

Einfluss der Treibhausgasreduktion auf Projektinvestitionsregeln

Masterthese zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Business Administration (MBA)
an der Technischen Universität Wien, Continuing Education Center

eingereicht von

Dipl.-Ing. Philipp Drochter, BSc

01025616

BetreuerIn

Hon.-Prof. Mag.(FH) Gernot Kreiger, MBA, zPM

Eidesstattliche Erklärung

Ich, DIPL.-ING. PHILIPP DROCHTER, BSC,

erkläre hiermit,

1. dass ich meine Masterthese selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe,
2. dass ich meine Masterthese bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,
3. dass ich, falls die Arbeit mein Unternehmen betrifft, meine/n ArbeitgeberIn über Titel, Form und Inhalt der Masterthese unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.

Wien, 15.09.2020

Unterschrift

Danksagung

Eröffnend möchte ich einleitend Worte des Danks an meine Familie, Freunde und Weggefährten richten und diese Seite dafür widmen.

Ein Studium ist unter keinen Umständen ein einfaches Unterfangen, mehr noch, und in derartiger Unabhängigkeit des eingeschlagenen Studiums oder gar weiterführenden Vertiefungen in Interessen, bewundere ich all jene Personen, welche einerseits den Mut und andererseits die dafür notwendige Kraft aufopfern und in sich selbst glaubend diesen Weg berufsbegleitend beschreiten. Derartige Kraftakte, selbst neben seinem Beruf sich weiterentwickeln zu wollen, in sich zu investieren, sind in meinen Augen äußerst zu bewundern. Diese Gedanken hatten und haben mich stets begleitet. Am heutige Tage hege ich umso mehr Begeisterung und Respekt für diesen-Weg-Einschlagende. Aus diesem Grunde möchte ich mich einleitend bei all jenen bedanken, welche diesen Weg in beeindruckender Weise auf sich genommen haben und mir damit die Idee und Motivation initiiierend mitgegeben haben, es ihnen gleich zu tun.

Unabdingliche Hingabe und Motivation sind kräftezehrend, auch, und um grundtief ehrlich zu sein, würde man einer unglaublich wirkenden Äußerung entgegenstehen, behauptete man ein solch durchzuführendes Unterfangen ziehe ohne einschneidende Wirkungen an einem persönlich, aber auch an jenen Menschen vorbei, die im direkten Umfeld bereichern. Erholung und ruhende Momente nehmen eine noch bedeutsamere Rolle ein. Die mit dem Studium einhergehenden und nicht von der Hand zu weisenden Hemmungen im Leben fordern, sodass ein besonderer Dank an all jene zu richten sei, welche mit Verständnis und selbstopfernden Wohlwollen den Glauben in das eigene Tun unterstützen bis das Ziel erreicht ist.

Im Leben, ob im privaten oder im beruflichen Sinne, weiter als davor gewesen zu sein, ein Ziel im Auge zu haben und den eigenen Horizont zu erweitern – es gibt wohl vielfältigste Motivatoren den ersten Schritt zu gehen. Obwohl deren Notwendigkeit in unbestrittener Weise den Grundstein für das daraus resultierende Handeln darstellt, sind es doch die Gefährten und Gefährtinnen, die den Weg zum Ziel maßgebend prägen. Der Weg mag noch so steinig sein, ist er doch angenehmer, insofern man in guter Gesellschaft ist – in diesem Sinne – bedanke ich mich für die konstruktiv und inspirierend geprägte Zeit bei meinen Weggefährten und Weggefährtinnen des MBA Studiums¹.

Zu guter Letzt, der Weg wurde begangen, der Abschluss als ein weiteres Lebensabschnittsziel erreicht. Die an mich übergebene Chance Wissen anzueignen, und daraus praktischen Nutzen zu ziehen, lässt mich mit Erleichterung und Vorfriede auf weitere spannende Herausforderungen des Lebens blicken – ein großartiges Gefühl.

Ich wünsche allen Lesern und Leserinnen viel Freude und Interesse mit meiner Master Thesis!

¹ Stefanie Danzinger, Patrick Geisler, Christoph Leiter, Daniel Penasa, Andreas Pieber, Manuel Plainer, Christoph Schaffer, Gerald Schneikart, Bernhard Seda und Alexandru Sipica.

Kurzfassung

Die Industrialisierung hat der Menschheit bedeutsame Errungenschaften und enormen Wohlstand, verglichen mit früheren Epochen, gebracht. Stetige Innovationen und Weiterentwicklungen brachten nicht nur neue Möglichkeiten, sondern auch die langfristig im Verborgenen gebliebene künstlich beschleunigte Klimaveränderung. Hauptverantwortlich sind Produktion, Konsum und im Generellen der Ausstoß von sogenannten Treibhausgasen. Unter einem Treibhausgas werden flüchtige Gase verstanden, welche in der Erdatmosphäre verweilen, beispielweise das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid, mit der chemischen Bezeichnung CO_2 . Kohlenstoffdioxid entsteht beispielweise bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern. Dazu zählen Kohle oder die aus Erdöl raffinierten Treibstoffe Benzin und Diesel. Nichtsdestotrotz gibt es unterschiedlichste CO_2 -Quellen und Sektoren in einer Volkswirtschaft – darunter ist der Industriesektor einer der führenden CO_2 -Emittenten.

Investitionen und Projekte sind als wichtige wirtschaftliche Funktion notwendig und haben im Generellen das Ziel, den Unternehmenswert zu steigern. Zu evaluieren, ob und inwieweit eine Investition und Projekt den Unternehmenswert steigert, ist Entwicklungsaufgabe. Hierfür stehen unterschiedlichste Investitionsbewertungsinstrumente in der Literatur zur Verfügung. Beispielweise der *Net Present Value* (NPV) oder der *Internal Rate of Return* (IRR), neben einigen anderen Methoden gelten diese beide als weitverbreitet.

Der Einfluss von Treibhausgasen auf den Klimawandel lässt sich nach objektiver Betrachtung nicht leugnen. Neue Investitionen, insbesondere im Energie- und Industriebauwesen, stehen besonders im Fokus hinsichtlich der anzustrebenden Treibhausgasreduktion eines Unternehmens oder gar Volkswirtschaft. Abgesehen von ökologischen Faktoren, stehen finanzielle oder ruftbedingte Risiken in Verbindung mit dem Klimawandel und sollten aus diesem Grund von dem investierenden Unternehmen nicht vernachlässigt werden.

Die in der Literatur üblichen und in der Praxis im Einsatz stehenden Investitionsbewertungsinstrumente bieten keine Möglichkeit der Einbeziehung von Treibhausgasemissionseinflüssen in ihrer mathematischen Standardformulierung. Eine Berücksichtigung dessen Einflusses und des nicht zu vernachlässigenden Risikos ist innerhalb der Standardformulierung nur möglich, indem der Effekt der Treibhausgase in die Kapitalflüsse (Cash Flows) eingearbeitet werden, eine implizite Darstellung sozusagen. Dies hat den wesentlichen Kompromiss, dass die CO_2 -Korrektur nicht offensichtlich dargestellt ist – eine explizit dargestellte CO_2 -korrigierte finanzielle Kennzahl, aufbauend auf den gängigen Investitionsbewertungsinstrumenten, würde hier Abhilfe bieten. Einerseits deswegen, weil die grundlegende mathematische Formulierung vorhanden ist. Andererseits, die Akzeptanz der Investitionsbewertungsinstrumente ist weitgehend vorhanden. Aus dieser Motivation heraus, wird in dieser Arbeit die Kohlenstoff berücksichtigende Kennzahl *Carbon Dependence of Investment* (CDI) mit der weit verbreiteten *Net Present Value* (NPV) Methode mathematisch kombiniert, um den sogenannten CO_2 -korrigierten NPV zu berechnen. Darüber hinaus wird gezeigt, inwieweit Treibhausgasemissionszertifikate in unvorhergesehene Kosten resultieren können, auch dieser Gedankenansatz ist in der CO_2 -korrigierten monetären Kennzahl enthalten.

Abstract

The industrialization offered significant opportunities and due to continuous innovation and enhancements, the level of prosperity increased tremendously during the last century. This acceleration effected over decades invisibly the global atmosphere and led to climate changes and temperature rises. Mostly responsibly for that issue is the combustion of carboniferous substances, like coal or liquid fuels (petrol, diesel, etc.). However, many different sectors are responsible for the accelerated climatic effect; the industry sector is not alone accountable, but for sure, it is one of the main CO₂ emitters in today's society.

Investments as well as the resulting projects creating additional value for a company. They are essential in case of inevitable alignments of business activities or changes. As a consequence of their importance, a vital activity is the analysis in terms of economic viability beside of other approaches. Diverse investment tools are available and well known in specific literature; the net present value (NPV) as well as the internal rate of return (IRR) methods exemplifies that approach.

Consider this objectively, the greenhouse emission influences the climate change drastically and accelerating the effects of heavy weather events more and more. Therefore, reducing greenhouse gases should be under interest of any investments and projects, especially in the energy and industrial sector. Otherwise, threatening incidents affecting ecologically and economically on business environments besides other fundamentals like image of a company. Thus, the motivation of considering the impact on environment regarding greenhouse emission reduction must be an additional key driver of project evaluation.

The mitigation of greenhouse emission is obviously not under consideration in the traditional investment techniques and their tools, like the NPV method. There is still no doubt that the greenhouse gas emissions are threatening our environment sustainably with the climate change consequences. As a result of that, uncertainties with steadily rising probabilities must be taken under consideration by investing activities. The standard model of the popular NPV method has no opportunity to elaborate greenhouse emissions effects explicitly into the investment assessment. Consequently, greenhouse effects could be elaborated indirectly into the investment assessment by considering greenhouse emissions costs within the cash flows. The negative aspect of that, is the unobvious reporting of CO₂ effects on investment. An explicit method of reporting CO₂ effects of investment would be advantageously to support the approach of global climate mitigation. Therefore, this master thesis is scoping on the elaboration of a CO₂ corrected investment indicator for a sustainable investment assessment. Another key driver for such an indicator is the increasing level of cost impact of CO₂ on investments. To depict this approach, the indicator Carbon Dependence of Investment (CDI) is combined with the standard NPV, the result is the CO₂-corrected NPV. One effect of that new indicator could be, that climate friendly investments, like solar or wind power plants, are preferably in terms of investment compared to climate unfriendly techniques of energy production.

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	IX
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Energiebedarf und Dekarbonisierung	4
1.2 Strategie von Energieunternehmen.....	8
1.3 CO ₂ -Kosten bei der Investitionsentscheidung	12
1.4 Ziel und Umfang der Master Thesis	15
2 Investitionsregeln und Risikobewertung	17
2.1 Projektinvestitionsregeln	20
2.2 Projekt-Risikobewertung	32
3 Einfluss der Treibhausgasreduktion	50
3.1 Treibhausgasbewertungsinstrumente	54
3.2 Der CO ₂ korrigierte NPV	56
4 Schlussworte und Ausblick	64
A. Referenzen.....	i
B. HSE CBA Beispiel	iii
C. Ölpreise WTI & BRENT	v

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: THG-Emissionen 1990-2020.....	1
Abbildung 2: THG-Emissionen 2018 in Österreich.....	2
Abbildung 3: Energie- und Treibhausgastrend.....	4
Abbildung 4: Globale Energieprognosen.	5
Abbildung 5: Energiequellenprognose.	6
Abbildung 6: Darstellung der Wertschöpfungskette der OMV AG.....	9
Abbildung 7: Erweiterte Wertschöpfungskette der OMV AG.....	10
Abbildung 8: Preisverlauf der EU ETS.....	13
Abbildung 9: Untersuchungsergebnis der Verteilung der Verwendeten Methoden.	17
Abbildung 10: Investitionsmöglichkeiten Projekte A, B und C.....	23
Abbildung 11: NPV nach CO2 Preis der Projekte A, B und C.....	24
Abbildung 12: Stochastischer Weg nach Brownscher Bewegung.	27
Abbildung 13: Mean-Reverting Bewegung.	28
Abbildung 14: Methodische Vorgehensweise nach <i>Yang and Blyth</i>	29
Abbildung 15: Modellstruktur Real Options.	30
Abbildung 16: Zerstörtes Chemiewerk nach der Katastrophe von Flixborough 1974.....	33
Abbildung 17: ALARP Prinzip nach HSE UK.....	34
Abbildung 18: Typische HAZOP Risikobewertungsmatrix.....	35
Abbildung 19: Klimabezogene Risiken für Unternehmen.	38
Abbildung 20: Projektphasenmodell von komplexen Projekten.	39
Abbildung 21: Vorgestelltes Rahmenwerk für Risikomanagement für Großprojekte.	41
Abbildung 22: Konzeptdiagramm für Kostenüberschreitungen.....	44
Abbildung 23: Risiko-Matrix.....	47
Abbildung 24: Kosten- Nutzen (CBA) von Treibhausgasreduktion.....	52
Abbildung 25: Klimabezogene Chancen für Unternehmen.	53
Abbildung 26: CO2-Korrigierter NPV in Abhängigkeit vom Energiepreis.	60
Abbildung 27: CO2-Korrigierter NPV in Abhängigkeit vom Energiepreis (Detail).	61
Abbildung 28: CO2-Korrigierter NPV in Abhängigkeit vom CO ₂ -Preis.....	62
Abbildung 29: Abhängigkeit vom Energiepreis – Einfluss der Kapitalkostenrate.	63
Abbildung 30: Abhängigkeit vom CO ₂ -Preis – Einfluss der Kapitalkostenrate.	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionszertifikate in Österreich	12
Tabelle 2: Investitionsmöglichkeiten Projekte A, B und C.....	22
Tabelle 3: Typische Projektaktivitäten und Risiken.	40
Tabelle 4: Einfache Risikoevaluierung.....	48

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Masterarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Nomenklatur

Lateinische Buchstaben

Zeichen	Bedeutung	SI-Einheit
a	Emissionspreis	
b	Spezifischer Preis pro Einheit Rohstoff	
C	Kosten	
d	Dauer	
E	Emission	
e	Emissionen	
F	Frequenz	
f	Faktor	
g	Emissionsproduktionsfunktion	
GW	Giga-Watt / Leistung	10 ⁹ W
h	Produktionsfunktion	
I	Investition	
n	Nummer / Anzahl	
p	Spezifischer Preis pro Einheit	
P	Preis / Kosten	
q	Quantität / Produktion	
r	Diskontrate	%
T	Zeitraum	-
t	Periode	-
x	Laufvariable	

Abkürzungen

AG	Aktiengesellschaft
ALAP	As Low As Practicable
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
BAT	Best Available Technology
BATNEEC	Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs.
Boe	Barrels of oil equivalent
C	Kohlenstoff (chemisches Zeichen)
CAPEX	Capital Expenditure
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CATNIP	Cheapest Available Technology Not Invoking Prosecution
CBA	Cost Benefit Analysis
CDI	Carbon Dependence of Investment
CF	Cash Flow
CO ₂	Kohlenstoffdioxid (chemisches Zeichen)
CSRA	Cost & Schedule Risk Analysis
DCF	Discounted Cash Flow
DF	Disproportion factor
DPP	Discounted Payback Period
EH	Emissionshandel
EIA	Energy Information Administration
EPC	Engineering, Procurement & Construction
EPCM	Engineering, Procurement & Construction – Management
ERM	Enterprise Risk Management
EU	Europäische Union
EU ETS	European Union Emissions Trading System

EZG	Emissionszertifikatgesetz
FEED	Front End Engineering Design
GRI	Global Reporting Initiative
GW	Gigawatt
HSE	Health and Safety Executive
HSSE	Health, Safety, Security & Environment
IEA	International Energy Agency
IRR	Internal Rate of Return
LCA	Life Cycle Analysis
LKW	Lastkraftwagen
Mio	Millionen
N ₂ O	Dioxydstickstoff (chemisches Zeichen)
NaDiVeG	Nachhaltigkeits- und Diversitätsverbesserungsgesetz
NFI	Non Financial Information
NH ₄	Methan (chemisches Zeichen)
NIM	National Implementation Measures
NPV	Net Present Value
O	Sauerstoff (chemisches Zeichen)
OPEX	Operational Expenditure
PDCA	Plan Do Check Act
PRINCE	Projects in Controlled Environments
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
PV	Present Value
RA	Risk Assessment
ROA	Real Option Approach/Analysis
SFAIRP	In So Far As Is Reasonably Practicable
SSF	Swiss Sustainable Finance
TFCD	Task Force on Climate-related Disclosures
THG	Treibhausgas
UK	United Kingdom
WACC	Weighted Average Cost of Capital

Indizes

0	Null / Startpunkt
Äqu	Äquivalent
c	Combustion (Verbrennung)
CO ₂	Kohlenstoffdioxid / Treibhausgas
i	Laufparameter
Korr	Korrektur
t	Periode

Executive Summary

Investitionen und Projekte bilden einen wesentlichen Mechanismus innerhalb eines Unternehmens, um Mehrwert und Nachhaltigkeit für den langfristigen Unternehmenserfolg zu sichern. Analysen und Investitionsuntersuchungen erweisen sich als unerlässlich, wenn die Werthaltigkeit einer geplanten Investition zu ermitteln ist. Ergebnisse solcher Analysen werden mit quantifizierten Kennzahlen dem Management präsentiert, um die Entscheidung für oder gegen die geplante Investition zu treffen. Gängige Investitionsbewertungsinstrumente in ihrer Standardformulierung beinhalten keine explizite Darstellung von den immer wahrscheinlich werdenden Risiken, Wahrscheinlichkeiten sowie Kosten, begründet durch die stetig beschleunigenden Klimawandelauswirkungen begründet durch den Ausstoß von Treibhausgasen.

Einerseits sind Investitionen und Projekte hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit für das Unternehmen zu untersuchen und zu bewerten. Andererseits stellen die mit dem Klimawandel einhergehenden Herausforderungen der Treibhausgasemissionsreduktion, neue und langfristig vernachlässigte Anforderungen an die Investitionsanalysen. Zu wissen, inwiefern die geplante Investition und Projekt auf die wirtschaftlichen Kennzahlen Auswirkung hat, reicht nicht mehr aus sofern das Klimaziel von Paris erreicht werden soll. Es muss neben den wirtschaftlichen Kennzahlen auch eine klimarelevante Kennzahl geben, um die Vergleichbarkeit im Portfolio zu ermöglichen. Bereits im Einsatz stehende klimawirtschaftliche Kennzahlen geben beispielweise die emittierten Treibhausgase pro produzierter Einheit an, oder ähnlich. Die Frage stellt sich, kann eine gängige Investitionsbewertungskennzahl oder Methode modifiziert werden, sodass eine klimarelevante Kennzahl auf monetärer Basis ermittelt und für Investitionsentscheidungen auf Portfolioebene herangezogen werden kann?

Um diese Frage zu beantworten, wird in dieser Arbeit ein grober Überblick über die in der Praxis im Einsatz stehenden Analyse- und Investitionsinstrumente gegeben und untersucht, inwiefern diese für eine Modifikation verwendet werden könnten. Ziel soll es sein, eine CO₂-korigierte Kennzahl zu ermitteln, welche im Portfolio als Entscheidungsgrundlage aufscheint. Im Allgemeinen soll hier die Energiebranche, näher, die Öl- und Gasindustrie als wichtige Kernbranche als Grundansatzpunkt dienen, um auch hier für die langfristigen Herausforderungen des Klimawandels eine Antwort zu bieten.

Nach Untersuchung der in der Praxis im Einsatz stehenden Investitionsbewertungsinstrumente, erscheint eine Modifikation der äußerst populären *Net Present Value* (NPV) Methode sinnvoll. Einerseits wegen der hohen Akzeptanz und des weit verbreiteten Einsatzes, andererseits wegen der einfachen mathematischen Standardformulierung und Möglichkeit zur Modifikation. Nach einer Literaturrecherche steht der NPV-Wert in vielerlei Hinsicht als Basiskennzahl in variierter Form für die monetäre Bewertung eines Projektes. Um die Modifikation, also die Erstellung eines CO₂-korigierten NPV-Wertes zu ermöglichen, fiel die Entscheidung die Kennzahl *Carbon Dependence of Investment* (CDI) in die mathematische Standardformulierung des NPVs einzubetten. Das Ergebnis ist eine neue, CO₂-korigierte NPV-Kennzahl die analog zum Standard NPV im Portfolio gezeigt werden könnte. Der Unterschied ist klar ersichtlich, Projekte mit positiven CO₂-Auswirkungen werden monetär vorteilhafter als Projekte mit negativen CO₂-Auswirkungen korrigiert. Ausschlaggebend ist die berechnete Summe von CO₂-Emissionen des Projektes.

1 Einleitung und Motivation

Unsere Gesellschaft hat zweifelsfrei den heutigen Wohlstand dem im vergangenen Jahrhundert eingeleiteten Industriezeitalter zu verdanken. Maschinen unterstützten Fertigungs- und Produktionsprozesse und dessen Innovatoren sind auch heute noch maßgeblich in unserer Denkweise verankert. Als Repräsentanten dieser Zeit werden immer wieder Henry Ford (Massenproduktion) oder Frederick Winslow Taylor (Taylorismus) neben vielen anderen Revolutionären genannt. Die Einführung von Elektronik und die später folgende Globalisierung ist mit dem heutigen Industriestandard „Industrie 4.0“ mit anhaltendem Innovationsgeist verbunden. Neben dem industriellen und gesellschaftlichen Aufschwung wurde lange Zeit die damit einhergehende Umweltverschmutzung, beispielweise durch Ausstoß von Schadstoffen aus Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotoren, nicht oder bestenfalls geringfügig berücksichtigt – ob aus Vernachlässigung oder Unkenntnis sei an dieser Stelle nicht relevant. Tatsache ist, dass der über lange Zeit hinweg unkontrollierte Ausstoß von Schadstoffen (Rußpartikel, Feinstäube, Treibhausgase, etc.) mit der unnatürlich hohen Temperaturerhöhung in den vergangenen Jahrzehnten augenscheinlich in Verbindung steht und nach wie vor weiter angekurbelt wird. Dem zugrunde wurden in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder Schritte für den Klimaschutz von den Vereinten Nationen eingeleitet. Ein wichtiger nennenswerter Vertreter ist das im Jahr 1997 in Kyoto beschlossene Zusatzprotokoll der Vereinten Nationen mit dem Ziel des Klimaschutzes (auch bekannt als Kyoto-Protokoll). Die darin enthaltenen und beschlossene Ziele wurden jedoch nicht gehalten sodass im Jahr 2015 das Pariser Klimaabkommen von 197 Nationen unterzeichnet wurde.

Fundamentelle Idee der Klimaabkommen ist die Reduktion von sogenannten Treibhausgasen. Der wohl prominenteste Vertreter der Treibhausgase ist Kohlenstoffdioxid mit der chemischen Formel „CO₂“. Neben dem CO₂ sind viele weitere Treibhausgase für den unnatürlich schnellen Klimawandel mitverantwortlich, mitunter können Methan (CH₄) oder Distickstoffoxid (N₂O, auch als Lachgas bekannt) genannt werden². Es ist nachweislich bekannt, dass die Konzentration von Treibhausgasen (THG) in der Atmosphäre im vergangenen Jahrhundert unnatürlich gestiegen ist. Um die THG zu bewerten, wird ein sogenannter CO₂-Äquivalent Faktor (CO₂Ä_{qu}) berechnet. In diesem Faktor sind sämtliche THG enthalten. In Abbildung 1 zeigt die rote Linie die THG-Emission mit dem CO₂Ä_{qu}-Faktor von Österreich sowie das angestrebte Ziel. Die blauen Linien zeigen die THG-Emission nach Klimaschutzgesetz (KSG) und ohne Emissionshandel (EH) (siehe auch österreichisches Umweltbundesamt, 2020).

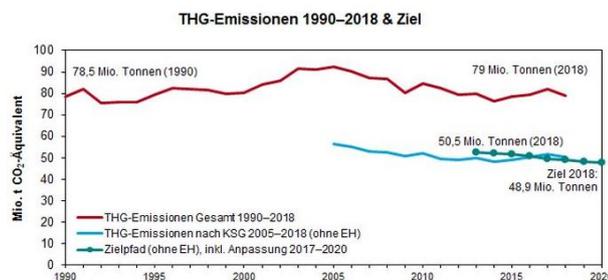


Abbildung 1: THG-Emissionen 1990-2020.

Quelle: Österreichisches Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.at, 2020.

² Es wird auf die einschlägige Literatur für weitere Informationen verwiesen; beispielweise können Informationen unter <https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/treibhausgase/> abgerufen werden.

Die Energiewirtschaft und Industrie in Österreich ist nach Angabe des österreichischen Umweltbundesamtes mit 36% (Energie- und Industrie – EH), dies entspricht in etwa 28,44 Millionen Tonnen THG, einer der Hauptverursacher von THG-Emissionen im Jahr 2018 gewesen. Die Abbildung 2 zeigt die Anteile nach den Sektoren in Österreich aus dem Jahr 2018.

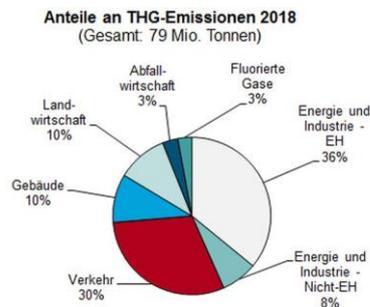


Abbildung 2: THG-Emissionen 2018 in Österreich.
Quelle: Österreichisches Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.at, 2020.

Anhand dieser Daten lässt sich qualitativ ableiten, dass neben den natürlichen Phänomenen, welche Treibhausgase in enormen Mengen ausstoßen können, beispielweise ein Vulkanausbruch, ein erheblicher Anteil der THG-Emissionen auf Verbrennung von Rohstoffen, wie zum Beispiel raffinierte Brennstoffe wie Benzin, ein von Menschen gesteuerter maßgebender Faktor im Klimawandel ist. Der stetig wachsende Energiebedarf wirkt hier steigend auf die THG-Emissionen. Nichtsdestotrotz darf trotz steigendem Energiebedarf der Klimawandel und damit die THG-Emissionen nicht außer Acht gelassen werden.

In dem genannten Beispiel, der Benzinverbrennung in einem Ottomotor eines Kraftfahrzeugs, läuft für zur Energiegewinnung eine chemische Reaktion (Verbrennung) statt. Die Verbrennung und die damit einhergehende Druckerhöhung im Kolben, wird durch Pleuel und Getriebe in mechanische Energie über die Reifen auf die Straße gebracht – das Kraftfahrzeug bewegt sich. Allein dieser einfach wirkende Prozess hat der Menschheit seit deren Erfindung zu enormem Wohlstand geführt. Der damit verbundene Transport durch LKWs ermöglicht es, Waren schnell vom Produzenten zum Kunden zu bringen. Abgesehen davon soll der weitere Fokus am Energie- und Industriesektor liegen. Hier, als einer der wichtigsten und bekanntesten Vertreter, ist die Stromerzeugung durch kalorische Kraftwerke zu nennen. Unter kalorische Kraftwerke fallen mitunter Kohlekraftwerke. Neben den Kohlefeuerungen, sind aber auch alle aus Rohöl gewonnen Energieträger ein wichtiger Faktor. Aus Rohöl werden mitunter Benzin, Diesel, Heizöl, Kerosin und dergleichen gewonnen (raffiniert). All diese Produkte bestehen Großteils aus Kohlenstoff (chemische Formel: „C“) oder Kohlenwasserstoffverbindungen³.

Doch wie entsteht das Treibhausgas CO₂? Im klassischen Verbrennungsprozess, welcher in der Regel zur Energieumwandlung dient, beispielweise, um eine Turbine mit Dampf in Rotation zu versetzen und über den mittels einer Welle verbundenen Generator Stromerzeugung zu betreiben, findet die chemische Reaktion statt, welcher das vermeidlich für unser Klima schädliche Produkt CO₂ als Ergebnis hat. Grundlegend und ohne auf die chemische Reaktion im Detail einzugehen, wird der im Energieträger⁴ enthaltene Kohlenstoff „C“ mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff „O“ verbunden – dadurch wird Energie freigesetzt. Der Sauerstoff wird

³ Rohöl ist ein Gemisch aus unzähligen Stoffen, abhängig von Förderungsort.

⁴ Kohle, Benzin, Diesel, Kerosin, etc.

über eine Luftzufuhr in die Brennkammer geleitet in welchem die kohlenstoffhaltigen Energieträger verfeuert werden.

Feststellend, unser Wohlstand basiert mit hohem Anteil auf der Industrialisierung. Die Industrie nutzt Anlagen und Prozesse unterschiedlichster Art, um ein immer breiter werdendes Spektrum an Produkten anbieten zu können und ist somit durchaus für das Voranschreiten des Klimawandels in hohen Maßen mitverantwortlich. Bevor auf die ausdrückliche Sparte *Öl- und Gasindustrie* näher eingegangen wird, sei im Allgemein vermittelt, dass unabhängig des Industriezweiges oder Produktion, Investitionen und Finanzierungen von Industrieanlagen getätigt werden – dies wird in der Regel über Projekte durchgeführt. Doch wie kommt es zu einer Investitionsentscheidung oder zu einer Entscheidung ob ein Projekt durchgeführt werden soll oder nicht? Hier sind gängige Methoden zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit in Verwendung, man könnte durchaus von Regeln (engl. *Rules*) gesprochen werden. Ohne im Detail an dieser Stelle auf gängige Investitionsregeln einzugehen, sei allgemein gehalten erwähnt, dass jene Regeln auf wirtschaftliche Faktoren gestützt sind. Auf Basis dieser Erkenntnis, stellt sich die Frage, inwieweit in Investitionsregeln Faktoren für den Klimaschutz bereits berücksichtigt sind oder werden können?

Um ein Beispiel zu nennen, denkt man an eine geplante Investition einer Industrieanlage⁵, so werden die zu investierenden Kosten mit den mit der Industrieanlage erwarteten zu erwirtschaftenden Umsätzen und Gewinne gegenübergestellt. Dieser Prozess ist stets mit Annahmen, Unsicherheiten und Risiken verbunden. Geht man der Annahme, dass unter Einbeziehung aller Risiken und restlichen Einflussfaktoren, mit der Industrieanlage ein Gewinn zu erwirtschaften ist, so wird die Investitionsentscheidung getroffen, anderenfalls nicht. Doch sollten neben den Gewinnen nicht auch Umweltaspekte in Betracht gezogen werden? Wäre es nicht sinnhaft, um die in Kyoto oder Paris gesetzten Ziele zu erreichen, eine solche Industrieanlage auch mit klimaberücksichtigenden Investitionsregel zu bewerten? Jedenfalls sind Unternehmen nach Nonfinancial Information (NFI)-Richtlinie der Europäischen Union (Richtlinie 2014/95/EU) und das in Österreich daraus folgende Nachhaltigkeits- und Diversitätsverbesserungsgesetzes (NaDiVeG) dazu verpflichtet, einen nicht-finanziellen Bericht zu veröffentlichen. In diesem zu veröffentlichenden Bericht (Nachhaltigkeitsbericht) sind auch Umweltbelangen vorgeschrieben. Der Umweltgedanke muss somit in Strategie und Handeln eines Unternehmens enthalten sein⁶. Um darauf Bezug zu nehmen, wird im Folgenden eines der größten in Österreich sowie weltweit tätigen Unternehmen, die OMV AG, als Vertreter der in dieser Arbeit betrachteten Öl- und Gasindustrie herangezogen.

Wie bereits erwähnt, werden vom österreichischen Umweltbundesamt die CO₂_{Aqu} Werte mit und ohne Emissionshandel angegeben. Was hier darunter verstanden wird und um Einblick zu erlangen, wird untersucht wie CO₂-Preise in Investitionen und Entscheidungen Einfluss haben können, oder wie CO₂ in monetären Mitteln innerhalb von Berechnungsmethoden bewertet werden können.

Motiviert durch diese in aller Kürze erläuternden Fragestellungen, soll in Folge dieser Arbeit ein Überblick über die aktuellen Entwicklungen und Vorgehensweisen von Politik, Unternehmen und Inhalte aus zeitgerechter Literatur und Entwicklung gegeben werden.

⁵ Zum Beispiel ein Kohlekraftwerk oder eine Raffinerie(anlage).

⁶ Sofern diese unter das NaDiVeG fallen.

1.1 Energiebedarf und Dekarbonisierung

Durch die stetig anwachsende Weltbevölkerung steigt der Energiebedarf. Um den Energiebedarf klimafreundlich decken zu können, müssen innovative Energielösungen entwickelt und angewandt werden. Neben der wachsenden Bevölkerung wirkt auch die weiterwachsende Industrialisierung beschleunigend auf die Prognosen von Energie-Agenturen wie die International Energy Agency (IEA) oder der U.S. Energy Information Administration (EIA). In Abhängigkeit von unterschiedlichsten Faktoren werden Szenarien des Energiebedarfs und deren Energiequellen präsentiert, der wohl wichtigste und entscheidendste Abhängigkeitsfaktor bildet die Politik. In Abhängigkeit von der Gesetzgebung und damit einhergehende Prozesse, wie Innovationsförderungen, können die im Pariser Klimaabkommen festgehaltene Ziele erreicht oder im schlechtesten Falle verfehlt werden. Dieses Kapitel soll einen kurzen Überblick über die Prognosen geben damit eine qualitative Tendenz für zukünftige Investitionen und Projektierungen angenommen werden kann.

Gemäß dem von der IEA im Jahr 2019 veröffentlichten Bericht, wird der Energiebedarf durch die steigende Weltbevölkerung in den kommenden Jahrzehnten weiterwachsen. Mitunter liegt ein spezieller Fokus auf dem noch vergleichsweise teils rückläufigen Kontinent Afrika. Neben Indien wird am Kontinent Afrika der wohl stärkste Bevölkerungsanstieg, und damit Bedarf an Energie und Energiequellen, bis zum Prognosezeitraum 2040 erwartet. Afrikas Bevölkerung soll von 1,29 Milliarden Menschen im Jahr 2018 um 0,81 Milliarden Menschen bis zum Jahr 2040 wachsen, das entspricht einem Wachstum von 62% bei einem Zeitraum von zwei Jahrzehnten. Aber auch Indien steht mit einem prognostizierten Wachstum um rund 0,24 Milliarden Menschen bis zum Jahr 2040 vor einer riesigen Herausforderung. Neben dem Wachstum dieser beiden Regionen, darf nicht vernachlässigt werden, dass eine geschätzte Anzahl von 850 Millionen Menschen über den Globus verteilt, keinen Zugang zu elektrischen Energie besitzen (IEA, 2019).

Der steigende Energiebedarf steht im ersten Gedankengang einer Dekarbonisierung im Wege. Abhängig von der benötigten Energieform⁷, können unterschiedlichste Abhilfen zu Erreichung der Ziele dienen. Die von BP p.l.c. im BP Energy Outlook 2019 Bericht veröffentlichte qualitative Veranschaulichung des steigenden Energiebedarfs bei gleichzeitiger Senkung der Treibhausgasemissionen ist in Abbildung 3 ersichtlich. Wie in der Darstellung gezeigt, geht BP mit dem Startjahr 2017 langfristig von einem Primärenergieanstieg sowie einer gleichzeitigen Reduktion von CO₂ aus, eine Schwankungsbreite wird farblich hervorgehoben. Trotz Szenarien, geht ein BP davon aus, dass es zu einem Energieumbruch kommen wird (BP, 2019).

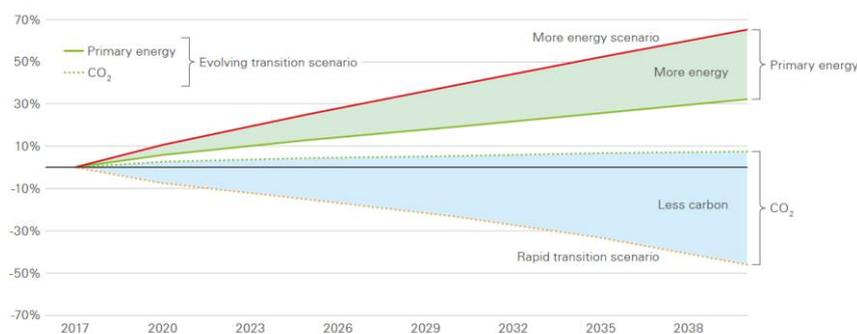


Abbildung 3: Energie- und Treibhausgastrend.

