

Ich, Dipl. Ing. Michael Berger
geboren am 13. Februar 1986, in Wien,

erkläre,

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

Wien, am 18. Oktober 2015

Unterschrift

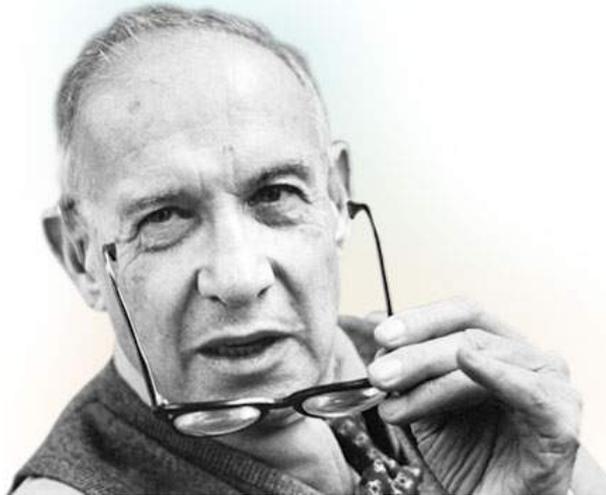
Bonitätsbeurteilung für Fremdkapitalgeber in der Projektfinanzierung von Wasserkraftwerksneubauten - ein Simulationsansatz unter Einbeziehung von unsicheren Eingabeparametern

Master's Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Business Administration (MBA)
an der Universität für Weiterbildung (Donau-Universität Krems)
und der Technischen Universität Wien, Continuing Education Center

eingereicht von
Dipl. Ing. Michael Berger

Betreuer:
Univ. Prof. Dr. Walter Schwaiger
Institut für Management Wissenschaften, Finanzwirtschaft und
Controlling

Wien, am 18. Oktober 2015



“... Zeit kann man nirgendwo mieten, kaufen oder anderweitig besorgen. Das Angebot an Zeit ist völlig unelastisch. Einerlei, wie hoch die Nachfrage, das Angebot lässt sich nie vermehren.”

Peter Drucker
US-amerikanischer Ökonom und Management Wissenschaftler
österreichischer Herkunft

Danksagung

Im Zuge meines Studiums habe ich viele interessante Theorien, Praktiken und Prinzipien mit unterschiedlichsten Methoden gelehrt bekommen. Viele dieser Lehrveranstaltungen waren äußerst prägend. Auch waren viele Prüfungen auf höchstem Niveau, aber die Prüfer immer sehr fair. Danken möchte ich in diesem Zusammenhang besonders Prof. Schwaiger, Dr. Ratka, Prof. Nachum, Prof. Sitz, Prof. Burger, Dr. Hirt, Prof. Vredenburgh und Prof. Onochie.

Auch habe ich gelernt, dass die berufs begleitende Studienform eine sehr große Herausforderung darstellt. Das Wochenende wurde abgeschafft und die Erholungsphasen wurden auf ein Minimum reduziert. Ich absolvierte im Zuge dieses MBA Studiums ein sehr lehrreiches Auslandssemester am Baruch College in New York. Einen großen Teil dieser Zeit habe ich mit tollen Kollegen verbracht. Vielen Dank Trixi, Reinhard, Kareem und Co.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinem Arbeitgeber, Andritz Hydro GmbH, die mir einen Teil dieses Studiums finanzierten. Insbesondere möchte ich dabei meinem Chef, Matthias Pairits, danken, der mich wohlwollend bei der Durchführung dieses MBA Studiums unterstützte.

Weiters will ich meinen Freunden danken, die nicht immer, aber immer öfter, Verständnis dafür hatten, wenn ich nicht ausgehen konnte und keine Zeit für sie hatte, weil ich, an den Schreibtisch gefesselt, für mein Studium arbeiten musste. Danke Paul, Martin, Niko, Moritz, Philipp, Fanny, Constanze, Bernadette, Caro, Clemens, Clemens, Clemens, Uli, Martin, Valentin, Moritz, Matthias, Carlo und Co.

Ein großer Dank gebührt meinen Eltern und meinem Großvater, die mir ein Studium in dieser Art und Weise auch ermöglicht haben. Ich kann mit gutem Gewissen sagen, dass ich diese Möglichkeit auch gut genutzt habe und mir mein Studienfortschritt in diesem Zusammenhang auch immer sehr wichtig war.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meiner Frau Kathrin bedanken, die nicht nur sehr großes Verständnis dafür aufbrachte, dass ich sehr viel Zeit für das Studium anstelle für Hochzeitsvorbereitungen und sonstige gemeinsame Zeit aufwandte, sondern mir auch meinen Kindheitstraum vom Studium in den USA in Form des Auslandssemester in New York nahelegte und mich mental beim Studium unterstützte. Dafür ein herzliches Dankeschön!

Abstract

Probabilities of default of loans are derived from historical data in corporate financing. Those probabilities are mainly used to determine the equity cover for loans used by the financing institute. Due to lacking historical data there is a concept of qualitative descriptions and classifications to risk categories used for project finance. Therefore in project finance the applicable equity cover weights are many times higher than those used in corporate finance after the Basel II and Basel III agreements.

This research work examines for project financing whether and how by applying of uncertain input parameters into the investment appraisal a quantified statement about the probabilistic distribution of financial ratios used in project financing could be given and further how probabilities of default of loans could be derived. The content of research is specialized on the perspective of creditors and for hydropower plant construction projects only. Therefore twelve different risk categories are being modelled and used as input parameters for a Monte-Carlo-Simulation of an investment appraisal for this certain application. The outcome of this simulation are expected values, standard deviations, minima and maxima of financial ratios from the investment appraisal, which are important to creditors in project finance. These parameters can be analyzed accordingly.

As shown in the work, the method used is very suitable to deduce appropriate statements on probabilities of default of loans in project financing of hydropower plants.

Ausfallwahrscheinlichkeiten von Krediten werden bei Unternehmensfinanzierungen aufgrund historischer Daten abgeleitet und sind maßgebend für die Eigenkapitalunterlegung des jeweiligen Kredits seitens des Finanzierungsinstituts. In der Projektfinanzierung ist, aufgrund fehlender historischer Daten, ein Konzept der qualitativen Beschreibung und Zuordnung in Risikokategorien in Verwendung. Die, für diese Methode anzuwendende Eigenkapitalunterlegung ist nach dem Basel II und Basel III Akkord um ein Vielfaches höher als bei der Unternehmensfinanzierung.

Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit untersucht ob, und wie, mittels Einbeziehen unsicherer Eingabeparameter in der Investitionsrechnung, eine quantifizierte Aussage zur Wahrscheinlichkeitsverteilung von Kenngrößen der Projektfinanzierung getroffen werden kann, und wie daraus Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt werden können. Im Speziellen wird dabei der Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerksneubau aus Sicht der Fremdkapitalgeber analysiert. Aufgrund von zwölf verschiedenen modellierten Risikokategorien, die für den Anwendungsfall zutreffen, werden in einer Monte-Carlo Simulation Verteilung von Kenngrößen aus der Investitionsrechnung ermittelt, die aus Fremdkapitalgebersicht entscheidend sind und deren Erwartungswerte und Standardabweichungen, sowie Minima und Maxima bestimmt.

