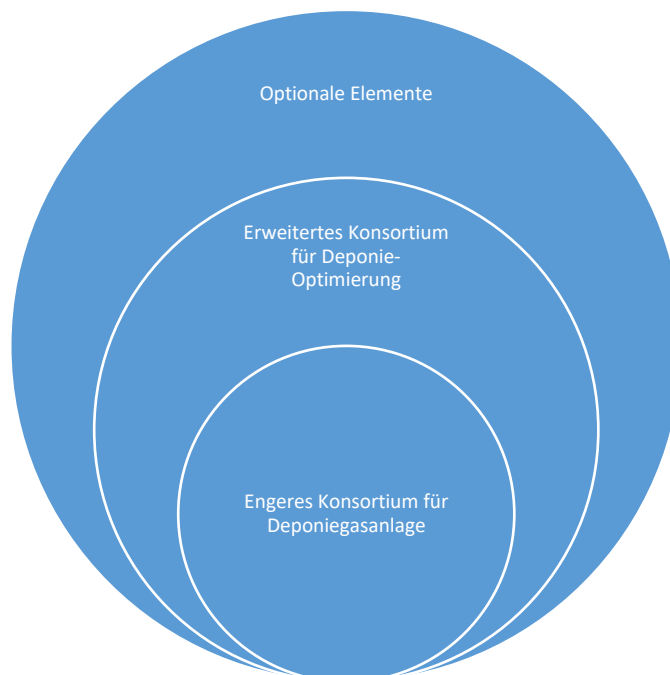


Anhand der nachfolgenden Beschreibungen der einzelnen Elemente wird deutlich, dass das potenzielle Konsortium zum einen optionale Elemente enthält, die entbehrlich sind oder vor Ort von lokalen Partnern bezogen werden können, und zum anderen in ein engeres und ein erweitertes Konsortium unterteilt werden. Zum engeren Kreis des Konsortiums gehören Komponenten und Technologien, die für die einfache Implementierung einer Deponiegasverwertungsanlage bei einer Deponie mit existierendem Gasfasssystem bzw. einer Deponie, wo der Betreiber keine Veränderungen der Deponie an sich zulässt, unbedingt notwendig wären. Dazu gehören im Prinzip die Elemente 5-7, von der Automatisierung der Gasbrunnen bis hin zu Kompression und Abtransport. Die Verstromung samt Abwärmenutzung ist je nach Geschäftsmodell des bras. Partners oder Kunden als optional anzusehen.

Zum erweiterten Kreis des Konsortiums gehören Elemente, die einen Eingriff in den bisherigen Deponiebetrieb darstellen, um die Deponiegasgenese zu erhöhen. Dazu gehören in erster Linie Hangstabilisierung, Sickerwasser-Reinfiltration und optimierte Gasfasssysteme und Ansaugmotoren. Eine automatische Vorsortierung und Separierung der Biomasse sollte optional auf Kundenwunsch angeboten werden.

Hinsichtlich des deutschen Konsortiums wäre ein Generalunternehmer bzw. EPCLer wünschenswert, Projektentwickler, Investor und Betreiber der Anlage dagegen als optional anzusehen.

Abbildung 23: Engerer & erweiterter Kreis des Konsortiums



5.4.1 Verbesserung der Abfallzusammensetzung durch Vorsortierung des Abfalls (Optional)

Eine ganz wesentliche Rolle in Bezug darauf, wie viel Biogas in der Deponie entsteht, spielt die Zusammensetzung des Abfalls, der in die Deponie eingebracht wird. Je nachdem wie groß der organische Anteil und der Feuchtigkeitsanteil des Abfalls sind, kann deutlich mehr oder weniger Biogas entstehen. Eine große Bedeutung misst u.a. bspw. die Firma Asja der Vorbehandlung bzw. der Vorsortierung des Abfalls bei.

Derzeit wird in Brasilien nur wenig Mülltrennung betrieben, da die Recycling-Wirtschaft wenig entwickelt und durch Informalität geprägt ist. Das heißt, dass die Abfälle, die bei der Deponie ankommen, üblicherweise die in Kapitel 4.1.3 gezeigte Zusammensetzung aufweisen (ca. 54% organischer Anteil). Einige Deponien bestehen jedoch

darauf, dass der angelieferte Abfall bereits eine Vorselektierung (coleta seletiva) durchläuft, jedoch ist dies nur in sehr großen Ballungsräumen wie z.B. São Paulo möglich, wo es Zwischenstationen gibt, auf denen der Abfall vorsortiert wird, bevor er zu den Deponien gebracht wird. Auf den Deponien selbst wird kaum „organisierte“ Sortierung betrieben. Die einzige Form der Sortierung, die es auf den Deponien und Müllhalden gibt, wird per Hand durchgeführt, von sogenannten *Catadores*.¹²⁵ Hierbei wird jedoch vor allem nach „wertvollen“ Abfällen wie Altmetall oder Elektroschrott gesucht. Organische Abfälle werden hierbei nicht aussortiert.

Eine Vorsortierung auf den Deponien durch maschinelle Vorsortierung oder durch Vorsortierung per Hand mit dem Ziel, die anorganischen Bestandteile herauszufiltern, gibt es also nicht. Würde solch ein Prozess kostengünstig etabliert werden und würde dadurch der organische Anteil des deponierten Abfalls z.B. auf ca. 70-80% angehoben werden können, würde dies die Biogasentstehung in der Deponie sehr stark erhöhen. Andererseits wäre es problematisch, Sortieranlagen auf den Deponien zu installieren, da hierdurch vielen *Catadores* ihre Lebensgrundlage entzogen würde.

Bisher gibt es keine bekannten Fälle des Einsatzes automatischer Trennanlagen in Brasilien. Aufgrund geringer gesetzlicher Anreize stehen die CAPEX- und OPEX-Kosten für derartige Anlagen in den Augen der meisten Deponie- bzw. Deponiegasanlagen-Betreiber oft nicht im Verhältnis zum zusätzlichen Gasertrag. Daher ist dieses Element im Konsortium eher als optionales Addon zu sehen, das man dem potenziellen Kunden mit anbietet.