Quelle: BP, BP Energy Outlook 2019: „The global energy systems faces a dual challenge: the need for ‘more energy and less carbon’“.

⁷ Zum Beispiel Wärme oder Strom.

Wie so ein Energieumbruch, ein Umdenken in der Energiegewinnung, aussehen kann, ist mitunter Ziel der Untersuchungen der IEA. Die IEA prognostizierte in ihrem Energiebericht 2019 unterschiedliche Szenarien, darunter auch einen jährlichen Anstieg von 1,3% (*Current Policies Scenario*) bis zum Jahr 2040 sofern es keine politischen Einschnitte gäbe. Im Vergleich dazu, stieg der Energiebedarf im Jahr 2018 um bemerkenswerte 2,3% einhergehend mit einem erneuten Emissionsrekord – es müssen substanzielle Änderungen und politische Entscheidungen für ein Umdenken geschehen um die gesetzten Klimaziele im Pariser Klimaabkommen zu erreichen (IEA, 2019).

Zusammengefasst sind die von der IEA zentralsten prognostizierten Szenarien das

- *Current Policies Scenario*, das
- *Stated Policies Scenario* und das
- *Sustainable Development Scenario*.

Neben dem bereits vorgestellten *Current Policies Scenario* fließt im *Stated Policies Scenario* die Berücksichtigung der bestehenden Maßnahmen und Ziele sowie die Auswirkungen der Weichenstellung der Politiker und Politikerinnen ein. Zudem wird angenommen, dass der Energiebedarf einer jährlichen Erhöhung von 1% bis zum Jahr 2040 unterliegt und das CO₂-arme Energiequellen mehr als die Hälfte des erwarteten zusätzlichen Energiebedarfs decken. Im *Stated Policies Scenario* verlangsamt sich zwar die Emission, jedoch werden die gesetzten Ziele nicht erreicht. Das ebenfalls seitens der IEA präsentierte *Sustainable Development Scenario* zeigt auf, wie die im Pariser Klimaabkommen gesetzten Ziele erreicht werden könnten. Es basiert auf einer schnellen und weitreichenden Adaption in allen Teilen des Energiesektors und unterstreicht, dass tiefgreifende Transformationen notwendig sind. Die Abbildung 4 soll die drei Szenarien verdeutlichen. Anhand der roten Linie lässt sich der abgeschätzte CO₂-Emissionsverlauf je nach Szenario erkennen. Zudem ist beim *Sustainable Development Scenario* eine Reduktion von Öl und insbesondere Kohle bei einem nahezu gleichbleibenden Gasanteil sowie eine deutliche Erhöhung von erneuerbaren Energiequellen notwendig. Ein solch drastischer Schritt setzt jedoch eine insgesamt Reduktion des Gesamtenergiebedarfs voraus, welcher aus gewissen Sichtweisen eher unwahrscheinlich ist. Es wird ein gesundes Mittelmaß zwischen den Szenarien *Sustainable Development Scenario* und *Stated Policies* werden müssen.

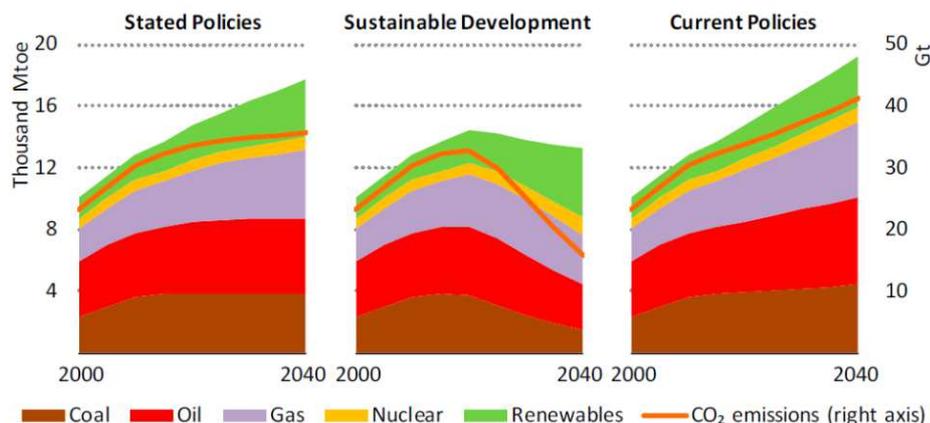


Abbildung 4: Globale Energieprognosen.

Quelle: International Energy Agency (IEA), © OECD/IEA 2019 World Energy Outlook, IEA Publishing.

Dennoch, der prognostizierte stetig weiter anwachsende Energiebedarf müsste im besten Falle durch CO₂-arme Energiequellen befriedigt werden, um die Klimaziele realistisch erreichen zu können. Der Gegenteil, weg von der Verbrennung von fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien wurde bereits eingeleitet, um jedoch erfolgreich zu sein, müsste dieser langfristig auf ein absolutes Minimum reduziert werden, um der Klimakrise Herr zu werden. Durch die Kehrtwende hin zur Elektrifizierung in der Automobilbranche und vorantreibender Effizienzsteigerung von Batterien wird bis zum Jahr 2030 ein Rückgang von Treibstoffbedarf von der Öl-Branche erwartet. Hingegen es langfristig gesehen in der Schiff- und Luftfahrt sowie im petrochemischen Bereich einen Zuwachs an Rohölbedarf geben wird. Für die Erzeugung von Wärme und Strom treten immer mehr die erneuerbaren oder CO₂-arme Energiequellen in den Vordergrund, wobei nach wie vor in Teilen der Erde stark auf Kohleenergie gesetzt wird. China hat durch den Ausbau deren Kohlekapazität in den letzten Jahren dieser Entwicklung entgegengewirkt. Neben Wasser- und Windkraft ist Photovoltaik (Solarenergie) für die Stromerzeugung eine nachhaltigere Alternative im Vergleich zur Kohle. Aber auch die Erzeugung von Wärme und Strom durch Naturgasverbrennung soll dem Erreichen der Klimaziele helfen. Obwohl Naturgas bei der Verbrennung ebenfalls CO₂ produziert, ist die Verbrennung deutlich schadstoffärmer als sie beispielweise bei Öl- und Kohle ist. Ein mögliches Szenario zum Energiemix mit dem Prognosehorizont 2040 ist in Abbildung 5 ersichtlich. Durch den enormen Anstieg an Bedarf von elektrischer Energie bis zum Jahr 2040, dieser soll nach IEA mehr als doppelt so groß wie der Bedarf an Öl sein, werden Photovoltaik-Anlagen den Bedarf immer weiter decken bei vergleichsweise keinen oder bestenfalls geringen Anstieg der Stromproduktion durch Kohlekraftwerke. Aber auch Windkraftanlagen sowie Gasverbrennungsanlagen werden stärker genutzt (IEA, 2019).

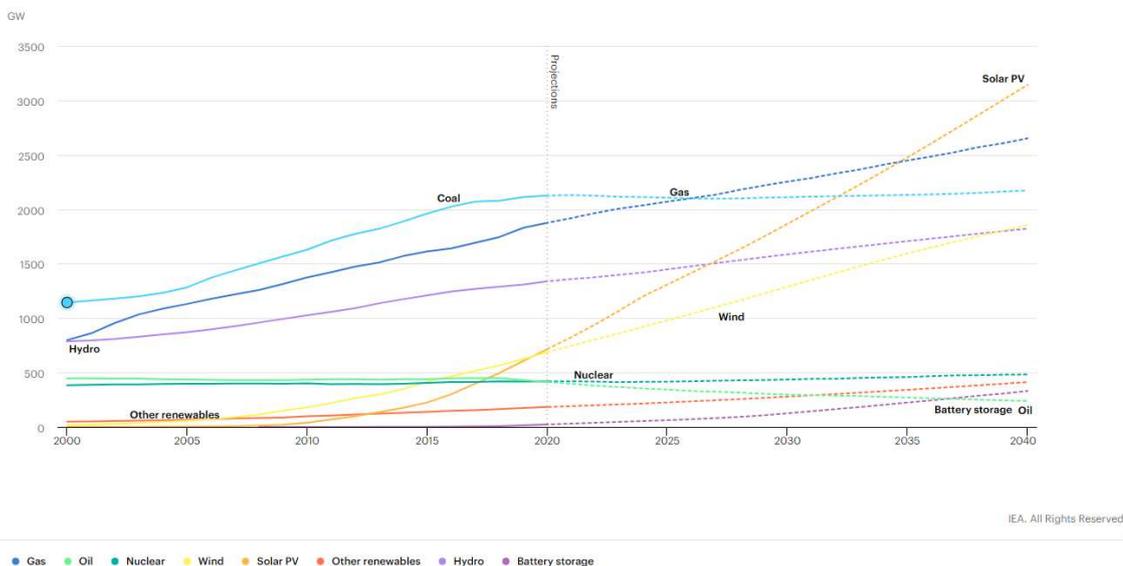


Abbildung 5: Energiequellenprognose.

Quelle: International Energy Agency (IEA), © OECD/IEA 2019 World Energy Outlook, IEA Publishing.

Wie aus den Prognosen der IEA ersichtlich, wird Rohöl auch langfristig gesehen nicht aus dem Energiemix verschwinden, sondern in ausgewählten Bereichen durch andere nachhaltig gesehene Energiequellen abgelöst. Doch nichtsdestotrotz, Rohöl wird neben der so wichtigen Treibstoffherstellung für petrochemische Prozesse und Produkte, wie etwa Kunststoffe, benötigt.

Eine langfristige gesamtheitliche Substitution von Rohöl ist aus heutiger Sicht nicht oder bestenfalls sehr schwer realisierbar⁸.

Aus diesem kurzen Einblick lassen sich bereits wichtige Erkenntnisse für die nachfolgende Strategieuntersuchung eines Energieunternehmens in der Öl- und Gasindustrie resümieren:

- Die Prognosen basieren auf Annahmen, welche stark von der Politik abhängig sind
- Unabhängig davon wird ein wachsender Energiebedarf in der Zukunft gesehen
- Erneuerbare und CO₂-arme Alternativen sind weiter auf dem Vormarsch
- Rohöl stellt auch weiterhin für Treibstoffe und Petrochemie ein wichtiges Standbein dar

Dazu sei ergänzend zu erwähnen, dass diese Punkte, neben zahlreichen weiteren, aber insbesondere der letztgenannte, für die weitere Betrachtung von Wichtigkeit sind. Weiters sei die Prämisse anzuwenden, dass es auch längerfristig eine Rohölförderung und die darauffolgende Raffinierung gibt. Eine Randbedingung hierfür ist zweifelsfrei die Senkung der CO₂A_{qu} Treibhausgasemission in der Geschäftstätigkeit sowie im Investitions- und Projektwesen. Die Fragestellung der Einbeziehung dieser Randbedingung in die Investitions- und Projektierungsentscheidung, auch ob sich diese Betrachtungen hinsichtlich der Risikoeinschätzung lediglich auf die Geschäftstätigkeit beschränken, soll in Folge dieser Arbeit näher beleuchtet werden.

⁸ Das Gebinde für den täglichen Bedarf lässt sich einfach durch eine Papiertüte ersetzen, jedoch denkt der Autor hier an technische Kunststoffe wie u.a. für Medizintechnik oder Raumfahrt.

1.2 Strategie von Energieunternehmen

Die in der Europäischen Union verabschiedete EU-Richtlinie 2014/95/EU *Non Financial Information*, abgekürzt NFI-Richtlinie, wurde in Österreich mit dem Nachhaltigkeits- und Diversitätsverbesserungsgesetz (NaDiVeG) auf nationaler Ebene umgesetzt und macht eine Erstellung und Veröffentlichung eines nicht-finanziellen Nachhaltigkeitsberichts unter gewissen Voraussetzungen verpflichtend. Als Voraussetzung zur Erstellungspflicht ist mitunter die Unternehmensgröße ausschlaggebend. Ohne weiter auf Details des Gesetzes einzugehen, kann eine solch nicht-finanzielle Berichterstattung neben dem Wertesystem eines Unternehmens, als ein Indikator für Strategie und Ziele gewertet werden.

Wie im vorherigen Kapitel 1.1 bereits detaillierter beschrieben, und aus den Energieprognosetrends ableitbar, wird der Energiebedarf in Zukunft weiter steigen bei zeitgleich zu erzielender Dekarbonisierung in allen Bereichen für die Erreichung der gesetzten Klimaziele. Abgesehen von den Sektoren, in welche die THG-Emissionen eingeteilt sind, soll in weiterer Folge der Sektor *Energie und Industrie* für die Erörterung weiterverfolgt werden. Als gewähltes Beispiel soll das größte in Österreich tätige Energieunternehmen, die OMV AG⁹, dienen.

Bevor auf die der Dekarbonisierung zugrunde liegenden Strategie eingegangen werden wird, werden der Geschäftsbereich und die Wertschöpfungskette der OMV in aller Kürze vorgestellt. Die Frage nach der strategischen Ausrichtung eines solchen Unternehmens, welches in der Öl- und Gasbranche tätig ist, soll mit deren Strategie untersucht werden. Der nach dem NaDiVeG geforderte Nachhaltigkeitsbericht¹⁰ nach dem Global Reporting Initiative (GRI) Standard dient als Grundlage für die nachfolgende Untersuchung.

1.2.1 Beispiel: Der Energiekonzern OMV AG

Um etwaige Verknüpfungen zwischen Nachhaltigkeit und Investitionsentscheidungen bei Energieunternehmen herzustellen und diese in der späteren Untersuchung einzubeziehen, wird in diesem Kapitel der Energiekonzern OMV AG anhand seiner Wertschöpfungskette und Strategie hinsichtlich der darin enthaltenen Nachhaltigkeitsaspekte untersucht. Motiviert von dessen Erörterung soll die Unerlässlichkeit unterstrichen sein, eine Weiterentwicklung von Investitionsrechnungen anzustreben.

Die OMV AG ist ein österreichischer Energiekonzern und ist weltweit in der Öl- und Gasindustrie tätig. Die OMV stellt sich beschreibt ihr Geschäft auf der Website¹¹ wie folgt:

„Die OMV fördert und vermarktet Öl und Gas, innovative Energielösungen und hochwertige petrochemische Produkte – in verantwortlicher Weise. Mit einem Konzernumsatz von EUR 23 Mrd und einem Mitarbeiterstand von mehr als 20.000 im Jahr 2018 ist die OMV Aktiengesellschaft eines der größten börsennotierten Industrieunternehmen Österreichs. Im Bereich Upstream verfügt die OMV über eine starke Basis in Rumänien und Österreich als Teil der Kernregion Zentral- und Osteuropa sowie ein ausgeglichenes internationales Portfolio mit Russland, der Nordsee, dem Mittleren Osten & Afrika sowie Asien-Pazifik als weitere Kernregionen. 2018 lag die Tagesproduktion bei rund 427.000 boe/d. Im Bereich Downstream betreibt die OMV drei Raffinerien mit einer jährlichen Kapazität von 17,8 Mio Tonnen und rund 2.100 Tankstellen in zehn Ländern. Die OMV

⁹ Der Name lässt sich von „Österreichische Mineralölverwaltung Aktiengesellschaft“ ableiten.

¹⁰ Nachhaltigkeitsberichte sind kostenlos auf den Unternehmen Websites verfügbar.

¹¹ www.omv.com, April 2020

verfügt über Gasspeicher in Österreich sowie Deutschland; die Tochtergesellschaft Gas Connect Austria GmbH¹² ist Betreiberin eines Gaspipelinetzes. 2018 hat die OMV etwa 114 TWh Gas verkauft. Nachhaltigkeit ist ein integraler Bestandteil der Unternehmensstrategie. Die OMV wird bis 2025 EUR 500 Mio in innovative Energielösungen investieren.“ (www.omv.com, 13. April 2020).

Grundsätzlich gilt die OMV als ein Energiekonzern, welches in der Erdöl- und Gasbranche tätig ist. Das klassische Tätigkeitsfeld geht von der Exploration und Produktion von Erdöl und Erdgas (Upstream) bis hin zur Veredelung in Raffinerien und den Verkauf von diversen Kohlenwasserstoffprodukten (Downstream Öl & Gas). Verdeutlicht wird das Geschäftsfeld mit der in Abbildung 6 gezeigten Wertschöpfungskette, welche aus dem OMV Nachhaltigkeitsbericht 2019 entnommen wurde.

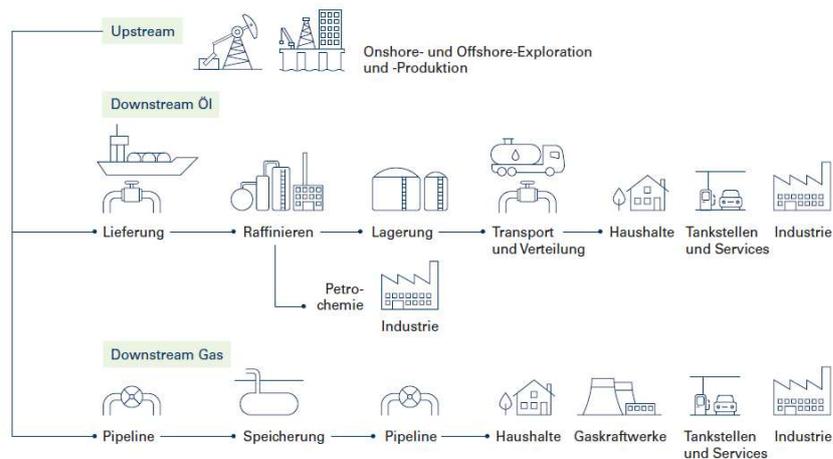


Abbildung 6: Darstellung der Wertschöpfungskette der OMV AG.
Quelle: OMV Nachhaltigkeitsbericht 2019.

Investitionen und Projekte werden von OMV entlang der gesamten Wertschöpfungskette durchgeführt. Der Nachhaltigkeitsgedanke ist bei allen Tätigkeiten integrierter Teil des Prozesses. Projekte, zum Beispiel die Erschließung eines neuen Gasfeldes, im Upstream Geschäftsfeld wirken sich auf den darauffolgenden Bereich Downstream aus.

Ergänzend zu den bereits in der von OMV Geschäftsvorstellung erwähnte integrierten Nachhaltigkeit, schreibt OMV auf ihrer Website zur Nachhaltigkeit, wie folgt:

„Wir versorgen unser Land heute sicher und verantwortungsvoll mit Energie – doch das genügt uns nicht: Wir wollen die Energie von morgen gestalten. Deshalb haben wir uns bis 2025 Nachhaltigkeitsziele gesetzt. Das bedeutet nicht nur 19% weniger CO₂, Ressourcen effizienter einsetzen und CO₂-neutrale Energiequellen erschließen – wir werden Abfall auch als neuen Rohstoff nutzen. Mit unserer Innovation ReOil verwandeln wir Plastik zurück in hochwertiges Öl. Damit werden wir bis zu 50% des österreichischen Kunststoffmülls verwerten und wieder sinnvoll nutzbar machen.“ (www.omv.com, 13. April 2020).

Aus diesem Statement ist klar ersichtlich, dass die OMV an nachträglicher Innovation zur Neugestaltung des Kreislaufes sich selbst verpflichtet neben der angekündigten CO₂-Reduktion von 19%. Nach einem genaueren Blick bezieht sich die Reduktion von 19% CO₂Äqu auf das Vergleichsjahr 2010 aus der Geschäftstätigkeit. Gemäß Nachhaltigkeitsbericht 2019 wurde dieser

¹² Anmerkend seit erwähnt, dass die Gas Connect Austria GmbH zum Zeitpunkt zum Verkauf steht.

Zielwert für 2025 bereits 2019 mit einer Reduktion von 22% CO₂Äqu übertraffend erreicht, sodass im Jahr 2020 neue Ziele für 2025 gesetzt werden können (OMV, 2020). Weiters wurde in den Nachhaltigkeitszielen bis 2025 die Reduktion von 4% CO₂Äqu zum Vergleichsjahr 2010 aus dem Produktportfolio genannt, damit ist die Emission durch die Nutzung der Produkte durch Dritte gemeint. Auch dieses Ziel wurde bereits im Jahr 2019 erreicht und wird im Jahr 2020 neu gesetzt. Darüber hinaus wird von einer CO₂-neutralen Energiequelle gesprochen, Plastikabfall soll als Ressource dienen und zurück in hochwertiges Öl verwandelt werden. Dies impliziert, dass die OMV durchaus ein neues Geschäftsmodell hinsichtlich der Abfallwirtschaft sowie Kreislaufwirtschaft generiert und verankert diese Ansätze fest in der Strategie.

Wie in der OMV Pressekonferenz am 13. März 2020 veröffentlicht, wird die OMV AG den Anteil bei Borealis AG¹³ von 36% auf 75% erhöhen. Der in Abbildung 6 im Geschäftsbereich *Downstream Öl* gezeigte petrochemische Bereich der Wertschöpfungskette wird mit dem Zukauf der Borealis weiter stark ausgeweitet. In Zuge dessen, werden die Gas Connect Austria GmbH (Gasnetzbetreiber) und das Tankstellennetz in Deutschland zum Verkauf angeboten. Die Erweiterung des Downstream Geschäftsfelds um die Borealis, ist in der aus der OMV Pressekonferenz am 13. März 2020 entnommenen Abbildung 7 zu sehen.

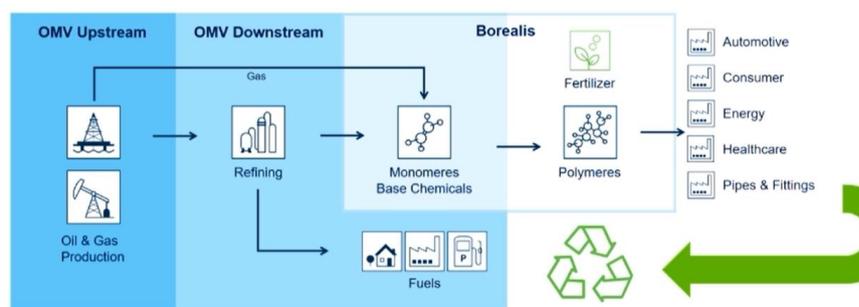


Abbildung 7: Erweiterte Wertschöpfungskette der OMV AG.
Quelle: OMV AG, Präsentation OMV Pressekonferenz vom 13. März 2020.

Die im Rohöl enthaltenen Kohlenwasserstoffverbindungen werden in einer Raffinerie zu verschiedensten Produkten veredelt. Neben den klassischen Produkten, wie mitunter beispielhafterweise Diesel, Kerosin oder Benzin aufgezählt werden können, werden in Raffinerien mit petrochemischen Anlagen¹⁴ Grundmittel, sogenannte Monomere, zur Kunststoffherstellung produziert. Kunststoffe zählen in vielen Bereichen als wichtiger Werkstoff und bilden auch in Zukunft ein unerlässliches Geschäftsfeld, auch in und nach der immer weiteren Dekarbonisierung in Mobilität und Energiewirtschaft. Neben den einfachen Kunststoffen, wie sie verdeutlichender Weise zur Herstellung von Tragetaschen oder Getränkegebinde verwendet werden, liegt der Fokus durchaus auf technisch hochwertigere Kunststoffe, welche in verschiedensten Bereichen im Einsatz sind. Abgesehen von der Erdölförderung, der Raffinierung bis hin zum fertigen Kunststoffprodukt, ist das gesetzte Ziel der OMV die Schließung des Materialkreislaufes und setzt zukünftig stärker auf das Recycling von Kunststoffen. Ausgewählte Kunststoffe sollen über das innovative System *ReOil* wieder in den Raffinerieprozess einspeist und zu synthetischen Öl verarbeitet werden, welches den Bedarf an neuem Rohöl reduziert (OMV, 2020).

¹³ Die Borealis AG ist ein petrochemischer Kunststoffhersteller.

¹⁴ OMV hat petrochemische Anlagen bei den Standorten Schwechat (Österreich) und Burghausen (Deutschland).

Auf eine weitere Auflistung der Innovationen der OMV wird an dieser verzichtet und es wird auf den OMV Nachhaltigkeitsbericht 2019 verwiesen.

Wie bereits erwähnt, und wie in den internationalen und nationalen Klimazielen verankert, sind klimaneutrale und de-karbonisierende Schritte unumgänglich, um den Klimawandel zu verlangsamen¹⁵. Wie der CEO der OMV Rainer Seele im März 2020 verdeutlicht, stehen fünf klare strategische Punkte hinter der Übernahme der Borealis:

1. Verlängerung der Wertschöpfungskette und Verschiebung des Geschäftsmodell in Richtung Chemie
2. Erweiterung des Produktportfolios um Produkte die auch in einer de-karbonisierten Welt stark nachgefragt werden
3. Zugang zu neuen und stark anwachsenden Märkten
4. Verlängerung der Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus ihrer Produkte hinaus und schaffen mit innovativen Recyclingmethoden ein nachhaltiges und starkes neues Geschäftsmodell
5. Mit gebündelten Kräften, Kapazitäten und Kompetenzen wird die Gruppe weiterwachsen und führt zu starker Finanzkraft

Es beginnt eine nachhaltige strategische Wende. Aus dem Öl- und Gaskonzern wird nun ein Öl-, Gas- und Chemiekonzern.

Aus der nachhaltigen Geschäftsmodellentwicklung der OMV heraus, lässt sich feststellen, dass die Klimawandelauswirkung Einfluss auf sämtliche Branchen nimmt. Größere Unternehmen reagieren oder haben bereits mit Änderungen reagiert. Für diesen Wandel sind Umstrukturierungen unerlässlich im mittel- bis langfristigen Sinne. Hieraus motiviert, soll für die weitere Arbeit der Gedanke mitgenommen werden, bei solch einer Umstrukturierung die Managemententscheidungen mit modifizierten Investitionsinstrumenten zu unterstützen.

¹⁵ Eine Wiederumkehr ist nicht realistisch unter der Beachtung von Prognosen, vgl. Kapitel 1.1.

1.3 CO₂-Kosten bei der Investitionsentscheidung

Bereits seit der in Kyoto beschlossenen Verpflichtung der Emissionsreduktion, um dem Klimawandel bestmöglich einzudämmen, werden sogenannte Emissionsrechte in Form von Emissionszertifikaten verteilt und gehandelt. Sinn dahinter soll die gesamtheitliche Reduktion der nicht vermeidbaren Emissionen und die Stärkung von emissionsarmen oder gar emissionsfreien Technologien sein. Ohne auf die Historie oder Details einzugehen, sei in aller Kürze das Konzept dieser Idee erläutert. Weiters ist es von Interesse wie im näheren Sinne ein Zusammenhang zwischen den Investitions- und Projektierungsrisiken mit den dahinterstehenden Finanzierungen besteht und wie Emissionszertifikate darin zu berücksichtig werden könnten.

Der Emissionszertifikathandel findet auf internationaler Ebene statt und wird in der Europäischen Union über das sogenannte *European Union Emissions Trading System* (EU ETS) abgewickelt. Basis ist die von der Europäischen Union im Jahr 2003¹⁶ erlassene Richtlinie 2003/87/EG, welche in Österreich mit dem Emissionszertifikatesgesetz (EZG) auf nationaler Ebene umgesetzt ist. Betreiber, von dem im Geltungsbereich des EZG zutreffenden Anlagen, werden dazu verpflichtet pro emittierter Tonne Treibhausgas ein gültiges Emissionszertifikat vorzulegen. Ein gewisser Anteil von Zertifikaten wird kostenlos bereitgestellt, reichen diese nicht aus, so müssen diese über den internationalen Markt EU ETS nachgekauft werden (um den Anlagenbetrieb zu gewährleisten). Die kostenlose Zuteilung im Handelszeitraum 2013 bis 2020 für die EU-Mitgliedsstaaten ist im *National Implementation Measures* (NIM) festgelegt. Die Zuteilung erfolgt in Abstimmung mit der Europäischen Kommission. Die kostenlose europaweite Verteilung kann mit rund 6,6 Milliarden Zertifikate angegeben werden, Österreich erhielt davon rund 165 Millionen Zertifikate. Im Handelszeitraum 2013 bis 2020 erhielten österreichische Emissionshandelsanlagen im Jahr 2013 rund 22,8 Millionen und im Jahr 2020 rund 18,5 Millionen kostenlos zugeteilte Zertifikate. Die Tabelle 1 gibt über die kostenlose Emissionszertifikatverteilung im Handelszeitraum 2013 bis 2020 in Österreich Auskunft. Die kostenlosen Emissionszertifikate unterliegen einer jährlichen Reduktion von im Durchschnitt 3%. Der Tabelle 1 wurden informativ zwei in Österreich tätigen Leitbetriebe mit anlagenintensiver Produktion beispielhaft aus dem Nationalen Allokationsplan (NAP) entnommen, der Raffinerie Standort Schwechat der OMV sowie das Stahlwerk in Linz der voestalpine Stahl Linz. Beide Betriebe fallen unter das EZG.

Tabelle 1: Emissionszertifikate in Österreich

Gesamt - Österreich			OMV Raffinerie Schwechat		voestalpine Stahl Linz	
Jahr	Zertifikate	Jährliche Reduktion	Zertifikate	Anteil in Prozent	Zertifikate	Anteil in Prozent
2013	22 751 206,00	-	1 803 162,00	7,9%	6 861 779,00	30,2%
2014	22 112 082,00	2,89%	1 759 171,00	8,0%	6 737 251,00	30,5%
2015	21 484 406,00	2,92%	1 715 882,00	8,0%	6 611 507,00	30,8%
2016	20 870 474,00	2,94%	1 675 141,00	8,0%	6 484 708,00	31,1%
2017	20 261 663,00	3,00%	1 635 202,00	8,1%	6 356 793,00	31,4%
2018	19 657 804,00	3,07%	1 595 273,00	8,1%	6 227 879,00	31,7%
2019	19 057 252,00	3,15%	1 555 261,00	8,2%	6 097 614,00	32,0%
2020	18 463 855,00	3,21%	1 515 471,00	8,2%	5 967 119,00	32,3%
Summe	164 658 742,00		13 254 563,00	8,0%	51 344 650,00	31,2%

Quelle: www.emissionshandelsregister.at, 2020.

Im Handelszeitraum 2013 bis 2020 erhielt die OMV Raffinerie Schwechat rund 13,25 Millionen Zertifikate, dies entspricht 8% von der österreichischen Gesamtverteilung. Die voestalpine Stahl Linz rund 51,3 Millionen Zertifikate, dies entspricht rund 31% der österreichischen Gesamtverteilung. Ebenfalls für Österreich als Wirtschaftsstandort wichtige Betriebe wie die Borealis Polyolefine GmbH in Schwechat (rund 0,57 Millionen Zertifikate) oder die Lenzing AG Energieanlagen (rund 2,8 Millionen Zertifikate) sind im NAP beinhaltet¹⁷. Wie bereits erwähnt, sind die kostenlos verteilten Emissionszertifikate nicht ausreichend, können diese am Markt ETS zu Handelspreisen gemäß Angebot und Nachfrage gekauft werden.

Die Abbildung 8 zeigt den Preisverlauf des EU ETS über einen Zeitraum der vergangenen fünf Jahre¹⁸. Über den gezeigten Zeitraum weist unter der Vernachlässigung von Schwankungen der Trend einen qualitativen Anstieg von 267,7% (am Stichtag der Preisentnahme). Die Kosten pro emittierter Tonne CO₂ sind schlussfolgernd in den vergangenen fünf Jahre drastisch gestiegen. Durch diesen Effekt, muss ein Anlagenbetreiber die wirtschaftliche Betrachtungen hinsichtlich der nun im Vergleich stehenden hohen Zertifikatkosten neu abwägen, ob der Betrieb einer Anlage unter den erhöhten Zertifikatspreisen weiterhin wirtschaftlich ist, sofern der Anlagenbetreiber einen stetigen Bedarf an zusätzlichen Emissionszertifikaten hat oder ob alternativ eine Neuinvestition oder Nachrüstung seiner Anlage langfristig erfolgreicher ist.

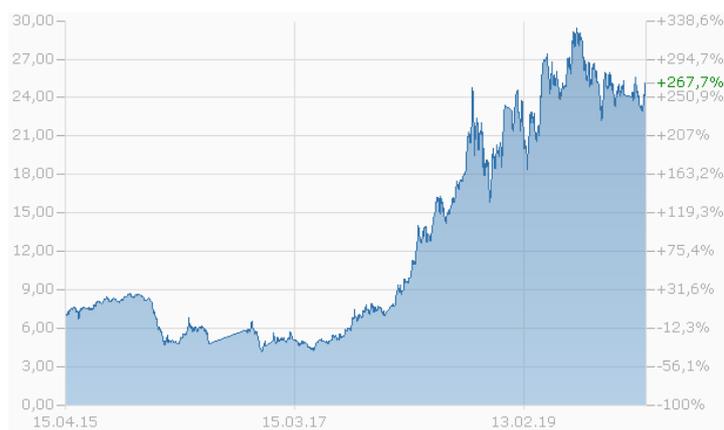


Abbildung 8: Preisverlauf der EU ETS.
Quelle: www.finanzen.at, Preis vom 15. April 2020.

Wenn sämtliche Anlagenbetreiber einen stetigen zusätzlichen Bedarf an Emissionszertifikaten haben, steigt der Preis am EU ETS. In Abbildung 8 ist dieser Effekt in den vergangenen Jahren zu verzeichnen. Der Effekt der Preissteigerung führt zu dem gewünschten Effekt, dass sich Neuinvestitionen in Anlagen mit geringeren Treibhausgasemissionen, oder in Anlagennachrüstungen, um bei bestehenden Anlagen die Emissionen zu verringern, unter wirtschaftlicher Betrachtung lohnen. Dieser Effekt greift nur mit einem ausreichenden wirksamen Hebel, sofern die Emissionspreise weiterhin steigen.

Allgemein kann man daraus ableiten, dass bei Investitionen und Projekte, beispielweise in der Öl- und Gasindustrie oder anderen Schwerindustrien, bei steigenden Emissionspreisen ein erhöhtes Risiko für den zu erzielenden wirtschaftlichen Erfolg auftritt. Jedoch ist bereits an dieser Stelle festzuhalten, dass die Art der zu tätigenen Investition und Projekt maßgeblich für diesen Risikofaktor ist. Ohne vorzugreifen, sei bereits an dieser Stelle erwähnt, dass Investitionen und

¹⁷ Siehe für weitere Informationen www.emissionshandelsregister.at.

¹⁸ Stichtag der Preisentnahme ist der 15. April 2020.

Projekte für Instandhaltungsmaßnahmen anders zu betrachten und zu bewerten sind als Investitionen und Projekte für Neu-Anlagen. Die OMV haltet dieses Risiko im Nachhaltigkeitsbericht 2019 (Seite 8) wie folgt fest:

„Risiko eines Ungleichgewichts zwischen den zugeteilten Zertifikaten und den durch die Tätigkeiten des Unternehmens benötigten Emissionsmengen, was zu höheren Kosten führt; zurückzuführen auf die Ungewissheit über die Nachfrage nach Zertifikaten und die Kosten der Risikominderung Risiko einer Dekarbonisierungspolitik, die die OMV dazu zwingt, auf einer CO₂-neutralen Nettobasis zu arbeiten, ausgelöst durch die Durchsetzung des Pariser Klimaabkommens“.