Wie in der Arbeit gezeigt, ist die entwickelte Methode geeignet um daraus Aussagen zur Ausfallwahrscheinlichkeit von Kreditausfällen in der Projektfinanzierung von Wasserkraftwerken abzuleiten.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XIII
Abkürzungsverzeichnis	XIV
Executive Summary	XVI
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	2
1.2 Problemstellung und Ziel der Arbeit	4
1.3 Abgrenzung der Thematik	7
1.4 Konkretisierung der Forschungsfragen	9
1.5 Methodische Vorgehensweise	9
2 Projektfinanzierung - Grundlagen und Begrifflichkeiten	10
2.1 Definition Projektfinanzierung	10
2.2 Einfluss der Projektbeteiligten	10
2.3 Merkmale der Projektfinanzierung	13
2.4 Unterschiede zur Unternehmensfinanzierung	14
2.4.1 Vorteile einer Projektfinanzierung	15
2.5 Varianten einer Projektfinanzierung	16
3 Modelle zur Bonitätsbeurteilung und Validierung	18
3.1 Anforderungen an Bonitätsbeurteilungssysteme	18
3.2 Modelle zur Bonitätsbeurteilung	19
3.3 Methodik bei der Erststellung eines Modells zur Bonitätsbeurteilung	20

3.4	Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit und Zusammenhänge mit den Basel II / III Akkorden	20
3.5	Validierung von Ratingmodellen	23
3.6	Anwendung in Bezug auf Cash-Flow-Simulationsmodelle	25
4	Cash-Flow Modellierung und Investitionsrechnung in der Projektfinanzierung	27
4.1	Anwendung der Investitionsrechnung in der Projektfinanzierung	27
4.1.1	Cash-Flow Modellierung	27
4.1.2	Grundlagen der Investitionsrechnung	29
4.1.2.1	Net Present Value	30
4.1.2.2	IRR Internal Rate of Return	30
4.1.2.3	Modified Internal Rate of Return	31
4.1.2.4	PI Profitability Index	32
4.1.2.5	Payback Period	32
4.2	Diskussion von Kennzahlen aus Sicht des Fremdkapitalgebers	33
4.2.1	DSCR	34
4.2.2	AVDSCR	35
4.2.3	ICR	36
4.2.4	AVICR	36
4.2.5	NPVCR	36
4.2.6	LLCR	37
4.3	Investitionsrechnung für Wasserkraftwerksneubauten	38
4.3.1	Struktur der Investitionsrechnung	38
4.3.2	Erstellung und Parametrierung der Investitionsrechnung	39
4.3.2.1	Investitionskosten	40
4.3.2.2	Kapitalstruktur und Finanzierung	42
4.3.2.3	Prognostizierter Umsatz und prognostizierte Kosten	45
4.3.2.4	Cash-Flow Rechnung	50
4.3.2.5	Kennzahlenermittlung der Investitionsrechnung	53
5	Risikoidentifizierung und Risikomodellierung in der Projektfinanzierung	57
5.1	Risikodefinition und Begrifflichkeit	57
5.2	Risikomanagement	59
5.3	Identifikation der Risikokategorien in der Projektfinanzierung	60
5.3.1	Risikokategorien in der Projektfinanzierung allgemein	60
5.3.2	Identifikation der Risikokategorien in der Projektfinanzierung von Wasserkraftwerken anhand der Parameter der entwickelten Investitionsrechnung	62
5.3.2.1	Reserve, Abbau	62
5.3.2.2	Fertigstellung	63

5.3.2.3	Zulieferung	63
5.3.2.4	Verfahren	63
5.3.2.5	Betrieb, Management	63
5.3.2.6	Markt	64
5.3.2.7	Wechselkurs, Zins	64
5.3.2.8	Länderrisiken	64
5.3.2.9	Force Majeur	64
5.3.2.10	Bonität	64
5.3.2.11	Zusammenfassung der Identifikation Inputvariablen	65
5.4	Modellierung der identifizierten Risikokategorien	66
5.4.1	Investitionskosten	67
5.4.2	installierte Leistung	67
5.4.3	Steuersatz	68
5.4.4	Volllaststunde	69
5.4.5	Absatzpreis	69
5.4.6	leistungsabhängiger Kostenfaktor	69
5.4.7	arbeitsabhängiger Kostenfaktor	70
5.4.8	Steigerungsrate der Betriebskosten	70
5.4.9	Steigerungsrate des Absatzpreises	71
5.4.10	Eigenkapitalkosten	71
5.4.11	Risikoloser Zinssatz Baukredit (4J) und Betriebskredit (25J)	71
6	Investitionsrechnung unter Unsicherheit	72
6.1	Einbeziehen von Risikokategorien durch Simulation	72
6.2	Erweiterung der modellierten Investitionsrechnung für das Anwendungsbeispiel Wasserkraftwerksneubau hinsichtlich der erarbeiteten Risikomodellierung . . .	73
6.3	Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit - Probability of Default	75
6.4	Simulation und Interpretation der Ergebnisse	76
6.4.1	Analyse von Kennzahlen aus Sicht der Eigenkapitalgeber	77
6.4.2	Analyse von Kennzahlen aus Sicht der Fremdkapitalgeber	78
6.5	Eigenschaften des gewählten Simulationsansatzes und weiterführende Forschungs- felder	81
7	Zusammenfassung und Ausblick	84
	Anhang	XV
	Literaturverzeichnis	XXX

Abbildungsverzeichnis

1.1	Talsperre Boyabat: Wasserkraftwerk in der Türkei (Quelle: DOGUS INSAAT (10.07.2015))	1
1.2	Funktionsweise eines Wasserkraftwerkes (Quelle: IRENA (2012), S.6)	2
1.3	Potential Wasserkraft (Quelle: IPCC (2012), S.81)	3
1.4	Risk Weights nach Basel II / Basel III (Quelle: Financial Conduct Authority FCA (19.07.2015), Chapter 4 4.5.9)	5
1.5	Zusammenhang Supervisory Slotting Approach zu Rating Kategorien (Quelle: Scanella, E. (2013), S.7)	5
1.6	Angewandte Methodik	9
2.1	typische Beteiligte bei Projektfinanzierung (Quelle: angelehnt an Boettcher (2012), S.18)	11
2.2	Projektfinanzierung vs. Unternehmensfinanzierung (Quelle: Boettcher (2012), S.15)	14
3.1	Systematisierung der Modelle zur Bonitätsbeurteilung (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.32)	19
3.2	Vorgehensweise bei der Entwicklung eines Ratingmodells (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.63)	20
3.3	Mögliche Ansätze nach den Basel II / III Kriterien - vereinfachte Darstellung	22
3.4	Eigenmittelunterlegung nach dem IRB Ansatz (Quelle: Werthschulte (2012), S.32)	22
3.5	Teilaspekte der Validierung von Ratingverfahren (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.99)	23
3.6	Beispiel eines Verlaufs einer ROC Kurve (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.109)	24
3.7	Beispiel eines Reliability Diagramms (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.125)	25
4.1	Cash-Flow Berechnung (Quelle: Brigham (2014), S.445)	29
4.2	Net Present Value (Quelle: Brigham (2014), S.402)	30
4.3	Zusammenhang IRR und NPV (Quelle: Brealey (2011), S.137)	31
4.4	Berechnung des MIRR (Quelle: Brigham (2014), S.411)	32

