



Probabilistische Szenarioanalysen der Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit von Biogasanlagenprojekten

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B.Sc.)“ im Studiengang Wirtschaftswissenschaften der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität
Hannover

vorgelegt von:

Name: Speen



Vorname: Patrick



Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 11.08.2015

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
Symbolverzeichnis	IX
1. Einleitung	1
2. Relevanz und Fragestellung	5
3. Forschungshintergrund.....	6
3.1. Gang der Untersuchung.....	7
3.2. Literaturüberblick.....	8
3.3. Forschungsdesign.....	11
4. Grundlagen der Stromerzeugung mittels Biogasanlagen	14
4.1. Biologische und technische Grundlagen von Biogasanlagen	14
4.1.1. Begriffsdefinition Biogas.....	14
4.1.2. Substrate der Biogaserzeugung und deren Biogasausbeuten.....	16
4.1.3. Funktionsweise und verfahrenstechnische Grundlagen einer BGA	19
4.2. Rechtliche Rahmenbedingungen für die Biogaserzeugung	23
4.2.1. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	23
4.2.2. Fördermodelle für eine flexible und bedarfsorientierte Stromproduktion.....	29
4.3. Biogasanlagen im Kontext einer dezentralen Energieversorgung	38
4.4. Konzepte und Nutzungsmöglichkeiten	44
4.4.1. Vor-Ort-Verstromung	45
4.4.2. Biogasaufbereitung	46
4.4.3. Geschäftsmodelle im Kontext der Wertschöpfungskette Biogaserzeugung.....	49
4.5. Marktentwicklung	51
5. Theoretische Grundlagen von Biogasanlagenprojekten.....	57
5.1. Projektfinanzierung von Biogasanlagenprojekten	57

5.2.	Risikomanagement in Biogasanlagenprojekten	70
5.3.	Wirtschaftliche Aspekte von Biogasanlagenprojekten	82
5.3.1	Kostenkomponenten bei Biogasanlagenprojekten.....	83
5.3.2.	Ertragskomponenten bei Biogasanlagenprojekten	89
6.	Ausgestaltung des Entscheidungsunterstützungssystems	92
6.1.	Discounted Cash-Flow Modell (DCF Modell)	93
6.2.	Monte Carlo Simulation.....	102
6.3.	System-Architektur des EUS	105
7.	Fallstudie: Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	106
7.1.	Darstellung der Szenarien	107
7.2.	Hinreichender Stichprobenumfang	110
7.3.	Auswirkungen der Monte Carlo Simulation auf die Bewertungskriterien.....	112
8.	Diskussion und Limitationen	116
9.	Fazit	118
	Literaturverzeichnis.....	XII
	Anhang	XXV
	Anhang 1.....	XXV
	Anhang 2.....	XXVI
	Anhang 3.....	XXVII
	Ehrenwörtliche Erklärung	XXVIII

1. Einleitung

Angesichts der zunehmenden Verteuerung und Energieknappheit fossiler Energieträger, gepaart mit dem Ziel einer zunehmenden Einsparung anthropogener Treibhausgasemissionen, gewinnt die nachhaltige, dezentrale Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, wie beispielsweise Sonnenenergie, Biomasse, Geothermie oder Windkraft, derzeit weltweit verstärkt an Bedeutung und treibt den Transformationsprozess des Energieversorgungssystems weiter voran (vgl. EEG, 2014, §2 (1)). Dabei soll insbesondere der zunehmenden Veränderung des Weltklimas, welches sich in bereits verstärkt auftretenden ökologischen und ökonomischen Folgen des Klimawandels widerspiegelt, Rechnung getragen werden (vgl. IPCC, 2013). Knapp 28 % der weltweit installierten Stromerzeugungskapazität sind mittlerweile erneuerbare Energiequellen. Sie decken damit fast ein Viertel (22,8 %) der globalen Stromnachfrage (vgl. BMWi, 2015).