Die Risikobewertung bei OMV erfolgt nach internen Parametern. Nicht nur die Verbrennung von Treibstoffen, zum Beispiel in Automobilen (Benzin und Diesel) oder Flugzeugen (Kerosin), führt zu einem Ausstoß von Treibhausgasen, sondern auch die Produktionstätigkeit an sich ist mit einem hohen Treibhausgasausstoß verbunden. Bevor Rohöl oder Erdgas gefördert werden kann, sind intensive geotechnische Untersuchungen sowie Probebohrungen notwendig ehe die Erschließung des Öl- oder Gasfeldes zu einer Förderung und Produktion führt. Neben Erdgas muss Rohöl in einer Raffinerie verarbeitet werden. Der Raffinerieprozess und die damit verbundene Produktion von Treibstoffen, Ölen, Monomeren, etc. basiert auf energieintensiven thermochemischen Prozessen, welche ebenfalls einen hohen Treibhausgasausstoß aufweisen. Zusammenfassend ist erkannt, dass es vor einem tatsächlichen Verbrennen von den im Beispiel genannten Treibstoffen, bereits eine hohe Treibhausgasemission stattgefunden hat – man spricht von der Treibhausgasemission der Geschäftstätigkeit. Nach *Roman Sidortsov* (2012) sollten die summierten und tatsächlichen Treibhausgasemissionen, welche im gesamten Prozess auftreten berücksichtigt werden – die Idee wird im späteren Abschnitt dieser Arbeit aufgegriffen.

Um das Risiko eines Kostenanstiegs durch erhöhte CO₂-Emissionen zu reduzieren, setzt OMV gemäß Nachhaltigkeitsbericht 2019 auf weitere Entwicklung sowie die Umsetzung von vorausschauender CO₂-Handelsstrategie sowie auf eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bei CO₂-intensiven Anlagen. Diese werden durch Energieeffizienzverbesserungen, sowie technologische Änderungen, optimiert, sodass geringere Emissionen auftreten. Darüber hinaus wird das routinemäßige Abfackeln oder Ablassen von Erdölbegleitgas reduziert und bis 2030 komplett eingestellt. Neben den bereits genannten Energieeffizienzverbesserungen soll auch der interne Brennstoffverbrauch, zum Beispiel für die Erzeugung von der im Raffinerieprozess benötigten Energie, reduziert werden und sofern möglich, erneuerbare Energiequellen eingesetzt werden. Neben den Emissionen im Produktionsprozess stellt eine Dekarbonisierungspolitik auch ein Risiko für die Nachfrage von raffinierten Kraftstoffen unter der Voraussetzung dar, dass CO₂-arme Ersatzprodukte am Markt verfügbar sind (Beispiel: Diesel/Benzin und Elektrofahrzeuge). Diese Risiken führen durchaus zur Entwicklung zu einem CO₂-ärmeren Produktportfolios, hochwertigere Kraftstoffe oder vermehrten Schwerpunkt auf petrochemische Produkte mindern dieses Risiko (OMV, 2020).

Die immer steigende Notwendigkeit einer Emissionsreduktion und damit einhergehende Dekarbonisierungspolitik ist einerseits ein Risikofaktor für die Industrie, andererseits jedoch auch eine Chance für zukünftige Entwicklung und neue hochwertigere technische Lösungen. Nichtsdestotrotz werden Emissionen stets eine große Rolle spielen, sodass es ratsam ist, diese bei Investitions- und Projektierungsentscheidungen nicht zu vernachlässigen und einer substanziellen Bewertung zu unterziehen, bevor eine Investitionsentscheidung getroffen wird.

1.4 Ziel und Umfang der Master Thesis

Investitionen und Projekte werden mit unterschiedlichen Herangehensweisen in der Industrie hinsichtlich des zu erzielenden wirtschaftlichen Erfolges bewertet. Hierfür steht in der Literatur eine ganze Palette an Instrumenten bereit. Generell, Ziel ist es, mit zu planenden Investitionen, welche meist mit Projekten verbunden sind, den Unternehmenswert zu steigern und dadurch einen Mehrwert im Unternehmen zu generieren. Meist zielt dies auf den langfristigen Unternehmenserfolg ab. Als Beispiel könnte eine neue Industrieanlage für die Herstellung eines Produktes genannt werden. Investitionen und Projekte sind in der Regel abhängig von branchenbedingten Einflussfaktoren, welche mitunter in Risikoermittlungen aufgenommen und bewertet werden. Hier können im Allgemeinen interne und externe Einflüsse für den gewünschten Projekterfolg maßgebend sein. Eine bestmögliche Analyse und Bewertung von potenziellen Risiken bilden somit eine fundamentale Tätigkeit, um den Erfolg zu einer hohen Wahrscheinlichkeit zu gewährleisten.

Neben der Globalisierung oder der Mangel an qualifizierten Arbeitskräften, hat in der heutigen Zeit der Klimaschutz eine zentrale Bedeutung in allen Bereichen des Lebens eingenommen. Neben CO₂-Kosten (Emissionszertifikate) über Fahrverbote von älteren Automobilen oder gar potenziellen CO₂-Steuern, der Klimawandel und der Klimaschutz ist heute mehr denn je in unser aller Alltag angekommen. Nichtsdestotrotz, der weltweite Energiebedarf wird zu großen Teilen mit fossilen und geringeren Teilen mit erneuerbaren Energiequellen abgedeckt. Obwohl der Anteil der erneuerbaren Energiequellen bereits einer stetigen Wachstumsrate unterliegt. Wie bereits einleitend erläutert sind bekannte Vertreter von fossilen Energiequellen Kohlefeuerungen, Erdöl- und, Erdgasverbrennungen oder dergleichen. Hingegen erneuerbare Energiequellen, wie etwa Windenergie, Wasserkraft oder Solarkraft, bereits erfolgreich zur Stromerzeugung genutzt werden und zukünftig im verstärkten Ausmaß dazu dienen, den steigenden Energiebedarf zu decken (vgl. Kapitel 1.1 auf Seite 4). Abgesehen davon, stellt die den fossilen Energieträgern zugeordnete Öl- und Gasindustrie nach wie vor einen fundamentalen Energieträger unserer Gesellschaft dar und wird dies zukünftig mit neuen Strategien auch voraussichtlich bleiben (vgl. Kapitel 1.2.1 auf Seite 8). Auch trotz der damit vermeidlich verbundenen hohen Treibhausgasemission, ist unsere Gesellschaft auf die im Erdöl und Erdgas enthaltenen Kohlenwasserstoffe und der damit verbundenen Produktkette nach wie vor stark angewiesen. Benzin, Diesel, Kerosin, Schmieröle, nur um wenige Brennstoffe und Nutzstoffe zu erwähnen, welche aus einem Raffinerieprozess entstehen, sind im Moment noch schwer aus unserem täglichen Leben wegzudenken und sind erst längerfristig durch andere Systeme und Produkte zu ersetzen (z.B. Wasserstoff- oder Elektrofahrzeuge). Auch die petrochemische Prozessproduktion, welche die Basis für die Kunststoffproduktion bildet, ist durchaus im Raffineriebereich angesiedelt und bildet eine äußerst wichtige Basis für alle weiteren Produkte. Auch wenn sich bei der Stromerzeugung und Mobilität seit geraumer Zeit eine Trendwende erkennen lässt, so wird ein kontinuierlicher und der Umwelt bestmöglicher Raffinerieprozess weiterhin für den Wohlstand notwendig sein und sogar unter aller Voraussicht anwachsen in den kommenden Jahren.

Die in der Industrie notwendigen Investitionen und Projekte, werden wie eingangs erwähnt mit gängigen Investitionsregeln auf Wirtschaftlichkeit geprüft und bewertet. In Verwendung stehende Regeln sind beispielweise die *Net Present Value Rule* (NPV), *Internal Rate of Return Rule* (IRR) oder *Payback Rule*. Ohne an dieser Stelle auf die einzelnen Methoden einzugehen, Sinn hinter diesen Methoden ist es, einen vergleichbaren wirtschaftlich repräsentativen Faktor zu

berechnen, welcher für einen Vergleich möglicher Investitionen oder Projekten verwendet werden kann. Anmerkend sei jedoch zu erwähnen, dass es von Unternehmen zu Unternehmen eine unterschiedliche Herangehensweise, Kombinationen oder Erweiterungen zu diesen Regeln gibt. Auch die einschlägige Fachliteratur bietet hier eine Vielzahl an Modifikationen an.

Aufgrund der Tatsache, dass Kohlenwasserstoffprodukte (u.a. Benzin, Diesel, Kerosin, etc.) bei der Verbrennung für die Energieerzeugung (z.B. Strom, Wärme, kinetische Energie) neben anderen Schadstoffen einen hohen Anteil an CO₂ produzieren (neben anderen Schadstoffen), und oft Investitionen und Projekte damit in Verbindung gebracht werden können, kommt der Gedanke auf, die CO₂-Intensität der Investition in den Investitionsregeln zu berücksichtigen.

Aus der erörterten Ausgangslage stellt sich die Frage, wie bei den in der Industrie gängig in Verwendung stehenden Investitionsregeln die Klimaschutzeffekte oder die damit verbundenen Risiken aufgenommen und berücksichtigt werden können. Oft stellen die Investitionsregeln wirtschaftliche Faktoren, insbesondere *Cash-Flows*, Zinsraten oder den Zeitwert einer Investition dar. Treibhausgasausstöße werden meist in dessen Risikobewertung berücksichtigt, der Effekt auf die mit den Investitionsregeln berechneten Faktoren soll im Zuge dieser Arbeit beleuchtet werden. Weitergehend, die in dieser Arbeit behandelte Thematik soll sich damit auseinandersetzen, wie Treibhausgase einen wirtschaftlichen Einfluss in die gängigen Investitionsregeln ausüben. Um weiter zu präzisieren, welche Auswirkungen haben sogenannte „Think-Green“ Denkansätze auf die Formeln der gängigsten Investitionsregeln (z.B. NPV oder IRR). Sehen die Risikobewertung oder die damit einhergehenden Risikofaktoren bei der Finanzierung unter der Prämisse eine Veränderung und können dadurch strategische Änderungen einhergehen? Der Einfluss kann beispielweise an der gängigen Methode *Real Option Analysis* (ROA) überblicksgemäß analysiert aus der Literatur wiedergegeben werden. Darüber hinaus sind bereits in der Fachwelt sogenannte *Carbon Assessment Tools* (z.B. Carbon Dependence of Investment (Sidortsov, 2012b), Life Cycle Assessment, Carbon Accounting, etc.) vorgestellt und kritisch diskutiert, eine weitere Zielsetzung der Master-Thesis soll die Zusammenfassung und Formulierung ausgewählte Instrumente sein.

Damit lässt sich die Forschungsfrage zusammenfassend präzisieren mit:

Wie können Treibhausgasemissionen in der Investitions- und Projektentscheidung anhand gängiger Investitionsregeln berücksichtigt werden?

Für die Bearbeitung dieser Fragestellung, werden im Folgenden die bereits aufgezählten und gängigen Investitionsregeln allgemein erläutert, um auf dessen Charakteristiken¹⁹ aufmerksam zu machen. Basis ist stets das in diesem Kapitel bereits vorgestellte Wissen über die Entwicklung des Energiemarktes und der CO₂-Kosten (Emissionszertifikate). Nach der allgemeinen Vorstellung sind die damit einhergehenden Modifikationen hinsichtlich Treibhausgasreduktion sowie ausgewählte Treibhausgasbewertungsinstrumente in dieser Arbeit beleuchtet und vorgestellt.

¹⁹ Es muss beispielweise auf die Projektarten Rücksicht genommen werden.

2 Investitionsregeln und Risikobewertung

Investitionsregeln unterstützen Manager und Managerinnen bei der Entscheidung, welches Projekt oder welche Projekte den größten Vorteil und bestmöglichen wirtschaftlichen Erfolg bieten. Oft stehen einem Unternehmen begrenzte Ressourcen²⁰ zur Verfügung, sodass gezielt aus dem zur Verfügung stehenden Projektportfolio selektiert werden muss bei einhergehender Nutzenmaximierung. Für diese Selektion und Auswahl eines bestimmten Projektes oder eines Projektprogramms aus einem dem Unternehmen zur Verfügung stehenden Projektportfolio sind ausgewählte Berechnungen, welche auf wirtschaftlichen und risikoberücksichtigten Faktoren basieren, durchzuführen. Meist ist ein für die Auswahl repräsentativer Faktor zu ermitteln. Dieser Faktor dient dazu, Projekte im Portfolio untereinander zu vergleichen und bildet die Grundlage für die Investitions- und Projektentscheidung. Die zu Verfügung stehenden Ressourcen sind demnach bestmöglich für den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens eingesetzt und generieren somit einen Mehrwert für die Share- und Stakeholder. Abhängig von der Berechnungsmethodik der jeweiligen Investitionsregel, werden die zu vergleichenden Faktoren in den Kenngrößen wie Cash-Flow, Rendite oder Amortisierungsdauer angegeben. Oft sind, für die bestmögliche Investitionsentscheidung, unterschiedliche Methoden simultan im Einsatz um mögliche Fehler²¹ auszuschließen oder den Interpretationsspielraum zu erweitern.

Eine nach *Graham and Harvey* durchgeführte Studie untersuchte im Jahr 2001 mitunter, welche Investitionsregeln (*Evaluation Technique*) in Unternehmen eingesetzt werden. Die Abbildung 9 zeigt die unter den Studienteilnehmer ermittelte Verteilung von den in praktischen Einsatz stehenden Methoden. So nutzten in etwa mehr als 70% der Studienteilnehmer die Methoden *IRR* (Internal Rate of Return) und *NPV* (Net Present Value). Damit zählen diese zu den zum Studienzeitpunkt gängigsten Methoden. Aber auch die *Hurdle*-Rate oder die *Payback*-Methode fanden mit mehr als 50% Anwendung. Eine vergleichsweise untergeordnete Anwendung im Studienergebnis hatte die *Real Option Analyse* (ROA) unter den Studienteilnehmern mit in etwa 25% Anwendung.

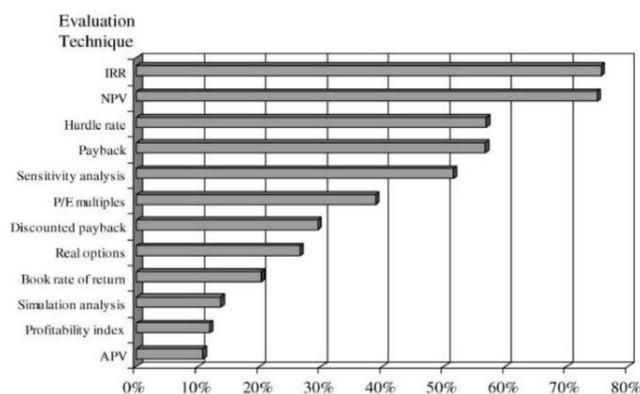


Abbildung 9: Untersuchungsergebnis der Verteilung der Verwendeten Methoden.

Quelle: Graham and Harvey, "The theory and practice of corporate finance: evidence from the field", *Journal of Financial Economics* 60 (2001), Seite 197.

²⁰ Geld, Arbeitskräfte, Infrastruktur, Grundstücke, etc.

²¹ Die Faktoren sind steht auf Plausibilität zu prüfen.

Für die Auswahl passender Methoden, um die Untersuchung des Einflusses von Treibhausgasemissionen auf gängige Investitionsregeln durchzuführen, werden die nach *Graham and Harvey* am gängigsten im Einsatz stehenden Methoden IRR und NPV näher betrachtet. Anschließend findet eine Diskussion zu deren Anwendung und potenziellen Einbeziehung von Treibhausgasemissionen statt. Aber auch die Payback-Methode wird aufgrund ihrer hohen Popularität vorstellend betrachtet, jedoch im Folgenden wegen der fehlenden Diskontierung und Fehleranfälligkeit vernachlässigt. Hingegen dazu, obwohl die Real Option Analyse nach *Graham and Harvey* eine weit geringere Anwendung finden, bietet diese umfangreiche Möglichkeiten um Treibhausgasemissionen als Bewertungskriterium einzubeziehen. Auf Grund dessen, sei auch diese Methode im Folgenden in der Vorstellung aufgenommen.

Neben der Vorstellung der genannten Investitionsregeln sollen die für deren Berechnung benötigten Parameter, sowie die davon abhängige Faktorberechnung, nicht außer Acht gelassen werden. Ziel ist es, einen Zusammenschluss zwischen den in der einschlägigen Fachliteratur präsentierten Berechnungsvorschrift und den Treibhausgasemissionen zu finden. Beginnend sei jedoch davon auszugehen, dass die gewählten Berechnungsmethoden hinsichtlich der Treibhausgasemissionen modifiziert werden können. Ein weiterer Grundsatz ist die praxisnahe Anwendbarkeit einer solchen Modifikation. Dieser Grundsatz impliziert jedoch auch Vereinfachungen und lässt damit Raum für Unsicherheit oder Falsch-Interpretationen, sodass Kontrollen durchgeführt und Analysen stets mit Vorsicht genauestens zu prüfen sind. Nichtsdestotrotz, oft stehen wirtschaftliche Gründe einer im Detail genauen Analyse im Wege. Als Begründung einer solchen Argumentation seien unabhängig von der Branche Projektgrößen oder Projekttypen genannt. Handelt es sich um ein Projekt mit geringem Investitionsvolumen, so rechnen sich oft intensive Analysen nicht – einfachere und vor allem schnelle Werkzeuge für die Investitionsbewertung finden hier einen ihrer größten Vorteile – dies erkennt man auch an dem Studienergebnis von *Graham and Harvey*. Auch können diese von weit weniger spezialisiertem Personal bedient und bewertet werden. Es ist also abhängig vom Projekt, inwiefern und in welchem Ausmaß Investitionsregeln Anwendung finden. Betrachtet man eine NPV-Analyse und vergleicht diese mit einer umfangreichen ROA-Analyse, erkennt man, dass entschieden werden muss, inwiefern die zur Verfügung stehenden Instrumente eingesetzt werden, um für die damit einhergehenden Kosten den maximalen Nutzen zu ziehen. Aus dieser Überlegung lässt sich eine einfache aber fundamental wichtige Zielsetzung ableiten: Eine Modifikation muss praktikabel sein, damit eine Anwendung von Nicht-Spezialisten im Bereich der Stochastik möglich ist. Viel mehr wichtig ist, ein Gefühl für die Treibhausgasemissionsabhängigkeit des betrachteten Investments zu entwickeln und in einfacher Weise eine erste Abschätzung über die Sensibilität gegenüber Emissionspreisen zu erlangen.

Investitionen und Projekte unterliegen in fast ausschließlich beinahe allen Fällen Unsicherheiten und Risiken. Neben der im technischen Bereich so wichtigen Sicherheitsanalyse oder Risikoevaluierung hinsichtlich Umwelt-, Arbeits- und Anlagenschutz, ist die im Projektmanagement angesiedelte Risikoevaluierung und Bewertung ebenfalls ein wichtiges Instrument, um bei Investitionsentscheidungen die für das Unternehmen bestmögliche Option zu wählen. Risiken erkennen (Evaluierung) und auf die damit verbundenen Auswirkungen in Abhängigkeit deren Wahrscheinlichkeit zu bewerten, bildet eine fundamentale Tätigkeit, um den erzielenden Erfolg zu sichern. Dies sollte nicht vernachlässigt werden. Für die Risikoevaluierung und Bewertung stehen in der heutigen Fachliteratur sozusagen „Berge an Tools“ bereit. Um darauf aufmerksam zu machen, sind in diesem Kapitel ausgewählte Methoden hinsichtlich des Grundgedankens vorgestellt. Ziel ist es, dem Leser oder Leserin hinsichtlich der Risiken bei

Investitions- und Projektentscheidungen aufmerksam zu machen damit diese bei der Anwendung von Investitionsregeln nicht vernachlässigt werden. Denn, angenommen, steht einem hohen NPV ein fatales Risiko mit höherer Wahrscheinlichkeit gegenüber, so ist man als Manager oder Managerin oft besser beraten, ein Investment mit geringerem NPV bei vergleichsweise geringer Risiko-Auswirkung dem anderen vorzuziehen, um für die Stakeholder nachhaltig zu wirtschaften. Einerseits ist somit erkannt, dass Risiken für Investitionen und Projekte eine potenzielle Gefährdung darstellen und die mit den Investitionsregeln berechneten Faktoren damit nur korrekt sind, sofern das Risiko sich nicht bewahrheitet. Es lässt sich damit die Unsicherheit solcher Investitionsregeln untermauern. Kehrt man zu der Idee zurück, die Treibhausgasemissionen in Investitionsregeln einzubetten, so erkennt man ohne weiterer Argumentation, dass eben jene Treibhausgasemissionen durch ihre mit Unsicherheit behaftete Bepreisung ein für Investitionen und Projekte markantes Risiko darstellt. Es ist somit ratsam, das Risiko der schwankenden, steigenden oder fallenden Treibhausgasemissionspreise in der Investitionsrechnung einzubeziehen neben anderen wichtigen Kenngrößen, u.a. der Preis für die Rohstoffe oder Zukaufteile sowie für die Preise am Absatzmarkt für das produzierte Gut.

Investitionsregeln und die Verbindung zur Risikoevaluierung und Bewertung bildet somit eine nicht zu vernachlässigende Einheit und sollte Hand in Hand gehen damit die für das Unternehmen zur Verfügung stehenden Ressourcen nachhaltig in Verwendung stehen. Die wohl einfachste Methode ein erhöhtes Risiko abzubilden, ist die Erhöhung der für die NPV-Berechnung heranzuziehenden Kapitalkostenrate (Zinsrate, Diskontierungsrate). Diese Herangehensweise hat geringfügigere NPV-Werte als Ergebnis. Doch nachteilig anzumerken ist die weiterhin nicht erkennbare Abhängigkeit von den Treibhausgasemissionen. Eine explizite Darstellung von Emissionspreisen ist einer impliziten vorzuziehen. Unterliegen Faktoren und Eingangsparameter von Investitionsrechnungen einer Unsicherheit, also einer stochastischen Verteilung, so treten stochastische Berechnungsprozesse anstatt fester Werte in den Vordergrund – das Risiko wird somit durch Zufallsvariablen widerspiegelt. Als Ergebnis solcher Berechnungen steht oft nicht ein fester Faktor, z.B. ein NPV, sondern vielmehr eine Verteilung von möglichen NPV-Werten mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten. Um dies zu verdeutlichen, denke man an den Einfluss von schwankenden Treibhausgasemissionspreisen und nehme man an, dass daraus resultierend die berechneten NPVs ebenfalls einer Schwankung unterliegen, so kann man dem jeweiligen Emissionspreis einen NPV zuordnen – es wird von einem eher dynamischen als statischen Berechnungsprozess gesprochen. Dynamisch stochastische Berechnungsprozesse sind unhandlich und brauchen Spezialisten sowie programmierte Programme, eine einfache und schnelle Handhabung ist somit unwahrscheinlich, gar undenkbar für Projekte, welche die Kosten einer solchen Analyse nicht rechtfertigen. Risiken, oder Abhängigkeiten von risikobehafteten Faktoren, lassen sich anhand Sensibilitätsanalysen erkennen. Der Gedanke ist einfach, durch die Einführung einer Treibhausgasemissionsabhängigkeit bei gängigen Investitionsregeln, lässt sich durch die Variablenwahl eine Sensibilitätsanalyse durchführen, welche die Abhängigkeit und das Risiko anhand von Kurven verbildlichen.

In weiterer Folge werden in aller Kürze die wichtigen Investitionsregeln wie die Net Present Value (NPV) Methode, die Internal Rate of Return (IRR) Regel und die Real Option Analyse präsentiert. Neben der theoretischen Einleitung und Grundzüge der Methoden, sollen bereits erste Schritte hinsichtlich einer Abhängigkeit von Treibhausgasemissionen gezeigt werden damit der Gedanke und der wirtschaftliche Einfluss hervorgehoben wird. Ergänzend findet die Payback Regel wegen der immer noch hohen Popularität und Anwendung der Vollständigkeit Platz.

2.1 Projektinvestitionsregeln

Das Management eines Unternehmens hat die Aufgabe gegenüber Share- und Stakeholder sowie im Sinne der wirtschaftlichen-, ethnischen-, sozialen- oder ökologischen Verantwortung, auf nachvollziehbarer und bewusster Art und Weise unter der Beachtung der zum Zeitpunkt vorherrschenden Rahmenbedingungen, Entscheidungen über Investitionen und Projekte zu treffen. Sogenannte Projektinvestitionsregeln geben Aufschluss darüber, ob ein Projekt oder das damit zu realisierende Investment hinsichtlich der dem unternehmerischen Denken gerichteten Gewinnerzielung und dahin einhergehenden Wertsteigerung des Unternehmens genügt. Diese *Regeln* untersuchen, unter Beachtung von Formelwerken, einen wirtschaftlich repräsentativen Faktor – dieser unterscheidet sich in Abhängigkeit der angewandten Regel und Methode. Um darüber einen Überblick zu erlangen sind in diesem Kapitel in aller Kürze die gängigsten und prominenten Investitionsregeln *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR) sowie die *Payback* Regel einleitend theoretisch vorgestellt werden. Auch die Methode hinsichtlich des Konzepts der *Real Options Analysis/Approach* (ROA) ist in diesem Kapitel enthalten. Alle Regeln und Methoden werden mit dem einfachen Formelwerk vorgestellt und die darin vorkommenden Faktoren und Variablen werden dem Leser vermittelt, ohne auf dessen Berechnung oder Festlegung im Detail einzugehen²².

Grundlegend zielen alle in Folge vorgestellten Investitionsregeln darauf ab, einen wirtschaftlich vergleichbaren Faktor zu berechnen, um eine Entscheidung für oder gegen die Investition oder Investitionen zu treffen. Für deren Verdeutlichung, stelle man sich die Investitionsmöglichkeiten, die Projekte A, B und C vor. Alle Projekte befinden sich im Projektportfolio eines im Gedankengang vorzustellenden Unternehmens und binden in dessen jeweiligen Ausführung eine definierte Anzahl an Ressourcen. Alle drei Projektoptionen liefern zum Zeitpunkt der Investitionsentscheidung, langfristig gesehen, eingehende, also aus der Sicht des Unternehmens positive Cash-Flows (CF). Das Unternehmen erzielt durch die Investition in die Projekte spätere Gewinne – zumindest sei dies für das in Folge präsentierte Gedankenspiel prognostiziert. Die für die Ausführung der Projekte notwendigen Ressourcen führen zu austretenden, also aus Sicht des Unternehmens negative Cash-Flows. Begrenzte Ressourcen innerhalb und/oder außerhalb eines Unternehmens, zwingt dieses zur bestmöglichen und optimalen Einsetzung jener Ressourcen, welche unter Betrachtung aller Möglichkeiten des Unternehmens zur Verfügung stehen. Im Gedankengang und folgenden einfachen Beispiel, benötigt Projekt A 100 Ressourcen, Projekt B 40 Ressourcen und Projekt C 80 Ressourcen²³. Angenommen ist, dass sich die beiden Projekte A und B kombinieren lassen. Projekt C lässt sich in der Annahme nicht kombinieren. Demzufolge muss vom Management entschieden werden, inwieweit die zur Verfügung stehenden Ressourcen einzusetzen sind, um den bestmöglichen Nutzen für das Unternehmens daraus zu ziehen. Dieser Gedankengang widerspiegelt ein in der Praxis²⁴ immer wieder auftretendes Problem. In der weiteren Vorstellung der aufgelisteten Investitionsregeln wird der hier eingeleitete Gedankengang weiterverfolgt und präzisiert.

²² Es sei für Details auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

²³ Projekte benötigen unterschiedliche Ressourcen, klassische Vertreter sind Geld, Zeit oder Personal. Um den präsentierten Gedankengang einfach zu halten, wird von einer im Allgemeinen zu sehenden Ressource gesprochen.

²⁴ Beruflich als auch im Privatem.

2.1.1 Net Present Value (NPV) Regel und Internal Rate of Return (IRR) Regel

Die Net Present Value Regel berücksichtigt den gegenwärtigen Netto-Wert der Investition unter Berücksichtigung aller zukünftigen Cash-Flows im betrachteten Zeitraum T . Dafür werden die der in Zukunft auftretenden Cash-Flows CF_t um die festgelegte Zinsrate r_t nach dem Zinseszinsprinzip abgezinst – der erwartete Zeitwert des Geldes²⁵ wird somit berücksichtigt. Die Formel (1) zeigt die NPV-Berechnung in einfachster Form. Der zweite Term in der Formel (1) beschreibt die Summe der *Present Values* (PVs), also die Summe aller Werte der zukünftigen Cash-Flows bezogen auf den Zeitpunkt $t=0$.

$$NPV = C_0 + \sum_{t=1}^T PV_t = C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + r_t)^t} \quad (1)$$

Bei Investitionsentscheidungen muss grundsätzlich unterschieden werden zwischen Single-Projekt oder Auswahl und damit verbundener Entscheidungen aus einem Projektportfolio. Ist der NPV-Wert positiv, ist ein Single-Projekt rentabel. Bei einer Auswahl von Projekten aus einem Projektportfolio zieht man jene Projekte mit dem im Summe gebildeten höchsten NPV-Wert jenen vor mit niedrigem (Berk and DeMarzo, 2020).

Bevor der einleitende Gedankengang anhand des Beispiels der Projekte A, B und C weitergeführt wird, ist an dieser Stelle in aller Kürze die Internal Rate of Return Regel vorgestellt. Die Berechnung des NPV-Wertes erfolgt wie in Formel (1) ersichtlich unter der Verwendung der Diskontrate r_t , oder anders ausgedrückt, durch das Heranziehen einer Abzinsungsrate. In dieser Abzinsungsrate werden in der Regel allfällige Risiken mitberücksichtigt. Beispielweise und in aller Einfachheit lässt sich eine Abzinsungsrate aus der Kapitalkostenrate (Zinsen) und einem Risikozuschlag aufgrund wirtschaftlicher Unsicherheit berechnen. Der Gedanke, dass sich in diesem Faktor ebenfalls Emissionsrisiken einbetten lassen, ist an dieser Stelle für das folgende Kapitel gedanklich zu vermerken, jedoch für die folgenden Darstellungen nicht weiter relevant. Die Diskontrate r_t , mit welchem zukünftige Erträge/Cash-Flows abgezinst werden, kann durchaus komplexeren Berechnungsmodellen unterliegen – in der Literatur stehen einige Modelle dafür zur Verfügung (z.B. CAPM). Aufbauend auf der für die Berechnung des NPV-Wertes wichtigen Diskontrate r_t , soll der Internal Rate of Return (IRR) Wert erläutert werden. Die sogenannte IRR-Regel besagt, dass in eine Investitionsmöglichkeit investiert werden soll, sofern der IRR-Wert die Kapitalkosten übersteigt (Berk and DeMarzo, 2020). Vereinfachend ausgedrückt, übersteigt der IRR-Wert die Kapitalkostenrate, bislang durch die Diskontrate r_t in Formel (1) ausgedrückt, ist die Investitionsmöglichkeit rentabel²⁶. Um den IRR-Wert zu ermitteln, ist in der Formel (1) der NPV-Wert null zu setzen und die Laufvariable $r_t = IRR$ zu definieren²⁷. Es gilt somit die in Formel (2) dargestellte mathematische Formulierung.

$$NPV = NPV(r_t = IRR) = 0 \quad (2)$$

²⁵ Es kann sich nur um eine Annahme handeln, da der tatsächliche Wert des Geldes im Vorfeld einer Marktanalyse und Prognosen unterliegt; vgl. Wirtschaftswachstum und Inflation.

²⁶ Achtung: Die IRR Regel unterliegt einigen Schwächen, es wird empfohlen diese Regel nicht alleinstehend anzuwenden. Siehe für Details Berk and DeMarzo (2020).

²⁷ Nachdem es sich je nach Laufdauer, abhängig vom Faktor T , um eine nicht-lineare Gleichung handelt, werden mathematische Nullstellensuchverfahren, u.a. das Newton-Raphson-Verfahren, für die Gleichungslösung empfohlen.

Zurückkehrend zu dem einleitenden Gedankengang und Beispiel; wie bereits erwähnt stehen dem Unternehmen 100 Ressourcen zur Verfügung für die Investitionsmöglichkeit in die Projekte A, B und/oder C. Jedes Projekt hat unterschiedlich intensiven Ressourcenaufwand wobei sich dadurch ein Ausschlussprinzip ergibt. Die im Projektportfolio enthaltenen Projekte A, B und C lassen sich in der Kombination A und B (entspricht einen Ressourcenaufwand von 140) oder Projekt C (entspricht einem Ressourcenaufwand von 80) durchführen. Um der Verdeutlichung und Präsentation der Investitionsregeln keine Komplexität einzubringen, sind die Kapitalkosten für die betrachteten drei Projekten mit 5% ($r_t = 0,05$) gleich angenommen und mit einer Zeitdauer von 5 Jahren ($T = 5$) betrachtet. Zusätzlich sollen die über die Zeitdauer erwirtschafteten Cash-Flows konstant sein, somit gilt: $CF_t = \textit{konstant}$.

Die Tabelle 2 zeigt die Annahmen für die Berechnung aufgelistet über die Projekte A, B und C sowie über die Kombination A+B. Die Berechnungsergebnisse für NPV und IRR sind ebenfalls in der Tabelle enthalten. Gemäß der NPV-Regel ist eine Investition in Projekt C für das Unternehmen empfehlenswert, der NPV-Wert ist mit 6,59 angegeben. Das bedeutet, dass sich mit der Investition in Projekt C der Unternehmenswert zum Zeitpunkt $t=0$ um den berechneten NPV-Wert erhöht, obwohl das Projekt C als Einzel-Projekt einen geringen Cash-Flow von 25 pro Periode im Vergleich zu der Kombination A+B mit einem Cash-Flow von 30 pro Periode dem Unternehmen einbringen würde.

Tabelle 2: Investitionsmöglichkeiten Projekte A, B und C.

	CF_0	CF_t	r_t	T	NPV	IRR
Projekt A	-100	20	5%	5	-13,41	0%
Projekt B	-40	10	5%	5	3,29	7,9%
Projekt C	-80	25	5%	5	6,59	7,9%
Projekte A+B	-140	30	5%	5	-10,12	2,3%

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Zeitwert des Geldes, oder das Diskonten, lässt sich anhand des Projekts A verdeutlichen. Projekt A benötigt eine Investition von 100 und bringt dem Unternehmen einen konstanten Cash-Flow von $CF_t = 20$ über die Laufdauer von fünf Perioden. Ohne der Berücksichtigung des Zeitwertes scheint das Projekt nach fünf Perioden „abgezahlt“ und steuert in den profitablen Bereich (Payback Regel). Durch die Berücksichtigung des zu erwarteten tatsächlichen Geldwertes, dies geschieht durch die Abzinsung, ergeben sich jedoch geringere Werte als der erwartete Cash-Flow von 20 pro Periode – der NPV-Wert ist bei Projekt A negativ. Es sollte daher keinesfalls in Anlehnung zu der NPV-Regel in Projekt A investiert werden²⁸. Auch die Kombination der beiden Projekte A und B, mit dem summierten konstanten Cash-Flow von $(CF_A + CF_B)_t = 30$, liefert bei angenommenen Kapitalkosten von 5% eine dem Projekt C benachteiligte Prognose über den Unternehmenserfolg und ist daher ebenfalls gemäß der NPV-Regel zu vernachlässigen.

Wie bereits angemerkt, empfiehlt es sich die IRR-Regel in Kombination einzusetzen– dies verdeutlicht sich anhand der Betrachtung der beiden Projekte B und C. Beide Projekte weisen einen berechneten IRR-Wert von 7,9% auf und sind somit größer als die veranschlagten Kapitalkosten r_t von 5%. Unter der Beachtung der NPV-Regel ist jedoch eine Investition in die beiden Projekte A und B oder in Projekt B für das Unternehmen unwirtschaftlich und folgend der NPV-Regel nicht zu empfehlen. In Abbildung 10 sind die in Tabelle 2 gezeigten Ergebnisse von NPV und IRR in Diagrammform graphisch gezeigt um die Abhängigkeit zwischen NPV und der

²⁸ Unabhängig von der NPV-Regel können durchaus vielfältige Gründe für die Durchführung vorhanden sein; z.B. Marketing, Instandhaltung, etc.