5.4.2 Verbesserte Deponieflächenausnutzung durch Stabilisierung der Hänge und Geometrie-Optimierung

In den letzten Jahren wurden etliche alte Deponien in großen Ballungsräumen wie Rio de Janeiro oder São Paulo geschlossen, weil ihr Fassungsvermögen erreicht war. Neue Abfallverarbeitungsanlagen oder Deponien müssen daher immer weiter außerhalb errichtet werden, da in den Ballungsräumen nicht ausreichend Platz dafür ist.

Eine Optimierung der Geometrie der Deponie, durch z.B. steilere Hänge, führt dazu, dass pro m² Grundfläche mehr m³ Abfall gelagert werden können, was konsequenterweise auch zu einer größeren Ausbeute an Biogas pro m² führt. Dies ist vor allem für flächenmäßig kleine Deponien in Ballungszentren interessant.

5.4.3 Verbesserung der Deponiegas-Genese und Senkung der Nachsorgezeit durch Sickerwasser-Reinfiltration

Die Konstanz und Menge der Deponiegas-Genese hängen stark von der gleichmäßigen Feuchtigkeit des organischen Materials ab. Gleichzeitig stellt die Behandlung von Sickerwasser Kosten dar. Unsachgemäße Sickerwasser-Reinfiltration, wie sie auf den meisten brasilianischen Deponien üblich ist, verfehlt das Ziel, eine schnelle Vergärung, und damit Deponiegas-Genese, und Elimination der schädlichen Bestandteile des Sickerwassers zu gewährleisten.

Die Ingenieurs-Dienstleistung für die Planung des Systems der Sickerwasser-Reinfiltration ist zentraler Bestandteil des deutschen Konsortiums. Material und Personal für den Bau können auch vor Ort beschafft werden.

5.4.4 Verbesserung der Deponiegas-Genese durch optimierte Gasfassungssysteme und Vakuum-Motoren

Ein anderer sehr wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit von Deponiegasanlagen ist die Menge des erfassten Gases (coleta), welches in der Deponie entsteht. Das Biogas strömt über viele Gasbrunnen (poços) an die

¹²⁵ Dies sind vorwiegend Menschen aus sozial benachteiligten Kontexten, die in den Abfällen nach verwertbarem Material wie z.B. Metall suchen, um es dann gewinnbringend weiterzuverkaufen. Von solchen *Catadores* gibt es in Brasilien sehr viele. Offizielle Zahlen gibt es hierzu zwar nicht, Schätzungen zufolge beläuft sich die Zahl aber auf ca. 600.000. Vgl. uve GmbH (2018), S. 29.

Oberfläche der Deponie. Diese Gasbrunnen werden dann mit einem Rohrsystem verbunden, so dass das gesamte Biogas am Ende in ein einziges Rohr mündet und über einen Vakuummotor zur Gasaufbereitung gesaugt wird. Je nach dem Aufbau der Deponie, der Anzahl der Gasbrunnen und der Konzipierung des Rohrsystems ist die Ausbeute des gesammelten Biogases (biogás captado) unterschiedlich groß. Der Verband ABiogas geht davon aus, dass im Schnitt ca. 75% des in der Deponie entstandenen Biogases auch eingefangen werden können. Die Firma Asja sagte sogar, dass sie in der Lage seien, 85% des Biogases einzufangen. Generell besteht in diesem Bereich noch Optimierungspotenzial in Bezug auf das Gesamtsystem der Extraktion (sistema de captação).

Für diese Anlagenteile könnte ggf. auch ein brasilianischer Konsortialpartner hinzugezogen werden.

5.4.5 Verbesserung der Deponiegasqualität durch Echtzeit-Datenmanagement und Automatisierung der Gasbrunnen

Ein existierendes Problem im Rahmen des Absaugens des eingefangenen Biogases ist laut Aussage von Dois Arcos der Fakt, dass die Biogasentstehung schwankt. Das heißt, je nach Umgebungstemperatur (Tag/Nacht) und Wetterlage (Regen oder Sonne) kann der Fermentierungsprozess schneller oder langsamer vonstattengehen. So kann es passieren, dass aus einigen Gasbrunnen zeitweise weniger Biogas ausströmt und durch den nachgelagerten Ansaugprozess zu viel Umgebungsluft mit eingesaugt wird. In diesem Fall ist zu viel Stickstoff und Sauerstoff im Biogas enthalten, welches vor einer Aufbereitung des Biogases zu Biomethan entfernt werden müsste. Da solche Prozessschritte jedoch sehr teuer sind, hat sich z.B. Dois Arcos in einem solchen Falle dazu entschieden, das unreine Deponiegas lieber abzufackeln.

Entsprechend wichtig ist es, den Gasfluss aus den einzelnen Gasbrunnen mittels Ventilen zu regeln, damit der oben beschriebene Fall nur sehr selten auftritt. Dies erfolgt jedoch laut Aussage von Dois Arcos manuell, das heißt es laufen täglich mehrere Mitarbeiter über die Deponie, messen die Gasströme an den Gasbrunnen und regeln die Ventile per Hand. Ein Echtzeitdatenmanagement mit verbundener Leittechnik könnte diesen Vorgang zentral überwachen und die Ventile automatisch regeln. Dies würde einerseits die Personalkosten reduzieren, da keine Rundgänge mehr gemacht werden müssten, andererseits würden Zeitperioden vermieden werden, wo das Biogas aufgrund zu hohen Sauerstoff- und Stickstoffgehalts abgefackelt werden muss. Die Gesamtausbeute nutzbaren Biogases würde demnach steigen.