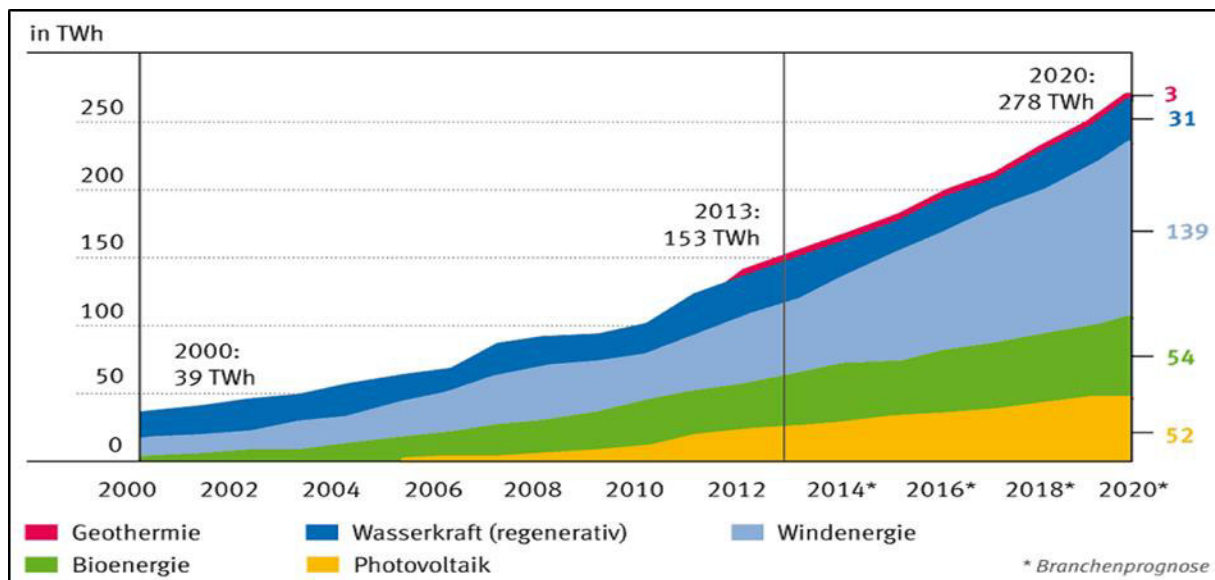
In ihrem Energiekonzept „EU-2030-Klima- und Energierahmen“ haben sich die europäischen Mitgliedstaaten in diesem Zusammenhang dazu verpflichtet, ihren gesamteuropäischen Treibhausgasausstoß bis 2020 um 20 % zu reduzieren und gleichzeitig den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch auf 20 % zu steigern¹, wobei sich innerhalb Europas z.T. unterschiedliche förderpolitische Rahmenbedingungen und Konzepte zum Ausbau erneuerbarer Energien ermitteln lassen (vgl. Thiering, 2010, S.1f; Ragwitz et al., 2006, S.2). Ferner soll durch einen kontinuierlich wachsenden Anteil der erneuerbaren Energien an der Gesamtstromversorgung der Klima- und Umweltschutz im Sinne des Kyoto-Protokolls weiter vorangetrieben werden. In diesem Kontext, aber auch unter dem Aspekt des Atomausstiegs, gewinnt die Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland verstärkt an Bedeutung (vgl. Holm-Müller et al., 2011, S. 297).

Um dem Ziel gerecht zu werden und auch in Deutschland eine langfristige und klimaverträgliche Energieversorgung gewährleisten zu können, sollen auf Grundlage des im Jahr 2000 verabschiedeten Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) bis 2020 mindestens 35% des deutschen Bruttostromverbrauchs und 14 % des Wärmebedarfs mit Hilfe erneuerbarer Energien gedeckt werden. Dabei fördert das EEG seit dem Jahr 2000 die Strom- und Wärmeerzeugung aus Windenergie, Biomasse, Photovoltaik, Wasserkraft und Erdwärme und garantiert den Stromerzeugern zusätzlich „eine technologiespezifische Mindest-Einspeisevergütung“ (vgl. Thiering,

¹ Vgl. <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Europaische-und-internationale-Energiepolitik/europaische-energiepolitik,did=648682.html>.