Diskontrate zu verdeutlichen. Legt man auf der Abszisse den Wert der Diskontrate fest, so liest man die in Tabelle 2 gezeigten NPV-Werte auf der Ordinate, bei Kapitalkosten von 5%, je nach Projekt ab. Erinnernd an die IRR-Regel lassen sich mit Hilfe dieser graphischen Darstellung mit Einfachheit die Projekte B und C mit $IRR > 5\%$ identifizieren ($NPV=0$). Darüber hinaus ist die Steigung²⁹ der Kurven hervorzuheben, würden die Kapitalkosten über den IRR steigen, wäre der Verlust mit Projekt B geringer als mit Projekt C – bei beiden Projekten wird der NPV-Wert in diesem Fallbeispiel negativ.

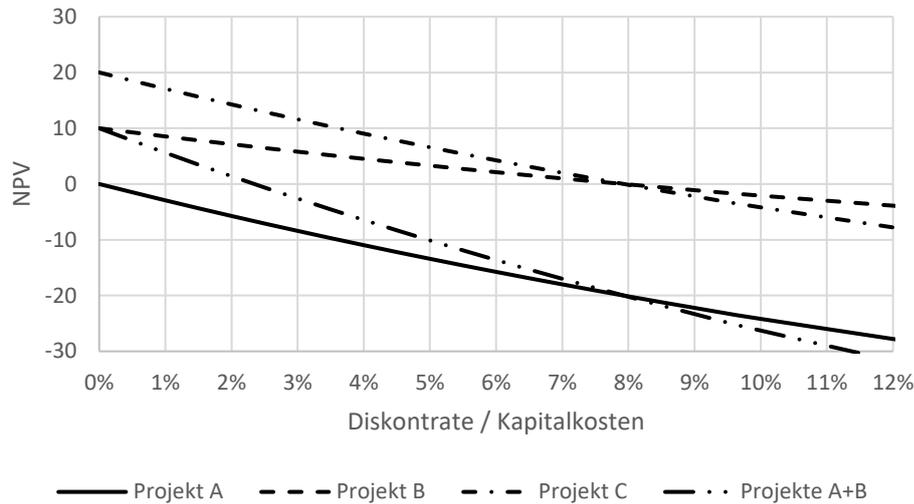


Abbildung 10: Investitionsmöglichkeiten Projekte A, B und C.
Quelle: Eigene Darstellung.

Bislang, um die Konzepte der NPV- und der IRR-Regel zu verdeutlichen, wurden konstante Werte bei den zukünftigen mit Unsicherheit behafteten Cash-Flows CF_t , sowie bei der Diskontrate r_t , angenommen. Da die Investitionssumme C_0 im Vergleich mit einer hohen Sicherheit verbunden ist, bleibt diese als bekannt und damit fest gegeben vorausgesetzt. Um das Gedankenspiel weiter zu treiben, können mit der Einbeziehung von Risiken unterschiedliche Szenarien i berechnet werden. Ohne auf weitere Details einzugehen, wäre es denkbar, die bislang konstanten Werte durch Funktionen mit dem Laufparameter Periode t zu definieren. Diese Erweiterung der Formel (1) ist in der gezeigten Formel (3) dargestellt.

$$NPV_i(t) = C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_i(t)}{(1 + r_i(t))^t} \tag{3}$$

Die NPV-Regel ist mathematisch robust, begründet durch ein einfach gehaltenes Formelwerk. Modifikationen und Erweiterungen der Grundformel lassen sich mit der genaueren Untersuchung der Faktoren $C_i(t)$ ³⁰ sowie $r_i(t)$ bewerkstelligen – insbesondere für die Untersuchung inwieweit Treibhausgasrisiken eingebettet werden könnten. Neben der Robustheit und einfachen Handhabung weist die Berechnungsmethode der diskontierten Cash-Flows einen nicht von der Hand zu weisenden Nachteil auf; die zukünftigen Cash-Flows als auch die damit einhergehenden Kapitalkostenraten müssen in jedem Zeitschritt bekannt sein – hier entstehen durch Prognosen unvermeidbare Risiken und Unsicherheiten. Abgesehen davon, werden stets die Investitionsmöglichkeiten zu einem definierten Zeitpunkt gegenübergestellt. Um den CO₂-

²⁹ $NPV' = \frac{dNPV(r)}{dr}$.

³⁰ Der Indices i beschreibt einen Laufparameter.

Einfluss sowie andere Abhängigkeiten in Formel (3) einzubetten, wird motiviert durch die Arbeit von *Yang and Blyth* die Formel (3) modifiziert und mit Formel (4) neu geschrieben. In Formel (4) ist mit zusätzlichen Parametern angedeutet, dass die NPV-Methode durchaus von einigen Parametern abhängig gemacht werden kann. Doch, desto mehr Parameter einfließen, desto höher ist die Unsicherheit und die Wahrscheinlichkeit einer Verfehlung steigt. Andererseits wird durch die Detailierung Einblick gegeben. Für die Verdeutlichung dieses weiteren Gedankenganges wurde der NPV von dem Preis der CO₂-Treibhausemissionen P_{CO_2} , dem Preis der Rohstoffe der Produktion P_{Roh} sowie dem zu erzielenden Verkaufspreis P_{Verk} zusätzlich zum Laufparameter t abhängig gemacht. Alle Parameter sind in der Regel zeitlich nicht konstant und unterliegen einer Wahrscheinlichkeitsberechnung (vgl. ROA in Kapitel 2.1.2). Die Diskontrate wurde ersetzt durch die Kapitalkostenrate WACC³¹ (Weighted Average Cost of Capital) ersetzt.

$$NPV_i(t, P_{CO_2}, P_{Roh}, P_{Verk}) = C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_i(t, P_{CO_2}(t), P_{Roh}(t), P_{Verk}(t))}{(1 + r_{iWACC}(t))^t} \quad (4)$$

Um dies zu verdeutlichen, sei ein Gedanke stützend auf die in Abbildung 8 (siehe Seite 13) gezeigten Emissionspreise in weiterer Folge angeführt. Festzuhalten ist, dass die Emissionspreise im Vorfeld nicht bekannt sein können und einer reinen Abschätzung mit Unsicherheiten unterliegen. Zur Vereinfachung, sämtliche Parameter bis auf den Emissionspreis P_{CO_2} sollen konstant über den Berechnungszeitraum T sein. Um an das bisher verfolgte Beispiel der Projekte A, B und C anzuknüpfen ist in der Abbildung 11 der NPV qualitativ in Abhängigkeit vom CO₂-Preis dargestellt. Für die im Gedanken habenden Berechnung, wurde vereinfachender Weise ein konstanter CO₂-Preis in der Höhe von 5% vom eingehenden Cash-Flow angenommen. Eine weitere Annahme ist, dass Projekt A trotz seines negativen NPV bei einem WACC von 5%, einen konstant steigenden NPV-Trend bei steigendem CO₂-Preis hat. Die beiden Projekte B und C weisen bei steigenden CO₂-Preisen einen negativen Trend auf, sodass der eingehend berechnete positive NPV ab einem bestimmten CO₂-Preis negativ wird und somit eine Investition bei hoher CO₂-Preislage in die beiden Projekte B und C nach der NPV-Methode nicht ratsam ist. Projekt A ist wiederum erst ab hohen CO₂-Preisen rentabel.

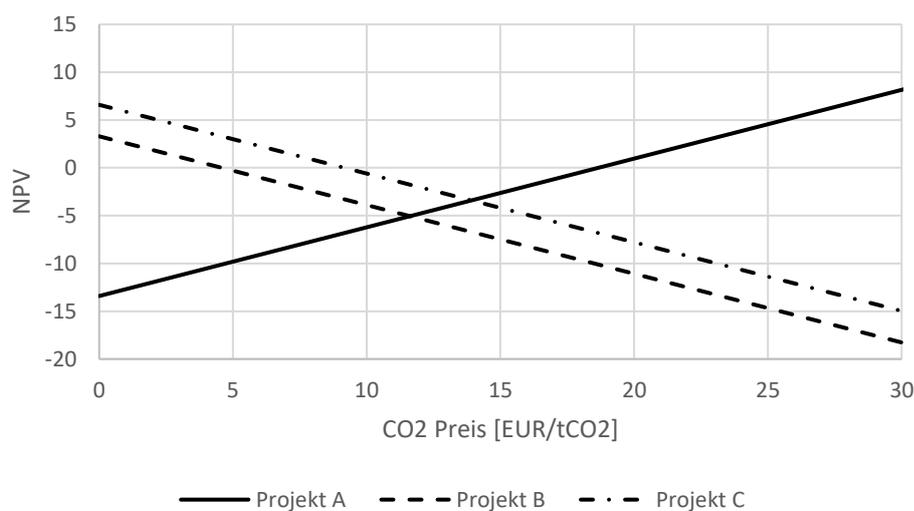


Abbildung 11: NPV nach CO₂ Preis der Projekte A, B und C.
Quelle: Eigene Darstellung.

³¹ Siehe Definition des WACC in einschlägiger Literatur.

Im obigen Beispiel der Projekte A, B und C sind gezielt die Charakteristiken von Technologien im Energiesektor eingeflossen. Das Projekt A verkörpert qualitativ eine NPV-Berechnung von Technologien, welche eine höhere Investitionssumme bei ähnlichen Absatzmarktpreisen aufweisen. Beispielweise sind Kohlekraftwerke mit einer modernen Rauchgasreinigungsanlage in der Anschaffung teurer als jene, welche ohne diese ausgestattet werden. Die Strompreise sind jedoch davon unabhängig. Vorteilhaft gestaltet sich eine solch teure Abgasreinigungsanlage im Falle von hohen CO₂-Emissionspreisen – ein Motivationsanstoß für die Investoren in derart *saubere*³² Systeme trotz höheren Anschaffungskosten zu investieren³³. Vergleicht man erneut den in Abbildung 8 dargestellten Preisverlauf der CO₂-Emissionszertifikate über die Jahre hinweg, erkennt man, dass Projekt A rein hypothetisch erst ab dem Jahr 2018 (vgl. CO₂-Preis) in Richtung Lukrativität gesteuert wäre. Der Preisanstieg regt zum Umdenken an. Dahingehend kann die nachteilige Schwäche der NPV-Methode mit der klassischen Diskontierung der zukünftigen Cash-Flows hervorgehoben werden; Preisänderungen aufgrund von Marktlagen und ähnliches Fehlen in einem stochastischen Ansatz sowie die Option die Investition zu einem späteren Zeitpunkt durchzuführen.

Für die Evaluierung, inwiefern Preisänderungen oder Änderungen bei wichtigen Berechnungsparametern einen Einfluss und Auswirkungen haben, man denke mitunter an die Diskontrate, ist eine Sensibilitätsanalyse vorteilhaft. Darunter wird verstanden, einzelne Parameter in Abhängigkeit ihrer Risikobehaftung zu verringern oder zu erhöhen. Das Formelwerk wird mit dem veränderten Eingangswert NPV_b erneut berechnet und mit den eigentlichen Plan-Wert NPV_a verglichen; hierfür dient in allgemeiner Schreibweise die Formel (5). Darin ist ΔNPV die Veränderung in Prozent der beiden Parameter NPV_a und NPV_b .

$$\Delta NPV = \frac{NPV_b - NPV_a}{NPV_a} 100\% \quad (5)$$

In Formel (5) wurde demonstrativ als Parameter der NPV herangezogen, um den in diesem Kapitel herrschenden Kontext zu bewahren. Trotz dieser gewählten Veranschaulichung ist es wichtig anzumerken, dass eine Sensibilitätsanalyse für etwaige Anwendungen geeignet ist für die Detektion der Zusammenhänge; ggf. führt eine Sensibilitätsanalyse dazu, dass Einflussgrößen in ihrer Risikobewertung höher und geringer bewertet werden.

Zusammenfassend lässt sich anhand der präsentierten Formel (4) leicht erkennen, dass die eingeführten Abhängigkeiten erneut einem Formelwerk auf Basis stochastischer Berechnungen erfolgen müssen. Umso genauer die Prognosen stimmen, desto präziser werden die Investitionsberechnungen. Nichtsdestotrotz lässt die NPV-Methode die essenzielle Notwendigkeiten aus multiplen Optionen zu wählen nicht zu. Aus diesem Grunde soll in weiterer Folge das Konzept *Real Options Approach* (ROA) und deren Kombination mit dem NPV bei Investitionsberechnungen überblickgemäß betrachtet werden.

³² *Saubere* Energielösungen; in Anbetracht der Tatsache, dass neben dem eigentlichen Betrieb einer Anlage oder einer Energie *produzierenden* Einheit (z.B. eine Windkraftanlage), das gesamte Spektrum betrachtet werden muss, sowie dessen Auswirkung auf die Umwelt hinsichtlich anderen als CO₂-Emissionseinflüssen, ist mit dem Wort „sauber“ in verantwortlicher Weise umzugehen und der Sinn dahinter ggf. stets zu hinterfragen.

³³ Bis zum Jahr 2017 waren die CO₂-Preise vergleichsweise gering, sodass ein Anstoß, und der damit eigentlich gewünschte Effekt, die Dekarbonisierung, weiter anzukurbeln, ausblieb. Durch die in den vergangenen Jahren erhöhten CO₂-Emissionspreise verstärkt sich der Effekt und es entsteht eine Art „Hebelwirkung“ in *sauberere* Energielösungen zu investieren, welche im Vorfeld, verglichen mit kostengünstigeren Lösungen, nicht investitionsreif waren.

2.1.2 Real Options Approach (ROA)

Im Gegensatz zu den bereits vorgestellten Investitionsregeln, die statische NPV- und IRR-Methode, bietet die Methode *Real Options Approach*³⁴ (ROA) einen dynamischen Ansatz mit stochastischer Werteberechnung und kann damit für den Industriebau durchaus als geeignete Methodik in Betracht gezogen werden. Einhergehende Unsicherheiten in der Investitionsrechnung sind mit stochastischen Ansätzen abbildbar. Nach der ROA-Methode wird unter den verfügbaren Optionen von realen Vermögenswerten, zum Beispiel eine Anlage, unter Einbeziehung aller betrachteten Unsicherheiten das verfügbare Optimum ermittelt. Im Gegensatz zu statischen Ansätzen werden bei ROA dynamische Wahrscheinlichkeitsberechnungen mit stochastischer Vorgehensweise eingebunden. Damit können zukünftige Unsicherheiten abgebildet werden. Beispielweise unterliegen Rohstoffpreise, Energiepreise, oder aber auch CO₂-Preise einer Unsicherheit und sollten bei einem Portfoliovergleich einbezogen werden. Unter ROA spielt nichtsdestotrotz das Akronym des NPVs eine Rolle. Wie im vorangegangenen Kapitel angedeutet, entsteht die Notwendigkeit einer solchen Einführung aus mehrerlei Hinsicht. Erstens, in der Berechnungsformel des NPVs werden lediglich zukünftige mit Unsicherheit behaftete Cash-Flows mit deren Kapitalkostensätze betrachtet (vgl. Formel (3)). Zweitens, Unsicherheiten müssen in den zur Verfügung stehenden Parametern einbettet werden, beispielweise kann die Kapitalkostenrate um einen Risikozuschlag erweitert werden um die in Zukunft prognostizierten und erwarteten Cash-Flows zu reduzieren (diskontieren). Womit jedoch das Problem der Unschärfe sowie der Vorhersehbarkeit der zukünftigen Cash-Flows nicht gelöst wird. Drittens, Projekte im Industriebau errichten für gewöhnlich produzierende Anlagen oder Anlagenteile. Der Ertrag dieser Anlagen hängt im starken Maße vom Preis der für die Produktion notwendigen Rohstoffe oder Edukte, als auch von dem am Abnehmermarkt mit dem produzierten Gut zu erzielenden Preis, ab. Schlussendlich, neben diesen offensichtlichen Notwendigkeiten der Produktionskette und den unternehmensinternen Kosten³⁵, wirken indirekt eintretende Risiken und damit einhergehende Kosten fatal, sofern diese unbeachtet bleiben, aus – im Energiesektor sind dies beispielweise der Abnehmerpreis oder eben auch die CO₂-Emissionskosten³⁶.

Nach einer Untersuchung von *Yang and Blyth* sind bei Investitionen im Energiebereich drei fundamentale Charakteristiken von unbedingter Notwendigkeit und sollten daher in einer Projektevaluierung in einer quantitativen Form enthalten sein:

1. Irreversibilität der Investition,
2. Unsicherheit und
3. Flexibilität.

Die im Industrie- und Energiesektor zu tätigen Investitionen und Projekte sind nach der Investition zum großen Teil irreversibel. Sogenannte *Sunk-Cost* Effekte treten auf, insofern die Entscheidung und Investition eine nachträglich unvorteilhafte ist. Umstände zu Beginn der Investitionsentscheidung können sich über die Projektlaufdauer verändern, sodass die initial angenommenen Kalkulationswerte ungültig und das Vorhaben sich nach den Anwendungskriterien der NPV-Methode als unwirtschaftlich revidieren (vgl. Abbildung 11). Oft stellt sich die Frage, sollen weitere Mittel für die Investition und Projekt aufgewandt werden nachdem erkannt wurde, dass die Gefahr der Unwirtschaftlichkeit realistisch erscheint? Nach Zuhilfenahme der Investitionsregeln wohl kaum, zumindest unter der Voraussetzung diese mit

³⁴ Real Options Analysis, deutsch: Realloptionsanalyse.

³⁵ Unternehmensinterne Kostenrechnung; Fix- und variable Kosten.

³⁶ Technologie spielt hier eine bedeutende Rolle.

plausiblen Daten ausgestattet zu haben. Nichtsdestotrotz stehen Entscheidungsträger hinsichtlich dieser Effekte oft aus psychologischen Gründen hinter ihrer Entscheidung ehe das Vorhaben abgebrochen, verschoben oder in reduzierter Form realisiert wird. Die ROA-Methode unterstützt den Gedankengang hinsichtlich der Flexibilität – der Gedanke, Investitionen und Projekte nicht unmittelbar durchführen zu müssen. Es wird also auf den optimalen Zeitpunkt der Investitionsentscheidung geachtet. Hingegeben bei statischen Ansätzen der Zeitpunkt der Investition klar definiert ist. Projekte im Energie- und Industriesektor haben mitunter eine starke Risikoabhängigkeit hinsichtlich des Investitionszeitpunktes, denke man beispielweise an den in Kapitel 1.3 diskutierten CO₂-Preis. Für den Anlagenbetrieb sind CO₂-Kosten in den sogenannten OPEX einzuberechnen, sofern dies die Technologie der neuen Investition nicht zu vermeiden vermag (Yang and Blyth, 2007; Kardes *et al.*, 2013).

Darüber hinaus schreiben *Kruk and Nikulina* dass ROA eine Möglichkeit schafft optimale Entscheidungen zu treffen sofern hier eine quantitative Analyse in ausreichender Informationsdichte dem Management vorliegt. Die Anwendung wird empfohlen, insofern bei der Investition oder des Projekts eine hohe Unsicherheit hinsichtlich des zu erreichenden Endzustandes vorherrscht. Dem zuständigen Management wird ermöglicht, flexibel nach besten Informationsstand zu agieren denn oft ist der Projekterfolg im starken Maße von den Entscheidungen des Managements abhängig.

Die klassische Berechnung der diskontierten Cash-Flow Methode (DCF) lässt eine derartige Dynamik nicht zu und muss für die Modellierungen zukünftiger Unsicherheiten erweitert werden. Bereits *Dixit and Pindyck*, oder *Hubbard*, präsentierten unter der Einbeziehung des *Wiener Prozesses*, auch bekannt als *Brownsche*³⁷ Bewegung, den in Abbildung 12 dargestellten stochastischen Prozess. Im rechten Teil der Abbildung wird das Konzept schematisch verdeutlicht, im linken Teil der Abbildung ist die mathematisch schematisch skizzierte Vorgehensweise zu sehen. Dieser lässt sich bei der statischen NPV-Berechnung sinngemäß anwenden. Für die in Abbildung 12 eingesetzten Variable gilt $x_t = NPV_t$ mit den Wahrscheinlichkeiten p und $q = 1 - p$ sowie mit der Laufvariable t für die betrachteten Perioden. Im Modell tritt eine Wahrscheinlichkeit p auf, sodass in der Periode $t = t_0 + \Delta t$ der Wert $NPV_{1_1} = NPV_0 + \Delta h$ oder $NPV_{1_2} = NPV_0 - \Delta h$ annimmt; h steht für die Differenz zweier Perioden.

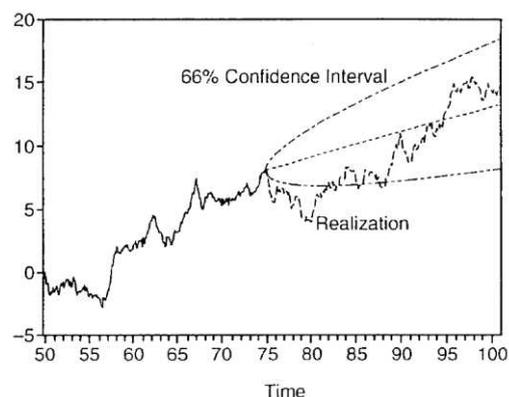
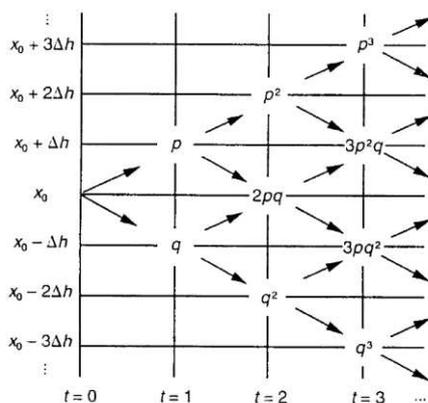


Abbildung 12: Stochastischer Weg nach Brownscher Bewegung.
 Quelle: Dixit and Pindyck, „Investment under uncertainty“, Seite 67 & 68.

³⁷ Robert Brown, schottischer Botaniker.

Oft unterliegen jedoch Preisentwicklungen, zum Beispiel Rohstoffpreise, langfristig betrachtet keiner starken Erhöhung oder Verringerung, sodass die Brownsche Bewegung für diese Modellierungen durch die in Abbildung 13 schematisch gezeigte *Mean-Reverting* Modellierung ersetzt werden sollte. Hintergrund hierfür ist, dass die Brownsche Bewegung die Tendenz innehat, stark vom ursprünglichen Wert abzuweichen. Für die mathematischen Formulierungen dieser Modelle wird auf das Werk von *Dixit and Pindyck* verwiesen.

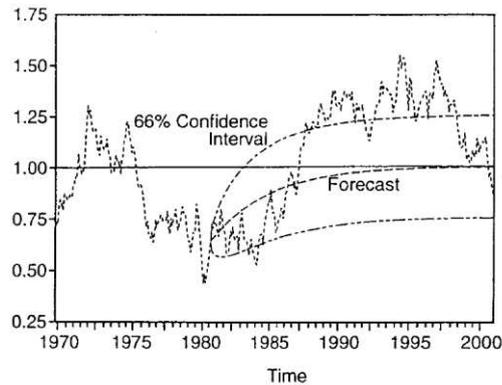


Abbildung 13: Mean-Reverting Bewegung.
Quelle: Dixit and Pindyck, „Investment under uncertainty“, Seite 76.

Unter der Beachtung der ROA-Methode, zeigen *Yang and Blyth* in einem IEA-Paper³⁸ wie die von *Dixit and Pindyck* vorgestellte mathematische Methode für die Optionen Auswahl eingesetzt werden kann. Anders verdeutlicht, potenzielle NPV-Werte möglicher Investitionen und Projekte werden anhand dieser Vorgehensweise berechnet und geben somit die Möglichkeit das bisher in der statischen NPV-Methode bemängelte Fehlen der zeitlichen Flexibilität auszugleichen und damit zu berücksichtigen. Mehr noch, es wird eine Erweiterung der ROA-Methode mit Implementierung von stochastischen Methoden sowie Multi-Szenarios vorgestellt. Damit lassen sich Risiken und Unsicherheiten modelliert abbilden. Der Fokus der Modellierung von *Yang and Blyth* liegt mitunter auf der Erreichung der klimapolitischen Ziele und widerspiegelt das Interesse und die Notwendigkeit, in einfachen Ansätzen vernachlässigte Parameter, u.a. die Emissionspreise, zu berücksichtigen oder gar unterstreichend hervorzuheben als nicht zu vernachlässigende Einflussgröße.

Um über deren Vorstellung der Berechnung einen Überblick zu geben, soll in aller Kürze darauf eingegangen werden. Die Abbildung 14 zeigt die methodische Vorgehensweise und die Berechnungsschritte nach *Yang and Blyth* in vier Modulen. Ohne im Detail auf die Simulation und Berechnungslogik einzugehen, welche hinter jedem Modul stehen, kann die Vorgehensweise mitunter dafür verwendet werden, Investitionen und Projekte hinsichtlich zukünftiger Unsicherheiten (z.B. der CO₂-Preis) gegenüberzustellen und für eine Investitionsentscheidung aufzubereiten. Modul 1 beinhaltet eine Datenbank und bildet somit die Basis für die in Folge in Modul 2 angesiedelte Berechnung von Szenarien und der Modelparameter. Unter anderem werden CO₂-Preise oder Energiepreise berücksichtigt. Im darauffolgenden Modul 3 werden Analysen mit dem traditionellen NPV/DCF Modell (vgl. Kapitel 2.1.1) durchgeführt – sofern diese positiv sind, wird im Modul 4 eine ROA-Analyse durchlaufen.

³⁸ Siehe auch Modelle von *Rothwell, Laughton D. et al.* oder *Sekar*.

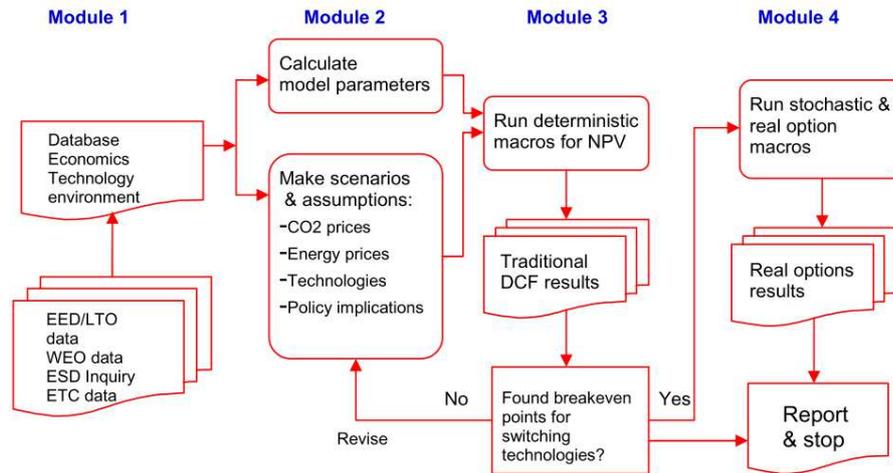


Abbildung 14: Methodische Vorgehensweise nach *Yang and Blyth*.
 Quelle: Yang and Blyth, „Modeling Investment Risks and Uncertainties with Real Options Approach“, International Energy Agency Working Paper Series (2007), Seite 7.

Um die stochastischen Berechnungen in das Modell der NPV-Methode zu verdeutlichen, dies kann wahlweise und in Abhängigkeit der zu parametrisierenden Faktoren erfolgen, wird Formel (4) modifiziert und in Formel (6) neu geschrieben. Darin werden die verwendeten Parameter, der CO₂-Preis, die Rohstoffpreise als auch die Verkaufspreise einer stochastischen Berechnung unterzogen, zum Beispiel mit den in diesen Kapitel präsentierten Modellen. Die zeitliche Abhängigkeit, gemessen wie bisher in Perioden, ist in Formel (6) nicht explizit dargestellt.

$$NPV_i = C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_i (P_{CO_2 Stoch}, P_{RohStoch}, P_{VerkStoch})}{(1 + r_{iWACC})^t} \quad (6)$$

In der erneuten Erweiterung der Grundformel für die Berechnung des NPVs sind stochastische Prozesse eingebaut. Annahmen und Unsicherheiten widerspiegeln sich nun nicht wie bisher in fest gewählten Werten, sondern dadurch, dass diese durch die Wahl der stochastischen Modellierung Zufallswerte annehmen. Unsicherheiten und Schwankungen werden nun von den gewählten Modellen und Modellierungsparameter definiert. Wichtig an dieser Stelle ist die erkennbare Verdeutlichung der stetigen Möglichkeit von weiteren Modifikationen der in der Literatur klassischen Präsentation der NPV-Methode. Bisher wurden wenige Parameter für die Veranschaulichung gewählt, in der Praxis jedoch, werden es abhängig von Branche und Markt, eine nicht zu überschaubare Anzahl sein sofern es ein Anliegen ist, eine hohe Detaillierung zu erreichen. Mitunter sind hohe, und damit unvermeidbare, Kosten als unliebsamer Begleiter einer solchen Analyse zu nennen. Dies unterstreicht umso deutlicher, eine für die Praxis taugliche Methode zu entwickeln um wichtige Parameter, so wie den Einfluss der Treibhausgasemissionen, zu entwickeln.

Nach der dynamisch stochastischen NPV-Berechnung wird nachfolgend, ebenfalls in Modul 4, die Analyse der Real Options (real Optionen) aller möglichen Szenarien, wie in der Abbildung 15 dargestellt, ausgeführt. Die Analyse startet stets mit einer Ausgangssituation und endet in Abhängigkeit mit dem gewählten Weg mit einer Endsituation – die Szenarien bilden sich durch Wahl von den zur Verfügung stehenden Optionen. Die von *Yang and Blyth* gewählte Option- und Szenarien-Veranschaulichung in Abbildung 15 bezieht sich auf die Energie- und Stromproduktion, nichtsdestotrotz kann die Idee und das dahinter stehende Konzept für unterschiedliche Anwendungen herangezogen werden. Zur Veranschaulichung, die Analyse startet mit Szenario A

in Abbildung 15. Im ersten Schritt, und der damit initialen Ausgangslage, ist einerseits von einer *Greenfield*-Option oder andererseits von einer *Existing Power*-Option auszugehen. Daraus ergeben sich unterschiedliche Folgeoptionen. Abhängig davon, welche Option in Betracht gezogen wird, ergeben sich die voneinander unabhängigen Szenarien. Jede Option kann weitere Folge- und Unteroptionen beinhalten. Das Prinzip kann je nach Anwendung beliebig nach diesem Schema fortgeführt werden. Wichtig anzumerken ist jedenfalls die Irreversibilität der mit den Optionen verbundenen Investitionen. Wird in eine Option investiert, so fallen die anderen zur Verfügung stehenden Optionen weg sofern diese keiner kombinierten Methode unterliegen. Stehen dem Unternehmen begrenzte Mittel für zu planende Investitionen zur Verfügung, in der Regel wird dem so sein, wird der Effekt der Irreversibilität damit verdeutlicht, die zur Verfügung stehenden Mittel nicht doppelt einsetzen zu können. Anders ausgedrückt, kauft man Produkt A ist es bei begrenzten monetären Mitteln nicht möglich Produkt B zu erstehen. Ziel einer solchen Real Options Analyse ist es, die zur Verfügung stehenden Optionen und die damit verbundenen Szenarien analog zur statischen NPV-Methode gegenüberzustellen und einen Vergleichsfaktor (z.B. ein modifizierter NPV) zur Entscheidungsfindung zu ermitteln. Die Einbeziehung von dynamischen stochastischen Modellen erlauben die Einbeziehung von den mit Unsicherheiten geprägten zukünftigen Variablen und geben Wahrscheinlichkeiten an inwieweit das Szenario unter den getroffenen Annahmen eintritt.

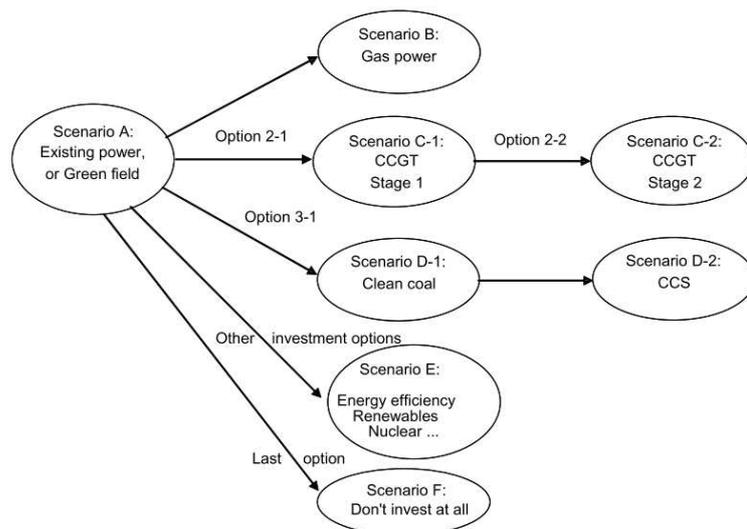


Abbildung 15: Modellstruktur Real Options.

Quelle: Yang and Blyth, „Modeling Investment Risks and Uncertainties with Real Options Approach“, International Energy Agency Working Paper Series (2007), Seite 19.

Eine ROA bedeutet einen hohen mathematischen Aufwand im Vergleich zu einer einfachen NPV-Berechnung. Dieser hohe Aufwand ist unter wirtschaftlicher Betrachtung, eine solch Analyse erfordert Spezialisten sowie eine zu veranschlagende Zeitdauer, für Investitionen und Projekte mit höheren Investitionssummen praktikabel – dies ist unternehmensspezifisch oder projektspezifisch vom zuständigen Management oder Fachpersonal festzulegen. Doch inwiefern auf einfacher Art und Weise die Gefahr von Treibhausgasemissionskosten auf die Investitionsrechnung Einfluss ausübt, ist wie bisher vorgestellt, unter der Einbeziehung dessen Einflusses in die Cash-Flow Berechnung verdeutlicht. Eine dazu entgegenwirkende Annäherung ist in weiterer Folge dieser Arbeit nach einem Überblick über das Risikomanagement gezeigt.

2.1.3 Payback Regel

In Ergänzung zu den bisher gezeigten Investitionsregeln soll in aller Kürze die klassische *Payback* Regel vorgestellt werden, ohne im weiteren Verlauf dieser Arbeit nähere Untersuchungen über Modifikationen hinsichtlich Treibhausgasemissionen durchzuführen. Begründet sei dies durch die stetige Beliebtheit dieser *einfachen* Regel. Neben der Einfachheit müssen jedoch die damit verbundenen Schwächen unterstrichen werden.

Die Payback Regel besagt, dass eine Investition getätigt werden soll, sofern die Initialinvestitionssumme in einem definierten Zeitraum („*payback period*“) mit der Investition erwirtschaftet wird („*pay back*“) (Berk and DeMarzo, 2020).