4.5	Profitability Index (Quelle: Brigham (2014), S.414)	32
4.6	Discounted Profitability Index (Quelle: Brigham (2014), S.415)	33
4.7	IRR Finanzstruktur A Beispielprojekt (Quelle: Gatti (2008), S.133)	34
4.8	IRR Finanzstruktur B Beispielprojekt (Quelle: Gatti (2008), S.133)	34
4.9	Rechenschema der entwickelten Investitionsrechnung	39
4.10	Zeitstruktur Kapitalbereitstellung (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Deutsch (2010), S.46)	42
4.11	Eigenkapitalaufstellung	43
4.12	Baukreditaufstellung	44
4.13	Betriebskreditaufstellung	45
4.14	Haushaltsstrompreise im Vergleich (Quelle: E-Wirtschaft (21.06.2015))	48
4.15	Industriestrompreise im Vergleich (Quelle: Verein Österreichs E-Wirtschaft (21.06.2015))	48
4.16	Cash-Flow Berechnung t=0 bis t=14	52
4.17	Cash-Flow Berechnung t=15 bis t=28	52
4.18	Cash-Flow Berechnung t=29 bis t=40	53
4.19	ICR und DSCR der Investitionsrechnung	56
5.1	Darstellung zur Risikodefinition (Quelle: Boettcher (2012), S.43)	57
5.2	Risikomanagement (Quelle: Werthschulte (2012), S.45)	59
5.3	Generierung von stochastischen Inputvariablen (Quelle: Werthschulte (2012), S.71)	66
5.4	Standard Normalverteilung (Quelle: Wikipedia: Standardabweichung (09.07.2015))	67
6.1	Risikosimulation allgemein (Quelle: Werthschulte (2012), S.71)	72
6.2	Modellaufbau Monte-Carlo Simulation	74
6.3	Ergebnis Simulation Häufigkeit von DSCR und ICR Werten	80
6.4	Ergebnis Simulation Häufigkeit AVDSCR und AVICR Werten	80
6.5	Ergebnis Simulation Häufigkeit NPVCRBB und LLCRBB Werten	80
7.1	Kriterien für supervisory slotting approach 1 (Quelle: European Banking Aut- hority (2015), S.20)	XVI
7.2	Kriterien für supervisory slotting approach 2 (Quelle: European Banking Aut- hority (2015), S.21)	XVII
7.3	Kriterien für supervisory slotting approach 3 (Quelle: European Banking Aut- hority (2015), S.22)	XVIII
7.4	Kriterien für supervisory slotting approach 4 (Quelle: European Banking Aut- hority (2015), S.23)	XIX
7.5	Kriterien für supervisory slotting approach 5 (Quelle: European Banking Aut- hority (2015), S.24)	XX
7.6	Kriterien für supervisory slotting approach 6 (Quelle: European Banking Aut- hority (2015), S.24)	XXI

7.7	Kriterien für supervisory slotting approach 7 (Quelle: European Banking Authority (2015), S.25)	XXII
7.8	Screenshot EK-FK Rechnung	XXIII
7.9	Screenshot stoachastische Inputvariablen Modellierung	XXIV
7.10	Screenshot Ergebnisse1	XXV
7.11	Screenshot Ergebnisse2	XXVI
7.12	Screenshot Investitionsrechnung	XXVII
7.13	Screenshot Cash-Flow Rechnung	XXVIII
7.14	Screenshot Überschuss Rechnung	XXIX

Tabellenverzeichnis

1.1	Abgrenzung der Thematik	8
2.1	Chancen einer Projektfinanzierung (Quelle: angelehnt an Boettcher (2012), S.25)	15
4.1	Typische DSCR Werte nach Branche (Quelle: Gatti (2008), S.135)	35
4.2	Typische LLCR Werte nach Branche (Quelle: Gatti (2008), S.139)	38
4.3	Eingaparameter der Investitionsrechnung	40
4.4	Typische spezifische Investitionskosten	41
4.5	Volllaststunden für Kraftwerke (Quelle: Brauner (2008), S.13)	47
4.6	Cash-Flow Berechnung der entwickelten Investitionsrechnung	51
4.7	Ergebnisse der entwickelten Investitionsrechnung	56
5.1	Risikovariablen in der Projektfinanzierung allgemein (Quelle: Werthschulte (2012), S.82ff und Boettcher (2012), S.75)	61
5.2	Identifikation der Risikovariablen in der modellierten Investitionsrechnung . .	65
5.3	Modellierung Investitionskosten	67
5.4	Modellierung installierte Leistung Bauphase	68
5.5	Modellierung installierte Leistung Betriebsphase	68
5.6	Modellierung Körperschaftssteuersatz	68
5.7	Modellierung Volllaststunde	69
5.8	Modellierung Absatzpreise	69
5.9	Modellierung leistungsabhängiger Kostenfaktor	70
5.10	Modellierung arbeitsabhängiger Kostenfaktor	70
5.11	Steigerungsrate der Betriebskosten	70
5.12	Steigerungsrate des Absatzpreises	71
5.13	Modellierung Risikoloser Zinssatz Baukredit (4J) und Betriebskredit (25J) . .	71
6.1	Ergebnisse Simulation Kennzahlen Eigenkapitalgeber	77
6.2	Ergebnisse Simulation Kennzahlen Fremdkapitalgeber	79
6.3	Ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeiten	81

Abkürzungsverzeichnis

AVDSCR	average debt service ratio
AVICR	average interest cover ratio
bzw.	beziehungsweise
CF	Cash-Flow
CF vSt vFin	Cash-Flow vor Steuern und vor Finanzierung
CF nSt vFin	Cash-Flow nach Steuern und vor Finanzierung
CF nSt nFin	Cash-Flow nach Steuern und nach Finanzierung
CRR	Capital Requirements Regulation
ct	cent
DSCR	Debt Service Cover Ratio
EB	Earnings before
EBT	Earnings before taxes
EBIT	Earnings before interests and taxes
EBITDA	Earnings before interests, taxes, depreciation and amortization
EK	Eigenkapital
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FCA	Financial Conduct Authority
FK	Fremdkapital
GE	Geldeinheiten
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden

ICR	interest cover ratio
i.e.	id est
IKV	Interner Kapitalverzinsungssatz
IRB	Internal Rating Based
IRR	Internal Rate of Return
Köst	Körperschaftssteuer
kW	Kilowatt
LLCR	Loan Life Cover Ratio
MACRS	Modified Accelerated Cost Recovery System
MIRR	Modified Internal Rate of Return
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
NBW	Nettobarwert
NOPAT	Net Operating Profit After Taxes
NPV	Net Present Value
NPVCR	Net Present Value Cover ratio
OEKB	Oesterreichische Kontrollbank
PD	Probability of Default
PFI	Private Finance Initiative
PPP	Private Public Partnership
PI	Profitability Index
QIKV	Qualifizierter interner Kapitalverzinsungssatz
ROC	Receiver Operating Characteristic
SSC	Supervisory Slotting Approach
SPV	Special Purpose Vehicle
TKCC	Turnkey Construction Contract
WMCF	Weighted Marginal Cost of Funding

Executive Summary

Die Projektfinanzierung ist eine mögliche Finanzierungsform, speziell für lange und kapitalintensive Investitionsvorhaben. Der Vorteil der Projektfinanzierung liegt insbesondere in der beschränkten Haftung der Sponsoren und der Tatsache, dass die Finanzierung, innerhalb einer selbstständigen Rechtspersönlichkeit, nicht in der Bilanz der Muttergesellschaft (i.e. Sponsor) abgebildet wird (**Off-Balance Sheet Finanzierung**). Weiters werden sowohl Zins- als auch Tilgungszahlungen sowie die laufenden Betriebskosten aus den erwirtschafteten Cash-Flows beglichen. Die Rückführung der Fremdfinanzierung erfolgt aus eben diesen Cash-Flows (**Cash-Flow related lending**).