2010, S.1) zu festen Stromvergütungssätzen über 20 Betriebsjahre und eine Abnahmeverpflichtung von Seiten der zuständigen Netzbetreiber (vgl. EEG, 2014, §11 (1) - (3)), wobei diese die entstehenden Mehrkosten über eine Umlage an die Stromkunden weiterreichen. Ein wesentlicher Erfolg in der Implementierung des EEG spiegelt sich vor allem in einer erheblichen Steigerung der erzeugten Strommenge aus erneuerbaren Energieträgern (vgl. Holzer, 2005, S. 37f.9), sowie in einer verstärkten Markt- und Systemintegration erneuerbare Energien wieder, wie Abbildung (1) verdeutlicht. Laut Bundesministerium für Umwelt (BMU) betrug 2014 der Anteil der erneuerbaren Energien mit ca. 157 TWh (= 157.000 GWh) bereits rund ein Viertel der Bruttostromerzeugung in Deutschland (vgl. BMU, 2013, S.9).

Abbildung 1: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland (2000 – 2020)



Quelle: FNR (2014a)

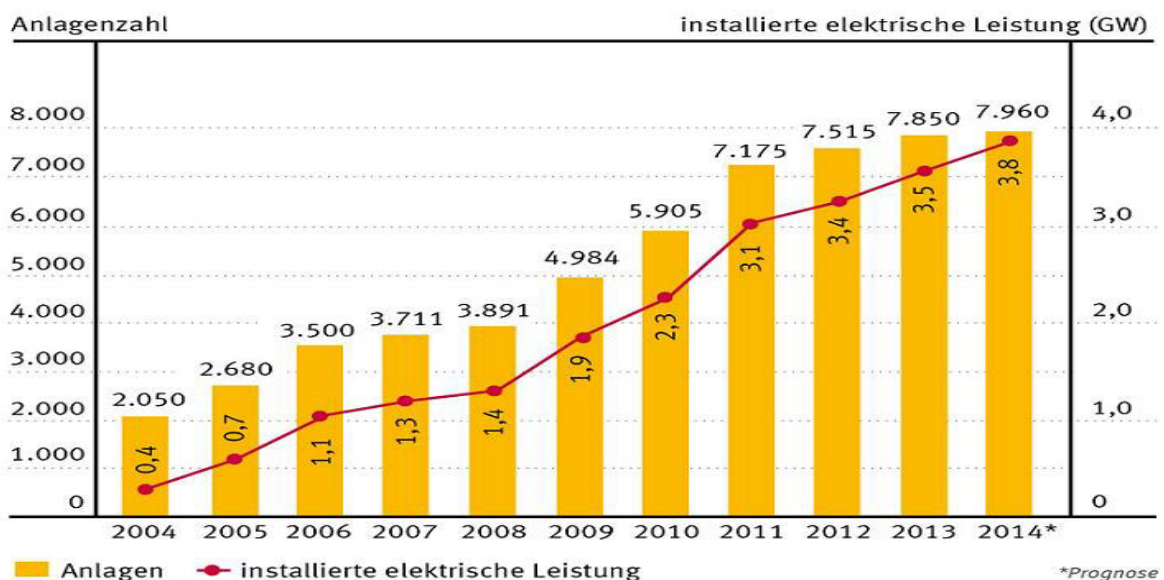
Darüber hinaus formuliert die deutsche Bundesregierung im Rahmen ihres Energiekonzeptes (2010) das Ziel der Energiewende wie folgt: „Die Sicherstellung einer zuverlässigen, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung ist eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts“ (BMU, 2010, S.3). Ferner sollen ein hohes „Maß an Versorgungssicherheit, ein wirksamer Klima- und Umweltschutz sowie eine wirtschaftlich tragfähige Energieversorgung“ (BMU, 2010, S.3) gewährleistet werden, sodass Deutschland auch weiterhin ein wettbewerbsfähiger Industriestandort bleibt.