Um am einleitenden Gedankenspiel und Beispiel anzuknüpfen, sei die Payback Periode mit fünf Jahren definiert. Projekte, welche in diesem Zeitraum eine geringere Einnahme generieren als die zu Beginn aufgewendete Anzahl an Ressourcen (z.B. Geld), werden nach der klassischen Payback Regel nicht empfohlen. Betrachtet man das nach der NPV-Regel unwirtschaftliche Projekt A aus Kapitel 2.1.1, so wäre dieses nach der Payback Regel innerhalb der Payback Periode von fünf Jahren gerade noch wirtschaftlich, da mit $\sum CF_{t_A} = 100$ dem Initialwert von $CF_{0_A} = 100$ nach fünf Perioden entsprochen wird. Nach der Payback Regel hätte man also ein Projekt, welches gemäß der NPV-Regel abzustoßen ist, gegebenenfalls durchgeführt. Grundsätzlich wird die Payback Regel im Vergleich zu NPV-Regel als unzuverlässiger angesehen, folgende Gründe sprechen dafür. Erstens vernachlässigt die Payback Regel die Projektkapitalkosten sowie den Zeitwert des Geldes. Zweitens werden Cash-Flows nach der Payback Periode vernachlässigt. Abschließend verlässt sich das Payback Kriterium auf eine zuvor festgelegte Zahl an Perioden, die Festlegung der *korrekten*³⁹ Anzahl an Perioden scheint willkürlich. Die Gefahr besteht, in hochwirtschaftliche Projekte nicht zu investieren. Nichtsdestotrotz wird die klassische Payback Regel aufgrund ihrer Einfachheit verbreitet angewandt (vgl. Abbildung 9, Seite 17). Bei kleinen und internen Beschaffungen scheint dies auch gerechtfertigt, da eine NPV-Berechnung oder gar eine ROA vergleichsweise einen höheren Aufwand und damit Kosten mit sich führt (Berk and DeMarzo, 2020).

Anmerkung: Unter der Einbeziehung der NPV-Methode, also die Einbeziehung der Diskontierung der zukünftigen Einnahmen und die damit einhergehende Berücksichtigung der Zeitwerte der Gelder, kann die Payback Regel erweitert werden – man spricht von der Discounted Payback Period (engl., DPP). In dieser Erweiterung der klassischen Payback Regel sind die diskontierten Cash-Flow Berechnungen aus der NPV-Methode in Verwendung.

³⁹ Die Anzahl an Perioden muss im Vorfeld definiert werden und sollte keiner stetigen Veränderung unterliegen.

2.2 Projekt-Risikobewertung

Zukünftige Ereignisse unterliegen anders als in mathematischen Formulierungen einer Unsicherheit hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des tatsächlichen Auftretens. Um zukünftige Entwicklungen, nenne man beispielweise die Entwicklung eines Absatzmarktes, im Voraus abzuschätzen, werden teils aufwändige Prognosen in Auftrag gegeben. Unabhängig davon, inwieweit Prognosen den Wachstum, Preise oder Entwicklungen angeben – eines ist nicht von der Hand zu weisen – Risiken und Unsicherheiten können nicht vollständig eliminiert werden. Dahingehend ist man bemüht, Risiken und Unsicherheiten bestmöglich zu identifizieren, zu bewerten und mit korrekter Maßnahme zu begegnen.

Um für das Unternehmen die Unsicherheit zu reduzieren, werden Investitionen und Projekte hinsichtlich des zu erzielenden Erfolges einer Risikoanalyse und Risikobewertung unterzogen. Ziel ist es, Risiken im Vorfeld zu identifizieren, qualitativ und quantitativ hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit und möglichen Auswirkung zu bewerten und mit setzenden Maßnahmen bestmöglich zu vermeiden oder die Wahrscheinlichkeit für ein potenzielles Auftreten so weit wie möglich zu reduzieren. Für diesen Prozess des im Projekt angesiedelten Risikomanagements, haben sich unterschiedliche Methoden in der Vergangenheit im Projektmanagement, sowie im technischen Sektor des Industriebauwesens, etabliert.

Grundsätzlich stellt die Untersuchung von Risiken und Unsicherheiten bei der Investitions- und Projektentscheidung eine fundamentale Tätigkeit dar. Oft stehen finanzielle und wirtschaftliche Risiken in Verbindung mit Gewinn und Verlust und sind somit entscheidend für den Fortbestand eines Unternehmens. Investitionen und Projekte mit niedrigem Risikopotential sind jenen mit hohem Risikopotential vorzuziehen. Risiken und Unsicherheiten treten je nach Branche und Projekt in unterschiedlichster Form auf, doch nichtsdestotrotz, obliegt es in der Verantwortung des mit der Investition und Projekt betrauten Managements eine möglichst breite und umfangreiche Untersuchung durchzuführen und das Ergebnis mit Begründung in der Risikodokumentation festzuhalten. Achtlos der unzähligen Untergruppen, stehen einer Risikobewertung oft die Bereiche Mensch, Umwelt, Wirtschaft und Technik an vorderster Front. Beispielhaft, um dies zu verdeutlichen, würde das für das Projekt zuständige Management ein hohes Risiko eingehen, sofern das Projekt mit einer bisher unerprobten Technik durchgeführt werden würde. Dies impliziert Unsicherheiten (aber auch Chancen) für die verbleibenden Bereiche der Menschen, der Umwelt, des Betriebs oder des wirtschaftlichen Erfolgs.

Überblickend, bevor auf das im Projektmanagement eingesetzte Risikomanagement eingegangen wird, wird ein Exkurs zu der Herkunft des Begriffes Risikomanagement hinsichtlich Gefahrenabwehr im Industriebau für die Bildung des ganzheitlichen Kontextes eröffnet. Hinsichtlich des Grundgedankens des HSSE (Health, Safety, Security & Environment), sollen mit einem systematischen Risikomanagement Gefahren für Gesundheit, Arbeitsschutz, Sicherheit und Umwelt erkannt und bestmöglich verhindert werden. Daraus lässt sich die systematische Untersuchung hinsichtlich Risiken und Gefahren für Investitionen und Projekte ableiten. Um dahingehend dem Leser Klarheit zu verschaffen, soll einleitend in aller Kürze der Grundgedanke des Risikomanagements im Industriebau betrachtet werden.

2.2.1 Risikomanagement durch ALARP⁴⁰

Eingesetztes Risikomanagement findet ein breites Anwendungsgebiet und muss in dessen Begrifflichkeit sowie in dessen Anwendungsfall definiert werden. Grundsätzlich zielt es darauf ab, unerwünschte Zustände, welche unter einer zu bewertenden Wahrscheinlichkeit für das Vorhaben negativ einzustufen sind, präventiv zu reduzieren, zu vermeiden oder gänzlich zu verhindern. Abgesehen vom Risikofaktor, welcher in täglicher Tätigkeit selbstständig vom Ausführer oder Ausführerin einbezogen wird, wurden quantitative Risikoanalysen- und Risikobewertungsmethoden nach den teils katastrophalen Unfällen in den 1980er Jahren, um Mensch um Leben zu schützen, entwickelt und bisher immer weiter systematisch verbessert und erweitert. Dramatische Industrie- und Chemieanlagenkatastrophen, welche Todesopfer sowie Verletzungen mit Langzeitfolgen als Resultat hatten, wie die Tragödien von Flixborough im Jahr 1974 (siehe Abbildung 16), Seveso im Jahr 1976 (Italien, gilt als schwerster Chemieunfall Europas) oder Bhopal 1984 (Indien, gilt als schwerster Chemieunfall weltweit) führten mitunter maßgeblich dazu, signifikante Destaster im Industriebau⁴¹ hinsichtlich des Schutzes von Mensch und Anlagen mit systematischen Techniken zu verhindern. Ein grundlegender Gedanke dafür ist mit dem englischen Akronym ALARP (As Low As Reasonably Practicable) bereits in den 1980er Jahren von der Health and Safety Executive (HSE) London, UK, ins Leben gerufen worden, um Mensch und Leben zu schützen.

ALARP beschreibt ein Konzept für Sicherheit und Gesundheit und findet breite Akzeptanz und Anwendung. Dieses bildet die Basis für bekannte Sicherheitseinstufungssysteme im Maschinen- und Anlagenbau (Maschinenrichtlinie, Druckgeräterichtlinie, ATEX, EN 13849-1, SIL, etc.). Die Idee dahinter beruht auf der Tatsache, dass sich ein Risiko als probabilistische Variable auch unter hohem Aufwand nicht auf null reduzieren lässt – es bleibt ein Restrisiko vorhanden. Es ist in Abhängigkeit auf die zu erwartende Auswirkung bei erwartender Wahrscheinlichkeit und damit verbundenen Restrisiko zu entscheiden, ob ein Kompromiss eingegangen werden kann, oder ob dies hinsichtlich des Schutzes und der Gesundheit nicht vereinbaren lässt.



Abbildung 16: Zerstörtes Chemiewerk nach der Katastrophe von Flixborough 1974.

Quelle: www.alchetron.com, 2020.

Das bereits angemerkte ALARP-Konzept soll in aller Kürze erläutert werden wegen dessen grundsätzlichen Gedanken, Risiken mit den zu erwarteten Auswirkungen in deren Schwere und Wahrscheinlichkeit (Frequenz) zu verknüpfen. Das Konzept ist in Abbildung 17 ersichtlich. Im Konzept sind die drei Bereiche *Unacceptable Region* (1), *ALARP Region* (2) und *Acceptable Risk* (3)

⁴⁰ Neben anderen Akronymen, u.a. ALAP, ALARA, SFAIRP, BAT, BATNEEC, CATNIP, etc.

⁴¹ Sowie im Atomkraftanlagenbau; bekanntester Vertreter ist Tschernobyl 1986.

in Abhängigkeit von der Frequenz, also der Eintrittswahrscheinlichkeit *Typical Probabilities*. Vorerst unabhängig von der Schwere der risikobehafteten Auswirkung, steht die Eintrittswahrscheinlichkeit für die Bewertung als maßgebendes Kriterium. In Abbildung 17 sind beispielhafte Frequenzen für die Überschreitung der Schwellenwerte angegeben. Tritt eine Auswirkung weniger als 10^{-4} im Jahr auf, ist diese gemäß Abbildung 17 im ALARP Bereich und ist sogar vernachlässigbar sofern diese weit geringere Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-7} aufweist. Diese Schwellenwerte sind abhängig von der angewandten Bewertungstechnik unterschiedlich ausgeprägt und sind jedenfalls immer im Vorfeld abzustimmen und festzulegen. Verdeutlichen lässt sich dies anhand des Gedankenspiels: Die herabfallende Kokosnuss. Diese hat mitunter fatale Auswirkungen auf Gesundheit und Leben. Nichtsdestotrotz gehen unzählige Menschen (z.B. im Urlaub) dieses Risiko ein, da die Eintrittswahrscheinlichkeit äußerst gering ist – das Risiko wird in Kauf genommen. Die HSE schreibt dazu:

*“‘Tolerability’ does not mean ‘acceptability’. It refers to a willingness to live with a risk so as to secure certain benefits and in the confidence that it is being properly controlled. To **tolerate** a risk means that we do not regard it as negligible or something we might ignore, but rather as something we need to keep under review and reduce still further if and as we can. For a risk to be ‘acceptable’ on the other hand means that for purposes of life or work, we are prepared to take it pretty well as it is.”* (Health Safety Executive, 1988).

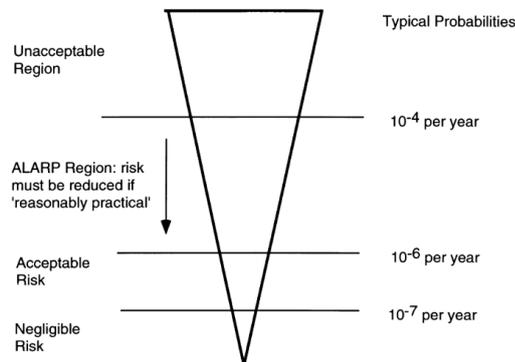


Abbildung 17: ALARP Prinzip nach HSE UK.

Quelle: R.E. Melchers, "On the ALARP approach to risk management", Reliability Engineering and System Safety (2001), Seite 202.

Um zum Risikomanagement bei Investitionen und Projekte zurückzukehren, wird das Konzept von ALARP in Abbildung 18 anhand einer typischen *Hazard and Operability*, kurz HAZOP, Risikobewertungsmatrix gezeigt. HAZOP-Studien und Untersuchungen werden beispielweise in der Prozesstechnik (Verfahrenstechnik) eingesetzt, um Risiken und Gefahren zu identifizieren. Die im Zuge dieser HAZOP-Untersuchung identifizierten Gefahren werden anschließend bestmöglich unter Einbeziehung technischer und wirtschaftlicher Machbarkeit auf ein Mindestmaß reduziert und am besten gänzlich verhindert durch Wahl geeigneter Maßnahmen. Abgesehen davon, die in Abbildung 18 präsentierte HAZOP-Bewertungsmatrix zeigt links eine Skala mit den Schweregraden 0 – 6; 6 steht beispielweise für ein Ereignis welches Todesopfer, ein umwelttechnisches Desaster, einen riesigen Wertverlust oder einen enormen Rufverlust generiert. Ob dieses Risiko eingegangen werden kann, ist von in der Eintrittswahrscheinlichkeit (*likelihood*) abhängig.

Severity	Consequences				Increasing likelihood				
	Safety	Environmental	Asset	Reputation	Very low	Low	Medium	High	Very high
0	No injury	No impact	< \$0.001 M	No impact	Green	Green	Green	Green	Green
1	Slight injury	Slight impact	\$0.001–0.01 M	Slight impact	Green	Green	Green	Green	Green
2	Minor injury	Minor impact	\$0.01–0.01 M	Minor impact	Green	Green	Green	Orange	Orange
3	Major fatality	Localized impact	\$0.001–0.1 M	Localized impact	Green	Green	Orange	Orange	Red
4	Single fatality	Major impact	\$1–10 M	Major impact	Green	Orange	Orange	Red	Red
5	Multiple fatalities	Environmental disaster	> \$10 M	Huge impact	Orange	Orange	Red	Red	Red

Note: Green shading denotes acceptable risk zone, orange denotes ALARP reduced risk zone and red denotes unacceptable risk zone

Abbildung 18: Typische HAZOP Risikobewertungsmatrix.

Quelle: Benintendi and Mare., „Upgrade the ALARP model as a holistic approach to project risk and decision management“, Hydrocarbon Processing (2017), Seite 78.

Nichtsdestotrotz steht das ALARP-Konzept unter kritischer Betrachtung. Die in der Abkürzungen des Akronyms ALARP stehenden Wörter „Low“, „Reasonably“ und „Practicable“ können durchaus unter kritischer Beleuchtung stehen. Insbesondere deswegen, da in diesem Standard keine Definitionen zu diesem relativ zu sehenden Termen gesehen werden kann. „Reasonably“, frei übersetzt „in einem vernünftigen Maße“, ist ein emotives Wort und suggeriert einen gewissen Spielraum sodass das eingegangene Risiko von der zu bewertenden Person im starken Maße abhängig ist (Melchers, 2001).

Auch Ale *et al.* schreibt zu der Auffassung zum Term „Reasonably“ folgendes:

“The term expresses that besides aspects that can be expressed in terms of money or have a monetary or market value, there are aspects that do not have such a monetary value, or such a value cannot be established with reasonable accuracy. The aspects may comprise such things as equity, sociality and even maybe beauty – even if it is only in the eye of the beholder”.

Daraus ist abzuleiten, dass bei der ALARP-Methode neben den wirtschaftlichen Aspekten, wie monetäre Werte, auch sozialbedingte Einflüsse einen Anteil im Risikomanagement haben. Um die monetäre Seite abzudecken, wird im weiteren Sinne verdeutlicht, dass durch entsprechende Maßnahmen für die erzielte Risikoreduktion Kosten verbunden sind. Welche Ausgaben hinsichtlich der zu erzielenden Sicherheit praktikabel sind, beschreibt die sogenannte *Cost Benefit Analysis* (CBA). Das Konzept der CBA ist ebenfalls auf die HSE zurückzuführen und stellt eine Entscheidungshilfe, ob weitere Maßnahmen zur Risikominimierung vernünftigerweise praktikabel („*reasonably practicable*“) sind. Die HSE gibt hierfür die einfache Formel (7) an, wobei DF für *disproportion factor*⁴² steht. Der Faktor DF ist jedenfalls größer als 1 und beinhaltet in dessen Berechnung mehrere Faktoren, einschließlich das Ausmaß und die Häufigkeit oder Eintrittswahrscheinlichkeit. Ziel dieser Herangehensweise ist der Gedanke, dass weitere zusätzliche risikomindernde Maßnahmen lediglich geringe Auswirkungen auf das Risiko haben, die Kosten jedoch unproportional steigen. Denkt man beispielweise an eine Messung⁴³, und geht man davon aus, dass diese Messung eine kritische Größe mit erheblichem Risiko überwacht, so macht es nur bedingt Sinn diese Messung öfters als notwendig redundant auszuführen – der Effekt der Risikominderung sinkt unterproportional mit jeder neu installierten Messung – die Kosten steigen hingegen überproportional. Hier wird das Prinzip von ALARP verdeutlicht, es muss eine Grenze gezogen, beziehungsweise eine Entscheidung getroffen werden, inwiefern eine vernünftig praktikable, aber als ausreichend erachtete Maßnahme für die Risikoreduktion vorliegt. Nichtsdestotrotz muss hervorgehoben werden, dass mit dem Konzept des CBA nicht gegen die

⁴² Disproportionsfaktor.

⁴³ Z.B. eine Temperaturmessung.

Umsetzung einschlägig bewährten Verfahren oder gesetzlichen Vorgaben argumentiert werden kann oder keine Rechtfertigung für unzureichende Maßnahmen ist. Im Zweifelsfall ist eine Sensibilitätsanalyse durchzuführen und die Analysentiefe mit einer hohen Genauigkeit abzubilden, insbesondere dann, wenn hohe Risiken mit fatalen Auswirkungen gegenüberstehen (HSE, 2020).

$$\frac{Costs}{Benefits} > 1 \times DF \quad (7)$$

Um zu verdeutlichen, das Konzept einer CBA, welche auf quantitativer aber limitierter Methode arbeitet, gibt einen monetären Wert für die Maßnahmeninvestition gegen Risiken nach Festlegung aller notwendigen Werte für die Berechnung des Faktors DF aus. Dieser Wert ist jedenfalls kritisch zu beleuchten! Insbesondere deswegen, weil für die Berechnung nach der CBA-Methode Annahmen getroffen werden müssen – die sogenannten „Benefits“. Der damit wohl ethnisch kritisch zu sehende festzulegende Kennwert für die Berechnung nach CBA ist der monetäre Betrag für ein Menschenleben – anders ausgedrückt, was kostet ein Menschenleben sofern dieses Risiko eintritt. Sofern diese quantitative Methode zu Anwendung kommt, ist dieser Wert neben anderen festzulegen⁴⁴ um die Berechnung durchzuführen. Nach Health and Safety Executive (HSE) wird für ein Todesfall der Geldwert von £ 1,336,800 angegeben. Es obliegt dem jeweiligen Investor ob dieser Wert für ein Menschenleben stünde und ob dies in einem vernünftigen Maße mit den eigenen Werten vereinbar ist und somit dafürsteht. Der Wert eines Menschen ist in anderen Literaturen, siehe auch Tengs *et al.* oder Ale *et al.* mit unterschiedlichen Werten angegeben. Der Wertbereich geht von 0 bis 99 x 10⁹ US-Dollar. In eher aktuelleren Literaturen wird der Wert bis zu unbezahlbar angegeben – die Bandbreite ist somit breit!⁴⁵

Der nach HSE vorgeschlagenen Berechnungsmethode für den in Formel (7) enthaltenen Faktor *Benefit*, gibt das einfache Formelwerk (8) & (9) detaillierter Auskunft. Um die Total Benefits in Formel (9) für die Formel (7) zu berechnen, sind die einzelnen Benefits für jede Auswirkung eines Risikos mit Formel (8) zu berechnen. Die Formel (8) wird aus den festzulegenden Parametern die Anzahl n_i , der Kosten C_i , der Frequenz F_i und der Dauer d_i gebildet, das Ergebnis $Benefit_i$ nimmt durch die Kosten C_i die Dimension einer Währung ein. Um den Umfang an dieser Stelle nicht zu sprengen, wird zur Veranschaulichung eines Beispiels einer HSE CBA-Berechnung auf Anhang B verwiesen.

$$Benefit_i = n_i \times C_i \times F_i \times d_i \quad (8)$$

$$Total\ Benefits = \sum Benefit_i \quad (9)$$

Nichtsdestotrotz steht CBA unter einer kritischen Beleuchtung, wie von Ale *et al.* bereits angemerkt wird: „*In Cost Benefit Analysis and the decision making based on CBA it is assumed that everything has a value that can be expressed in money.*“. Im Modell der CBA steht die Quantifizierung von möglichen oder tatsächlichen Auswirkungen im Vordergrund. Oft ist es schwierig Auswirkungen einer Investition und Projekt mit monetären Werten zu vergleichen,

⁴⁴ Und gut zu begründen...

⁴⁵ Es wird empfohlen, sofern ein monetärer Wert gewählt werden muss, diesen so hoch wie möglich anzusetzen. Zusätzlich wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Sicherheit eines Menschen am Arbeitsplatz als einer der höchsten Güter anzusehen ist und deswegen im höchsten Interesse eines Unternehmens stehen sollte!

abgesehen von Aktien oder Industrieanlageninvestitionen, welche sich einfacherweise nach einem Prinzip berechnen lassen, sind soziale Werte oder Umweltbelangen unter keiner einfachen Bedingung in einem Geldwert zu erfassen. Beispielweise, hat eine Investition einen Einfluss auf die Umgebung, welche mit dem Unternehmen in Interaktion steht, lässt sich hier bereits eine Bewertung in monetären Mitteln bereits nur mit Hürden lösen – oft sind unterschiedliche Sichtweisen die Ursache für diese. Noch unsichtiger wird diese Diskussion, insofern dieser Einfluss auf internationaler oder globaler Ebene betrachtet wird. Denke man beispielweise an einen Staudamm für die Aufstauung eines länderübergreifendes Flusses für die Energiegewinnung durch klimafreundlicher Wasserkraft. Die Kosten für die Planung, Errichtung, und Instandhaltung lassen sich berechnen, doch wie sollen ggf. notwendige Maßnahmen, zum Beispiel dadurch notwendige Umsiedelungen flussaufwärts in monetären Mitteln bewertet werden, insofern die Auswirkungen oft sozialer Natur kaum zu quantifizieren sind. Weiters denke man nun an Investitionen, welche auf globaler Ebene Auswirkungen zeigen. Auch hier stößt man auf Schwierigkeiten, immerhin halten sich bekannterweise Treibhausgase nicht an irdische Grenzen. Nichtsdestotrotz findet die Methode Anwendung da sich diese für einfache Vergleiche hinsichtlich monetärer Vorteile anwenden lässt Die Anwendung von der CBA-Methode reduziert die Frage der Akzeptanz zu der Frage der Profitabilität. Sofern der Preis oder damit erwartete Ertrag hoch genug ist, lassen sich auch risiko- und menschenunfreundliche Risiken eingehen. Darüber hinaus stehen dem Risikoprozess oft die ungleiche Verteilung gegenüber. Jene welche hohe Risiken eingehen, müssen selten die Konsequenzen zur vollen Härte und Umfang tragen⁴⁶ (Ale *et al.*, 2015).

2.2.2 Investitions- und Projekt-Risikomanagement

Neben den quantifizierbaren Risikobetrachtungsmethoden steht die ethnisch-soziale Vertretbarkeit der festgelegten, meist monetären Kennwerte, möglicher Risiken oder direkte Auswirkungen von getätigten Investitionen und Projekte gegenüber. Wie im vorigen Kapitel eingeleitet, werden als Risikountersuchungs- und Entscheidungsinstrumente quantifizierte Risiko Bewertungsmethoden, zum Beispiel die CBA-Methode, eingesetzt. Auch deterministische und probabilistische Risikoanalysen werden im Investitions- und Projektmanagement in Abhängigkeit von der Unternehmensstruktur und Corporate Risk Management eingesetzt.

Dieses Kapitel soll einen Einblick in gängige Risikoinstrumente im Investitions- und Projektmanagement geben. Inwieweit können und werden Risiken in Abhängigkeit ihrer Ursache im Risikomanagement eingebettet und in der Investitionsfrage bewertet. Auch die Fragestellung des Einflusses auf diese Vorgehensweise, auch wegen des sich immer stärker ausbildenden Klimawandels, soll einleitend diskutiert werden. Deshalb sind die für Investitionen und Projekte generellen Risiken eingehend wichtig, ehe weitere Modelle zur Quantifizierung heranzuziehen sind. Risiken sind vielfältiger Natur und können, um einen Überblick zu gewinnen, in Hauptkategorien eingeteilt werden. Beispielweise können wirtschaftliche, physische, sicherheitstechnische, umwelttechnische, soziale, ethnische, etc. in einer Risikoevaluierung eines Projekts betrachtet werden. Wie bereits mit der CBA vorangehend verdeutlicht, zielen ausgewählte Methoden meist darauf ab, identifizierte Risiken zu quantifizieren und in einem monetären Wert darzustellen, um bei der Entscheidungsfindung des Managements zu unterstützen. Um auf den Kontext dieser Arbeit einzugehen, sind die von der TFCF (Task Force

⁴⁶ Z.B. Banker gehen ein hohes Risiko ein, für den Verlust haftet dieser nicht persönlich, sondern die Bankkunden oder der Steuerzahler (siehe Finanzkrise).

on Climate-related Disclosures) veröffentlichten auf das Klima bezogenen Risiken, aufbereitet von SSF (Swiss Sustainable Finance), in der Abbildung 19 gezeigt.

		CLIMATE-RELATED RISKS					
		Physical risks		Transition-related risks			
		Acute risks	Chronic risks	Policy and legal risks	Technology risks	Market risks	Reputation risks
Examples of potential risks		Increased risk of extreme weather events	Changes in climate and landscape, e.g. coastal areas or rain forests	Imposition of mitigation policies or regulation and exposure to litigation	Investment and transition costs to low-carbon technology Uncertainty of investment decisions	Uncertainty regarding consumer behaviour, market signals and supply chain	Stigmatisation of industry Changes in consumer preferences and stakeholder expectations
	Examples of possible financial implications	Reduced revenue from negative impacts on production facilities, sales and workforce Increased operating, capital and insurance costs, as well as asset depreciation due to damages		Increase in operating and / or litigation costs Forced capital depreciation due to policies	Value loss of existing assets Reduced demand for products and services Costs of developing and procuring new technology	Reduced demand Increased costs from unexpected market changes in supply chains	Reduced revenue due to decrease in demand, production, capital availability and employee attractiveness

Abbildung 19: Klimabezogene Risiken für Unternehmen.

Quelle: SSF, „MEASURING CLIMATE-RELATED RISKS IN INVESTMENT PORTFOLIOS“, 2019, Seite 2.

Gemäß der TFCDD stehen die beiden Hauptkategorien „Physical risks“ und „transition-related risks“ bei unternehmerischen Investitionsentscheidungen auf der Agenda. Beide Hauptkategorien beinhalten finanzielle Aspekte und können durch weitere Unterkategorien detailliert werden. In der Abbildung 19 sind mögliche Beispiele von potenziellen klimabezogenen Risiken mit finanzieller Auswirkungen einer unternehmerischen Tätigkeit gezeigt. Die Investition ist darauf zu untersuchen. Ohne an dieser Stelle ins Detail zu gehen, und um die theoretische Vorstellung von Risikoevaluierungen fortzuführen, sei angemerkt, dass die Risiken, mit der Verfehlung von den gesetzten Klimazielen eine immer höhere Wahrscheinlichkeiten annehmen und somit enorme, neben den finanziellen, Effekte auf alle Bereiche unseres Wohlstandes haben. Die Notwendigkeit der Einbeziehung von klimabezogenen Risiken in die Betrachtung auf Unternehmensebene ist somit unvermeidlich, um die gesetzten internationalen und nationalen Klimaziele nicht zu verfehlen. Damit verbunden sind Umstrukturierungen von bestehenden Denkweisen und bislang eingesetzten Handlungen sowie Technologien.

Um auf das in Industrieanlagenbau eingesetzte Risikomanagement für Investitionen und Projekte weiter einzugehen, ist ein Blick auf ein typisches Projektphasenmodell, wie in Abbildung 20 ersichtlich, notwendig. Das gezeigte Projektphasenmodell zeigt den Lebenszyklus eines Projektes in allen Projektphasen; von einer Konzept- bzw. einer Machbarkeitsstudie (Concept- / Feasability Study), dem FEED⁴⁷ (Front End Engineering Design) bis zur EPC⁴⁸ (Engineering, Procurement &

⁴⁷ FEED; Darunter versteht man ein sogenanntes Basic-Engineering bei welchen die technischen Lösungen sowie die eine Kostenangabe im Fokus steht. In der Regel werden die Kosten mit einer Genauigkeitsstufe +/- 10% angegeben. Eine FEED Phase ist die Basis für das darauffolgende EPC / EPCM.

⁴⁸ EPC; Beschreibt ein übliches Vertragswesen im Anlagenbau; darunter wird verstanden, dass der Auftragnehmer mit dem Detail-Engineering, der Teilebeschaffung sowie Fertigung und Errichtung eines Werkes vom Auftraggeber betraut wird.

Construction) oder EPCM⁴⁹ (Engineering, Procurement, Construction - Management) Phase welche mit der Commissioning & Start-Up⁵⁰ und Operation endet, treten projektphasenabhängig Risiken, welche durchaus projektgefährdend sind, auf. Jede Projektphase hat eigene Inhalte, Ziele und Risiken. Desto früher Projekt Risiken erkannt werden in dem Lebenszyklus, desto besser können diese analysiert und bewertet sowie präventiv vorgesorgt verhindert werden. Auch sollten Risiken und Unsicherheiten bereits so früh wie möglich identifiziert werden, Risiken hinsichtlich der Errichtung sollten im besten Falle bereits im Konzept identifiziert und bewertet sein.

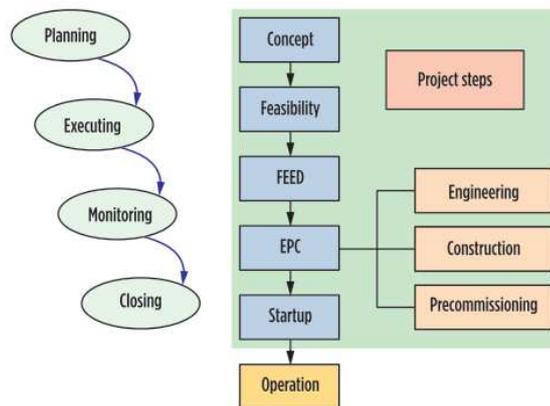


Abbildung 20: Projektphasenmodell von komplexen Projekten.

Quelle: Benintendi, R.; Mare, G., „Upgrade the ALARP model as a holistic approach to project risk and decision management“, Hydrocarbon Processing (2017), Seite 80.

Nach Abschluss einer Projektphase wird in der Regel ein unabhängiges Review und Prüfung der aus der Vorprojektphase erzielten Ergebnisse von einer unabhängigen internen oder externen Stelle durchgeführt. Neben den wirtschaftlichen Prüfungen hinsichtlich der Projektinvestitionen und die erwartete Rendite, stehen Risikoevaluierungen auf der Agenda. Für ein Investitionsprojekt zu Beginn typische Aktivitäten ist, Risiken in einem Brainstorming aufzulisten. In Tabelle 3 sind Wegweiser als Gedankenanstoß in aufgelistet. Für die Untersuchung entlang der im Projekt definierten Haltepunkte, stehen in Abhängigkeit von der Projektphase, unterschiedliche Risikountersuchungsinstrumente (Tools) zur Verfügung – mitunter gibt es eine hohe Vielfalt an diesen Tools. Neben den bislang vorgestellten ALARP- und CBA-Prinzip sind deterministische und probabilistische Ansätze in Verwendung.

Neben den in Tabelle 3 aufgelisteten Beispielen für Projekt Risiken in frühen Projektphasen, ist außerdem die Projektgröße ein entscheidender Faktor für weitere Risiken und Chancen, um den erzielten Projekterfolg zu verfehlen. Nach den von Kardes *et al.*, 2013 diskutierten Projektengrößen, weisen Projekte im Industrieanlagenbau einfache Durchführbarkeit⁵¹ bei geringem Risiko, aber auch hohe Komplexität bei hohem Risiko auf. Hoch-komplexe Projekte werden nach Kardes *et al.*, 2013 mit den ausgewählten Hauptcharakteristiken definiert: mit einer

⁴⁹ EPCM; Beschreibt ein übliches Vertragswesen im Anlagenbau; darunter wird verstanden, dass der Auftragsnehmer wie beim EPC mit den Tätigkeiten betraut wird, jedoch hier lediglich administrative Verantwortung hat.

⁵⁰ Nach der Precommissioning geht das Projekt in die Start-Up & Commissioning (Inbetriebnahme); die vertraglich festgehaltenen Leistungsparameter einer Anlage werden überprüft und ggf. mit Probebetrieben dokumentiert. Erst nach Prüfung, erfolgt eine Abnahme und die Anlage wird dem Betrieb übergeben.

⁵¹ Z.B. ein Instandhaltungsprojekt

Teamgröße von über 10 Personen, einer Laufzeit von bis zu 12 Monaten und einer Investitionssumme von über 1 Million Dollar.

Tabelle 3: Typische Projektaktivitäten und Risiken.

Typische Aktivitäten	Typische Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • CAPEX⁵² / OPEX⁵³ Analyse • Break-Even Analyse • Behörde & Rechtssicherheit • Technologie (Stand der Technik) • Marktanalyse und Bedarf • Konzeptdesign & Engineering • HSSE & Compliance • HAZID⁵⁴ • ENVID⁵⁵ • Kostenschätzung und Budgetierung • Due Diligence 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten • Betriebsgenehmigung • Technologie • Markt und Konkurrenz • Gesetze • Wirtschaftslage • Landwidmungen • Design • Logistik • Ruf • Produktionsunterbrechung/ausfall • Klimapolitik • Politik • Stakeholder-Interessen • Öffentlichkeit • Dauer • Bias

Die Konstellation des Teams ist in der Regel eine Zusammenstellung aus internen und externen Personal womit im Regelfall zu Beginn kein ausgebildetes Team vorliegt. Neben dem daraus ohnehin bereits resultierenden Risiko kommen oft herausfordernde Kommunikationsregeln sowie Kommunikationsbarrieren hinzu sowie ein aufwändiges Vertragswesen. Diese und andere Risiken verändern sich über die Laufe der Projektdauer und müssen über den veranschlagten Zeitraum erneut bewertet werden – auch eine erneute Risikoevaluierung ist ratsam. Diese Schritte setzen ein kontinuierliches Projekt-Risikomanagement voraus (Kardes *et al.*, 2013).

Grundlegend sollte ein kontinuierliches Risikomanagement in einem Projekt durchgeführt werden hinsichtlich der zu erzielenden Erfolgserhöhung oder gar um Szenarien, welche zu einem Totalversagen führen, gänzlich zu verhindern oder in derart abgeschwächter Form zu erfahren, dass dieses toleriert werden kann. In der Literatur werden unterschiedliche Risikoherangehensweisen präsentiert, wobei grundsätzlich die Risikoeliminierung oder Risikovermeidung (risk elimination or avoidance), die Risikoreduktion (reduction), die Risikotransferierung (transfer) oder Risikobeibehaltung (retention) für anwendbare Strategien genannt werden (Lyons and Skitmore, 2004; Kardes *et al.*, 2013).

Eine andere Herangehensweise wird von Miller and Lessard vorgestellt; ein ganzheitlicher Ansatz bietet auch ERM (Enterprise Risk Management) für die Portfolios. Um einen Überblick über eine mögliche Kombination derartiger Herangehensweisen im Projekt-Risikomanagement zu geben, bietet das von Kardes et al. in Abbildung 21 gezeigte integrierte Rahmenwerk für Risikomanagement. Dieses zeigt einen systematischen ganzheitlichen Prozess, welcher bereits mit der Vision und Mission sowie die damit einhergehenden strategischen Ziele startet. Der Prozess startet mit der Risikodefinition (1) wobei zwischen Makro- und Mikrorisikotypen, oder

⁵² Capital Expenditure.

⁵³ Operational Expenditure.