Bonitätsbeurteilungssysteme verwenden maßgebende Kennziffern aufgrund deren Kreditentscheidungen abgeleitet werden können und aufgrund deren die notwendige Eigenkapitalunterlegung ermittelt wird. Die Gewichtung für die Eigenkapitalunterlegung des Fremdkapitalgebers kann bei Projektfinanzierung, anders als bei Unternehmensfinanzierung, nicht aus historischen Daten ermittelt werden. Nach dem Basel II Accord in Verbindung mit den Erfordernissen aus Basel III ist dafür eine qualitative Risikokategorisierung (**Supervisory Slotting Approach**) zu verwenden. Dabei sind die vorgeschriebenen verwendeten Eigenkapitalgewichte um ein Vielfaches höher als bei Unternehmensfinanzierung. Für Spezialfinanzierungen, für die Ausfallwahrscheinlichkeiten quantitativ ermittelt werden können, kann im **Internal Based Rating (IRB) - Ansatz** nach Basel II / III die Eigenmittelunterlegung direkt ermittelt werden, ohne eine qualitative Risikokategorisierung vornehmen zu müssen.

In dieser wissenschaftlichen Arbeit wird untersucht, ob ein Simulationsmodell unter Einbeziehung unsicherer Eingabeparameter dafür verwendetet werden kann, um die Unsicherheit von projizierten Cash-Flows in Form von verteilten Kennzahlen der Investitionsrechnung darzustellen und ob aus dieser Unsicherheit Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt werden können. Die Analyse erfolgt dabei aus Fremdkapitalgebersicht und für den Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerksneubau.

In der Arbeit wurde die folgende thematische Gliederung verfolgt:

Im **Kapitel 1** werden aus der Ausgangssituation und der Problemstellung, wie oben kurz skizziert, die konkreten Forschungsfragen abgeleitet. Aus den Forschungsfragen ergibt sich im Weiteren die methodische Vorgehensweise. Außerdem wird in diesem Kapitel die Thematik auf den speziellen Anwendungsfall abgegrenzt.

Im **Kapitel 2** werden die Eigenschaften der Projektfinanzierung und die Abgrenzung zur Unternehmensfinanzierung erläutert. Ein weiteres Thema in diesem Kapitel sind unterschiedliche Projektfinanzierungsvarianten, mit speziellem Blick auf die Haftung der Sponsoren, und eine Kurzbeschreibung der einzelnen Projektbeteiligten.

In **Kapitel 3** wird ein grundsätzliches Verständnis zur Entwicklung von Bonitätsbeurteilungssystemen und entsprechender Validierung geschaffen und speziell auf die Zusammenhänge zu den anzuwendenden Kriterien nach Basel II / III eingegangen. Weiters wird auf den, in den Arbeit verfolgten, **Cash-Flow Simulationsansatz** eingegangen.

In **Kapitel 4** werden zunächst die, in der Projektfinanzierung anwendbaren, Grundlagen der Investitionsrechnung ausgeführt und im Speziellen auf Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht eingegangen. Der Hauptteil dieses Kapitels stellt die Entwicklung einer Investitionsrechnung für den Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerksneubau in MS Excel dar. Die behandelten Punkte stellen vor allem die vier Teil-Rechnungen dar:

- Kapitalstruktur und Finanzierung
- Umsatzprognose und Kostenprognose
- Cash-Flow Prognose
- Kennzahlenermittlung

Die Eingabeparameter in das Modell sind vorgegeben und stammen von externen Quellen. Die Eingabe beinhalten Parameter, die den Finanzierungsgegenstand betreffen (beispielsweise Volllaststunden, Ausbauleistung), Parameter, die die Finanzierung betreffen (beispielsweise Risikoloser Zinssatz) und Parameter, die die wirtschaftliche und politische Lage betreffen (Steigerungsraten, Steuern). Die Ergebnisgrößen des Modells sind Kenngrößen der klassischen Investitionsrechnung (wie beispielsweise NPV - net present value und IRR - internal rate of return), sowie die Kenngrößen speziell aus Fremdkapitalgebersicht. Diese sind vor allem die Schuldendienstdeckungsverhältnisse **DSCR - Debt Service Cover Ratio** und **ICR - Interest Cover Ratio**, sowie deren zeitliche Mittelwerte.

In **Kapitel 5** werden Risikokategorien der Projektfinanzierung aus der Literatur für den Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerksneubau beschrieben und die korrespondierenden Eingabeparameter der Investitionsrechnung identifiziert. Außerdem wird eine Modellierung vorgenommen, die eine unsichere Verteilung der Eingabeparameter annimmt. Den meisten Inputparametern wird dabei, nach dem Satz von Lyapunov, eine Normalverteilung unterstellt. Einige Eingabeparameter müssen für jeden Zeitpunkt der Betrachtung modelliert werden (beispielsweise die Volllaststunden pro Jahr), andere Parameter (wie die spezifischen Investitionskosten) werden einmalig pro Betrachtung modelliert.

In **Kapitel 6** wird die Simulationsumgebung in MS Excel erweitert. Dabei wird die Investitionsrechnung aus dem Kapitel 4 mit den modellierten unsicheren Eingabeparameterverteilungen aus dem Kapitel 5 parametrisiert. Es werden 100 Simulationsdurchgänge ausgewertet - die Ergebnisse der Simulation stellen die Erwartungswerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der verteilten Kennzahlen der Investitionsrechnung aus Projektsicht und aus Fremdkapitalgebersicht dar. Zur Analyse stehen die gesamten simulierten Eingabe- und Ausgabeparameter zur Verfügung, sodass ein Datensatz von rund 28.000 Werten pro Simulation ausgewertet werden kann. Mittels der Definition von Ausfallkriterien, bezogen auf die Kennzahlen der Investitionsrechnung aus Fremdkapitalgebersicht, können Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt werden. In diesem Kapitel werden außerdem entsprechende Analysen einer Simulation mit 100 Durchgängen durchgeführt und die Eigenschaften der gewählten Simulation zusammengefasst, sowie weiterführende Forschungsfeldern aufgeführt.

Im **Kapitel Zusammenfassung und Ausblick** erfolgt eine Zusammenfassung der Arbeit und der erzielten Ergebnisse.

In der Arbeit wird gezeigt, dass die gewählte Simulationsmethode eine Möglichkeit darstellt, konkrete quantifizierte Aussagen zur Unsicherheit von Kennzahlen aus der Investitionsrechnung aus Fremdkapitalgebersicht für Wasserkraftwerksneubauten zu treffen, die zur Bewertung von Kreditausfallwahrscheinlichkeiten nach Basel II / III verwendet werden können. Die Modellentwicklung ist spezifisch für den Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerkneubau angesetzt und dient zur Bewertung aus Fremdkapitalgebersicht.

Kapitel 1

Einleitung

Aus der Ausgangssituation und Motivation heraus und mit Hilfe der zentralen Problemstellung werden in diesem Kapitel die Forschungsfragen abgeleitet. Deren systematische Beantwortung stellt den zentralen Pfad für die gesamte Arbeit dar. Weiters wird in diesem Kapitel die methodische Vorgehensweise erläutert.

In Abbildung 1.1 ist eine typische Talsperre in der Türkei, in einer Größenordnung wie in der Arbeit unterstellt, abgebildet, deren Finanzierung auch mittels Projektfinanzierung erfolgen könnte.



Abbildung 1.1: Talsperre Boyabat: Wasserkraftwerk in der Türkei (Quelle: DOGUS INSAAT (10.07.2015))

Zur Erläuterung der Funktionsweise¹ eines solchen Kraftwerkes soll beispielhaft die Abbildung 1.2 dienen. Die potentielle Energie, also der Höhenunterschied zwischen dem Einlauf und dem Auslauf, wird im ersten Schritt in Bewegungsenergie (kinetische Energie) umgewandelt. In der Turbine wird diese in mechanische Energie umgewandelt, in das Rotieren der Welle auf der auch der Rotor des Generators sitzt. Nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion wird die mechanische Rotationsenergie schließlich in elektrische Energie umgewandelt, die über Hochspannungsleitungen in die entsprechenden Last- und Verteilungszentren übertragen wird.