5.4.6 Upgrading zu Biomethan

Für die Vermarktung an gewerbliche Endkunden, wie Industriebetriebe oder Tankstellen, muss das Deponiegas gefiltert und behandelt werden, um Schadstoffe zu entfernen und den Brennwert zu erhöhen. Das Equipment sollte durch das deutsche Konsortium angeboten werden, wobei folgende Prozessschritte abgedeckt werden müssen:

- Entfernung der Feuchtigkeit im Biogas
- Entfernung des Schwefels im Biogas
- Entfernung von organischen Rückständen im Methan
- Entfernung des Kohlenstoffdioxids

5.4.7 Kompression des Biomethans

Für den Transport muss das Biomethan komprimiert und in Tanks abgefüllt werden. Das Equipment sollte durch das deutsche Konsortium angeboten werden.

5.4.8 Verstromung und energetische Nutzung der Abwärme (Optional)

Heutzutage wird bei der Stromerzeugung aus Deponiegas größtenteils eine reine Stromerzeugung durchgeführt, ohne die bei der Verbrennung entstehende Abwärme zu nutzen, obwohl deren Verwertung die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen weiter steigen würde. Denkbar wäre z.B. die Abwärme zur Trocknung des aus der Deponie geförderten Biogases im Rahmen der Biogasaufbereitung zu nutzen. Des Weiteren wäre es auch möglich die Abwärme für den Biogastestehungsprozess in der Deponie zu nutzen, sprich Temperaturschwankungen (Tag/Nacht oder Sommer/Winter) auszugleichen und somit eine Verstetigung bzw. Verbesserung des Fermentierungsprozesses zu erreichen, was wiederum die Biogausausbeute steigern würde. Ebenso könnte die Wärme auch im Rahmen eines Abfallvorsortierungsprozesses zur Trocknung von Abfallbestandteilen dienen.

Hier sind also einige Varianten denkbar, die jedoch je nach Einzelfall der Deponie betrachtet und wirtschaftlich untersucht werden müssten. Dieses Element ist als optional anzusehen und sollte dem Kunden von dem Konsortium auch so angeboten werden.

5.4.9 Projektentwicklung (Optional)

Zu der Projektentwicklung gehört neben der grundlegenden Planungsarbeit auch die Entwicklung des konkreten Vermarktungsmodells vom Gaslieferanten (Deponie) bis zum Abnehmer (Stromnetzbetreiber, Industrie, Tankstellen, Erdgasnetzbetreiber etc.). Sollte sich kein deutsches Unternehmen mit fachlicher Expertise und Brasilienerfahrung finden, sollte mit einem lokalen Unternehmen zusammengearbeitet werden. Die AHK empfiehlt die Firmen Gas Verde und Ecometano.

5.4.10 Investition (Optional)

Normalerweise wird die Investition bzw. Mittelakquise vom Projektentwickler bewerkstelligt. Sollte sich für das deutsche Konsortium ein Investor finden oder das gesamte Konsortium als Investor auftreten, würde dies selbstverständlich die Geschäftschancen stark erhöhen.

5.4.11 Generalunternehmer/EPCler

Im Idealfall bringt das deutsche Konsortium einen Generalunternehmer mit, der die gesamten Baumaßnahmen plant und die komplette Anlage schlüsselfertig an den Investor bzw. Projektentwickler übergibt. Dazu gehören die Koordination des Konsortiums und die Beschaffung der Anlagenteile bei den einzelnen Konsortialpartnern. Sollte sich in Deutschland kein EPCler mit der nötigen Fachexpertise und Brasilienerfahrung finden lassen, kann für diese Rolle ein brasilianischer Partner hinzugezogen werden. Die AHK Rio de Janeiro unterstützt diesbezüglich.

5.4.12 O&M (Optional)

Betrieb, Wartung und Instandhaltung (O&M) sollten im Falle eines deutschen GUs optional angeboten werden, allerdings fällt diese Rolle in Brasilien meist den Projektentwicklern bzw. Investoren zu.

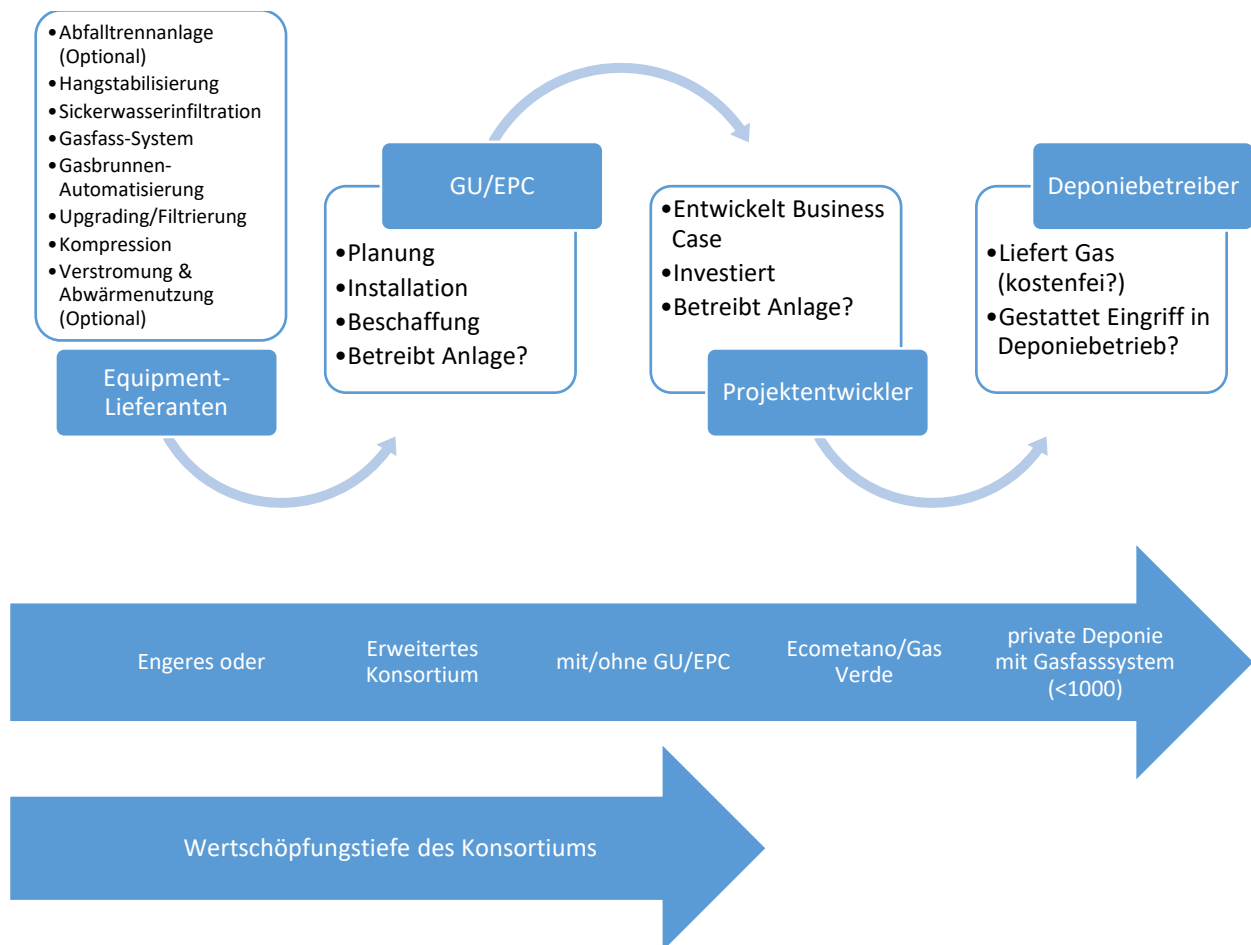
5.5 Ansatzpunkt für die Geschäftsentwicklung des Konsortiums