⁵⁴ HAZID (Hazard Identification); ist ein Risikoanalysetool. Dieses wird oft vor einer HAZOP durchgeführt.

⁵⁵ ENVID (Environment Identification); ist ein Tool welches insbesondere die Auswirkungen auf die Umwelt untersucht.

Exogenen- und Endogenen Risiken, unterschieden wird. Unter makro- oder exogene Risiken werden externe Faktoren, welche nicht direkt dem Projekt zugeordnet werden können, verstanden. Darunter fallen beispielweise Veränderungen von des politischen, wirtschaftlichen oder ökologischen Projektumfelds (unvollständige Aufzählung). Unter mikro- oder endogenen Risiken werden dem Projekt direkt zuordbaren Faktoren verstanden, beispielweise kann ein unbefriedigender Teambuilding-Prozess⁵⁶ zu Beginn eines komplexen Projektes massive Auswirkungen auf Performance und Commitment haben. Auch die sorgfältige Auswahl von Partnern oder Sub-Auftragnehmern sollte mit Bedacht hinsichtlich Einstellung und Werte erfolgen und nicht ausschließlich über monetäre Werte innerhalb eines Vertrages. Nimmt man darauf Acht, dass Partner und Sub-Auftragnehmer in einem fairen Umfeld am Erfolg, aber gleichzeitig am Risiko beteiligt sind, lässt sich das Gesamtrisiko für den Risikoträger minimieren. Die Kategorisierung von klima- und umweltrelevanten Einflüssen und damit verbundene Risiken können nach dieser Einteilung den exogenen Risiken zugeordnet werden.

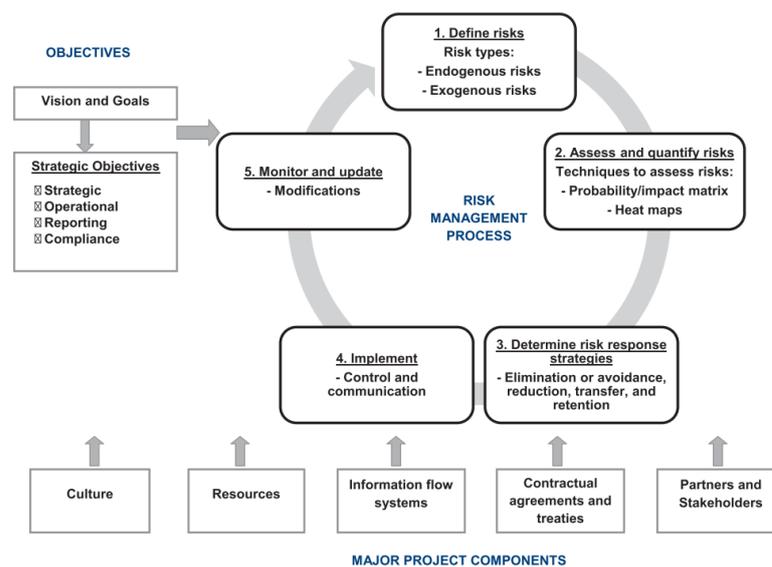


Abbildung 21: Vorgestelltes Rahmenwerk für Risikomanagement für Großprojekte.
Quelle: Kardes *et al.*, „Managing global megaprojects: Complexity and risk management“, International Business Review (2013), Seite 913.

Die im ersten Schritt durchgeführte Risikoevaluierung von externen und internen Risiken wird im zweiten Prozessschritt gemäß Abbildung 21 mit der Risikobewertung (2) ergänzt. Für die quantitative Bewertung von Risiken stehen einige Bewertungsmethoden zur Verfügung. Generell kann davon gesprochen werden, dass die ermittelten Risiken einer ersten Identifikation unterliegen, ein Risiko wird sozusagen erkannt, sodass die Gefahren aber auch die damit einhergehenden Chancen dem Projektmanagement bekannt sind und Maßnahmen im Team erarbeitet werden. Abhängig davon, ob es sich um exogene oder endogene Risiken oder Chancen handelt, ist das damit verbundene Maßnahmenmanagement in unterschiedlichster Weise auszuarbeiten und zu forcieren, insofern eine Projektbedrohung vorliegt. Projektbedrohliche Einflüsse sind insbesondere von externer Natur da diese mitunter schwer zu beeinflussen sind, man denke hier an die Politik oder an einen Regierungswechsel⁵⁷. Zusammengefasst, im ersten Schritt wurde das Risiko oder die Chance genannt und im Risikomanagement aufgenommen. Im

⁵⁶ Teambuilding ist ein wichtiger Schritt im Projektmanagement und sollte nicht vernachlässigt werden um Risiken operativ entgegen zu werden; Modelle nach u.a. Bruce Tuckman können dafür hervorragend verwendet werden.

⁵⁷ Bei großen Projekten, mit öffentlichen Interesse ist dieser Punkt besonders heikel.

zweiten Schritt wird dieses hinsichtlich der Bedrohlichkeit auf Basis von im Vorfeld definierten Kriterien bewertet und kategorisiert im Risikoportfolio des Projektes dokumentiert. Das bisherige Ergebnis ist sozusagen eine quantifizierte Auflistung der im Projekt vom Team identifizierten Risiken, mit bekannten, oder vermutlich bekannten, Auswirkungen auf die gesetzten Ziele und den definierten Erfolgsparametern⁵⁸. Nachdem die Risiken erkannt und bewertet sind, ist eine zu dem Risiko entsprechend adäquate Strategie (3) zu wählen, welche hinsichtlich einer Kosten-Nutzenanalyse unterzogen werden sollte (z.B. CBA). Projektbedrohliche Risiken externer Herkunft unterliegen meist einer limitierten Auswahl an verfügbaren Strategien. Eine Eliminierung ist hier nur unter enormen Aufwänden möglich⁵⁹ insofern diese vorneweg keiner Beeinflussung unterliegen. Die Wahl einer für das identifizierte Risiko angemessenen Strategie ist somit eine fundamentale Tätigkeit im Projekt- und Risikomanagement und sollte unter keinen Umständen nach dem grundlegenden Prozessschritt der Risikobewertung fehlen. In den beiden darauffolgenden Prozessschritten Implementierung (4) und Überwachung (5) kann der Kontrollmechanismus in Analogie mit dem im Qualitätsmanagement eingesetzten PDCA⁶⁰- oder Deming-Kreis⁶¹ gestellt werden – die aus der festgelegten Strategie abzuleitenden und festgelegten Schritte werden im definierten Messgrößen verfolgt und überwacht. Projektkritische Faktoren sollten im Vorfeld bereits so gut wie möglich mit Modellen zur Szenarien-Begutachtung abgebildet werden, sofern dies aus Sicht des zu erwartenden Nutzens dafürsteht.

Um Risiken und deren Auswirkungen zu beurteilen, stehen im Generellen die sogenannten deterministischen und probabilistischen Methoden für die Risikoanalyse zur Verfügung – beide Methoden finden in Abhängigkeit der Anforderung und Datenverfügbarkeit Anwendung⁶². So liegen bei deterministischen Herangehensweisen bekannte Beziehungen zwischen den Faktoren vor und können mit Hilfe mathematischer Formeln abgebildet werden. Hingegen bei den probabilistischen Analysen diese direkten Zusammenhänge mit Wahrscheinlichkeiten (z.B. Monte Carlo Prinzip) abgebildet werden. Beide Methoden bieten Vor- und Nachteile und sind vom Management im Zuge von Projekten mit Sorgfalt zu wählen und falls notwendig durch externe Experten durchzuführen. Auch wenn externe Experten hinzugezogen werden, so sind interne Fachexperten sowie das Management und Entscheidungsträger, welche mit der Materie vertraut sind und unternehmensspezifische Informationen bereitstellen, jedenfalls einzubeziehen, um die Ergebnisse bestmöglich einordnen zu können damit die fundierte Basis für weitere Entscheidungen und Aktionen geebnet wird. Wie schon *Kirchsteiger* festgehalten hat, bietet einerseits die deterministische Methode den Vorteil der vergleichweisen Einfachheit hinsichtlich Analyse- und Entscheidungsprozess sowie der damit verbundenen Berechnung. Andererseits müssen für die durchzuführende Berechnung alle dafür notwendigen Faktoren bekannt sein – oft stehen diese Faktoren dem Projektteam in den frühen Projektphasen nicht zur Verfügung und müssen aus diesem Grund angenommen werden. Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass Annahmen weitere Unsicherheiten und Unschärfen in die Qualität der Analyse einbringen.

Probabilistische Methoden haben hingegen einen integrativen und quantitativen Ansatz für die Rangfolge von Auswirkungen unter der Einbeziehung aller Arten von Unsicherheiten und bieten somit einen Optimierungsprozess. Auch stellen probabilistische Herangehensweisen eine für

⁵⁸ Projektdauer, Kosten, etc.

⁵⁹ Man denke an Lobbying.

⁶⁰ Plan Do Check Act.

⁶¹ Benannt nach dem US-Physiker William Edwards Deming.

⁶² Ergänzend zu erwähnen sind chaotische Systeme.

gewöhnlich günstigere Lösung bei einer klar definierten Basis für Entscheidungen dar. Der pragmatische Weg für die Herangehensweise, unter Verwendung der zur Verfügung stehenden Methoden, wird im ersten Schritt die Durchführung einer qualitativen Risikountersuchung empfohlen. Liefern diese qualitative Untersuchungen bedenkenswerte Ereignisse mit nicht für das Projekt besonders förderlichen Auswirkungen, so wäre eine deterministische Analyse im zweiten Schritt vor der probabilistischen Methode vorzuziehen, diese wäre im dritten Schritt in Abhängigkeit von Detaillierung- und Vollständigkeit heranzuziehen. Bei der Anwendung dieser Methoden wird eine Kosten-Nutzen-Analyse im Vorfeld empfohlen (Kirchsteiger, 1999).

Unter den vielen Risiken, welche mit einer Investition und einem Projekt einhergehen, steht das Risiko das veranschlagte Budget sowie die geplante Dauer zu überschreiten oft im Fokus aller Bemühungen seitens des Projektmanagements. Unter allen Aspekten der Risikominderung in allen Bereichen, müssen die Kosten im Auge behalten werden um die in der Investitionsrechnung verwendete Annahme der Initialkosten (Investitionskosten) nicht zu überschreiten. Wäre dies der Fall, können darauf basierende Investitionsentscheidungen sich nachträglich als unvorteilhaft herausstellen. Es empfiehlt sich aus diesem Grunde einen eher konservativen Weg bei der Einbeziehung von Risiko und Chancen zu wählen. Insbesondere bei Projekten mit öffentlichen Interesse und eingesetzten Subventionen, bildet eine solide Projektplanung und ein voraussehendes Management die Grundpfeiler für das erzielte Gelingen des geplanten Vorhabens. Wie wichtig dies ist, zeigen beispielhaft die Projekte Krankenhaus Nord – Klinik Floridsdorf oder die Flughafenerrichtung Berlin Brandenburg Willy Brandt, bei beiden Großprojekten wurden in eindrucksvoller Form die ursprünglich geplanten Kosten und Termine überschritten. Mitunter wegen diesen Beispielen wird verdeutlicht, wie unerlässlich für die Projektplanung eine für die jeweilige Projektphase im Detail ausreichende Terminplanung ist. In der Regel wird der Terminplan über die Projektdauer und während der durchlaufenden Lebensphase, wie in Abbildung 20 gezeigt, als Key-Dokument betrachtet und wird sukzessive weiterentwickelt und detailliert. Basierend auf der in Terminplänen eingesetzten Netzplantechnik, lassen sich Abhängigkeiten zwischen den projektrelevanten Prozessen, Haltepunkte und Meilensteine generieren – es wird eine Struktur, oder ein in sich abhängiges System erschaffen mit welchem Analysen zur Risikoabschätzung durchgeführt werden können. Die vorgestellten deterministischen und probabilistischen Methoden finden bei einer sogenannten Kosten - & Termin Risikoanalyse, oder *Cost & Schedule Risk Analysis* (CSRA), Anwendung. Um eine aussagekräftige Simulation und quantitative Untersuchung basierend auf deterministischen oder probabilistischen Ansätzen durchzuführen, ist wie bereits festgehalten, eine qualitative Risikoevaluierung im bestenfalls erforderlich sodass auf die damit erkannten Risiken mit besonders aufmerksamen Auge Bedacht genommen wird. Eine Analyse erfordert eine entsprechend sauber ausgeführte Netzplanplanung, Prasad bietet hier eine Zusammenstellung für die Modellierungsempfehlungen von Terminplänen hinsichtlich der Zeit- und Kostenanalyse. Die beiden gängigsten Darstellungsformen einer Terminplanung sind einerseits der Projektbalkenplan oder der Projektstrukturplan. Beim Projektbalkenplan werden die im Projekt eingeplanten und damit enthaltenen Prozesse, Haltepunkte, Meilensteine, etc. listenförmig dargestellt; die jeweilige Dauer der Prozesse wird anhand eines Balkens dargestellt. Die in der Netzplantechnik notwendigen Verknüpfungen und Abhängigkeiten können mittels Pfeilen symbolisiert werden; verwendete Programme sind u.a. Microsoft Project oder Oracle Primavera. Eine Kosten - & Termin Risikoanalyse anhand der systematischen Untersuchung von Terminplänen hat unter der korrekten Ausführung die Vorteile, dass dem Management Abweichungen vom Plan-Werten vorgelegt werden können um kosten-kritische Prozesse oder Sub-Projekte genauer im Auge zu behalten.

Wie wichtig eine Kosten - & Termin Risikoanalyse sein kann, und welche Auswirkungen dies auf die Kosten- und Termine haben kann, insofern die Entscheidungsträger monetäre und zeitliche Limits vorgeben müssen, präsentiert Budzier *et al.* beispielhaft anhand Projekten für die Errichtung von Atommülllagerstätten in unterirdischen Endlagern⁶³. Budzier *et al.* haben in Zuge ihrer Untersuchung 216 durchgeführte Referenzprojekte für die Untersuchung der Kosten, und 200 durchgeführte Referenzprojekte für die Untersuchung der Verzögerung und damit verbundenen Fertigstellung evaluiert und ausgewählt. Die Kosten-Risiko-Untersuchung hatte als Ergebnis, dass eine Kostenüberschreitung von 67% oder weniger mit 50%iger Wahrscheinlichkeit auftrat oder anders ausgedrückt, dass eine 50%ige Wahrscheinlichkeit besteht, die Kosten um mehr als 67% zu überschreiten. Mehr noch, es wird eine 20%ige Wahrscheinlichkeit angegeben um die Kosten um mehr als 202% zu überschreiten. Hingegen bei der Untersuchung der Projektverzögerungen und damit einhergehenden späteren Fertigstellungen eine 50%ige Wahrscheinlichkeit die Dauer, um oder weniger als 40% zu überschreiten. Ergänzend besteht eine 20%ige Wahrscheinlichkeit die Dauer um mehr als 103% zu überschreiten. Verlängerte Projektdauern können massiven Einfluss auf die budgetierten Werte haben und gehen somit Hand in Hand mit den Kosten und sollten aus diesem Grund unbedingt als Risikofaktor bei der Risikoevaluierung und Bewertung in Betracht gezogen werden. Abhängig vom Projekt können unüberschaubar hohe Kosten auf Verzögerungen auftreten, auch ohne Mehrarbeiten (Stichwort Claim-Management). Obwohl diese hohen Werte für die Nuklear-Industrie hinsichtlich Endlagerstätten gelten, so können diese Entwicklungen im Gedankengang auch für den Industriebau übernommen werden. Das beschriebene Konzept, also die Grundidee der Kostenüberschreitung in einem Projekt, ist in Abbildung 22 veranschaulicht. Darin wird qualitativ veranschaulicht, wie die Wahrscheinlichkeit der Kostenüberschreitung mit deren Höhe zusammenhängt. Die in der Abbildung eingesetzten Kennwerte und Zahlen gelten wie bereits angemerkt für Atommüllendlagerstätten. Nichtsdestotrotz kann der qualitative Verlauf der umgekehrten S-Kurve als zu validierender Trend angesehen werden. Daraus resultierend, eine fundierte Kosten - und Termin-Risikoanalyse, sofern dies gemäß einer Kosten-Nutzenrechnung gerecht wird, kann massive Gefahren und negative Auswirkungen auf den Projekterfolg verhindern. Darüber hinaus müssen Entscheidungsträger darin eingebunden werden (Budzier *et al.*, 2018).

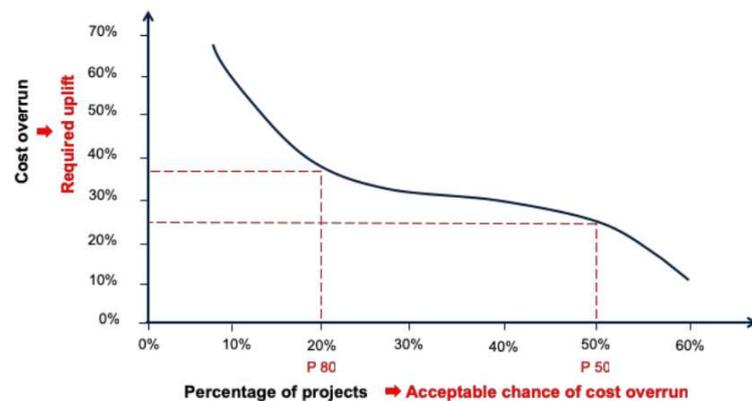


Abbildung 22: Konzeptdiagramm für Kostenüberschreitungen.

Quelle: Budzier *et al.*, „Quantitative Cost and Schedule Risk Analysis of Nuclear Waste Storage“, Oxford Global Projects (2018), Seite 13.

⁶³ Es handelt sich hier um Megaprojekte unter strengen Auflagen.

Risiken können bei Investitionen und Projekten, wie gezeigt, zu Kostenüberschreitungen führen. Die Gefahr der Kostenüberschreitung birgt einerseits die totale Ausschöpfung der finanziellen Mittel bis zum Fehlen des notwendigen Geldes, sowie muss andererseits die ursprüngliche Investitionsrechnung revidiert werden. Eine Prüfung der Rentabilität ist erneut durchzuführen. Wie die aus der Nuklear-Branche gezeigte Kosten- und Zeitproblematik, sind Budgetwerte hinsichtlich ihrer Robustheit gegen Unvorhergesehenes mit üblichen Sicherheitszuschlägen im Vorfeld auszustatten um das Unternehmen vor einem Liquiditätsproblem vorbeugend zu schützen. Obwohl dies mitunter ebenfalls Nachteile mit sich bringt, die monetären Mittel des Unternehmens sind für etwaige Ereignisse, welche einen zusätzlichen Aufwand bedeuten, sozusagen reserviert und können solange die identifizierten Risiken nicht abgemildert oder gar so stark reduziert sind, nicht anderweitig in Verwendung gebracht werden sofern kein zusätzliches Risiko aufgenommen werden soll. Es ist daher unumgänglich, diese unvorhergesehene potentiellen Kosten erstens so gering wie möglich zu halten und zweitens in der Projektlaufzeit mehrmalig auf weiteren Bedarf zu prüfen – dies sollte jedenfalls nach jeder durchlebten Projektphase nach dem Projektphasenmodell geschehen (vgl. Abbildung 20 auf Seite 39). Die Budgetwerte für die Projektausführung, die *Construction*-Phase, sind bis spätestens nach der FEED durch ein solides und im Detail ausreichendes Design freizugeben und im Cash-Flow Plan zu verankern. Kostenüberschreitungen in der Ausführung und Errichtung eines Projektes können unterschiedliche Ursachen haben; von einer unzureichenden Planung und Engineering, unvollständige und mangelbehaftete Ausschreibungsunterlagen bis hin zum damit gegebenenfalls nachteiligen Vertragswesen für den Auftraggeber⁶⁴ können unter anderen Verursacher sein. Werden derartige Eskalationen unterschätzt, können mitunter im Vorfeld rentabel bewertete Vorhaben unwirtschaftlich werden da der CAPEX (Kapitalinvestmentkosten) höher als ursprünglich geplant ausfällt. Kostenerhöhungen in der *Construction*-Phase lassen sich unmittelbar auf unzureichende Qualität der in Vorprojektphase durchzuführenden Schritte und Anforderungen schließen⁶⁵. Aber neben den qualitativ und quantitativ zu erfassenden Faktoren, stehen menschliche Attribute in der Kette des konsequenten Versagens immer wieder an vorderster Front – sogenannte Bias, oder auch kognitive-verzerrende Wahrnehmungen, führen durchaus zu Fehlentscheidungen und stellen somit ein nicht zu vernachlässigendes Risiko dar.

Flyvbjerg et al. beschreiben wie Bias-Effekte bei einer Investition und Projekt die Entscheidungsträger beeinflussen können. Einer dieser beeinflussenden Bias ist der Optimismus-Bias im Projektmanagement. Unter dem Optimismus-Bias wird die Einstellung verstanden, dass einem selbst keine negativen Effekte beeinflussen und diese aus diesem Grund tendenziell eher vernachlässigt werden⁶⁶. Mit diesem Gedankengang lassen sich Effekte der Kosten- und Dauerüberschreitung bei Investitionsprojekte aus einer anderen Perspektive betrachten. Kosten- und Termine werden im Vorfeld unrealistisch oder in einer abgemilderten Form vom Management angesetzt – es kann auch von Selbstüberschätzung gesprochen werden insofern Risiken nicht oder nicht im tatsächlichem Ausmaß gesehen werden können oder wollen. Der menschliche Faktor ist somit eine hohe Risikoquelle hinsichtlich der kognitiv verzerrenden Wahrnehmung. Von diesem eingenommen Blickwinkel, werden somit Kosten und Termine nicht überschritten, sondern die im Vorfeld fehleingeschätzten Annahmen werden von realen Ansätzen zum unerfreulichen Maße für das Management und Stakeholder revidiert. Kosten- und

⁶⁴ Ein sogenanntes Claim-Management soll gezielt Lücken im Vertrag ausfindig machen, sodass Mehrleistungen *notwendig* werden.

⁶⁵ Im Sommer 2019 wäre eine Pandemie, wie die „Corona-Krise“ eine ist, mit äußerst geringer Wahrscheinlichkeit bewertet worden.

⁶⁶ Unter dem Motto: „Mir wird schon nichts passieren“.

Terminüberschreitungen sind also nicht zwangsläufig unmittelbar das Ergebnis von Fehlern in der Errichtungsphase des Projektes, sondern gegebenenfalls bereits ein Ergebnis von unzureichender Vorarbeit – der Fokus der Risikoreduzierung sollte somit auf einer soliden Basis aus der Vorprojektenphase aufbauen. Nichtsdestotrotz stehen auch in der Vorprojekt-, Vergabe- oder Auswahlphase strategische Missinterpretationen, oder der sogenannte *Political Bias*⁶⁷, an. Darunter wird verstanden, dass die eigenen strategischen Vorteile überschätzt und die Kosten- und Terminrisiken unterschätzt werden hinsichtlich der Wahrscheinlichkeitssteigerung die eigene Investition und Projekt gegen in Konkurrenz stehende Vorhaben durchzusetzen. Dieser Effekt kann unter Umständen in der Unternehmenskultur verwurzelt sein durch Erfolgsdruck und das Erreichen der vorgegebenen Ziele, womit erhöhte Risiken vom Management durchaus in Kauf genommen werden. Dieser Effekt hat durchaus Auswirkungen auf die Planung und Projektentwicklung sowie auf die Angebote und Verträge, hier werden Risiken heruntergespielt wobei die Wahrscheinlichkeit eines Auftretens in der Errichtung dadurch nicht gemildert wird. Erst nachdem die Vergabe eines Arbeitsauftrages gegeben ist, werden diese im Vorfeld nicht im Detail betrachteten oder gar vernachlässigten Risiken erst ernst genommen – das Potential zu Kosten- und Terminüberschreitungen ist somit hoch (Flyvbjerg *et al.*, 2003; Flyvbjerg, 2008; Budzior *et al.*, 2018).

Dem entgegen zu wirken, sind quantitative Entscheidungsgrundlagen zu formen, um Bias-Effekte bestmöglich zu eliminieren aber auch um gegenüber der Berichtskette eine nachweisliche Basis vorweisen zu können. Außerdem ist auf die damit einhergehende Anforderung auf die in den Vorprojektphasen zu erstellenden Unterlagen und Dokumenten im Industriebau aufmerkend hinzuweisen. Oft bilden diese die Basis für Kosten und Termine. Änderungen können über die Projektlaufzeit einfach und nachvollziehbar dokumentiert werden, ohne auf subjektive Argumentationen zurück greifen zu müssen.

Nach der Zusammenfassung von *Cunningham*, hinsichtlich der wichtigsten Faktoren für Kostenüberschreitungen bei Bauprojekten, kann man einen Rückschluss auf die im Industriebau ebenfalls auftretenden Effekte hinweisen. Demnach steht die Projektkomplexität an vorderster Stelle hinsichtlich Kostenüberschreitungen. Gefolgt von der Ausschreibungsqualität und der Design- und Projektspezifikation. Auch die Beschaffungsstrategie und die Vertragsform spielen eine Rolle. Interessanterweise stehen Mängel am Baustellenmanagement und Erfahrung des Auftraggebers nicht maßgeblich im Fokus wie unter anderem die Umgebung der Baustelle. Es lässt sich also daraus ableiten, dass das Risiko einer Kostenüberschreitung in Korrelation mit der Projektqualität und der Qualität des Design und Dokumente steht. Nichtsdestotrotz ist ein starkes Projektmanagement unter allen Umständen unerlässlich sowie die Kommunikation und strikte Einhaltung des Teamworks und der damit verbundenen Aufgabenfelder und Wahrnehmung dessen von jedem Mitglied (Cunningham, 2017).

Wie eine Risikoanalyse im Industriebau aussehen könnte, haben *Dziadosz and Rejment* anhand Errichtungsprojekte untersucht. Eine einfache aber durchaus effektive Herangehensweise für die Risikountersuchung bei Investitionsprojekten ist die bereits in einer anders stehenden Verwendung vorgestellte Risiko-Matrix (Heat Map), wie in Abbildung 23 beispielhaft gezeigt (vgl. Abbildung 18 auf Seite 35). In der gezeigten Risiko-Matrix wird in qualitativer Herangehensweise das Risiko mit dem finanziellen Einfluss in Verbindung gebracht und hinsichtlich der Wichtigkeit bewertet. Weist das Risikoszenario eine hohe Wahrscheinlichkeit

⁶⁷ Politische Voreingenommenheit

bei gleichzeitig hohen finanziellen Auswirkung auf, so ist daran geraten, dieses mit weiteren Tools genauer zu untersuchen und bestmöglich abzumildern und weiter zu verfolgen. Ebenfalls für die Industrieanlagenbau-Branche als geeignete Herangehensweise ist die nach PRINCE2 (**P**rojects **i**n **C**ontrolled **E**nvironments) vorgeschlagene Methode qualitative und mit gering komplexen quantitativen Variablen zu kombinieren – diese baut auf die Risiko-Matrix auf und wird mit weiteren Informationen ergänzt, unter anderem ist die Beschreibung des Risikos, der Grund und der Effekt sowie die Wahrscheinlichkeit oder die Strategie und deren Kosten mit Beschreibung der Hauptverantwortlichkeit berücksichtigt. Aber auch weitere Methoden, sogenannte Multi-Kriterien Methoden sind für die Projektrisikoeermittlung und die Projektgegenüberstellung eine hervorragende Unterstützung für das Management. Diese sind ebenfalls aus einer Kombination von qualitativen und quantitativen Eingabeparameter gebildet. Eine bekannte Methodik auf dieser Basis stellt die unter dem Akronym bekannte PROMETHEE-Methode⁶⁸ (**P**reference **R**anking **O**rganization **M**ETHod for **E**nrichment **E**valuation) dar (Dziadosz and Rejment, 2015).

		Impact					
		1	2	3	4	5	
		0-50 tys.	50 tys -500 tys.	500 tys -2 mln	2 mln-5 mln	5 mln-20 mln	
Probability	1	0-5%	Low	Low	Low	Medium	High
	2	5-40%	Low	Low	Medium	Medium	High
	3	40-70%	Low	Low	Medium	High	High
	4	70-80%	Low	Medium	Medium	High	High
	5	80-100%	Low	Medium	High	High	High

Abbildung 23: Risiko-Matrix.

Quelle: Dziadosz and Rejment, „Risk Analysis in Construction Project - Chosen Methods“, Procedia Engineering (2015), Seite 260.

2.2.3 Treibhausgasemissionen als Risikodimension

Die bisher vorgestellten Kapiteln im Projekt-Risikomanagement haben einen übersichtlichen Einblick über die Bedeutung und Notwendigkeit des Risikomanagements gegeben. Die Idee, ein systematisches Vorgehen zu entwickeln und auch im praktischen Umfeld anzuwenden beruht auf der Sicherstellung von Erfolg. Es werden Risiken identifiziert, bewertet und bestmöglich reduziert. Dies stellt im ersten Gedanken eine logische Konsequenz aus dem menschlichen Sein, Gefahren aus dem Weg zu gehen, dar. Obgleich sich Gefahren und die damit einhergehenden Risiken und Auswirkungen sich über die Menschheitsgeschichte den Umweltbedingungen anpasst haben, steht dieser Behauptung keine Minderung der Herausforderung gegenüber. Die Entwicklung von Gefahren ist gerade in diesem Gedankengang von zu unterstreichender Bedeutung. Denke man zurück an die urzeitliche Gesellschaft der Jäger und Sammler⁶⁹, an die Gefahr von einem fahrenden Automobil überrollt zu werden dachte wohl zu damaligen Zeit niemand. So ähnlich könnte man die Argumentation des Klimawandels formulieren. Bei dem enormen Einsatz von Kohle zu Beginn der Industrialisierung im 19. Jahrhundert dachte wohl mit gering anzunehmender Wahrscheinlichkeit keiner an die Auswirkungen auf das Klima oder an

⁶⁸ Oder auch Promethee & Gaia Methode genannt.

⁶⁹ Beide Geschlechter sind angesprochen.

den damit verknüpften Wohlstand. Die Kernaussage dieses Gedankenganges ist die stetige Veränderung und Wandel von Gefahren und Risiken.

Das Risiko der Treibhausgasemissionen und der damit in Verbindung gebrachte Klimawandel ist keineswegs mehr blanke Theorie und ist nicht einfach von Tisch zu fegen sofern man den immer deutlicher erscheinenden Tatsachen ernsthaft Beachtung schenkt. Wie in dieser Arbeit eingehend vorgestellt wurde, stellt die Reduktion von Treibhausgasen einen wichtigen politischen und strategischen Wertepunkt dar. Auch das in Verbindung gebrachte Image einer *klimafreundlichen* Herangehensweise oder Geschäftstätigkeit wird immer bedeutsamer mit der Verpflichtung⁷⁰ der Offenlegung eines nicht-finanziellen Berichts. Politik und Unternehmen nehmen den Klimawandel dadurch zumindest zum Schein ernst und negieren diesen wie in der Vergangenheit üblich nicht (vgl. Kapitel 1.2.1 auf Seite 8). Das Risiko und die Gefahr von Treibhausgasen haben einen enormen Wandel von Geschäftstätigkeiten angestoßen und einen gedanklichen Wandel hervorgerufen, denn eines ist klar, heutzutage stellt es einen nicht zu vernachlässigenden Risikofaktor dar, als Unternehmen „dreckig“ zu wirken. Eine Risikoermittlung identifiziert und bewertet die Auswirkungen auf das Image und liefert bei hoher Qualität eines solchen Verfahrens hervorragende Ergebnisse. Doch überlassen wir dies der Marketing-Abteilung.

Der Fokus soll im Folgenden von der Marketingstrategie eines Unternehmens zurück auf die Berücksichtigung von Gefahr und Risiko von Treibhausgasemissionen auf die Investitions- und Projektrisikoevaluierung gelenkt werden. Analog zur Prozess- und Sicherheitstechnik (vgl. HSE) kann das Konzept von ALARP auf die Risikoevaluierung für Finanzierungen herangezogen werden. Ruft man die auf Seite 35 gezeigte Abbildung 18 in Erinnerung, können einem Risiko in einer Evaluierung mehrere, dem Unternehmen oder Projekt entsprechenden, Risikodimensionen zugeordnet werden. Dies soll beispielhaft die simple Risikoidentifikation und Bewertung in Tabelle 4 zeigen. Unter einer Risikodimension wird eine Zustandsgröße verstanden, in welcher die Gefahr und Risiko in Verbindung steht. Im angeführten Beispiel sollen die Kosten, die Umwelt, der Mensch sowie die Zeit als Dimension dienen. Doch von Anfang an, in der Tabelle 4 gezeigten Risikoevaluierung wurde das Risiko der Treibhausgasemission mit dem Titel „Treibhausgasausstoß“ identifiziert. Grund dafür wäre beispielweise der Einsatz von veralteter Technologien. Die Annahme in der Beschreibung zeigt deutlich, dass der Einsatz von neueren Technologien eine Treibhausgasemissionsreduktion mit sich bringen dürfte. Neben den Effekten, wie mitunter einen erhöhten Gesamtemissionsfaktor des Produktionsstandortes, auf welchen die neue Anlage (mit alter Technologie) errichtet werden sollte, steht die Gefahr von steigenden Kosten durch den Zukauf von Emissionszertifikaten bis hin zum Betriebsgenehmigungsentzug seitens der Behörde.

Tabelle 4: Einfache Risikoevaluierung.

Risiko	Beschreibung	Effekt & Auswirkung	Wahrscheinlichkeit	Kosten	Umwelt	Mensch	Zeit	Risiko	Aktionen zur Risikominderung
Treibhausgasausstoß	Durch den Einsatz veralteter Technologie werden 100g/m ³ mehr CO ₂ emittiert als mit neueren Technologien.	1) Erhöhte Gesamtemission des Standortes 2) ggf. keine Betriebsgenehmigung 3) Zusätzlicher Kauf von Emissionszertifikate (zusätzliche Kosten)	hoch	>20m€	sehr hoch	hoch	mittel	sehr hoch	Einsatz von Stand der Technik Technologie

Quelle: Eigene Darstellung.

⁷⁰ Gemäß dem Nachhaltigkeits- und Diversitätsverbesserungsgesetz (NaDiVeG).

Beginnend sei die Wahrscheinlichkeit eingestuft, als Vorlage dient hier die qualitative Einstufungsskala der Heat Map. Neben der Wahrscheinlichkeit sind sämtliche Dimensionen ebenfalls einer qualitativen Bewertung zu unterziehen, lediglich die Risikodimension der Kosten wurde quantifiziert. Wie bereits in dieser Arbeit diskutiert ist es möglich sämtliche Dimensionen einer quantitativen Größe zuzuordnen. Die endgültige Risikobewertung ergibt für den Einsatz von veralteten Technologien ein sehr hohes Risiko als Ergebnis aus. Die Aktion zur Risikoreduktion muss klar sein, der Einsatz von Stand der Technik Technologien.

In dieser einfachen Veranschaulichung ist demonstriert, inwiefern sich Treibhausgasemissionen im Risikomanagement einbetten lassen. In Abhängigkeit zu der geplanten Investition und Projekt stellt sich die Herausforderung der Detaillierung einer solchen Bewertung. Vergleicht man die oberflächliche Auflistung von möglichen Risiken durch den Klimawandel von Abbildung 19, so wird die Notwendigkeit klar sobald es um quantifizierte Kennwerte, zum Beispiel monetäre Kennwerte, handelt. Im oben Gedankenspiel und Beispiel wurde zur Demonstration angenommen, dass ein Entzug der Betriebsgenehmigung wegen veralteter Technologie ein Schaden von mehr als 20 Millionen Euro entstünde – welcher sich maßgeblich durch den Produktionsausfall während der veranschlagten Nachrüstzeit ergeben würde. Die Anschaffungskosten der neuen Anlage dienen als Schlüsselindikator in dieser Gleichung. Man denke nun an dieser Stelle frei von jeglicher Reue und schlechtem Gewissen der Umwelt gegenüber. Inwieweit sollten Unternehmen in neue, jedoch deutlich teurere, Technologien investieren insofern das Risiko oder die damit verknüpfte Auswirkung gering ist. Hier sind einerseits politische und gesetzliche Regulierungen notwendig um eine Motivation, also durchaus das Risiko des Entzugs der Betriebsgenehmigung zu erhöhen, zu schaffen. Stehen derartige Regulierungen und Vorschriften nicht im Raum, so ziehen Unternehmen, sofern kein Selbst-Commitment dazu besteht, kostenoptimierte Optionen vor.