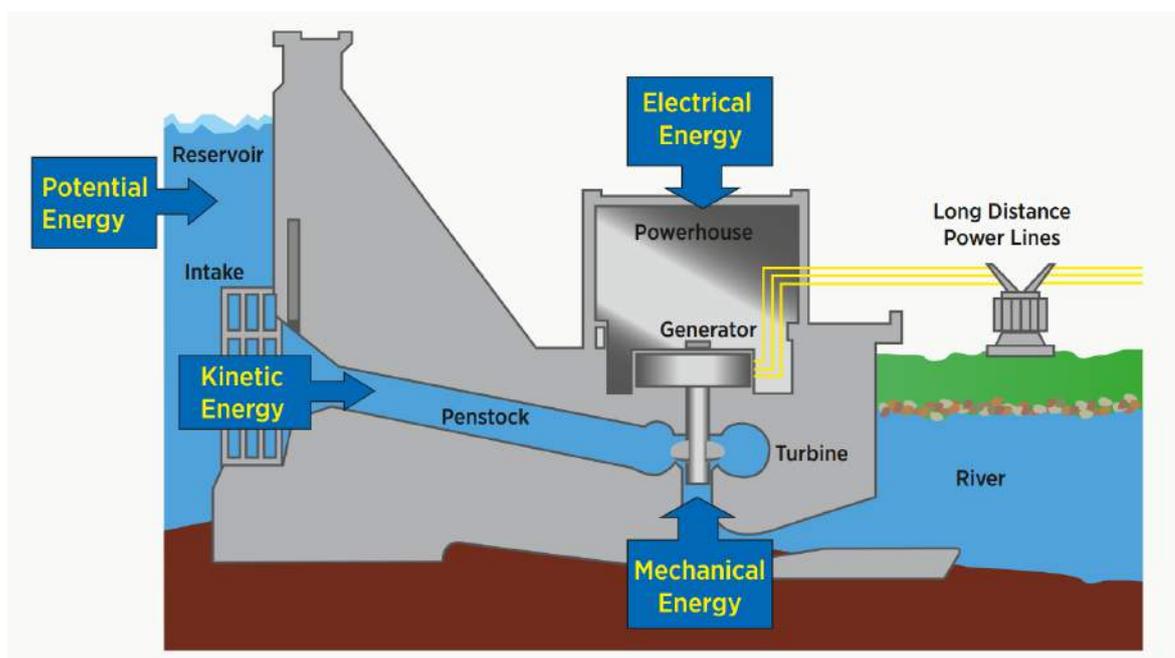


Abbildung 1.2: Funktionsweise eines Wasserkraftwerkes (Quelle: IRENA (2012), S.6)

1.1 Ausgangssituation und Motivation

In einer aufgeschlossenen modernen Gesellschaft besteht die Notwendigkeit den stetig steigenden Energiebedarf durch ökologisch nachhaltige Produktionsmethoden gesichert zu decken. Wasserkraft ist eine ökologisch nachhaltige Energiequelle. Es gibt weltweit hohes Ausbaupotential an Wasserkraft - die Realisierung ist allerdings sehr kostspielig. Die klassische Projektfinanzierung ist eine Möglichkeit die Finanzierung zu bewerkstelligen. Daraus leiten sich einzelne Überlegungen ab, die schließlich zur grundlegenden Motivation für diese Arbeit führen:

- Aufgrund von stetigem Wirtschaftswachstum und dem Streben nach Wohlfahrtsmaximierung entsteht volkswirtschaftlich gesehen ein immer höherer Bedarf an elektrischer Energie. Dieser kann durch entsprechende Wasserkraftwerksneubauten gedeckt werden.

¹Diese Erläuterung ist für das Ziel der Arbeit nicht entscheidend, soll aber einen gewissen und kurzen Überblick über den Finanzierungsgegenstand, der in dieser Arbeit behandelt wird, geben.

- Wie in Abbildung 1.3 dargestellt besteht weiterhin ein enormes Potential im Wasserkraftwerksbereich. Selbst in Europa wurden bisher nur 53% des bestehenden Potentials verbaut.
- Es besteht eine hohe Nachfrage nach Wasserkraftwerksneubauten speziell in Schwellen- und Entwicklungsländern, in denen große Wachstumsraten prognostiziert werden.
- Wasserkraftwerksneubauten haben einen sehr hohen Finanzierungsbedarf bei entsprechendem langfristigen Zeithorizont der Amortisierung.
- Projektfinanzierung stellt eine interessante Möglichkeit der Finanzierung für entsprechend langfristige und kapitalintensive Projektvorhaben dar.
- Projektfinanzierung bietet die Möglichkeit zur Cash-Flow-bezogenen Finanzierung in einer Off-Balance Sheet Methode.
- Projektfinanzierung bietet die Möglichkeit der Risikoverteilung auf die zentralen Projektbeteiligten, je nach deren Risikotragfähigkeit.
- Aufgrund der **fehlenden historischen Daten eines Projektunternehmens**, kann eine **Bonitätsbeurteilung nicht wie bei herkömmlichen Unternehmensfinanzierung erfolgen**. Projektfinanzierungen werden mit **vergleichsweise hohen geforderten Eigenkapitalunterlegungen** versehen.

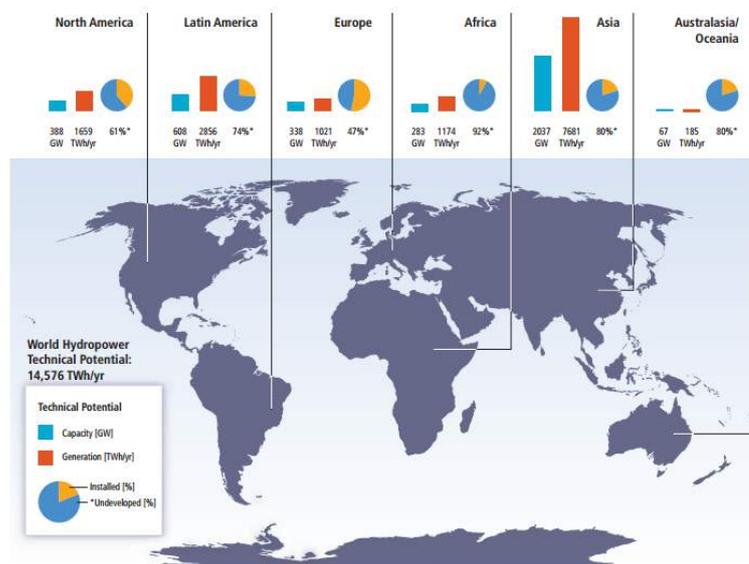


Abbildung 1.3: Potential Wasserkraft (Quelle: IPCC (2012), S.81)

1.2 Problemstellung und Ziel der Arbeit

Die Fremdkapitalfinanzierung für Banken untersteht ferner den Kriterien nach Basel II (vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2004)) und den Erweiterungen nach Basel III (vgl. Basel Committee on Banking Supervision (2011)), in denen insbesondere auch die Eigenkapitalunterlegung von Krediten zur Besicherung geregelt ist. Für Kreditentscheidungen benötigen Fremdkapitalgeber valide Informationen, aus denen ableitbar sein muss, dass der einzuräumende Kredit zukünftig bedient werden kann.