Beim Aufbau einer umweltfreundlichen und nachhaltigen Energieversorgungssystems erfreut sich in diesem Zusammenhang vor allem die flexible Stromerzeugung aus Biomasse und insbesondere der Ausbau der Biogasproduktion wachsender Bedeutung. Aufgrund ihrer guten

Speicherfähigkeit, ihrem breiten Einsatzspektrum sowie ihrer Unabhängigkeit von Schwankungen äußerer Einflussfaktoren, wie z.B. Sonne oder Wind, soll die Bioenergie nach den Plänen der Bundesregierung, in der künftigen Energieversorgung eine wichtige Rolle einnehmen und „als bedeutender erneuerbarer Energieträger in allen drei Nutzungspfaden „Wärme“, „Strom“ und „Kraftstoffe“ weiter ausgebaut werden“ (BMU, 2010, S.10). Des Weiteren erfordert der fortschreitende Ausbau der Bioenergie in Deutschland auch immer die Berücksichtigung des Spannungsfeldes des energiepolitischen Zieldreiecks, bestehend aus Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit (vgl. Böttcher, 2013, S. 2).

Anhand der nachfolgenden Abbildung (2) wird in diesem Zusammenhang die Bestandsentwicklung von Biogasanlagen in Korrelation zur installierten elektrischen Anlagenleistung (in MW) betrachtet.

Abbildung 2: Entwicklung Biogasanlagen und gesamte installierte Leistung [in GW]



Quelle: FNR (2014f)

Insbesondere die Einführung eines Bonus für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe (NawaRo-Bonus) im Zuge der Novellierung des EEG 2004 sowie die damit verbundenen höheren Einspeisevergütungen, führten zu einem kontinuierlichen Zubau an neuen Anlagen, sodass am Ende des Jahres 2014 etwa 3,8 GW elektrische Leistung aus Biogas, bei einer Anlagenanzahl von knapp 8000, in Deutschland installiert war (vgl. FNR, 2014). Dieser Wert entspricht ungefähr 5% des deutschen Energiebedarfs (vgl. Thiering, 2010, S.2). Um allerdings einen nachfrageorientierten und marktkonformen Ausbau der Bioenergie auch in Zukunft gewährleisten zu können, darf laut EEG 2014 (§ 3) die „Steigerung der installierten Leistung der Anlagen zur

Erzeugung von Strom aus Biomasse“ (EEG, 2014, §3 (4)) 100 Megawatt pro Jahr nicht überschreiten. So soll des Weiteren auch das Risiko eines Überbedarfs an Biomasse, im Vergleich zum heimischen Angebot, bei einem weiteren Ausbau der Bioenergie minimiert werden (vgl. Kühn, 2012, S. 2).

Neben der Betrachtung der positiven Effekte der regenerativen Energieerzeugung aus Biomasse bedarf es allerdings auch der kritischen Untersuchung negativer Auswirkungen bezüglich der zunehmenden Nutzungskonkurrenz innerlandwirtschaftlicher Flächen als Folge eines steigenden Zubaus bioenergetischer Nutzpflanzen, wie z.B. Mais-Substrat. Zum anderen ergeben sich weitreichende Änderungen in der Produktionsstruktur auf dem Biogasmarkt, die die Rohstoffversorgung betreffen. Granoszewski (2013), Reise et al. (2010) und Frank (2012) widmen sich aus diesem Grund in ihren Publikationen der verstärkt auftretenden Nutzungskonkurrenz landwirtschaftlicher Flächen beim Ausbau der Bioenergie sowie den Auswirkungen des Verlustes an Biodiversität durch den zunehmenden Energiepflanzenanbau, auch bekannt unter dem Begriff „Vermaisung der Landschaft“.