In Brasilien gibt es ca. 1.000 teils durch private Betreiber geführte mittelgroße Deponien, die bereits über Gasfasssysteme verfügen, das anfallende Deponiegas jedoch abfackeln und damit verschwenden. Der Vorschlag der AHK Rio de Janeiro ist, gemeinsam mit den brasilianischen Projektentwicklern BIOGÁS Energia Ambiental S/A bzw. Gás Verde und/oder Ecometano ein Pilotprojekt bei einer Deponie eines privaten Betreibers

durchzuführen, der das anfallende Gas kostenfrei bzw. in Höhe der erzeugten CO₂-Zertifikate zur Verfügung stellt und mehrere Deponien betreibt, um das Projekt später einfacher mit demselben Partner replizieren zu können. Sollte der Betreiber das Gas kostenfrei ab der Sammelstelle zur Verfügung stellen, lässt sich laut Aussage vieler Marktkenner ein sehr robuster Business Case darstellen.

Im Idealfall erlaubt der Deponiebetreiber Eingriffe in den Deponiebetrieb, dann kommt das erweiterte deutsche Konsortium zum Zuge, andernfalls nur das engere, auf die Gasanlage beschränkte. Idealerweise findet sich für das deutsche Konsortium ein Generalunternehmer/EPCLer, andernfalls muss ein brasilianischer identifiziert werden, dann nimmt die Wertschöpfungstiefe des deutschen Konsortiums etwas ab und beschränkt sich auf die Lieferung (und ggf. O&M der Komponenten).

Abbildung 24: Wertschöpfungstiefe des Konsortiums



6. Fazit

Der brasilianische Deponiemarkt bietet in den kommenden Jahren ein großes Potenzial für die kommerzielle Nutzung von Biogas. Die Basis hierfür bildet die Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) aus dem Jahre 2010. 40% der Abfälle in Brasilien werden aktuell immer noch auf Müllhalden oder ungeordneten Deponien entsorgt, was gemäß der PNRS und dem daraus entstandenen Plano Nacional de Resíduos Sólidos jedoch seit 2014 nicht mehr gestattet ist. Bisher mangelt es jedoch noch an der Umsetzung dieser Politik in allen Bundesstaaten und Gemeinden Brasiliens, jedoch werden die Kommunen zur Vermeidung von Strafzahlungen das Gesetz nach und nach implementieren müssen. Durch diese Umwandlung von Müllhalden und ungeordneten Deponien zu geordneten Deponien ergibt sich allein ein zukünftiges Potenzial von 3,6 Mrd. m³/a an Biogas, welches nutzbar gemacht werden könnte.

Bei den bestehenden geordneten Deponien, auf welchen aktuell ca. 60% aller brasilianischen Abfälle entsorgt werden, existiert derzeit bereits ein Potenzial von ca. 4,2 Mrd. m³/a an Biogas, wobei davon bisher aktuell insgesamt nur 11% kommerziell genutzt werden: 9% (= 400 Mio. m³/a) für die Stromerzeugung und 2% (= 65 Mio. m³/a) für die Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung ins Gasnetz bzw. Abtransport per LKW. Sowohl vom existierenden Potenzial auf geordneten Deponien als auch vom zukünftigen Potenzial nach Umwandlung von Müllhalden wird sich nicht alles entstehende Biogas kommerziell nutzen lassen, da die Deponie eine gewisse Mindestgröße bzw. Mindestbiogasproduktion haben muss, damit solche Projekte wirtschaftlich operieren können. Trotzdem bleibt ein signifikantes Potenzial an verfügbarem Biogas auf Deponien übrig, welches den Markt für bestehende und zukünftige Investoren sehr interessant macht.

Für eine kommerzielle Nutzung des Biogases bieten sich die Verstromung des Biogases oder eine Aufbereitung des Biogases zu Biomethan zum Zwecke der Einspeisung ins Gasnetz oder Nutzung in der Industrie und bei Tankstellen an. Aufgrund von mangelnden Rahmenbedingungen im Gasmarkt und unterschiedlichen Gesetzgebungen in den einzelnen Bundesstaaten kann die Einspeisung des Biomethans ins Gasnetz derzeit noch große Hürden aufwerfen. So lange also der Gasmarkt in seinen Regelungen und der Liberalisierung noch nicht so weit ist wie der brasilianische Strommarkt, ist ein Projekt zur Einspeisung ins Gasnetz derzeit eher zu meiden bzw. genau zu prüfen, wie die Rahmenbedingungen hierfür im jeweiligen Bundesstaat aussehen. Projekte zur Stromerzeugung aus Biogas werden jedoch seit Jahren vielfach umgesetzt, da die Rahmenbedingungen des Strommarktes dies begünstigen und eine entsprechende Wirtschaftlichkeit der Projekte gegeben ist.