Für die riskoadjustierte Konditionengestaltung müssen Banken auf das für die Ausleihung adäquate Rating zurückgreifen. In der klassischen Unternehmensfinanzierung werden Bonitätsbeurteilungen aufgrund von historischen Daten und Erfahrungen bei Unternehmen ähnlicher Struktur ermittelt und vom Finanzierungsinstitut, oder einem externen Ratingunternehmen, entsprechend in Risikoklassen unterteilt.²

Damit ergibt sich die zentrale Problemstellung der Arbeit:

In der Projektfinanzierung sind in der Regel keine historischen Daten und kaum Ähnlichkeiten zu anderen Projektunternehmungen für die Ermittlung der Bonität verfügbar, da das Projektunternehmen eine eigens gegründete Rechtsperson darstellt und damit vorab noch nicht existiert hat und weiters der Unternehmensgegenstand eines Projektunternehmens sehr komplex und projektspezifisch ist.³

Nach dem Basel II Akkord (vgl. Soehlke, T. (2002), S.84ff, Basel Committee on Banking Supervision (2006), S.7ff und Werthschulte (2012), S.29) bzw. den Erweiterungen in Basel III (vgl. Financial Conduct Authority FCA (19.07.2015), Chapter 4) kann im Internal Based Rating (IRB)⁴ der sogenannte *Supervisory Slotting Approach* (SSA) verwendet werden, der regelt, dass für den Fall von fehlenden historischen Daten, wie in der Projektfinanzierung, Risikokategorien qualitativ beschrieben werden können und eine Einteilung in Bonitätskategorien entsprechend erfolgt. Der Supervisory Slotting Approach wird in der Literatur als vereinfachte Rating Methode beschrieben, die eine qualitative Bewertung ermöglichen soll (Scanella, E. (2013), S.6), wenn Ausfallwahrscheinlichkeiten nicht direkt ermittelt werden können.

Im Supervisory Slotting Approach ist jede Risikokategorie mit entsprechenden Bonitätsgewichten (siehe Abbildung 1.4) versehen, aufgrund deren die erforderlichen Eigenkapitalquoten ermittelt werden. Die Bonitätsgewichte sind für den Supervisory Slotting Approach mit 50% bis 250% höher als beim Rating von klassischer Unternehmensfinanzierung angenommen. Im Vergleich werden bei der Unternehmensfinanzierung Bonitätsgewichte von 20% bis 150% ange-

²Hinweis: Man unterscheidet in Basel II / III zwischen dem Standard Rating Ansatz, bei dem ein Unternehmensrating durch externe Agenturen erfolgt und dem Internal Rating Based IRB Ansatz, bei dem die Bonitätsbeurteilung intern erfolgen kann. (siehe dazu Kapitel 3.4)

³Damit bestehen kaum Ähnlichkeiten mit weiteren Projektunternehmen.

⁴Bei dieser Art der Bonitätsbeurteilung kann das Finanzierungsinstitut selbst das Rating durchführen, im Gegensatz dazu ist im Standard Ansatz nach Basel II / III ein externes Rating durchzuführen. (siehe dazu auch Kapitel 3.4, speziell Abbildung 3.3)

setzt um die Eigenkapitalunterlegung zu ermitteln. Das ist der entscheidende Grund weshalb die Projektfinanzierung aus Fremdkapitalgebersicht mitunter sehr unattraktiv ist.

Remain- ing matu- rity	Category 1 (Strong)	Category 2 (Good)	Category 3 (Satis- factory)	Category 4 (Weak)
Less than 2.5 years	50%	70%	115%	250%
Equal or more than 2.5 years	70%	90%	115%	250%

Abbildung 1.4: Risk Weights nach Basel II / Basel III (Quelle: Financial Conduct Authority FCA (19.07.2015), Chapter 4 4.5.9)

Der Zusammenhang der, in Abbildung 1.4 verwendeten, Kategorien 1 (strong) bis 4 (weak) für den Supervisory Slotting Approach mit den standardisierten Rating Klassifizierungen, die in Basel II und III verwendet werden, ist in Abbildung 1.5 aufzeigt. Es ist deutlich ersichtlich, dass Projektfinanzierung nach dem Supervisory Slotting Approach mit entsprechend risikoreichen Ratingkategorien gleichzusetzen⁵ ist und weiters erhöhte Bonitätsgewichte zu verwenden sind.

STANDARDISED APPROACH-CORPORATE EXPOSURES		SUPERVISORY SLOTTING CRITERIA APPROACH - SL EXPOSURES	
RATING	Risk weights	CATEGORY	Risk weights
AAA	20%	Strong	70%
AA+	20%	Strong	70%
AA	20%	Strong	70%
AA-	20%	Strong	70%
A+	50%	Strong	70%
A	50%	Strong	70%
A-	50%	Strong	70%
BBB+	100%	Strong	70%
BBB	100%	Strong	70%
BBB-	100%	Strong	70%
BB+	100%	Good	90%
BB	100%	Good	90%
BB-	100%	Satisfactory	115%
B+	150%	Satisfactory	115%
Da B a C-	150%	Weak	250%
D	Not applicable	Default	0

Abbildung 1.5: Zusammenhang Supervisory Slotting Approach zu Rating Kategorien (Quelle: Scanella, E. (2013), S.7)

Die Definition für Spezialfinanzierungen, für die der Supervisory Slotting Approach verwendet werden kann, lautet nach der Kapitaladäquanzverordnung (Capital Requirement Re-

⁵Die Kategorie strong ist würde auch mit einem Rating ab BBB- bis AAA gleichzusetzen sein.

gulation CRR) im IRB-Ansatz aus Basel II / Basel III (vgl. European Banking Authority (2015), S.6):

- Die Forderungen des Fremdkapitalgebers richten sich an die Körperschaft die, speziell zur Finanzierung oder zum Betrieb von Vermögenswerten, geschaffen wurde oder an eine wirtschaftlich vergleichbare Exposition.
- Die vertragliche Gestaltung der Finanzierung ermöglicht dem Fremdkapitalgeber einen erheblichen Grad an Kontrolle über das erzeugte Einkommen.
- Die primäre Quelle für die Rückzahlung der Verpflichtungen sind die von den Vermögenswerten erwirtschafteten Erträge.

Im Supervisory Slotting Approach nach Basel II / Basel III werden für die oben definierten Spezialfinanzierungen (specialized lending), für die keine Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt werden können, die folgenden fünf Eigenschaften untersucht um eine qualitative Bewertung von Finanzierungen durchführen zu können (vgl. European Banking Authority (2015), S.19ff):

- Finanzkraft
- Politische und rechtliche Rahmenbedingungen
- Transaktionsmerkmale
- Stärke des Sponsors
- Absicherung

Jede dieser Eigenschaften wird durch mehrere Subeigenschaften beschrieben und in die 4 oben genannten Kategorien eingeteilt - diese werden entsprechend Abbildung 1.4 dazu verwendet um Bonitätsgewichte für die Eigenkapitalunterlegung zu ermitteln. Die Subeigenschaften für Projektfinanzierung sind im Anhang in Abbildung 7.1, Abbildung 7.2, Abbildung 7.3, Abbildung 7.4, Abbildung 7.5, Abbildung 7.6 und Abbildung 7.7 dargestellt und unterscheiden sich beispielsweise von den Subkategorien für Liegenschaftsfinanzierung und Objektfinanzierung. Für die Bewertung der Finanzkraft werden, nach dem Supervisory Slotting Approach aus Basel II / III, beispielsweise die Marktkonditionen, die Finanzkennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht (siehe dazu auch Kapitel 4.1.2), die Ergebnisse einer Stressanalyse, die Finanzstruktur und das Wechselkursrisiko untersucht.