Vor dem Hintergrund des stetig zunehmenden Wachstums auf dem Bioenergie-Markt, insbesondere im Bereich der Biogasproduktion (vgl. Granoszewski, 2013, S. 5), bedarf es zunehmend geeigneter Möglichkeiten zur Evaluation der Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit von Biogasanlagenprojekten, auch vor dem Aspekt künftiger Investitionsentscheidungen potenzieller Investoren. Dabei muss die Biogaserzeugung- und Nutzung nicht nur gesamtwirtschaftlich sowie unter Berücksichtigung diverser Projektrisiken, sondern vor allem auch auf der Ebene einzelner Biogasprojekte (vgl. Granoszewski et al., 2011, S. 4f) einen wirtschaftlich tragbaren Betrieb ermöglichen. Die vorliegende Arbeit befasst sich daher im Kern mit dem Aufbau und der Durchführung einer probabilistischen Szenarioanalyse für Investitionsentscheidungen in Biogasanlagenprojekten, anhand derer die Auswirkungen sich verändernder Eingangsparameter auf die Wirtschaftlichkeit Biogasanlagenprojekten simuliert werden sollen (vgl. Kühn, 2012, S. 2).

Dazu wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Bewertung von Investitionen in Biogasanlagen mit Hilfe eines Excel-Modells simuliert und analysiert. Als Basis für die Bewertung der Rentabilität einer Investitionen bzw. für den Vergleich verschiedenere Investitionsoptionen wurde die Discounted Cash-Flow Methode verwendet, ein Cash-Flow-Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung. Als die für die Evaluation des Projektes benötigten Kennzahlen sind (1) der Kapital- oder auch Projektwert, (2) der Return On Investment, (3) der Return on Equity sowie (4) die Schuldendeckungsfähigkeit des Projektes anzusetzen. Durch Abzinsung

auf den Beginn der Investition werden Zahlungen, die zu beliebigen Zeitpunkten anfallen, vergleichbar gemacht. Die quantitative Erfassung, der bei einer solchen Projektinvestition anfallenden Risiken, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit über die sogenannte Monte Carlo Simulation vorgenommen, indem über die eingehenden Inputparameter für ein Biogasanlagenprojekt eine Risikoanalyse mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsverteilungen durchgeführt wird (vgl. Schlundt, 2013, S. 2f). Diese dient schlussendlich der genauen Betrachtung der unterschiedlichen Inputparameter und ihrem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Investitionen in Biogasanlagenprojekten. Aus diesem Grund liegt ein besonderer Fokus auf der simulierten Veränderung unterschiedlicher Eingangsparameter und deren Auswirkungen. Das entwickelte Cash-Flow Modell soll dabei unter Berücksichtigung der Parameterkorrelationen und Projektrisiken als Grundlagen für den Aufbau eines Entscheidungsunterstützungssystem (EUS) für probabilistische Szenarioanalysen von Biogasanlagenprojekten dienen (vgl. Piel, 2014a, S. 2).

2. Relevanz und Fragestellung

Investitionen in Biogasprojekte sind vor allem durch einen hohen Kapitalbedarf sowie aufgrund ihrer starken Abhängigkeit von der volatilen Entwicklung der Rohstoffpreise und ihren langen Laufzeiten (meist min. 20 Jahre), mit erheblichen Risiken und Unsicherheiten gekennzeichnet. Aus diesem Grund bedarf es im Vorfeld derartiger Investitionsvorhaben einer umfangreichen Wirtschaftlichkeitsanalyse (vgl. Kühn, 2012, S. 2). Zu diesem Zweck wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Cash-Flow Modell entwickelt, mit dem im Zusammenhang einer probabilistischen Szenarioanalyse „*die Robustheit der ökonomischen Ergebnisgrößen analysiert und eine Quantifizierung der diversen Risiken*“ (Piel und Taphorn, 2015, S. 2) in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit von Biogasanlagenprojekten erfolgen wird.