Schlussendlich ist ableitend von der Erkenntnis der Gefahr des Klimawandels festzuhalten, dass Unternehmen ohne einer staatlich gesteuerten Gesetzgebung selten die Motivation aufbringen, um in emissionsreduzierende Technologien zu investieren. Die Gefahr und das Risiko sowie die Auswirkungen von Treibhausgasemissionen sind all gegenwärtig und sollten unter keinen Umständen in einer Risikoevaluierung fehlen. Einen Schritt weitergedacht, die Definition einer unternehmensspezifischen Risikodimension „Klimawandel“ wäre ebenfalls denkbar. Wichtig ist, die Sensibilität und die Bedeutung zu erkennen und in das unternehmerische Denken zu integrieren. Denn eines ist gewiss, der Klimawandel zieht eine grundlegende Änderung unseres industrialisiertem Denkens mit sich. Wollen Unternehmen langfristig erfolgreich sein, so sind diese Überlegungen unumgänglich.

3 Einfluss der Treibhausgasreduktion

Der Klimawandel und die damit einhergehenden klimatischen Prozesse üben einen nicht von der Hand zu weisenden Einfluss auf die klimapolitischen Entscheidungen und Vorgehensweisen vieler Staaten und Unternehmen, in der Regel Konzerne, aus. Neben den unter anderen wirtschaftlichen, finanziellen, sozialen oder ethnischen Risiken und Chancen treten die klimatischen in ein besonderes Licht. Klimaveränderungen wirken sich unabhängig von menschlich gezogenen Grenzen oder unternehmerischen Bilanzen aus – die damit verbundenen Risiken sollten unmittelbar die Motivation zum Handeln widerspiegeln. Ein an dieser Stelle passendes Zitat von *Breeden*⁷¹ widerspiegelt die Dringlichkeit des Umdenkens in sämtlichen Belangen, auch im Finanzsektor:

“Climate change poses significant risks to the economy and to the financial system, and while these risks may seem abstract and far away, they are in fact very real, fast approaching, and in need of action today.”

Neben den makro- und mikroökonomischen politischen Machenschaften und dessen gesetzlich vorgeschriebenen Ergebnissen oder Subventionen hinsichtlich finanzieller Motivatoren für neue *grünere* Lösungen, steht unter anderen jede Unternehmung in der Schuld einen Beitrag zu leisten. Bereits frühere Untersuchungen zu diesem Thema erkannten, dass durch die Reduktion von Treibhausgasen (engl. Greenhousegases, GHG) nicht nur Nachteile, sondern durchaus Vorteile entstehen können. Doch nichtsdestotrotz sind die mit dem Klimawandel einhergehenden Risiken und Gefahren mit einem nicht mehr auszuweichenden oder umkehrbaren Drift durch die vergangene Bewirtschaftung zur Realität geworden und werden immer weiter gesteigert. Es wird und muss stetig weiter in neue Technologien und alternative Energiesysteme, trotz hohe Investitionssummen, investiert werden, um die gesetzten Ziele der Treibhausgasreduktion zu erreichen. Diese damit in Verbindung stehenden Kosten sind im Vergleich zu den Kosten, sofern keine Reduktion der Treibhausgasen realisiert werden würde, marginal einzuordnen sofern die mit dem Klimawandel in Verbindung stehenden Risiken und Gefahren Realität werden würden oder zur vollendeten Gänze eintreten.

Überlegungen Emissionen mit einem Preis zu behaften resultieren in dem bereits vorgestellten Emission Trading System (ETS); hier ist beispielweise das EU ETS unter anderen Systemen weltweit zu nennen⁷². Wie nach dem EU ETS in Österreich praktiziert, unterliegt die Gesamtheit der im Markt tätigen Unternehmen keiner Verpflichtung die Emissionen per Zertifikat auszuweisen. Es sind ausgewählte Unternehmen im österreichischen Index gelistet welche diesem Emissionshandel oder den Emissionszertifikaten unterliegen. Damit einhergehend, müssen die Preisgestaltung der Emissionen bei Investitionen durchaus Berücksichtigung finden neben der im operativen Betrieb erzielter Gewinnmaximierung. Obwohl ein gewisser Teil der Emissionszertifikate an die Firmen verteilt werden, und lediglich jene Zertifikate käuflich erworben werden müssen, um die über das gesetzte Limit erzeugten Treibhausgase abzudecken, gestaltete sich die Preisentwicklung der Emissionszertifikate am EU ETS lange Zeit undramatisch. Dies hat sich in den vergangenen zwei Jahren, so wie im Augenblick darstellend, geändert. Durch die sich abzuleitende steigende Trendkurve des Preises für Emissionen am EU ETS führt zu

⁷¹ Executive Director, International Banks Supervision, Bank of England (2019).

⁷² New Zealand ETS, Australian Carbon Pollution Reduction Scheme (CPRS) and the Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) in the United States.

mitunter Kosten und damit Gewinneinbußen bei gleichbleibenden Absatz und Rohstoffpreisen. Ableitend aus diesem Gedankengang lässt sich anmerken; produziert ein Unternehmen mehr Emissionen als mit den zugeteilten Emissionszertifikaten abzudecken ist, so müssen zusätzliche Emissionszertifikate bei gleichbleibender Produktion erworben werden; werden geringere Mengen an Emissionen ausgestoßen, so können die verbleibenden Zertifikate veräußert werden bei gleich bleibender Produktion. Dies gilt fundamental für Produktionsplanungen eines Unternehmens. Investitionen und Projekte sind in der Lage die Emissionskennkurve einer Produktion zu verändern (zu senken, oder zu steigern). Zurückkehrend zu dem eingeführten Gedanken, dass Emissionen durch die ETS einen Effekt auf Umsatz und Gewinn haben, soll anhand der von *Lambie* gezeigten Formel (10) erörternd vorgestellt werden. Darin wird im ersten Term die umsatzgenerierende Funktion gezeigt. Maßgebend dafür sind die beiden notwendigen Hauptparameter; der Preis p und die Produktionsmenge q . Der Verkauf der Produkte oder Service wird gemindert durch Abzug der Einkaufskosten, gezeigt im zweiten Term. Darin sind die Rohstoffe m , die Komponenten x bei Produktion zum Preis b formuliert. Im dritten Term sind auf direkter Art die Emissionskosten ausgedrückt, diese bilden sich durch den Emissionspreis a und die durch die Produktion in Verbindung stehende Emissionsmenge e . Im vierten und fünften Term werden die Einflüsse der Produktion mit der Preisfunktion⁷³ λ_1 , der Emissionen und mit der Funktion λ_2 berücksichtigt. Darin soll die Funktion $h(x_1, x_2, \dots, x_m)$ die Produktionsfunktion sowie Technologie und die Funktion $g(x_1, x_2, \dots, x_m)$ die Emissionsproduktion darstellen. Ohne weiter ins Detail zu gehen, es sei auf die Literatur verwiesen, ist anhand Formel (10) die Umsatzminderung durch Emissionen leicht erkennbar. Abhängig von der im jeweiligen Unternehmen vorzufindenden Produktion und im Einsatz stehenden Rohstoffe, sind die Produktionsfunktion h und die Emissionsproduktion g zu definieren. Beispielweise könnte ein spezifischer Wert generiert werden; je produzierter Einheit ein dazugehörig anteiliger Emissionswert.

$$L = p q - \sum_{i=0}^m b_i x_i - a e + \lambda_1 (h(x_1, x_2, \dots, x_m) - q) + \lambda_2 (e - g(x_1, x_2, \dots, x_m)) \quad (10)$$

Zurückkehrend zur Idee der Notwendigkeit die Emissionsbelastung in der Investitionsrechnung aufzunehmen wird durch die präsentierte Formel (10) motiviert. Bislang unterliegen vergleichsweise wenige Unternehmen und Industrien einer gesetzlichen Regulierung von Emissionszertifikaten. Zukunftsblickend, und mit der Prämisse im Gedanken, eine Einführung von Emissionskosten auf ein breites Spektrum als plausibel anzunehmen, nimmt die Emissionsreduktion in der Produktion, neben den damit in Verbindung stehenden Emissionspreisen, eine zentrale Bedeutung ein. Das Risiko einer solchen Einführung von Emissionskosten (z.B. durch eine Steuer) führt nahtlos zur Motivation zukünftige Investitionen auf deren Emissionsintensität zu bewerten, um im Unternehmen eine nachhaltige Wachstumsstrategie sicherzustellen. Die Gedanken hinsichtlich des Handels auch ohne Verpflichtung dahingehend zu fokussieren, scheint mitunter das in Zukunft liegende Potential zu unterstreichen die Wettbewerbsfähigkeit aufrecht zu erhalten oder zu stärken.

Die von *Spash and Hanley* durchgeführte Kosten-Nutzenanalyse (CBA⁷⁴) zeigt qualitativ in Abbildung 24 den theoretischen Zusammenhang zwischen der Treibhausgasreduktion und den damit einhergehenden Kosten mittels zwei Kurven. Die erste Kurve beschreibt den qualitativen

⁷³ In der Literatur "shadow price of output" genannt

⁷⁴ Cost Benefit Analysis; vgl. Kapitel 2.2.1

Verlauf des Schadens, welcher durch den Klimawandel entstünde, hingegen dazu auf der zweiten Kurve die Kosten der Vermeidung, die Kontroll-Kosten, dargestellt sind. Diesem Grundgedanken folgend ist abzuleiten, dass bei enormer Treibhausgasreduktion die Kosten der damit einhergehenden Schäden und Folgen reduziert werden, hingegen die Kosten, um diese enorme Treibhausgasreduktion zu erreichen, nahezu explosionsartig steigen. Hypothetisch würde im Schnittpunkt E^* der beiden Kurven die *optimale* Treibhausgasreduktion liegen, dies ist jedoch aus praktischen Gründen nicht weiter zu verfolgen (Spash and Hanley, 1994).

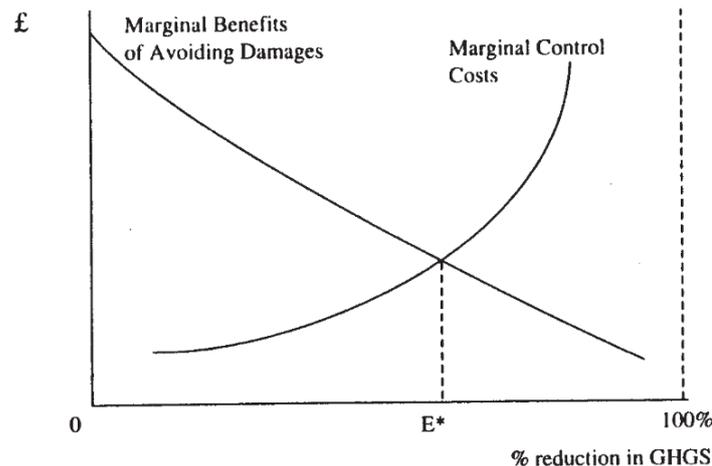


Abbildung 24: Kosten- Nutzen (CBA) von Treibhausgasreduktion.
Quelle: Spash and Hanley, „Cost-benefit analysis and the greenhouse effect“, University of Stirling 1994, Seite 13.

Knüpft man an diesem Gedanken der optimalen Treibhausreduktion E^* an, stellt sich die Frage ob ein Kontext auf Unternehmensebene hinsichtlich dieser Herangehensweise zu schaffen wäre. Unternehmen können im Vergleich zu einer ganzen Volkswirtschaft einen detaillierteren Treibhausgas-Emissionsaktionsplan ausarbeiten und schaffen damit eine Balance zwischen Kosten und Treibhausgasemission. Doch wie wäre dies bei Industrie- bzw. Energieproduzenten (u.a. Öl- und Gas) praktikabel?

Die Exploration und Produktion von Erdgas emittiert bereits einen hohen Teil an Treibhausgasen ohne die tatsächliche Verbrennung des geförderten Gases einberechnet zu haben. Ein Ansatz welcher von *Sidortsov* verfolgt und mit einer Methode zu dessen Bewertung vervollständigt wurde, soll in diesem Kapitel vorgestellt werden. Im weiteren Sinne wurden in dieser Arbeit neben den einleitenden Worten Investitionsinstrumente und Regeln, wie beispielweise der NPV, sowie Risikomanagementeinblicke vorgestellt. Diese Hilfsmittel dienen mitunter dazu, Risiken in monetären Mitteln zu erfassen und für Entscheidungen des Managements oder Politiker aufzubereiten.

Neben den in Kapitel 2.2.2 *Investitions- und Projekt-Risikomanagement* mit den Klimawandel diskutierten Risiken und Gefahren, welche teils dramatische Auswirkungen auf den bisher erlangten Wohlstand haben, stehen in Abbildung 25 die einhergehenden Chancen dazu im Kontrast um die Nutzenrechnung dahingehend gedanklich zu stützen. Die Abbildung 25 wiedergibt nicht nur die Möglichkeiten und Chancen, sondern auch die damit in Verbindung stehenden finanziellen Anreize. So können beispielweise Optimierungen hinsichtlich nachhaltigen und klimaneutralem Ressourcenmanagement und Produktionsmanagement zu Wettbewerbsvorteile bei Produkten und Services führen. Dies setzt jedoch eine klimapolitische

Regulierung und ein funktionierendes Anreizsystem voraus, sodass die Märkte sowie Kunden, die damit zu Beginn einstellenden Preise annehmen. Aber abgesehen von bestehenden Märkten, die Anreize führen zu Innovationen und neuen Produkten, wird es darüber hinaus zur Erschließung neuer Märkte kommen. Wie ein Anreizsystem aussehen kann, repräsentiert der in Kapitel 1.3 *CO₂-Kosten bei der Investitionsentscheidung* gezeigte CO₂-Preis für emittierte Treibhausgase.

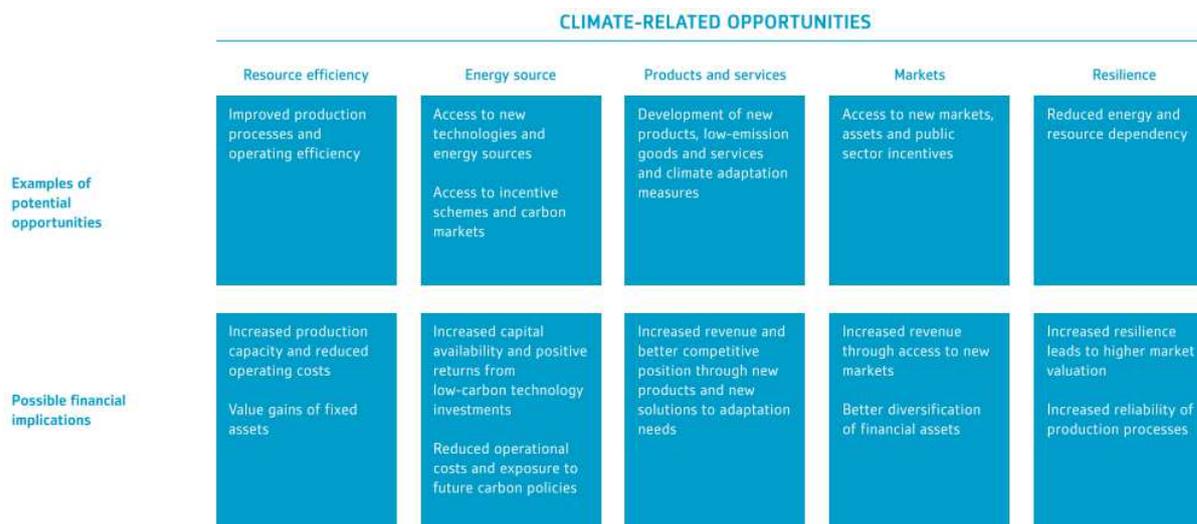


Abbildung 25: Klimabezogene Chancen für Unternehmen.

Quelle: SSF, „MEASURING CLIMATE-RELATED RISKS IN INVESTMENT PORTFOLIOS“, 2019, Seite 3.

Die mit dem Klimawandel in Verbindung stehenden dramatischen und finanziell beträchtlichen Auswirkungen, machen die Notwendigkeit deutlich, gängige Investitions- und Projektierungsinstrumente auf den CO₂-Einfluss zu untersuchen und das Risiko neben den qualitativen Untersuchungen auch in quantitativen Methoden dem Management zu verdeutlichen. Analog zu den in Kapitel 2.1 *Projektinvestitionsregeln* vorgestellten Methoden gilt es, quantitative Werte auf monetärer Basis zu ermitteln um den Einfluss der Treibhausgasemissionen, unter anderem die Kosten für Treibhausgasemissionszertifikate, zu berücksichtigen und auf einer genormten Plattform im Portfolio gegenüberzustellen. Aus diesem Grunde sollen in diesem Kapitel mögliche Einflüsse und Auswirkungen der Treibhausgasreduktion auf gängige Instrumente der Investitionsrechnung und Projektierungen beleuchtet werden. Hinsichtlich der damit verbundenen Risiken ergeben sich unterschiedliche Adaptierungen der in dieser Arbeit bereits vorgestellten Methoden der Investitions- und Entscheidungsinstrumente (vgl. Kapitel 2.1 *Projektinvestitionsregeln*). Neben den Adaptierungen und Erweiterungen der Methoden werden zusätzliche Methoden für die Bewertung der Treibhausgase vorgestellt.

3.1 Treibhausgasbewertungsinstrumente

Die im Kapitel 2.1.1 behandelte Modifikation und CO₂-Korrektur des traditionellen NPV motiviert Investitionen und Projekte hinsichtlich der CO₂-Abhängigkeit genauer zu untersuchen. Dies wiederum führt zu dem Gedanken für die unternehmensinterne Projektevaluierung und Auswahl der Projekte aus dem Projektportfolio eine Vorgehensweise anzuwenden, in welcher die CO₂-Abhängigkeit und die Auswirkung des Investments auf den Klimawandel erkenntlich ist. Dem Management oder dem Investor sollte neben den finanziellen Kennzahlen eine klimaverbundene finanzielle Kennzahl vorliegen.

In der Literatur wird beispielweise der sogenannte CO₂-Fußabdruck, auch genannt als „finanzierte Emissionen“, oder die Kohlenstoffintensität einer Investition zugeordnet. Der CO₂-Fußabdruck wird in Tonnen CO₂-Äquivalent pro investierter Million angegeben, hingegen die Kohlenstoffintensität in Tonnen CO₂-Äquivalent pro Million Umsatz ausgedrückt wird. Ein weiterer Kennwert ist die gewichtete durchschnittliche Kohlenstoffintensität (engl. *weighted average carbon intensity*), ebenfalls in Tonnen CO₂-Äquivalent pro Million Umsatz angegeben (TFCD, 2017; SSF, 2019).

Unabhängig von den bislang bekannten Kennzahlen für die CO₂-Bilanzen eines Unternehmens (auf freiwilliger Basis oder gesetzlich vorgeschrieben), sei abschließend an dieser Stelle in aller Kürze über die Sinnhaftigkeit von projektbezogenen CO₂-Auswirkungen zu diskutieren.

Investitionen und Projekte nehmen in der Regel einen besonderen Rang im Unternehmen ein; Budget, Zeit und Ressourcenplanung sind die Grundsteine einer soliden Projektdurchführung und für den erzielten Erfolg maßgebend. Neben den etlichen Risiken und Gefahren, welche es gilt zu evaluieren, qualitativ und quantitativ zu bewerten und bestmöglich zu verhindern oder zu mildern, stehen durch die immer fortschreitende Entwicklung des Klimawandels unvermeidbare Herausforderungen bevor. Aus diesem Grund sollte eine unternehmensinterne Evaluierung hinsichtlich Treibhausgasemissionen stattfinden. Der Gedanke ist simpel. In Analogie zu der Vorgehensweise, Projekte durchzuführen, welche den höchsten finanziellen Vorteil für das Unternehmen schaffen, könnte es umgekehrt auch denkbar sein, Projekte durchzuführen, welche den geringsten CO₂-Effekt aufweisen. Das Optimum ist ein höchster finanzieller Effekt bei niedrigem CO₂-Emissionen.

Wie bisher anhand einfachen Analogien und unter der Verwendung des NPVs illustriert wurde, nehmen CO₂-Preise eine immer wichtigere Rolle ein und sollten daher in einer Projektevaluierung, mindestens jedoch in der Risikobetrachtung und Risikobewertung, nicht fehlen. Zudem, spätestens seit den stetig wachsenden Emissionspreisen ist es ratsam dieses Risiko in den Investitionsregeln aufzunehmen und in monetärer Einheit zu bewerten, um auch bei mittel- und langfristig angesetzten Operationen keine böse Überraschung zu erleben. Doch wie soll dies von statten gehen? Investitionen und Projekte mit hoher wirtschaftlicher Bedeutung für sämtliche Stakeholder werden in der Regel gründlich und im Detail analysiert, die mit der Analyse in Verbindung stehenden Kosten sind durch das große Investmentvolumen rechtfertigen. Doch wie steht es um kleine bis mittelgroße Projekte⁷⁵? Zweifelsohne muss unterschieden werden zwischen den Projektarten, doch abgesehen davon, sollte es möglich sein einem Projekt einem CO₂-Effekt zuzuordnen auch ohne umfangreichen Analyse und Untersuchung.

⁷⁵ Eine Frage der Relativität.

Diese Frage scheint am ersten Blick haltlos und sollte einfach beantwortet werden können – immerhin steht durch die Änderung des Klimas viel auf dem Spiel. Dennoch, die für solch Analysen notwendigen budgetären Mitteln stellen oft keine Trivialität dar und werden daher in der Praxis vernachlässigt⁷⁶. Der Gedanke an einfache und kostengünstige Analysen, oder an einen einfach zu berechnenden Kennwert für die Emissionsintensität, machen durchaus Sinn hinsichtlich der oft großen Fülle an kleinen bis mittelgroßen Projekten in einem Unternehmen. Angenommener Weise, steht ein solches Bewertungsinstrument zur Verfügung, welches einfach zu bedienen ist, steht umso mehr die Wahl oder die Ermittlung der dafür notwendigen Parameter im Mittelpunkt. Auch die Frage, ob in jedem Fall ein einfaches Modell für die Berechnung eines Kennwertes ausreichend ist, ist von Bedeutung.

Wie die Vereinigung solcher Vorgaben zu bewerkstelligen wäre, ist im folgenden Kapitel näher beleuchtet. Neben den in der Literatur genannten Methoden LCA (Life Cycle Analysis), RA (Risk Assessment) oder Carbon Accounting soll der Fokus auf den von *Sidortsov* vorgestellten CDI-Wertes und auf die NPV-Korrektur hinsichtlich der mit der Investition in Verbindung stehenden CO₂-Emissionen liegen.

⁷⁶ Aber auch Ressourcenknappheit, oder eine strenge Terminabfolge stellen Verhinderungsfaktoren dar.

3.2 Der CO₂ korrigierte NPV

Investitionen und Projekte sollten hinsichtlich ihrer zu erwarteten Auswirkung auf das Klima untersucht werden indem die damit in Verbindung stehenden Treibhausgasemissionen betrachtet und in quantitativer Weise bewertet werden. Anders ausgedrückt, sämtlichen Tätigkeiten sind Emissionswerte gleichzustellen, um ein Gefühl über die Auswirkungen des Projektes auf das Klima zu gewinnen und darauf Entscheidungen zur Ausführung oder Verwerfung des Vorhabens aufzubauen. Investoren (z.B. Eigen- oder Fremdkapitalinvestoren) sehen mittels normativ bewerteten Treibhausgasinstrumenten ob das Unternehmen, Vorhaben und Projekte einer der ihrer Wertvorstellung entsprechenden Vorgabe genügen und investiert werden kann. Auch finanzielle Aspekte spielen neben moralischen und klimawirtschaftlichen eine hohe Rolle. Eine Investition in ein langfristiges Projekt mit einer hohen Treibhausgasbilanz ist im Vergleich zu Projekten mit geringer Treibhausgasbilanz mit einem erhöhten Risiko zu bewerten. Die mit der Investition und Projekt verbundene Treibhausemission ist offenzulegen oder zumindest einer unternehmensinternen Bewertung zu unterziehen. Hier bietet das von *Sidortsov* vorgestellte Konzept *Carbon Dependence of Investment* (CDI) die Möglichkeit, mit einem Kennwert das Investment mit der damit in Verbindung zu bringenden Treibhausgasemissionen aufzuwiegen.

Mit einer solch durchzuführenden Analyse lassen sich unter gewissen Aufwand quantitativ erfasste Kennzahlen ermitteln und dem Projekt zuordnen; für dessen Ermittlung wird der einfache Treibhausgas-Kennwert CO₂ ($CO_{2\text{äqu}}$) herangezogen. Doch bilden sich in diesem Ansatz erste Kluften zwischen der damit berechneten Kenngröße und für Entscheidungsträger wesentlichere Kennwerte – monetäre Kennwerte, Geld. CDI verbindet Investitionsinteressen und deren Einfluss und Folgen auf den Klimawandel unter der Berücksichtigung von CO₂-Emissionen. Es gilt die Prämisse keine wirtschaftliche Verluste zu verursachen. Im Folgenden soll das von *Sidortsov* vorgestellte Konzept des CDIs vorgestellt, diskutiert und hinsichtlich gängiger Investitionsregeln untersucht werden.

Wie bereits erwähnt verbindet das Konzept des CDIs Investitionsinteressen mit den damit verbundenen Folgen auf den Klimawandel. In Formel (11) ist die allgemeine Berechnungsvorschrift des CDI-Kennwertes zu sehen. In der Formel enthalten ist die Investition I , der spezifische Preis pro Einheit⁷⁷ p , der Verbrennungsfaktor f_c ⁷⁸, der Kohlenstoffintensitätsfaktor f_{CO_2} ⁷⁹ sowie die Produktionsemissionen $E_{\text{Produktion}}$. Betrachtet man die Formel (11) im Detail, erkennt man dass diese im ersten Term die Verbrennung von (fossilen) kohlenstoffhaltigen Energieträger beinhaltet – es wird ein Wert CDI_c berechnet. In Abhängigkeit des Kohlenstoffintensitätsfaktors f_{CO_2} und dessen gewählter Massen SI-Einheit, wird der Faktor CDI_c in Tonnen CO₂ angegeben. Es wurde für f_{CO_2} der CO₂-Anteil pro Tonne Brennstoff verwendet. Um den Faktor und das Konzept des CDIs zu verdeutlichen, ist die Einheit der Berechnung augenöffnend; der Faktor CDI berechnet den äquivalenten CO₂-Wert zu der veranschlagten Investitionssumme I bei Preis p .

$$CDI = \frac{I}{p} f_c f_{CO_2} + E_{\text{Produktion}} \quad (11)$$

⁷⁷ In der Literatur wird der Preis pro Einheit fossiler Brennstoffe angegeben; z.B. Preis pro Barrel Rohöl.

⁷⁸ Z.B. Rohöl 0,9 bis 0,95.

⁷⁹ Z.B. in Tonnen CO₂ pro Barrel.

Neben dem im ersten Term berechneten Kennwert CDI_c , also der CDI-Wert der Verbrennung von Energieträger, wird im zweiten Term die Emission aus der Produktion $E_{Produktion}$, also dem operativen Geschäft, berücksichtigt. Der Produktionsemissionen $E_{Produktion}$ können die Emissionen einer Produktionsperiode sein, hier wird jedoch eine periodenweise Berechnung des CDI-Wertes vorausgesetzt. Der bisher vorgestellte CDI-Wert in seiner einfachsten Form und ohne auf weitere Details und der mit Unsicherheit und hohem Aufwand behafteten Ermittlung der Kennwerte einzugehen, wiedergibt zusammenfassend nicht nur den Treibhausgasausstoß aus den operativen Tätigkeiten, sondern auch die Treibhausgasemissionen des auf den Absatzmärkten bis hin zum Verbraucher verursachten Einflusses auf den Klimawandel. Es wird sozusagen das Spektrum der Betrachtung, bezogen auf das Investment und Projekt, erweitert. Das Konzept wurde insbesondere für fossile Energieträgersysteme und dessen Industrie, wie die Öl- und Gasindustrie eine ist, entwickelt, um den Investoren einen Kennwert zu bieten, welcher Kosten und CO_2 mit einander in Verbindung bringt – die Auswirkung der monetären Investition lässt sich auf den Klimawandel mit dem CDI Kennwert auf einfache Weise umlegen.

In der obigen Formel (11) ist die statische Berechnung des CDI präsentiert, es lässt sich je nach Investitionsplanung der Cash-Flows eine kumulative Formel für die Berechnung des Kennwertes CDI entwickeln. Mitunter wird ein zeitweiliger CDI-Wert berechnet, für weitere Details wird auf die angeführte Literatur verwiesen.

Für unternehmensinterne Investitionsrechnungen und zu planende Projektierungen, also die optimale Auswahl der dem Unternehmen zur Verfügung stehenden Projekte im Portfolio, werden wie in Kapitel 2.1 vorgestellt, Investitionsregeln verwendet. Das Ziel ist es, den Unternehmenswert bestmöglich zu steigern oder zu halten. Die Frage stellt sich, inwieweit neben den offiziellen bzw. veröffentlichten Daten hinsichtlich Treibhausgasemissionen, diese in den gängigen Investitionsrechnungen berücksichtigt werden oder berücksichtigt werden könnten. Der Kennwert des CDIs wiedergibt einen dem Projekt zuordbaren CO_2 -Kennwert in Tonnen CO_2 . Jedoch wiedergibt dieser keinen monetären Kennwert. Hingegen die Kennzahl des NPVs einen monetären Kennwert ausgibt. Weiters, der Gedanke, die mit dem Projekt oder Investition in Verbindung stehenden, oder anders ausgedrückt, die dem Projekt oder Investition zuordbaren Treibhausgasemissionen, wären einer monetären Bewertung zu unterziehen um dessen Vergleichbarkeit und Einfluss auf die Kennzahlen zu verdeutlichen, ist mit der Berechnung des reinen CDI-Wertes nicht gedeckt. Es könnte der CDI-Wert für die Berechnung einer modifizierten monetären Kennzahl, durchaus der NPV, herangezogen werden. Diese Kennzahl kann unternehmensintern sein. Darüber hinaus lässt sich in diesem Gedankenansatz berechnen, inwiefern die dem Projekt zuordbaren spezifischen Treibhausgaskosten, das Investment in deren Bewertung zur Ausführung beeinflussen, ohne die tatsächlich zu planenden Projekt-Budgets zu gefährden. Um diesen Gedanken weiterzuführen, wird in weiterer Folge eine Kombination von Energiepreisen und CO_2 -Preisen, hinsichtlich unternehmensinternen Bewertung der Investitionsrechnung und Projektierung, vorgestellt.

Ersetzt man die Investitionssumme I durch die mit dem Projekt zu erwartenden absoluten Cash-Flows C_t über die Betrachtungsperiode T und der festgelegten Diskontrate r_t , lässt sich der CDI_t -Wert für die jeweilige Periode berechnen. Die Erweiterung ist in Formel (12) zu sehen. Die wohl wesentlichste Veränderung gegenüber Formel (11) ist die Aufnahme der Zeitwerte (Diskontierung) der Cash-Flows. Vergleicht man Formel (12) mit der in Kapitel 2.1.1 festgehaltenen Formel (1), der Berechnung des NPVs, erkennt man, dass die Berechnungsformel des NPVs in erweiterter Form vorliegt und die Dimension auf CO_2 -Massen durch die Einführung der Faktoren geändert wurde.

$$CDI = \sum_{t=0}^T CDI_t = \sum_{t=0}^T \frac{|C_t|}{p_t (1+r_t)^t} f_c f_{CO_2} + E_{Produktion_t} \quad (12)$$

Neben den in Formel (12) physikalischen und chemischen Faktoren, sind die zukünftige Preise, die Cash-Flows oder die Kapitalkosten, Risiken und Unsicherheiten unterworfen. Insbesondere sei der Preis p_t hervorgehoben⁸⁰. Bis zu diesem Schritt wurden die Investitionen und die erwarteten Cash-Flows⁸¹ in CO₂-Massen zu den angenommenen Bedingungen *umgewandelt*. Die bisher gewählte Vorgehensweise und Wahl der Faktoren ist in Anlehnung von *Sidortsov* gewählt worden und widerspiegelt die Öl- und Gasindustrie. Das Konzept hinter der CDI-Kennzahl lässt sich jedoch durch Adaption und Einführung weiterer Parameter und Faktoren modifizieren, sodass für unternehmensinterne Projektevaluierungen und Validierungen vergleichbare Kennzahlen berechnet und Standards im Portfoliomanagement entwickelt werden können. Zieht man in Betracht, den bisher berechneten CDI-Wert für die Korrektur des berechneten NPV-Wertes zu verwenden, so sei die Vorgehensweise in Formel (13) und (14) vorgeschlagen. In Formel (13) werden die prognostizierten CO₂-Preise $P_{CO_2_t}$ mit den der Investitionskosten zuordbaren CDI_t -Werte zu einem kumulativ berechneten Gesamt-CO₂-Preises multipliziert. Der mit dieser Vorgehensweise berechnete Wert P_{CO_2} widerspiegelt die CO₂-Kosten der Investition und Projekts unter der Annahme, dass der gesamte Lebenszyklus betrachtet wird.

$$P_{CO_2} = \sum_{t=0}^T CDI_t \times P_{CO_2_t} \quad (13)$$

Anders ausgedrückt, der berechnete Preis P_{CO_2} gibt die theoretischen Kosten der Treibhausgasemissionen an. Diese wirken sich gewinnmindernd auf das Projekt aus, sofern diese tragbar werden würden. Beispielweise durch internationale oder nationale Gesetze. Der dem Projekt und Investition zuordbare CO₂-Fussabdruck lässt sich somit direkt in Kosten auffassen. Nach der Ermittlung der eingeführten Kosten P_{CO_2} , sowie der Ermittlung des NPVs nach der klassischen Methode, lässt sich mit Formel (14) ein CO₂-korrigierter NPV-Wert, der NPV_{CO_2Korr} berechnen. Mit dieser simplen Korrektur wurde der NPV mit den Energiekosten, welche sich auf die CO₂-Bilanz auswirken, als auch CO₂-Preise berücksichtigt, in Verbindung gebracht. Der nach der klassischen Methode berechnete NPV reduziert sich auf eine Kenngröße, welche für unternehmensinterne Evaluierungen verwendet werden könnte.

$$NPV_{CO_2Korr} = NPV - P_{CO_2} \quad (14)$$

Die gezeigte Vorgehensweise macht aus mehreren Gründen Sinn. Erstens, die Betrachtung der Treibhausgasreduktion übt Einfluss auf einen monetären Kennwert aus. Gemäß der NPV-Investitionsregel ist in ein Projekt zu investieren sofern der NPV positiv ist oder bei einem Portfolio in Projekte zu investieren, welche den höchsten NPV versprechen⁸². Durch die vorgenommene Modifikation spielt auch die Tätigkeit des Projektes hinsichtlich des Einflusses auf das Klima eine Rolle indem der NPV in Abhängigkeit der Treibhausgasemission verringert wird

⁸⁰ Denke man an den massiven Preiseinsturz der Rohölpreise im April 2020 aufgrund der COVID19-Krise.

⁸¹ In diesen seien zur Vereinfachung alle Kosten gesammelt zu sehen.

⁸² Wieder ist die Projektart hervorzuheben!