Marktbarrieren gibt es im klassischen Sinne nicht in diesem Sektor in Brasilien, jedoch ist es schwer an geeignete Projekte heranzukommen, sofern man z.B. ein Geschäftsmodell wie die Firma Asja verfolgt – als externer Projektentwickler und Anlagenbetreiber. Allgemein gibt es zwei Gruppen von Deponiebetreibern: private Deponiebetreiber und kommunale Deponiebetreiber. Ein Kontakt zu kommunal geführten Deponien kann unter Umständen sehr bürokratisch sein und Entscheidungen werden ebenfalls über viele kommunale Instanzen auf äußerst bürokratischem Wege herbeigeführt. Nichtsdestotrotz kann sich der steinige Weg lohnen, da die Kommunen tendenziell Zusatzerlösen in ihren Deponien offen gegenüberstehen. Private Deponiebetreiber hingegen sind leicht zu kontaktieren; hier liegt eher das Problem, wie von der Firma Asja geschildert, darin, dass für viele Betreiber die Zusatzerlöse, welche durch eine kommerzielle Nutzung des Biogases entstehen können, nur „Peanuts“ wären und sie deshalb den hohen Aufwand eines solchen Projekts scheuen. Insofern sollte einem Marktakteur, der selbst in den Markt eintreten möchte, bewusst sein, dass dies vor allem anfangs ein mühseliger Weg sein kann.

Für ein deutsches Konsortium bieten sich konkrete Projektopportunitäten bei der Erweiterung um Gasanlagen und ggf. Optimierung des Deponiebetriebes von bestehenden privat betriebenen Deponien mit existierendem Gasfass- und Abfackelsystem. Bei diesen Deponien sind die Opportunitätskosten für den Betreiber gering und das Gas steht kostenfrei oder zu günstigen Konditionen zur Verfügung. Die Chancen des deutschen Konsortiums erhöhen sich beträchtlich, wenn es über einen Generalunternehmer/EPCLer verfügt. Sollte sich daneben auch ein Investor anschließen, würden sich die Erfolgsaussichten weiter erhöhen.

7. Marktakteure im Deponiegassektor

7.1 Organisationen

Tabelle 25: Regierungs-Organisationen relevant für den Biogas- und Abfallsektor

Instanz	Name	Infos & Website
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica	Nationale Regulierungsbehörde für den Strommarkt, arbeitet zusammen mit dem Ministerium für Bergbau und Energie www.aneel.gov.br/
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis	Nationale Regulierungsbehörde für Erdöl, Erdgas und Biomasse, arbeitet zusammen mit dem Ministerium für Bergbau und Energie http://www.anp.gov.br/
EPE	Empresa de Pesquisa Energética	Teil des Energieministeriums, welcher Statistiken und Werte des Sektors veröffentlicht und Energieplanungen für Angebot und Nachfrage entwickelt. www.epe.gov.br
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	Teil des Umweltministeriums, welcher sich vornehmlich mit erneuerbaren Ressourcen beschäftigt https://www.ibama.gov.br/
MMA	Ministério do Meio Ambiente	Umweltministerium Zuständig für die nationale Umweltpolitik www.mma.gov.br/
MME	Ministério de Minas e Energia	Bergbau- und Energieministerium Zuständig für entsprechende (energie-)politische Angelegenheiten www.mme.gov.br/

7.2 Verbände

Tabelle 26: Private Verbände, Institute und Organisationen im Biogas- und Abfallsektor

Verband	Name	Infos & Website
ABiogás	Associação Brasileira do Biogás	Verband für Biogas aus Agrarrohstoffen und Biogas aus Deponien https://abiogas.org.br/en/
Abrelpe	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais	Verband für die Unternehmen der öffentlichen und privaten Abfallentsorgung http://abrelpe.org.br/
Abetre	Associação Brasileira de Empresas Tratamento de Resíduos e Efluentes	Verband für die Unternehmen der Abfallbehandlung http://www.abetre.org.br/
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem	Organisation zur Förderung von Recyclingaktivitäten in Brasilien http://www.cempre.org.br/
CIBiogás	Centro Internacional de Energias Renováveis-Biogás	Privates wissenschaftliches Forschungsinstitut für erneuerbare Energien und Biogas https://www.cibiogas.org/
IBP	Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis	Wissenschaftliches Institut für Erdöl, Erdgas und Biomasse https://www.ibp.org.br/
Sbera	Sociedade Brasileira dos Especialistas em Resíduos das Produções Agropecuária e Agroindustrial.	Vereinigung von Spezialisten für Abfälle aus Land- und Viehwirtschaft http://sbera.org.br/pt/