Auch das Thema der Nachhaltigkeit erfährt in den letzten Jahren steigende Bedeutung, vor allem vor dem Hintergrund energieeffizienterer und leistungsfähigerer Informationssystemen (IS) und -technologien (IT), auch bekannt unter dem Thema „Green IT“ und „Green IS“. Dabei liegt der Fokus der Betrachtung verstärkt auf der Bewältigung und Reduzierung von Umwelteinflüssen sowie der strategischen Bedeutung der IT im Bereich des nachhaltigen Informationsmanagements (vgl. Ortwerth und Teuteberg, 2012, S. 2f). Informationstechnologie soll in diesem Zusammenhang also nicht mehr als eine der Ursachen von Umweltproblemen gesehen, sondern eher einen aktiven Beitrag zu einer nachhaltigen Energienutzung und zur Bewältigung der Umweltherausforderungen liefern (vgl. Loos et al., 2011, S. 239). Das Thema Green IS umfasst neben der Nutzung von IS zur Erreichung umweltökologischer Herausforderungen und

nahmen bezüglich des wahrscheinlichsten Wertes beruhen dabei im Wesentlichen auf Ergebnissen empirischer Erhebungen, wohingegen die ermittelten Abweichungen auf Schätzwerten der minimalen und maximalen Ausprägungen eines risikobehafteten Parameters basieren. Es besteht somit ein Limitationsansatz in der Wahl der getroffenen Verteilungsannahmen, da diese sich häufig nur an Werten aus existierenden Veröffentlichungen orientieren.

9. Fazit

Vor dem Hintergrund der Beantwortung der aufgestellten Forschungsfrage: „Wie kann die Investitionsentscheidung in ein Biogasanlagenprojekt aus Sicht potentieller Investoren hinsichtlich der Erreichung ihrer wirtschaftlichen Ziele bewertet werden?“, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt, das auf Basis eines DCF Modells, zur Durchführung von probabilistischen Szenarioanalysen der Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit von Biogasanlagenprojekten angewendet werden kann. Das vorliegende DCF Modell beruht dabei im Wesentlichen auf den Annahmen des von Piel (2014a) hergeleiteten DCF Modells. Abweichend dazu wurde die Integration der getätigten Verteilungsannahmen in die Modellanwendung allerdings nicht mit dem Excel-AddIn „Oracle Crystal Ball“ durchgeführt. Stattdessen wurden auf Grundlage der Identifikation exogener und endogener Projektrisiken Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die einzelnen risikobehafteten Eingangsparameter festgelegt. Anhand derer konnten anschließend die Bewertungen bezüglich des Einflusses der einzelnen Risikogrößen auf die ökonomischen Kennzahlen (APV, DSCR, ROI und ROE) vorgenommen werden. Die Identifikation der verschiedenen Eingangsparameter in einem Biogasanlagenprojekt erfolgte dabei anhand der vorliegenden Publikationen. Gleichzeitig werden im Zuge der Berechnung praxis- und bewertungsrelevante Finanzkennzahlen generiert, welche potenzielle Fremd- und Eigenkapitalgeber in ihren Investitionsentscheidungen unterstützen sollen.

Zusätzlich galt es, bei der Erstellung des EUS, die zunehmende Bedeutung der erneuerbaren Energien im Bereich der IS-Forschung angemessen zu berücksichtigen. Damit soll ferner dem Ansatz von Dedrick (2010) Rechnung getragen werden, der einen größeren Anteil der Green IS im Bereich der IS-Forschung vorsieht, um so dem zukünftig steigenden Transformationsdruck des Energieversorgungssystems gerecht zu werden. Um im Vorhinein ein umfassendes Verständnis für die der Arbeit zugrunde liegende Thematik der Biogaserzeugung und anschließenden Verstromung bzw. Einspeisung zu gewährleisten, wurde dafür zunächst die technische Funktionsweise einer BGA sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen der Biogaserzeugung in Deutschland umfangreich dargestellt. Des Weiteren konnten verschiedene Implikationen der

Projektfinanzierung und des Risikomanagements für ein Biogasanlagenprojekt hergeleitet und erläutert sowie anschließend im DCF Modell berücksichtigt werden. Letztlich wurden aus den ermittelten Ergebnissen Limitationen abgeleitet und diese diskutiert, aus denen sich wiederum weitere Handlungsfelder für zukünftige Forschungsvorhaben ergeben können.