(vgl. Formel (14)). Der gegenteilige Effekt wäre die Erhöhung des NPVs durch den Einsatz von CO₂-reduzierende Projekte. Dieser Hebel hätte den Effekt, dass klimafreundlichere Projekte im Projektportfolio einen bedeutsameren Stellenwert durch die Erhöhung des NPVs einnehmen.

Die Investitionsregel soll auch für den CO₂-korrigierten NPV gelten, womit die Tendenz, in Projekte mit hohen Treibhausemissionen zu investieren, einem sinkenden Trend gegenüberstehen würde. Auch die auf dem Markt zu erzielenden Preise pro Einheit (z.B. Preis pro Barrel Rohöl) spielen dabei eine fundamentale Rolle. Die Idee dieser Verknüpfung von CDI und NPV mit den CO₂-Preisen soll anhand eines einfachen Gedankenspiels in Folge verdeutlicht werden. Beginnend gehe man davon aus, einer Entscheidung zur Investition in eine Industrieanlage gegenüberzustehen. Das initiale Investment beträgt 150 Millionen EUR, wobei im ersten Jahr 100 Millionen und im zweiten Jahr 50 Millionen anfallen. Weiters ist die Anlage erst nach zwei Jahren betriebsbereit und bringt ab dem dritten Jahr Einnahmen, welche im Betrachtungszeitraum von 10 Jahren konstant mit 30 Millionen EUR angenommen sind⁸³. Die Kapitalkosten (WACC) sind mit 5% angenommen. In diesem Kontext bleibend, und ohne weitere Berücksichtigung von Risiken und Gefahren, beträgt der statische NPV des Projektes 55,46 Millionen EUR – der positive NPV würde eine Empfehlung zur Investition geben. Ferner seien für die Berechnung des CDI-Wertes die Faktoren mit 0,95 für den Verbrennungsfaktor f_c , 0,43 Tonnen CO₂/Einheit für den Kohlenstoffintensitätsfaktors f_{CO_2} und die Produktionsemission mit 7% vom CDI_c -Wert in Analogie zu *Sidortsov* zu wählen. Der CO₂-Preis sowie der Preis am Absatzmarkt dienen als Variablen, wobei für $P_{CO_2,t}$ der Bereich 0 bis 75 EUR/Tonne CO₂⁸⁴ und für p_t der Bereich 10 bis 100 EUR/Einheit⁸⁵ zur Veranschaulichung gewählt wurde. In Formel (15) ist die funktionale Abhängigkeit für die Berechnung des CO₂-korrigierten NPV-Wertes verdeutlicht.

$$NPV_{CO_2Korr} = NPV_{CO_2Korr}(P_{CO_2}, p) \quad (15)$$

Die anhand Formel (15) verdeutlichte Abhängigkeit wird in der Abbildung 26 und Abbildung 28 erkenntlich gemacht, wobei in Abbildung 26 der CO₂-Preis P_{CO_2} und in Abbildung 28 der Preis p in sinnig gewählter Schrittweise konstant gehalten wurde um den qualitativen Verlauf und den Einfluss der Parameter auf den CO₂-korrigierten NPV-Wert erkenntlich darzustellen. Beide in den Darstellungen gezeigten qualitativen Verläufe der Kurven widerspiegeln die Sensibilität der Preise auf den prognostizierten Projekterfolg, gemessen mit dem CO₂-korrigierten NPV.

Der Trend des CO₂-korrigierten NPVs in Abbildung 26 zeigt bei geringen Energiepreisen unter 20 einen starken Abfall⁸⁶. Neben diesem sind in Abhängigkeit der festgehaltenen CO₂-Preise die Schnittpunkte mit den jeweiligen Energiepreisen p_i mit $NPV_{CO_2Korr_i}(P_{CO_2_i}, p_i) = 0$, wobei $P_{CO_2_1} = 0$, $P_{CO_2_2} = 10$, $P_{CO_2_3} = 20$, $P_{CO_2_4} = 30$ gilt, zu ermitteln. Die dafür geltenden Energiepreise p_i zu den Schnittpunkten mit festgehaltenen CO₂-Preisen, können mit $p_1 = 16,97$,

⁸³ Zur Vereinfachung wurde dieser Cash-Flow konstant und damit unabhängig von den am Markt zu erzielenden Preisen angenommen; dies entspricht nicht der Realität und dient ausschließlich der Veranschaulichung der präsentierten Gedankengänge.

⁸⁴ Der CO₂-Preis pro Tonne unterliegt in den vergangenen Jahren einem steigenden Trend.

⁸⁵ Zum Zeitpunkt dieser Arbeit unterlag der Rohstoffpreis von Rohöl einem stark fallenden Trend, sodass die Marke bei 100 EUR/Einheit limitiert wurde. Vergangene Langzeitprognosen sagten durchaus einen steigenden Verlauf voraus, wobei diese Prognosen ohne Berücksichtigung der sich anbahnenden Wirtschaftskrise durch COVID19 erfolgten.

⁸⁶ Ist auf das verwendete mathematische Modell mitunter zurückzuführen.

$p_2 = 33,94$ und $p_3 = 50,9$ angegeben werden. Daraus lassen sich zweierlei Erkenntnisse ableiten. Einerseits ist bei der Berechnung des formulierten NPVs nach der traditionellen Methode der Energiepreis nicht von Relevanz, dies lässt sich durch die bereits erwähnte vereinfachende Annahme der Entkopplung der Cash-Flows erklären – der NPV ist über sämtliche Energiepreise konstant. Bei einer Einarbeitung der Energiepreise in die Cash-Flow-Funktion $C_i = C_i(P_{CO_2}, p)$ kann der Effekt berücksichtigt werden. Andererseits hat die Integration des CDI-Wertes in die Berechnungskorrektur des NPVs den Effekt eingebracht, dass bei steigenden CO_2 -Preisen der NPV lediglich positiv werden kann, insofern der Absatzmarkt Mindestpreise sicherstellt⁸⁷.

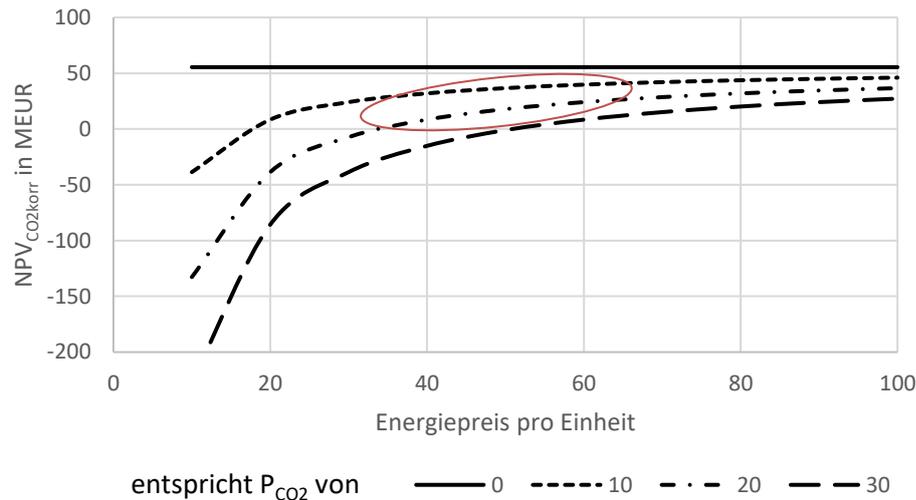


Abbildung 26: CO_2 -Korrigierter NPV in Abhängigkeit vom Energiepreis.
Quelle: Eigene Darstellung.

Beim obigen Investmentbeispiel einer Industrieanlage, wurde ein relativ kurzer Betrachtungszeitraum von 10 Jahren/Perioden betrachtet; um das ebenfalls in dieser Arbeit beleuchtete Risikomanagement einfließen zu lassen, sei an dieser Stelle auf die Unvorhersehbarkeit der Preise aufmerksam zu machen und zu sensibilisieren. Grundlegend wurden lediglich zwei Preise im Beispiel aufgenommen, und da die restlichen Parameter konstant und mit Sicherheit zu betrachten waren, auch lediglich zwei Unsicherheiten. Um dies zu verdeutlichen ist in Anhang C der Ölpreisverlauf der vergangenen drei Jahre⁸⁸ zu sehen. Ohne an dieser Stelle auf eine Diskussion einzugehen, inwiefern dieser beeinflusst wurde und weiterhin wird⁸⁹, ist auf die Bandbreite der Preise hinzuweisen. Der Ölpreis der Marke BRENT ist in den vergangenen drei Jahren von einer Höchstmarke von in etwa 75 EUR/Barrel bis zu einer Mindestmarke von in etwa 20 EUR/Barrel gewandert; der Mittelwert betrug in etwa 40 EUR/Barrel⁹⁰. Zieht man weiter den mit Unsicherheit behafteten CO_2 -Preis ein, welcher in den vergangenen Jahren einen steigenden Trend (vgl. Abbildung 8 auf Seite 13) unterlegen ist, muss man davon ausgehen, einer nicht-konstanten NPV-Analyse, einer sozusagen probabilistischen NPV-Analyse (vgl. Kapitel 2.1.2), gegenüberzustehen. Ohne auf weitere mathematische Formulierungen einzugehen, sei dieser Ansatz mit den gezeigten Preisschwankungen in Abbildung 26 mit dem rot gekennzeichneten Bereich verbildlicht. Es ist daher viel mehr von einem „NPV-Bereich“ zu sprechen, in welchem der NPV in unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit zu

⁸⁷ Diese Sicherstellung kann nicht gewährleistet werden.

⁸⁸ Stichtag der Entnahme ist der 14. Mai 2020.

⁸⁹ OPEC, COVID19, etc.

⁹⁰ Frühere Prognosen hatten teilweise einen dreifachen Wert angenommen.

liegen kommt. Wichtig ist, dass dieser Bereich so unterteilt ist, dass die NPV-Verteilung mit hoher Wahrscheinlichkeit im positiven NPV-Bereich liegt wie dies beispielhaft in Abbildung 27 demonstriert ist. Diese zeigt den in Abbildung 26 rot markierten Bereich in vergrößerter Darstellung. Die darin rot eingezeichnete Markierung⁹¹ zeigt das Mittel des Rohölpreises und des CO₂-Preises. In Ergänzung dazu, zeigt ein ebenfalls in Rot gehaltener Pfeil einen qualitativen Trend zu höheren Energiepreisen mit erhöhten CO₂-Preisen.

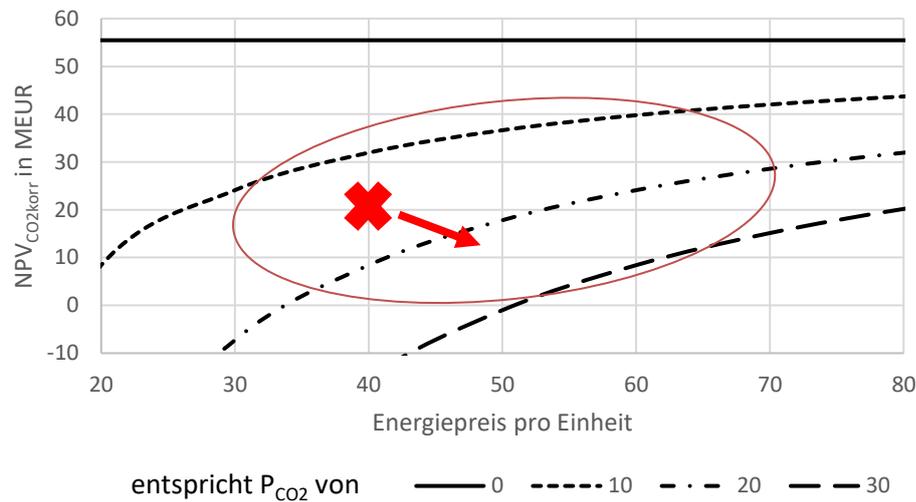


Abbildung 27: CO₂-Korrigierter NPV in Abhängigkeit vom Energiepreis (Detail).
Quelle: Eigene Darstellung.

Aus historischer Sicht ist es jedermann einsichtig, dass ein Preissturz massive Auswirkungen auf den Umsatz und Gewinn hat – sozusagen ein *Naturgesetz* in den Wirtschaftswissenschaften. Hingegen der Einfluss von CO₂-Kosten⁹² durchaus eine beträchtliche Gefährdung für mittel- und langfristige Investments bedeutet. Werden diese Kosten bei einer Investition in eine Anlage mit vergleichsweise hohen Emissionen nicht oder unzureichend bewertet, so kann dies Produktionseinbußen⁹³ oder teure Nachrüstungen⁹⁴ mit sich führen.

In Abbildung 28 ist der qualitative Verlauf des CO₂-korrigierten NPVs, dem $NPV_{CO_2Korr_i}(P_{CO_2_i}, p_i)$, zu sehen. Analog zu Abbildung 26, wieder gilt es, Investition mit einem NPV-Wert größer Null gemäß der NPV-Investitionsregel zu identifizieren, ist als Laufvariable diesmal der CO₂-Preis pro emittierter Tonne gewählt mit festgehaltenem Energiepreis pro Einheit p . Ist der CO₂-Preis gleich Null, so ist der Wert der traditionellen Berechnung bei allen Energiepreisen als Startpunkt angenommen (wieder gilt die Vernachlässigung der CO₂- und Rohölpreise in den Cash-Flows). Wie erwartet weisen alle Kurven (Lineare) einen fallenden Trend bei steigendem CO₂-Preis auf. Die Steigung wird lediglich durch den angenommenen Energiepreis p beeinflusst. Qualitativ lässt sich somit festhalten, dass auch in dieser Darstellung ein steigender CO₂-Preis eine negative Auswirkung auf den Gewinn hat. Deutlicher als bisher gezeigt ist die vergleichsweise höhere Robustheit des CO₂-Preises bei höheren Energiepreisen. Erst ab einem CO₂-Preis von 53,04 bei einem Energiepreis pro Einheit von $p = 90$ wird der berechnete NPV negativ. Hingegen bei einem

⁹¹ Kreuzerl.

⁹² Sei es wie in dieser Arbeit wie bisher beschrieben durch CO₂-Kosten pro Tonne emittiertem CO₂_{äqu}, einer potenziellen CO₂-Steuer oder anderen Abgabesysteme.

⁹³ Anlage muss auf Teillast betrieben werden, um die Emissionsbilanz zu reduzieren.

⁹⁴ Nachträglich eingebaute Abgasreinigungssysteme, u.a. Filter, Wäscher, etc.

Energiepreis von $p = 30$ und einem CO_2 -Preis ab 17,68 sowie einem Energiepreis von $p = 60$ und einem CO_2 -Preis ab 35,36 die berechneten CO_2 -korrigierten NPVs negativ werden.

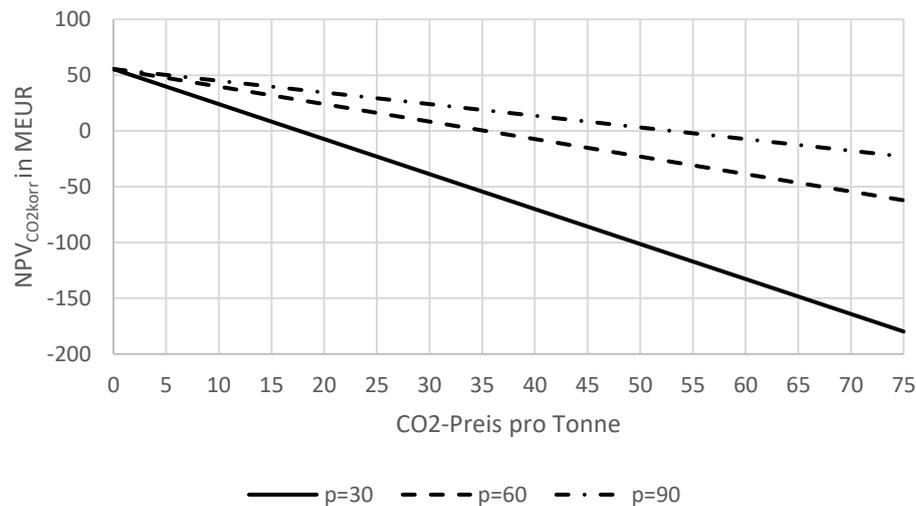


Abbildung 28: CO_2 -Korrigierter NPV in Abhängigkeit vom CO_2 -Preis.
Quelle: Eigene Darstellung.

Bisher wurden in der vorgeführten Betrachtung der CO_2 -Preis und der Energiepreis als abhängige Variable betrachtet. Dies macht insofern Sinn da diese beide Größen einer hohen Schwankungsbreite unterliegen – die Sensibilität auf den NPV wurde mit einer Korrektur durch die Anwendung des CDI-Wertes vorgenommen. Durch die Veränderung der definierten Variablen konnte anhand des einfachen mathematischen Modelles die Sensibilität des NPV hinsichtlich CO_2 -Preise und Energiepreise demonstriert werden. Im vorgeführten Fallbeispiel ist die Kapitalkostenrate (WACC) mit 5% festgelegt und in allen Szenarien festgehalten worden. Nachdem die einschlägige Literatur für Risiken einen Risiko-Zuschlag für die Berechnung des NPVs vorschlägt, soll anhand Abbildung 29 und Abbildung 30 die Sensibilität hinsichtlich der Kapitalkostenrate qualitativ veranschaulicht werden. Hier wurde für die Berechnung des NPVs als auch für die Diskontierung des CDI-Wertes die Rate von 5% auf 10% angehoben – das Investment wurde also mit einem Risikozuschlag von 5% risikoreicher eingestuft.

Die Abbildung 26 wurde in Abbildung 29 durch die beiden ausgewählten Kurven $P_{\text{CO}_2} = 10$, $r = 10\%$ und $P_{\text{CO}_2} = 20$, $r = 10\%$ ergänzt. Um die Übersicht auf der Abbildung zu bewahren, wurden die verbleibenden Kurven mit $P_{\text{CO}_2} = 0$ & 30 entfernt. Vergleicht man die Kurven der 5% Kapitalkostenrate mit der 10% Kapitalkostenrate, wird deutlich, dass zur Erzielung von positiven NPVs tendenziell höhere Energiepreise notwendig sind. So müsste der Energiepreis bei einem CO_2 -Preis von 10 über 43,91 und bei einem CO_2 -Preis von 20 über 87,82 liegen. Diese Änderung der Kapitalkosten wird in Abbildung 30 weiter verdeutlicht. Hier ist analog zu Abbildung 28 der CO_2 -korrigierte NPV über den CO_2 -Preis mit zweier Kurven gezeigt. Um erneut die Übersichtlichkeit auf der Abbildung zu bewahren, wurde lediglich der Energiepreis mit 60 bei den Kapitalkosten 5% und 10% aufgetragen. Sinkt der CO_2 -Preis auf null, so liegen erneut die traditionellen NPV-Werte vor. Steigt jedoch der CO_2 -Preis über 13,66, kann bei einer Kapitalkostenrate von 10% kein positiver NPV erzielt werden.

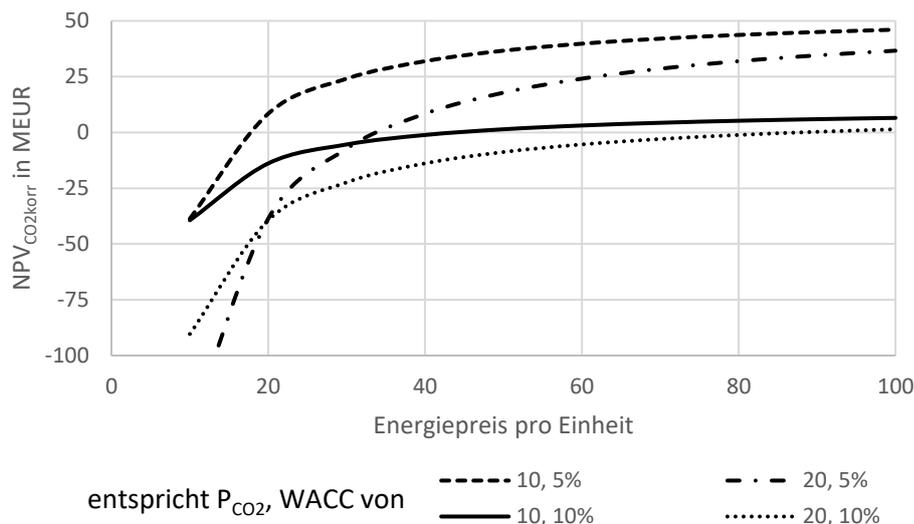


Abbildung 29: Abhängigkeit vom Energiepreis – Einfluss der Kapitalkostenrate.
Quelle: Eigene Darstellung.

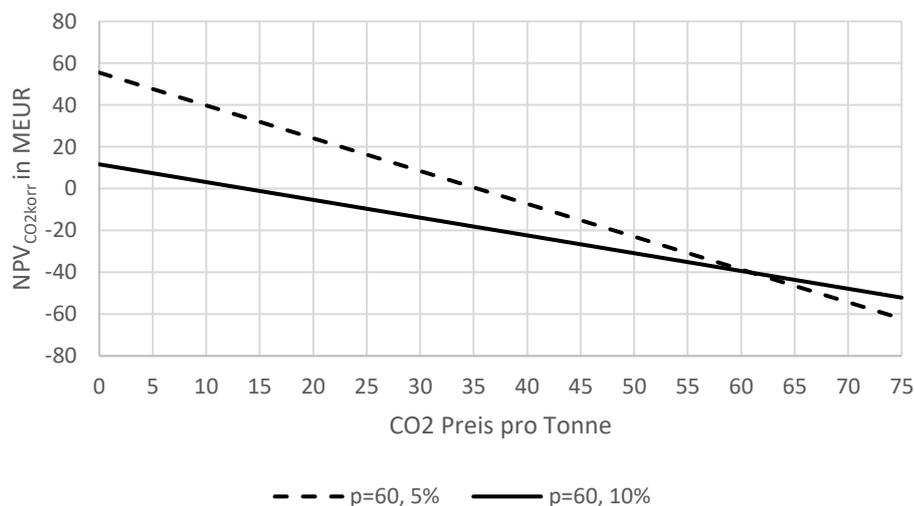


Abbildung 30: Abhängigkeit vom CO₂-Preis – Einfluss der Kapitalkostenrate.
Quelle: Eigene Darstellung.

Die genannten mathematischen Formulierungen obliegen keinem hohem Detaillierungsgrad. Nichtsdestotrotz gelingt es bereits mit dieser einfach gehaltenen mathematischen Modellierungen die systemische Abhängigkeit der CO₂-Preise in ein prominentes Investitionsinstrument einzuarbeiten. Damit kann auf einfacher Weise die CO₂-Abhängigkeit berücksichtigt werden. Mitunter zeigen die Veranschaulichungen, obwohl ein hoher Grad an Vereinfachung zugelassen wurde, wie vulnerabel die Investments gegen neue Risiken und Faktoren sind. Es wird aus diesem Grunde weitgehend empfohlen, das Risiko von CO₂-Preisen in der Investitionsrechnung nicht zu vernachlässigen und analog zu Preisentwicklungen am Absatzmarkt zu verfolgen.

4 Schlussworte und Ausblick

Im Kontext dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass das Risiko von Treibhausgasemissionen bei einer Begutachtung und Bewertung von Investitionen und Projekten nicht vernachlässigt werden sollte. Die damit einhergehenden Unsicherheiten schaffen neben den global zu verhindernden klimatischen Auswirkungen, unternehmerisch kostentechnische Effekte. Diese Effekte wirken sich abhängig davon, inwieweit das zu betrachtende Investitionsgut und Projekt dem klimapolitischen Zielen nahekommst, durchaus auf monetärer Weise auf den Unternehmenserfolg aus.

Grundsätzlich investiert die Energieindustrie, insbesondere die Öl- und Gasindustrie, in Investitionsprojekte mit klimatischen Effekten, sodass diese als hervorragende Veranschaulichung der CO₂-Einflüsse dient. Nichtsdestotrotz kann das vorgestellte Denken ohne großer Modifikation auf andere Wirtschaftssektoren oder Branchen übertragen werden. Neben dem zu dem Projekt oder Investition zuzuordnenden Risiko, ist in Abhängigkeit zum Zweck zu beurteilen, ob und inwiefern Investitionsregeln zum Einsatz kommen müssen und sollten. Oft werden Projekte neben den Neu-Errichtungen auch für Instandhaltungs- und Reparaturaustausche ins Leben gerufen. Hier kann beispielweise eruiert werden, ob sich der Austausch lohnt oder es sinniger ist, die Alt-Anlage direkt, sofern dies möglich ist unter Berücksichtigung aller Einflussfaktoren, gegen eine Neu-Anlage auszutauschen. Eine Abbildung in mathematischer Form ist jedenfalls möglich. Es gibt vielfältigste Methoden den CO₂-Einfluss bei einer Investition und Projekt zu formulieren, sei es in direkter oder indirekter Form.

Um in Unternehmen ein Bewusstsein für Treibhausgasemissionen zu schaffen, auch um diese bei wichtigen Entscheidungen zu berücksichtigen, würde eine CO₂-korrigierte finanzielle Kennzahl, wie in dieser Arbeit vorgestellt, der CO₂-korrigierte NPV, den Weg zum globalen Klimaziel ein Stück mehr unterstützen. Der Gedanke bei Investitionsentscheidungen, neben der mikrokosmischen Ebene, den Effekt auf Klima und Umwelt zu berücksichtigen, lässt neue Chancen zu.

Der in dieser Arbeit präsentierte Ansatz soll einen Gedankenanstoß vermitteln. Je nach Unternehmen und Branche kann der Ansatz unterschiedlich im Managementsystem übernommen und eingesetzt werden. Wichtig ist es, eine unternehmensinterne Standardformulierung zu finden und festzulegen, wie der damit in Verbindung stehende Prozess zu definieren ist. Dieser Gedanke ist mit Sicherheit nur mit Engagement und Aufwand zu meistern und fordert gegebenenfalls ein drastisches Umdenken.

Aufbauend auf und motiviert durch den in dieser Arbeit vorgestellten Gedankengang könnten weitere Untersuchungen und Forschungen hinsichtlich einer klimarelevanten finanziellen Kennzahl erfolgen. Die getroffenen Vereinfachungen der finanziellen Bewertung der CO₂-Kosten würde einer Präzisierung nicht uninteressiert gegenüberstehen. Hand in Hand gehend sollte die benannte Risikodimension „Klimawandel“ in diesen Kosten einfließen – Basis könnten die auf den Emissionszertifikatsmarkt erzielten Preise sein. Darüber hinaus wäre eine Detaillierung der Kombination der Kennwerte CDI und NPV notwendig. Nichtsdestotrotz sollten die immer wieder hervorgehobene Prämisse der Einfachheit in den mathematischen Formulierungen nicht verloren gehen. Diese ist deswegen wichtig, weil eine klimarelevante finanzielle Kennzahl nur Erfolg haben kann, sofern diese breite Akzeptanz findet und dadurch in Unternehmen angewendet werden. Komplexe und zeitintensive Analysen, hervorgerufen durch umfangreiche Formelwerke, sind

erstens durch Spezialisten, und zweitens mit hohen Kosten verbunden. Das ambitionierte Ziel, Investitionen und Projekte hinsichtlich ihrer CO₂-Intensivität zu beurteilen, unabhängig vom Projekttyp, scheint nicht unrealistisch. Eine systematische, aber einfache Berechnungslogik wäre mit Sicherheit eine große Hilfe dem Klimaziel näher zu kommen.

A. Referenzen

- Ale, B.J.M., Hartford, D.N.D. and Slater, D. (2015), "ALARP and CBA all in the same game", *Safety Science* No. 76, pp. 90–100.
- Benintendi, R. and Mare, G. de (2017), "Upgrade the ALARP model as a holistic approach to project risk and decision management", *Hydrocarbon Processing*, 75-76,78,80-82.
- Berk, J. and DeMarzo, P. (2020), *Corporate finance*, 5th Edition // Fifth edition, global edition, Pearson.
- BP (2019), *BP Energy Outlook: 2019 Edition*.
- Breeden, S. (2019), *Speech by Sarah Breeden at the Official Monetary & Financial Institutions Forum, London, on Monday 15 April 2019*.
- Budzier, A., Flyvbjerg, B., Garavaglia, A. and Leed, A. (2018), *Quantitative Cost and Schedule Risk Analysis of Nuclear Waste Storage*.
- Cunningham, T. (2017), *What Causes Cost Overruns on Building Projects? - An Overview*, Technological University Dublin.
- Dixit, A.K. and Pindyck, R.S. (2012), *Investment under uncertainty*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, Chichester, West Sussex.
- Dziodosz, A. and Rejment, M. (2015), "Risk Analysis in Construction Project - Chosen Methods", *Procedia Engineering* No. 122, pp. 258–265.
- Flyvbjerg, B. (2008), "Curbing Optimism Bias and Strategic Misrepresentation in Planning: Reference Class Forecasting in Practice", *European Planning Studies*, Vol. 16 No. 1, pp. 3–21.
- Flyvbjerg, B., Skamris holm, M.K. and Buhl, S.L. (2003), "How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?", *Transport Reviews*, Vol. 23 No. 1, pp. 71–88.
- Graham, J.R. and Harvey, C.R. (2001), "The theory and practice of corporate finance: evidence from the field", *Journal of Financial Economics*, Vol. 2001 No. 60, pp. 187–243.
- Health and Safety Executive (HSE) (1999), *The costs to Britain of workplace accidents and work-related ill health in 1995/96*.
- Health Safety Executive (1988), "The tolerability of risk from nuclear power stations".
- Hubbard, G. (1994), "Investment under Uncertainty: Keeping One's Options Open", *Journal of Economic Literature* XXXII, pp. 1816–1831.
- IEA (2019), *World Energy Outlook 2019*.
- Kardes, I., Ozturk, A., Cavusgil, S.T. and Cavusgil, E. (2013), "Managing global megaprojects: Complexity and risk management", *International Business Review*, Vol. 22 No. 6, pp. 905–917.
- Kirchsteiger, C. (1999), "On the use of probabilistic and deterministic methods in risk analysis", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* No. 12, pp. 399–419.
- Kruk, M.N. and Nikulina, A.Y. (2016), "Economic Estimation of Project Risks when Economic Estimation of Project Risks when Exploring Sea Gas and Oil Deposits in the Russian Arctic", *International Journal of Economics and Financial Issues* No. 6, pp. 138–150.
- Lambie, N.R. (2009), *The role of real options analysis in the design of a greenhouse gas emissions trading scheme*.
- Laughton D., Hyndman R., Weaver A., Gillett N., Webster M., Allen M. and Koehler J. (2003), *A Real Options Analysis of a GHG Sequestration Project*.
- Lyons, T. and Skitmore, M. (2004), "Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey", *International Journal of Project Management*, Vol. 22 No. 1, pp. 51–61.

- Melchers, R.E. (2001), "On the ALARP approach to risk management", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 2001 No. 71, pp. 201–208.
- Miller, R. and Lessard, D. (2007), "Evolving Strategy: Risk Management and the Shaping of Large Engineering Projects", *Massachusetts Institute of Technology (MIT), Sloan School of Management, Working papers*.
- OMV (2020), *Nachhaltigkeitsbericht 2019: Nicht finanzieller Bericht*.
- OMV AG (2018), *Präsentation der OMV Nachhaltigkeitsstrategie 2025: Wörtliches Transkript des mündlichen Vortrages*, Wien.
- Prasad, R. (2007), *Schedule and Cost Risk Evaluation*.
- Rothwell, G. (2006), "A Real Options Approach to Evaluating New Nuclear Power Plants", *The Energy Journal* No. 27, pp. 37–53.
- Sekar, R.C. (2005), "Carbon Dioxide Capture from Coal-Fired Power Plants: A Real Options Analysis", Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology, June 2005.
- Sidortsov, R. (2012a), "Creating Arctic Carbon Lock-In: Case Study of New Oil Development in the South Kara Sea", *Carbon & Climate Law Review* No. 1, pp. 3–12.
- Sidortsov, R. (2012b), "Measuring our Investment in the carbon status quo: case study of new oil development in the russian arctic", *Vermont Journal of Environmental Law*, Vol. 2012 No. 13, pp. 613–649.
- Spash, C.L. and Hanley, N.D. (1994), "Cost-benefit analysis and the greenhouse effect", Economics Department, University of Stirling, 1994.
- SSF (2019), *Focus: Measuring Climate-Related Risks in Investment Portfolios*, Zürich.
- Tengs, T.O., Adams, M.E., Pliskin, J.S., Safran, D.G., Siegel, J.E., Weinstein, M.C. and Graham, J.D. (1995), "Five-hundred life-saving interventions and their cost-effectiveness", *Risk analysis an official publication of the Society for Risk Analysis*, Vol. 15 No. 3, pp. 369–390.
- TCFD (2017), *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*.
- Yang, M. and Blyth, W. (2007), "Modeling Investment Risks and Uncertainties with Real Options Approach. Climate Policy Uncertainty and Investment Risks", *International Energy Agency Working Paper Series*.

B. HSE CBA Beispiel

Anhang-Tabelle A: The cash valuations of preventing health and safety effects on people from HSE, UK.

		Values (2003 Q3) [1]
FATALITY		£1,336,800 (times 2 for cancer)
INJURY		
Permanently incapacitating injury	Moderate to severe pain for 1-4 weeks. Thereafter some pain gradually reducing but may recur when taking part in some activities. Some permanent restrictions to leisure and possibly some work activities.	£207,2000
Serious	Slight to moderate pain for 2-7 days. Thereafter some pain/discomfort for several weeks. Some restrictions to work and/or leisure activities for several weeks/months. After 3-4 months return to normal health with no permanent disability.	£20,500
Slight	Injury involving minor cuts and bruises with a quick and complete recovery.	£300
ILLNESS		
Permanently incapacitating illness	Same as for injury.	£193,100
Other cases of ill health	Over one week absence. No permanent health consequences.	£2,300 + £180 per day of absence
Minor	Up to one-week absence. No permanent health consequences.	£530

Quelle: <https://www.hse.gov.uk/risk/theory/alarpcheck.htm>

Example

A simple method for coarse screening of measures is presented below. This puts the costs and benefits into a common format of '£s per year' for the lifetime of a plant.

Consider a chemical plant with a process that if it were to explode could lead to:

- 20 fatalities
- 40 permanently injured
- 100 seriously injured
- 200 slightly injured

The rate of this explosion happening has been analysed to be about 1×10^{-5} per year, which is 1 in 100,000 per year. The plant has an estimated lifetime of 25 years.

How much could the company reasonably spend to eliminate (reduce to zero) the risk from the explosion?

If the risk of explosion were to be eliminated the benefits can be assessed to be:

Fatalities:	20	x 1,336,800	x 1×10^{-5}	x 25 yrs	=6684
Permanent injuries:	40	x 207,200	x 1×10^{-5}	x 25 yrs	= 2072
Serious injuries:	100	x 20,500	x 1×10^{-5}	x 25 yrs	= 512
Slight Injuries:	200	x 300	x 1×10^{-5}	x 25 yrs	= 15
Total benefits					= £9,283

The sum of £9,283 is the estimated benefit of eliminating the major accident explosion at the plant on the basis of avoidance of casualties. (This method does not include discounting or take account of inflation.)

For a measure to be deemed not reasonably practicable, the cost has to be grossly disproportionate to the benefits. This is taken into account by the disproportion factor (DF). In this case, the DF will reflect that the consequences of such explosions are high. A DF of more than 10 is unlikely.

Therefore it might be reasonably practicable to spend up to somewhere in the region of £93,000 (£9300 x 10) to eliminate the risk of an explosion. The duty holder would have to justify use of a smaller DF.

This type of simple analysis can be used to eliminate or include some measures by costing various alternative methods of eliminating or reducing risks.

C. Ölpreise WTI & BRENT

Entnommen von www.finanzen.net am 14.5.2020



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Masterarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.