

KURZFASSUNG

Die Handelspreise von ausgeschütteten Certified Emission Reductions (CER) innerhalb des Europäischen Emissionshandelssystems (EU-EHS) sind bekannt. Dagegen sind CER-Gestehungskosten im Rahmen des Clean Development Mechanism (CDM) nicht transparent. Ein Maß für die Kostenwirksamkeit einer Projektbeteiligung ist der zur Realisierung eines CDM-Projekts erforderliche minimale CER-Preis. Da CDM-Projekte in Entwicklungsländern umgesetzt werden, unterliegen diese vielfältigen Risiken, die bei der Berechnung der Preisuntergrenze zu berücksichtigen sind. Bisherige Studien fokussieren zumeist qualitative Risikobewertungen. Methoden zur Bestimmung des monetären Einflusses der Risiken auf die CDM-Gestehungskosten und CER-Preisuntergrenze liegen bislang nicht vor.

Die vorliegende Studie adressiert diese Forschungslücke und stellt ein Modell zur Bestimmung der Kostenwirksamkeit von CDM-Projektbeteiligungen unter Berücksichtigung der Risiken aus der Perspektive von EU-EHS Compliance-Investoren dar. Für jeden Projekttyp wird ein charakteristisches Objekt mit typischen Leistungsgrößen definiert und sein Einsatz in verschiedenen Ländern modelliert. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt für jedes Projektcluster bestehend aus Projekttyp und Gastgeberland. Zugehörige Treibhausgaseinsparungen werden berechnet und in die finanzielle Bewertung integriert. Als Ergebnis wird die CER-Preisuntergrenze als Maß für die Kostenwirksamkeit in Euro (EUR) pro CER bestimmt.

Die Risikobewertung erfolgt durch Erweiterung des Modells um einen Simulationsansatz, der Wirtschaftlichkeits- und CER-Mengen-Risiken berücksichtigt. Risikofaktoren werden durch Verteilungen auf die zugrunde liegende Datenbasis angepasst. Monte-Carlo-Simulationen führen zu Verteilungsfunktionen für risikoangepasste Preisuntergrenzen zu jedem Projektcluster. Die statistische Auswertung ermöglicht die Angabe eines monetären Risikoaufschlags.

Exemplarisch wird das Modell auf die Projekttypen Windenergie, Stromerzeugung aus Deponiegas sowie industrielle Abwärmegewinnung angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Risiken einen deutlich höheren Einfluss auf die Kostenwirksamkeit haben wie erwartet. Dieser spiegelt sich in Abhängigkeit der Projektcluster in einem bis zu dreistelligen EUR-Aufschlag wider.

Der wissenschaftliche Mehrwert der Studie liegt in der Integration quantitativer Risikobewertungen in die Kostenwirksamkeitsbestimmung. Über die statistische Auswertung von CER-Preisuntergrenzen auf Basis risikoangepasster Preisverteilungen lassen sich Projektcluster mit einer Preiserwartung unterhalb des Marktpreises identifizieren. Die Erkenntnisse tragen somit nicht nur zum CDM-Marktverständnis bei, sondern unterstützen unmittelbar die Definition einer CDM-Investitionsstrategie.

CONTENTS

- LIST OF FIGURES..... XV**
- LIST OF TABLESXVII**
- ABBREVIATIONS.....XVIII**
- 1 INTRODUCTION 1**
 - 1.1 Starting point and problem definition 1
 - 1.2 Target and approach..... 3
- 2 PHYSICAL AND LEGAL BACKGROUND..... 5**
 - 2.1 Greenhouse gases (GHGs) and their impact on the atmosphere 5
 - 2.1.1 Greenhouse gases..... 5
 - 2.1.2 Warming of the climate system 9
 - 2.2 From GHG emissions to the Kyoto protocol 10
 - 2.2.1 UNFCCC and the Kyoto protocol 10
 - 2.2.2 The Kyoto mechanisms..... 13
 - 2.2.2.1 Project based Kyoto mechanisms CDM and JI..... 13
 - 2.2.2.2 International Emissions Trading (IET) 17
 - 2.3 CDM project cycle and participation models..... 19
 - 2.3.1 CDM project cycle..... 19
 - 2.3.2 CDM participation models 25
 - 2.4 CDM for compliance within the EU-ETS..... 26
 - 2.4.1 EU-ETS and the linking directive..... 26
 - 2.4.2 CDM for EU-ETS compliance in the post-Kyoto period 30
 - 2.4.3 EU-ETS compliance investors' view at CDM cost..... 32
- 3 CDM COST EFFECTIVENESS 34**
 - 3.1 Definition..... 34
 - 3.2 Literature review..... 34
 - 3.3 CDM cost effectiveness framework 36
 - 3.4 Investment profitability analysis..... 38
 - 3.4.1 Comparison of dynamic investment calculation methods 38
 - 3.4.2 NPV calculation model 39