Um die Möglichkeiten und die Funktionsweise des EUS exemplarisch darstellen und demonstrieren zu können, wurden zwei Fallstudien [(1) „BGA klassisch“ und (2) „BGA und Aufbereitung“] durchgeführt. Bei den dargestellten fiktiven Szenarien handelt es sich im ersten Fall um ein Biogasanlagenprojekt mit anschließender Stromerzeugung am Entstehungsort sowie im zweiten Fall um ein Biogasanlagenprojekt mit anschließender Aufbereitung des erzeugten Biogases und der Einspeisung ins Erdgasnetz.

Aus der abschließenden Analyse der ermittelten Ergebnisse lässt sich ableiten, dass eine Investitionsentscheidung in ein Biogasanlagenprojekt in beiden Szenarien, vor dem Hintergrund der zugrundeliegenden ökonomischen Bewertungskriterien, als positiv zu bewerten ist⁷⁷. Dabei gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass die generierten Ergebnisse auf den im Rahmen dieser Arbeit getätigten Projektannahmen beruhen, deren Ursprung wiederum auf einer durchgeführten Datenrecherche für die einzelnen Projektparameter basiert. Aus diesem Grund ist die Beantwortung der Forschungsfrage auch nur ausschließlich für die dargestellten fiktiven Szenarien möglich und nicht allgemein auf vergleichbare Biogasanlagenprojekte übertragbar bzw. anwendbar.

Ferner konnte festgestellt werden, dass es um den langfristigen Erfolg eines Biogasanlagenprojektes zu gewährleisten, der Implementierung eines tragfähigen Risikomanagementkonzepts bedarf. Insbesondere die Begrenzung des Beschaffungs- sowie des Ressourcen- bzw. Substratrisko stellt dabei die größte Herausforderung an das Risikomanagement eines Biogasanlagenprojektes dar. Aufgrund der volatilen Preisentwicklung für die benötigten Betriebsstoffe lässt sich auf das Preisrisiko jedoch nur schwierig Einfluss nehmen. Vor diesem Hintergrund erscheint auch die Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen für Biogasanlagenprojekte als sinnvoll, in dem alle risikobehafteten Eingangsparameter berücksichtigt und ihr Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Finanzierbarkeit des Projektes hinreichend bewertet werden können. Das im Rahmen dieser Arbeit hergeleitete DCF Modell bietet dafür einen ersten Ansatz. Allerdings bedarf es, um die Abbildung der Realität durch das Modell weiter zu

⁷⁷ Die ermittelten Ergebnisse für Szenario 2 sind dabei gesondert zu betrachten, da möglicherweise ein Fehler in der durchgeführten Berechnung vorliegt oder ein Projektparameter falsch bewertet wurde.

optimieren, einer Erweiterung des DCF Modells um zusätzliche Eingangsparameter, Risiken sowie um die Korrelation der Risiken.

Es bleibt somit abschließend festzuhalten, dass insbesondere die Stromerzeugung aus Biogas das verstärkte Potenzial bietet, als Ausgleichsenergie zu den fluktuierenden regenerativen Energieträgern Sonne und Wind aufzutreten und somit den eingeleiteten Transformationsprozess des Energieversorgungssystems in Deutschland weiter zu beschleunigen. Neben der Versorgungssicherheit eignen sich BGA vor allem dazu, die Netz- und Systemstabilität bei steigender Dynamik im Stromnetz zu gewährleisten.