7.3 Unternehmen im Bereich der Nutzung von Deponiegas

Tabelle 27: Unternehmen im Bereich der Nutzung von Deponiegas

Name	Bereich	Website	Kontakt
Asja	Anlagenbau und -betrieb für Biogasnutzung zur Stromerzeugung, betreibt aktuell 5 Anlagen	https://www.asja.energy/pt-br/	Melina Uchida m.uchida@asja.energy
Biogás Energia Ambiental	Gehört zur Firma Arcadis. Anlagenbau und -betrieb für Biogasnutzung zur Stromerzeugung, betreibt aktuell 4 Anlagen	http://www.biogas-ambiental.com.br	Sergio Stacchini sergio.stacchini@biogas-ambiental.com.br
Dois Arcos	Deponiebetreiber und gleichzeitig Joint-Venture-Partner von Ecometano	http://www.doisarcos.com.br/	Osaná Almeida Osana.almeida@doisarcos.com.br
Ecometano	Anlagenbau und -betrieb für Biogasaufbereitung zu Biomethan, betreibt aktuell 3 Anlagen	http://www.ecometano.com.br	Luciano Vilas Boas Jr. luciano@ecometano.com.br
ENC Energy	Anlagenbau und -betrieb für Biogasnutzung zur Stromerzeugung, betreibt aktuell 3 Anlagen	https://www.encenergy.com/en/	infobr@encenergy.com
Estre Ambiental	Deponiebetreiber vieler Deponien und Anlagenbetreiber von 3 Stromerzeugungsanlagen auf den eigenen Deponien	http://www.estre.com.br/	Paulo Sadalla Paulo.sadalla@fsb.com.br
Gás Verde	Gehört zur Firma Arcadis. Anlagenbau und -betrieb für Biogasaufbereitung zu Biomethan, betreibt aktuell 2 Anlagen	https://www.gasverde.com.br/	Carlos de Oliveira Cruz ccruz@gasverde.com.br Eduardo Levenhagen eduardo@gasverde.com.br
Solvi	Deponiebetreiber vieler Deponien und Anlagenbetreiber von 3 Stromerzeugungsanlagen auf den eigenen Deponien	https://www.solvi.com/	Diego Nicoletti Dnicoletti@solvi.com

7.4 Deponiebetreiber

Tabelle 28: Ausgewählte private Betreiber geordneter Deponien und Abfallzentren

Name	Bereich	Website	Kontakt
Ciclus Ambiental	Betreibt eine sehr großes Abfallzentrum (CTR Rio) bei Seropédica in der Nähe von Rio de Janeiro	www.ciclusambiental.com.br	Suellen Gomes suellen.gomes@ciclusambiental.com.br
CRVR - Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos	Betreibt 6 große Deponien/Abfallzentren (CTR) im Bundesstaat Rio Grande do Sul	http://crvr.com.br/	
Dois Arcos	Betreiber einer Deponie in der Região dos Lagos	http://www.doisarcos.com.br/	Osaná Almeida Osana.almeida@doisarcos.com.br
Estre Ambiental	Deponiebetreiber von 13 Deponien in Brasilien	http://www.estre.com.br/	Paulo Sadalla Paulo.sadalla@fsb.com.br
Fox Haztec	Betreibt 6 große Abfallzentren (CTR) in der Nähe von Rio, Sao Paulo und Fortaleza	http://www.haztec.com.br	Comercial@haztec.com.br
Lara	Betreiber einer Deponie in Mauá bei São Paulo	http://www.lara.com.br/	sac@lara.com.br
Solvi	Deponiebetreiber von 39 Deponien im Raum Südamerika	https://www.solvi.com/	Diego Nicoletti Dnicoletti@solvi.com

7.5 Standortagenturen, Beauftragte für Auslandsinvestitionen, Beratungsunternehmen, Forschungsinstitute und sonstige Multiplikatoren

Tabelle 29: Standortagenturen

Name	Bereich	Infos & Website
ACE	Inkubator	https://acestartups.com.br/
BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)	Projektfinanzierung	https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/bndes-finem
Cietec	Inkubator	http://www.cietec.org.br/
Desenvolve SP	Projektfinanzierung	Partner der Landesregierung von São Paulo bei der Bereitstellung von Finanzierungen für staatliche Unternehmen Darlehensmöglichkeit Economia Verde https://www.desenvolvesp.com.br/
Instituto Ideal (Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América latina)	Institut für die Entwicklung alternativer Energien	https://institutoideal.org/
TACT	Beratung im Bereich Umweltgenehmigungen	http://www.tactconsultoria.com.br/

7.6 Bereits in Brasilien tätige Unternehmen aus der Deponiegasbranche

Tabelle 30: Deutsche Unternehmen der Deponiegasbranche in Brasilien

Name	Bereich	Infos & Website
Awite	Automatisierung	www.awite.com.br/
BDC Dorsch Consult	Planung, Beratung	Hat diverse (geförderte) Pilotprojekte in Brasilien durchgeführt www.dorsch.de
ICP	Sickerwasser-Reinfiltration	Führt ein vom BMU gefördertes Pilotprojekt mit Dois Arcos durch http://icp-ing.de/
Neogas	Max. Gas-Transport-Firma	http://neogas.com.br
Wehrle	Sickerwasserbehandlungsstationen	https://www.wehrle-werk.de/en