3.4.3	The concept of standardized CDM projects and assumptions on input data.....	40
3.4.3.1	Global level input parameters.....	41
3.4.3.2	Regional level input parameters.....	43
3.4.3.3	Alignment of financial data on uniform price level.....	46
3.5	Analysis of CER quantity.....	47
3.6	Cost effectiveness calculation and CER floor price.....	49
4	CDM COST EFFECTIVENESS TAKING ACCOUNT OF RISK.....	51
4.1	Definition of risk.....	51
4.2	Literature review.....	52
4.3	Monte-Carlo simulation (MCS).....	54
4.4	MCS based risk analysis for CDM cost effectiveness calculation.....	56
4.4.1	CER quantity risk analysis.....	58
4.4.1.1	Risk identification and classification.....	58
4.4.1.2	Risk quantification.....	63
4.4.1.3	CER quantity risk model setup.....	67
4.4.2	Investment profitability risk analysis.....	69
4.4.2.1	Risk identification and classification.....	69
4.4.2.2	Risk quantification.....	71
4.4.2.3	Investment profitability risk model setup.....	72
4.5	Integration of risk models into framework for CDM cost effectiveness calculation.....	73
5	MODEL RESULTS FOR SELECTED PROJECT TYPES.....	75
5.1	Selected CDM project types.....	75
5.1.1	Wind onshore.....	75
5.1.1.1	Introduction to project type.....	75
5.1.1.2	Project structure and CER quantity risks.....	76
5.1.2	Landfill Gas (LFG) power generation.....	80
5.1.2.1	Introduction to project type.....	80
5.1.2.2	Project structure and CER quantity risks.....	81
5.1.3	Waste heat recovery (WHR) from cement kiln for electricity generation.....	84
5.1.3.1	Introduction to project type.....	84
5.1.3.2	Project structure and CER quantity risks.....	86

5.2	CDM cost effectiveness without risk	89
5.2.1	Discussion of results	89
5.2.2	Exemplary analysis of impact from economies of scale.....	91
5.3	CDM cost effectiveness taking account of risk	94
5.3.1	Wind onshore.....	94
5.3.1.1	CER output distribution at the South Indian example	94
5.3.1.2	CER floor prices at the South Indian example	99
5.3.1.3	Risk influence on CDM cost effectiveness across focus countries.....	102
5.3.2	LFG power generation	105
5.3.2.1	CER quantity and price distributions at the Mexican example	105
5.3.2.2	Risk influence on CDM cost effectiveness across focus countries.....	107
5.3.3	WHR from cement kiln	110
5.3.3.1	CER quantity and price distributions at the East Chinese example	110
5.3.3.2	Risk influence on CDM cost effectiveness across focus countries.....	111
5.4	Discussion of model results.....	114
5.5	Critical reflection and validation of model results.....	119
6	MODEL LIMITATIONS.....	123
7	CONCLUSION AND OUTLOOK.....	127
	BIBLIOGRAPHY.....	I
	APPENDIX.....	XXV
	Appendix A: Maximum CER and ERU import limits into the EU-ETS.....	xxvi
	Appendix B: WACC for cost of capital calculation	xxvii
	Appendix C: Distribution functions applied for data fitting	xxviii
	Appendix D: Chi-square and Kolmogorov-Smirnoff test.....	xxxvi
	Appendix E: Framework for focus country selection	xxxviii
	Appendix F: Compound Annual Growth Rate (CAGR).....	xlvi
	Appendix G: Investment conditions for selected countries	xlvi
	Appendix H: Mapping of CDM and construction process	xlvii
	Appendix I: Focus countries and regional level parameters for wind.....	xlviii
	Appendix J: Input data sheets for wind onshore	liii
	Appendix K: Geographical distribution of Chinese electrical grids.....	lix

Appendix L: Geographical distribution of Indian electrical grids	lx
Appendix M: Geographical distribution of Chilean electrical grids	lxi
Appendix N: Focus countries and regional level parameters for LFG.....	lxii
Appendix O: Input data sheets for LFG power generation	lxvi
Appendix P: Focus countries and regional level parameters for WHR	lxxi
Appendix Q: Input data sheets for WHR from cement kiln	lxxiv
Appendix R: CDM cost effectiveness results	lxxxii
Appendix S: Absolute transfer payments for deterministic CDM cost effectiveness	lxxxiv
Appendix T: CER output and price distributions for wind	lxxxv
Appendix U: Input distributions for LFG power generation Mexico.....	xcviii
Appendix V: CER output and price distributions for LFG power generation	ci
Appendix W: Input distributions for WHR from cement kiln in East China	cxi
Appendix X: CER output and price distributions for WHR from cement kiln	cxiv