8. Quellen- und Literaturverzeichnis

- ABEGÁS (2019): Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado, <https://www.abegas.org.br/concessionarias>, Abruf am 10.06.2019
- ABiogas & Abrelpe (2019): Informationsblatt zur Biogasproduktion auf Deponien in Brasilien, erschienen und erstmals verteilt am 23.5.2019 beim Seminario Tecnico Biogas im Rahmen der Messe Ecomundo in Sao Paulo
- Abrelpe (2017): Report "Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2017", <http://abrelpe.org.br/panorama/>, Abruf am 10.05.2019
- Abrelpe (2013): Report "Atlas Brasileiro des emissões de GEE e potencial energético na destinação de resíduos sólidos", <http://abrelpe.org.br/atlas-brasileiro/>, Abruf am 10.05.2019
- ADVFN (2018): PIB Brasil 2018. <https://br.advfn.com/indicadores/pib/brasil/2018>. Abruf am 25.05.2018.
- AHK Rio de Janeiro (2016^a): Recherchen.
- AHK Rio de Janeiro (2017a): Wissensdatenbank.
- AHK Rio de Janeiro (2017b): Recherchen.
- ANEEL (2012): RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482, <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>, Abruf am 8.6.2019
- ANP (2018): Oil, Natural Gas and Biofuels Statistical Yearbook 2018, <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/oil-natural-gas-and-biofuels-statistical-yearbook-2018>, Abruf am 24.05.2019
- ANP (2017): ANP Resolução de No. 685/2017, <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2017/junho&item=ramp-685--2017>, Abruf am 24.05.2019
- Asja (2019a): Email von der Firma Asja vom 5.6.2019, Henrique Fiche
- Asja (2019b): Gespräch mit Melina Uchida von Asja Brasil, 22.5.2019 im Rahmen der Ecomundo Messe
- Asja (2018): <https://www.asja.energy/pt-br/noticias/asja-esta-construindo-uma-nova-planta-de-biogas-no-brasil/>, Abruf am 24.05.2019
- Auswärtiges Amt (2019): Deutschland und Brasilien: Bilaterale Beziehungen. <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/laender/brasilien-node/bilateral/201112>. Abruf am 03.05.2019
- Banco Central do Brasil (2019a): PIB acumulado dos últimos 12 meses – Em US\$ milhões, <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/consultarvalores/consultarValoresSeries.do?method=getPagina>. Abruf am 24.05.2019
- Banco Central do Brasil (2019b): Produto interno bruto per capita em US\$ correntes <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/consultarvalores/consultarValoresSeries.do?method=consultarValores>. Abruf am 24.05.2019
- Banco Central do Brasil (2019c): Série histórica dos fluxos de investimento direto – distribuições por país ou por seto. <https://www.bcb.gov.br/acessoinformacao/legado?url=https:%2F%2Fwww.bcb.gov.br%2Fhtmls%2FInfecon%2Fseriehistfluxoinvdir.asp>. Abruf am 24.05.2019
- Banco Central do Brasil (2019d): Conversor de Moedas <https://www.bcb.gov.br/conversao>, Abruf am 25.05.2019
- Banco Central do Brasil (2019e): Dívida Líquida do Setor Público - Saldos em u.m.c. milhões - Total - Governo Federal. <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/consultarvalores/consultarValoresSeries.do?method=getPagina>. Abruf am 24.05.2019
- Banco Central do Brasil (2019f): Startseite. <https://www.bcb.gov.br/>. Abruf am 25.05.2019
- Bpb (2014): Brasiliens politisches Spiel.

- Brainmarket (2018): Artikel über Stromerzeugungsanlagen der Firma Estre, <http://www.brainmarket.com.br/noticia/estre-inaugura-usina-a-biogas-de-aterro-em-tremembe>, Abruf am 3.6.2019
- Cegàs (2019): Präsentation der Firmen Cegàs und Ecometano auf dem Seminário Técnico de Biogás im Rahmen der Messe Ecomundo in São Paulo am 23.5.2019
- CDM (2019): Clean Development Mechanism, <https://cdm.unfccc.int/about/index.html>, Abruf am 02.06.2019
- CDM (2019a): Website CDM, Insights, <https://cdm.unfccc.int/Statistics/Public/CDMinsights/index.html#reg>, Abruf am 02.06.2019
- CIBiogas (2019): Präsentation von Thiago Olinda von CIBiogas, im Rahmen des Biomass Day auf der Messe Ecomundo in São Paulo, 22.5.2019
- Confederação Nacional dos Transportes – CNT: Plano CNT de transporte e logística 2018. – Brasília: CNT, 2018. <http://planotransporte.cnt.org.br/Content/docs/Plano%20CNT%20Transporte%20-%20Pesquisa%20Completa.pdf>. Abruf am 24.05.2019
- Decreto (2014): Decreto No. 44855, http://www.normasbrasil.com.br/norma/decreto-44855-2014-rj_271904.html, Abruf am 24.05.2019
- Decreto (2018): Decreto No. 46476, http://www.normasbrasil.com.br/norma/decreto-46476-2018-rj_368664.html, Abruf am 24.05.2019
- Decreto (2018a): Decreto No. 9578, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25, Abruf am 24.05.2019
- DuplaConsultoria (2019): Energieberatung, http://www.duplaconsultoria.com/informativos/id-286390/as_diferencas_de_mercado_livre_e_cativo, Abruf am 02.06.2019
- Dois Arcos (2019): Gespräch, geführt am 3.6.2019 mit Osaná Almeida, Geschäftsführer der Dois Arcos Deponie
- Ecometano (2019): Information gemäß Email vom 5.6.2019 von Luciano Vilas Boas Jr., Geschäftsführer von Ecometano
- EPE (2014): Nota Técnica Dea 18/14, Oktober 2014, <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>, Abruf am 03.05.2019
- EPE (2018): Nota Técnica Dea 19/18, August 2018, <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>, Abruf am 03.05.2019
- Estadão (2019): O Brasil nos rankings econômicos mundiais, <https://economia.estadao.com.br/blogs/econoweeek/o-brasil-nos-rankings-economicos-mundiais/>. Abruf am 03.05.2019
- Estre (2019): Website von Estre Ambiental, <http://www.estre.com.br/sobre-a-estre/quem-somos/>, Abruf am 03.06.2019
- Finanzen.net: Devisen. <https://www.finanzen.net/devisen/euro-real/chart>. Abruf am 03.05.2019
- FNR (2019): Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., <https://biogas.fnr.de/gewinnung/was-ist-biogas/>, Abruf am 30.05.2019
- G1: Economia (2015): „Balança comercial tem em 2015 melhor saldo em 4 anos”. <http://g1.globo.com/economia/noticia/2016/01/com-alta-de-importacoes-balanca-tem-em-2015-melhor-saldo-em-4-anos.html>. Abruf am 06.04.2016.
- Gazeta de Povo (2013): Interview mit Cicero Bley Jr., 31.3.2013, <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/pais-desperdica-energia-do-lixo-dyqtwhbk2skj5tt5mroj5el3i/>, Abruf am 03.06.2019
- gibgas Consulting (2019): <https://www.gibgas.de/Fakten/Mobilit%C3%A4t/H%20und%20L-Gas>, Abruf am 30.05.2019
- GTAI (2015): Wirtschaftsdaten kompakt Brasilien (November 2015)

- GTAI (2019a): Wirtschaftsausblick Brasilien Dezember 2018. <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/Wirtschaftsklima/wirtschaftsausblick.t=wirtschaftsausblick--brasilien-dezember-2018,did=2194412.html>. Abruf am 03.05.2019.
- GTAI (2019b): SWOT-Analyse – Brasilien (Dezember 2018). <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/Geschaefspraxis/swot-analyse.t=swotanalyse--brasilien-dezember-2018,did=2194396.html>. Abruf am 24.05.2019
- HWWI (2018): HWWI-Index der Weltmarktpreise für Rohstoffe. http://hwwi-rohindex.de/typo3_upload/groups/32/hwwa_downloads/Rohstoffindex-dia.xls.pdf. Abruf am 25.04.2018.
- IBGE (2014): Datenbank Bundesländer. IBGE. <http://www.ibge.gov.br/paisesat/>. Abruf am 30.03.2016.
- IBGE (2019a): IBGE divulga as Estimativas de População dos municípios para 2018. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>. Abruf am 24.05.2019
- IBGE (2019b): Analfabetismo cai em 2017, mas segue acima da meta para 2015. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/21255-analfabetismo-cai-em-2017-mas-segue-acima-da-meta-para-2015>. Abruf am 03.05.2019
- IBGE (2019c): PIB cresce 1,1% em 2018 e fecha ano em R\$ 6,8 trilhões. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23886-pib-cresce-1-1-em-2018-e-fecha-ano-em-r-6-8-trilhoes>. Abruf am 03.05.2019
- Justiça Eleitoral: Divulgação de resultado de eleição, <http://divulga.tse.jus.br/oficial/index.html>. Abruf am 24.05.2019
- KAS (2018a): Brasilien auf einen Blick.
- KPMG (2013): Länderprofil Brasilien. KPMG High Growth Markets. <http://www.kpmg.de/Themen/1405.htm>. Abruf am 09.12.2016.
- Lei (2009): Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm, Abruf am 03.05.2019
- Lei (2010): Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm, Abruf am 03.05.2019
- Lei (2012): POLÍTICA ESTADUAL DE GÁS NATURAL RENOVÁVEL – GNR, <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/e9589b9aab9cac8032564fe0065abb4/f0294f2b42bc949483257ada00673a4a?OpenDocument>, Abruf am 03.05.2019
- Mercado livre (2019): Website Mercado livre de energia elétrica, <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/>, Abruf am 03.06.2019
- Mercosul: Saiba mais sobre o Mercosul. <http://www.mercosul.gov.br/saiba-mais-sobre-o-mercosul>. Abruf am 25.05.2019.
- Mitsidi Projetos (2016): Mapping Report Energy Efficiency in Industry. <https://www.awex-export.be/files/library/Infos-sectorielles/Ameriques/2017/BRESIL/Mapping-Report-Energy-Efficiency-in-Industry.pdf>. Abruf am 25.04.2018.
- Mitsidi Projetos/IEI-Brasil (2018): Pesquisa sobre o potencial de empregos gerados na Área de Eficiência Energética no Brasil de 2018 até 2030.
- MMA (2011): Plano Nacional de Resíduos Sólidos, http://www.mma.gov.br/estruturas/253/publicacao/253_publicacao002022012041757.pdf, Abruf am 03.05.2019

- MMA (2012): Planos Municipais de Gestão integrada de Resíduos Sólidos, <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/planos-municipais-de-gest%C3%A3o-integrada-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos.html>, Abruf am 03.05.2019
- MMA (2019): Politico Nacional sobra Mudança do clima, <http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>, Abruf am 15.05.2019
- MME/EPE (2017): BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2017, <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional>, Abruf am 15.05.2019
- MME (2019): Boletim mensal de Gás Natural, Ausgabe Nr. 143, Januar 2019, <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/publicacoes>, Abruf am 15.05.2019
- OECD (2019): Brasil. <https://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/bra/>. Abruf am 24.05.2019.
- OECD (2019): Real GDP forecast. <https://data.oecd.org/gdp/real-gdp-forecast.htm#indicator-chart>. Abruf am 24.05.2019
- Petrobras (2014): Newsbeitrag auf Petrobras Website, <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/refinaria-gera-energia-com-biogas-do-aterro-de-gramacho.htm>, Abruf am 6.6.2019.
- Portal Saneamento Basico (2019): Newsbeitrag auf Website, <https://www.saneamentobasico.com.br/projetos-biogas-gas-verde/>, Abruf am 15.6.2019
- Umweltbundesamt (2019a): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#textpart-3>, Abruf am 24.05.2019
- Umweltbundesamt (2019b): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromerzeugung-erneuerbar-konventionell#textpart-3>, Abruf am 24.05.2019
- Umweltbundesamt (2019c): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen>, Abruf am 15.05.2019
- uve GmbH (2018): uve GmbH für Managementberatung, Länderprofil zur Kreislauf- und Wasserwirtschaft in Brasilien, 2018, S. 26, <https://www.exportinitiative-umweltschutz.de/de/service/publikationen/laenderprofil-zur-kreislauf-und-wasserwirtschaft-in-brasilien>, Abruf am 02.05.2019
- Sergio Stacchini (2019): Präsentation von Sergio Stacchini der Firma Biogás Energia Ambiental S/A, gezeigt am 18.6.2019 bei der Informationsveranstaltung zur Konsortialbildung im Bereich Deponiegas in Brasilien
- Solvi (2019): Gespräch mit Diego Nicoletti von Solvi, 22.5.2019 im Rahmen der Ecomundo Messe
- Statista: Brasilien: Handelsbilanzsaldo von 2008 bis 2018 (in Milliarden US-Dollar). <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/15636/umfrage/handelsbilanz-von-brasilien/>. Abruf am 03.05.2019
- Valor Econômico (2019b): S&P reafirma rating BB- do Brasil, com perspectiva estável. <https://www.valor.com.br/financas/6109083/sp-reafirma-rating-bb-do-brasil-com-perspectiva-estavel>. Abruf am 23.05.2019