Im **Foundation** bzw. **Advanced Approach des IRB-Ansatzes** aus Basel II / III kann eine Eigenkapitalunterlegung von Krediten auch bestimmt werden, indem die Kreditausfallwahrscheinlichkeit direkt ermittelt wird. (siehe dazu Kapitel 3.4) Diese Möglichkeit wird bislang für Projektfinanzierungen nicht angewandt.

Die, der Arbeit zugrunde liegende, Idee ist es, mit Hilfe einer Monte-Carlo-Analyse die Ausfallwahrscheinlichkeit, respektive die Bonität, von Projektfinanzierungen direkt quantitativ zu ermitteln um:

- damit ein Instrumentarium der quantitativen Bonitätsbeurteilung für Projektfinanzierungen aus Fremdkapitalgebersicht zu schaffen
- das impliziert, dass die in Basel II / Basel III angesetzten Anforderungen für Finanzierungen, bei denen Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt werden können, anzuwenden (siehe dazu Kapitel 3.4) sind - also der Foundation oder Advanced Approach nach IRB. Dies bedeutet, dass für Projektfinanzierungen aus Fremdkapitalgebersicht Eigenkapitalquoten entsprechend von quantifizierten Ausfallwahrscheinlichkeiten anzusetzen sind, die niedriger sind als jene die im Supervisory Slotting Approach vorgegeben werden. Die Anwendung von quantitativ ermittelten Ausfallwahrscheinlichkeiten auf die Eigenmittelunterlegung von Projektfinanzierungen stellen einen wesentlichen Attraktivitätsmehrwert aus Fremdkapitalgebersicht dar.

Aufgrund der Komplexität von Projektfinanzierungen, die nicht nur aufgrund der besonderen Gesellschaftsform, sondern auch aufgrund der Einzigartigkeit des speziellen Finanzierungsgegenstandes besteht, muss eine differenzierte Untersuchung erfolgen. In der vorliegenden Arbeit wird daher eine Abgrenzung hinsichtlich eines konkreten Projektfinanzierungsgegenstandes erfolgen.

Das **konkrete Ziel der vorliegenden Arbeit** ist es daher eine Investitionsrechnung für den speziellen Anwendungsfall Wasserkraftwerksneubau zu erstellen und diese um eine Risikosimulation mit stochastischen Inputparametern weiter zu entwickeln, sodass eine entsprechende Aussage zur Ausfallwahrscheinlichkeit für Projektfinanzierungen abgeleitet werden kann.

1.3 Abgrenzung der Thematik

Da das Themengebiet sehr breit ist und eine Vielzahl von Überlegungen und Theorien, sowie Regulatorien bestehen, soll die Thematik der Arbeit ganz klar abgegrenzt sein:

Finanzierungsart	Projektfinanzierung
Finanzierungsgegenstand	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserkraftwerksneubau allgemein mit keiner Angabe der speziellen Örtlichkeit oder der technischen Ausprägung
Perspektive	<ul style="list-style-type: none"> • aus Sicht des Fremdkapitalgebers
Projektfinanzierung	<ul style="list-style-type: none"> • eigens gegründete Projektgesellschaft als Special Purpose Vehicle (SPV) • mit Energieversorgungsunternehmen (EVU) als Sponsor/Projektentwickler • mit geringem Eigenkapitalanteil (<30%)
Finanzierungstyp	<ul style="list-style-type: none"> • Off-Balance Sheet Finanzierung • mit Leading Bank und hohem Fremdkapitalanteil (70%) • langfristige Kredite
Ausgeschlossen	<ul style="list-style-type: none"> • Private Public Partnership (PPP) • Fremdkapitalfinanzierung auf dem Kapitalmarkt durch Ausgabe von Projektanleihen • Leasing (Bsp. Sale-and-Lease Back) • Unternehmensfinanzierung • eigenkapitalähnliche Finanzierungsinstrumente

Tabelle 1.1: Abgrenzung der Thematik

1.4 Konkretisierung der Forschungsfragen

Aus den obigen Ausführungen ergeben sich die folgenden Forschungsfragen, die im Zuge der Arbeit abgehandelt werden:

- **Wie wird die Investition in den Neubau eines Wasserkraftwerkes in einer klassischen Investitionsrechnung konstruiert?**
- **Welche Kennzahlen sind für die Bonitätsbeurteilung bei Projektfinanzierung von Wasserkraftwerksneubauten aus Fremdkapitalgebersicht relevant und warum?**
- **Welche sind die maßgeblichen Risikokategorien bei Projektfinanzierung von Wasserkraftwerken und wie können diese entsprechend durch unsichere Eingabeparameter modelliert und zur Simulation verwendet werden?**
- **Welche Ausfallkriterien können auf die Kennzahlen der Investitionsrechnung angewendet werden, um die Unsicherheit der Projektfinanzierung in Form von Ausfallwahrscheinlichkeiten abbilden zu können?**

1.5 Methodische Vorgehensweise

Die methodische Vorgehensweise leitet direkt aus den Forschungsfragen ab und findet ihren Niederschlag in der Gliederung der Arbeit. Zur Methodik werden folgende Schritte abgearbeitet um die Forschungsfragen entsprechend zu beantworten:

- Erstellen eines Modells zur Investitionsentscheidung von Wasserkraftwerksneubauten
- Analyse: Welche Kennzahlen sind aus Fremdkapitalgebersicht entscheidend?
- Modellierung von Einzelrisiken durch unsichere Eingabeparameter
- Simulation unter Zuhilfenahme der Stochastik
- Analyse und Interpretation der Ergebnisse

Dies ist weiters in Abbildung 1.6 zusammenfassend aufbereitet.



Abbildung 1.6: Angewandte Methodik

Kapitel 2

Projektfinanzierung - Grundlagen und Begrifflichkeiten

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Begrifflichkeiten der Projektfinanzierung erarbeitet, die für das weitere Verständnis der Arbeit von Bedeutung sind. Mit Fokus auf das Fremdfinanzierungsrisiko in Projektfinanzierungen muss zunächst das gesellschaftsrechtliche Konstrukt der Projektfinanzierung und deren Bedeutung auf die Risikoallokation erläutert werden.

2.1 Definition Projektfinanzierung

Der Begriff Projektfinanzierung ist in der Vergangenheit und zum Teil auch in der Gegenwart geprägt von unterschiedlichen Definitionsvarianten und wird dementsprechend auch innerhalb von verschiedensten Konstrukten ausgelegt, solange damit die Finanzierung eines Investitionsprojektes bedient wird (Werthschulte (2012), S.34). Weitgehend durchgesetzt hat sich die Definition nach Nevitt, der die Projektfinanzierung als Finanzierung eines Vorhabens innerhalb einer sich selbst tragenden Wirtschaftseinheit definiert, deren Kreditwürdigkeit einzig aufgrund von zukünftig erwarteten Cash-Flows beurteilt wird. Dies bedeutet auch, dass keinerlei Bonitätsbeurteilung aufgrund von Unternehmensdaten erfolgt, sondern sich auf die Erfolgsaussichten des Finanzierungsgegenstandes bezogen wird. (vgl. Nevitt (2000), S.1)

2.2 Einfluss der Projektbeteiligten

Mit der gegründeten Projektgesellschaft bestehen Schnittstellen zu mehreren Projektbeteiligten, die unterschiedliche Interessen innerhalb dieses Konstruktes verfolgen. Die folgende Abbildung zeigt die typischen Share- und Stakeholder:

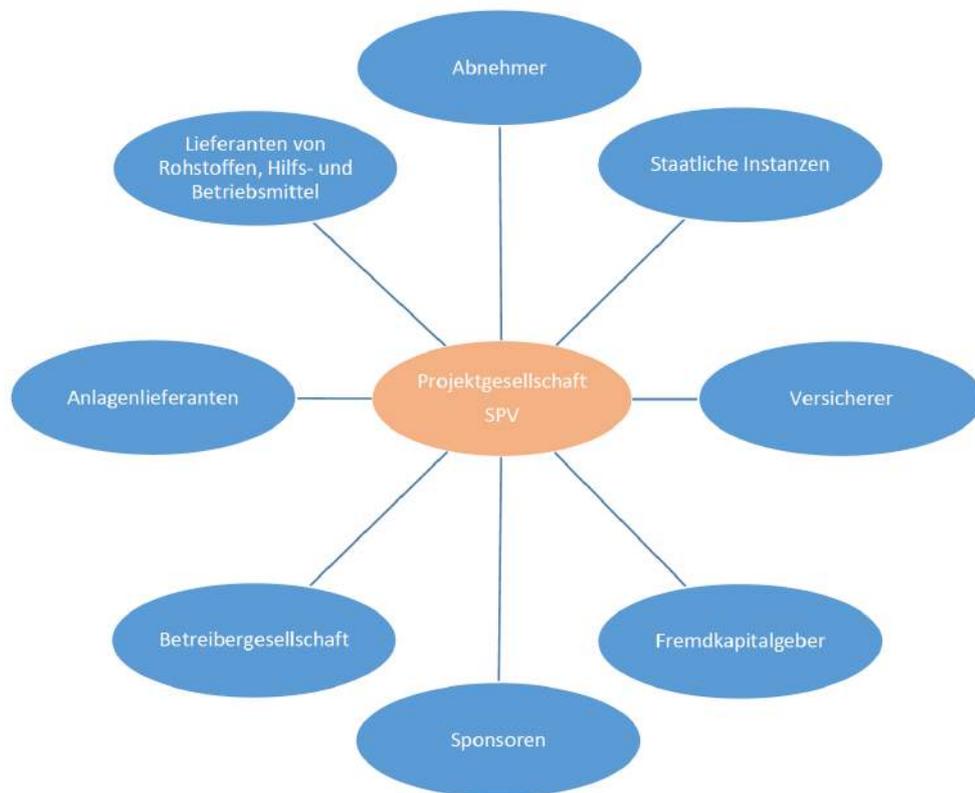


Abbildung 2.1: typische Beteiligte bei Projektfinanzierung (Quelle: angelehnt an Boettcher (2012), S.18)

Die **Projektgesellschaft Special Purpose Vehicle SPV**, als juristisch eigenständige Person, dient dem Finanzierungszweck.

Der **Sponsor** initiiert das Projekt und ist in der Regel auch mit entsprechendem Eigen- oder Risikokapital (vgl. OEKB AG (2006), S.29) an der Projektgesellschaft beteiligt. Der Eigenkapitalanteil dient dem Fremdkapital- und Garantiegebern als Maßstab für das Interesse des Sponsors an dem Projekt und sollte je nach Risikointensität der Branche zwischen 20% und 50% liegen (vgl. OEKB AG (2006), S.29). Dem Sponsor steht die Rolle des Projektentwicklers zu, er veranlasst zum geplanten Vorhaben Machbarkeitsstudien und ist in weiterer Folge auch für die Kapitalaufbringung verantwortlich (vgl. OEKB AG (2006), S.29). Der Sponsor ist nach Fertigstellung oft für den Betrieb der Anlage zuständig und verfügt meist über entsprechendes Know-How. Fehlendes technisches, ökonomisches oder die Abwicklung betreffendes Know-How wird mittels Beauftragung von Consulting Unternehmen zugekauft. Die Rolle des Sponsors kann auch durch mehrere juristische Personen erfolgen, dies ist mitunter von Vorteil, wenn mehrere Projektträger ihre unterschiedlichen Leistungsvermögen kombinieren (vgl. Boettcher (2012), S.19). Typische Sponsoren sind Mitglieder des Lieferkonsortiums, Rohstofflieferanten, Betreiber, Abnehmer, staatliche Stellen, private- oder institutionelle Sponsoren (beispielsweise Investmentfonds) oder inter- und supranationale Finanzierungsinstitute (beispielsweise Ent-

wicklungsbanken) (vgl. OEKB AG (2006), S.29).

Die **Fremdkapitalgeber** stellen dem Projekt befristet Kapital gegen Entgelt zur Verfügung, wobei für die Rückzahlung des Kapitals und die Zinszahlungen gegenüber dem Risikokapital ein vorrangiger Rechtsanspruch besteht (OEKB AG (2006), S.31). Fremdkapitalgeber können nationale oder internationale Geschäftsbanken, Entwicklungsbanken (wie die Europäische Investitionsbank EIB) oder Exportfinanzierungsinstitute (wie die Oesterreichische Kontrollbank OEKB) sein. Aufgrund des hohen Finanzierungsbedarfs kann es mitunter dazu kommen, dass mehrere Institute eine Fremdfinanzierung übernehmen und eine sogenannte Leading Bank die Fremdfinanzierungsstruktur regelt und mit allen Beteiligten abstimmt (vgl. Boettcher (2012), S.19).

Anlagenlieferanten sind in der Lage aufgrund ihres Know-Hows und langjähriger Erfahrung den Finanzierungsgegenstand zu Planen, Konstruieren und zu Errichten. Dabei ist es je nach Größe des Projektes, beispielsweise bei Kraftwerksneubauten, üblich, dass mehrere Unternehmen unter der Führung eines Konsortialführers bzw. Generalunternehmers (TKCC Turnkey Construction Contract) die Anlage gemeinsam errichten. Technische Berater können die Projektgesellschaft zusätzlich schon ab der Ausschreibungsphase entsprechend beraten und Forderung und Spezifikationen in die technischen Planungen einbringen. (vgl. Boettcher (2012), S.19)

Der **Abnehmer des Endproduktes** steht in weiterer Folge für die Cash-Flow Sicherstellung der Projektgesellschaft und damit für die Tilgung des Schuldendienstes. Je besser die Zahlungseingangsströme prognostiziert werden können, desto eher ist es möglich den Schuldendienst darauf abzustimmen. Bei begrenzter Anzahl an Abnehmern ist es mitunter sinnvoll den Käufer am Risiko der Projektgesellschaft zu beteiligen oder langfristige Lieferverträge auszuhandeln. (vgl. OEKB AG (2006), S.41)

Staatliche Instanzen des Gastlandes können infolge von Genehmigungen für Bau und Betrieb, Konzessionen oder technischen Regulierungen sowie Steuersätzen einen bedeutenden Einfluss auf den ökonomischen Erfolg der Projektgesellschaft haben. Dabei sind viele Regierungen sehr interessiert an einer Bereitstellung von Infrastruktur, wie Wasserkraftwerken zur Deckung des Energiebedarfs im eigenen Staat. (vgl. OEKB AG (2006), 37)

Die **Betreiber-gesellschaft** übernimmt die Anlage nach Fertigstellung und ist für den ordnungsgemäßen Betrieb, Instandhaltung und entsprechende Wartung zuständig, damit vordefinierte Outputparameter erreicht werden können. Die Funktion des Anlagenbetreibers kann von einem Sponsor, bzw. einer 100% Tochtergesellschaft des Sponsors, sowie einem entsprechenden Joint Venture oder einem vom Sponsor beauftragten Dienstleistungsunternehmen übernommen werden. (vgl. Gatti (2008), S.41)

Lieferant von Rohstoffen, Hilfs- und Betriebsmittel sollen termingerecht und entsprechend der jeweiligen Spezifikation liefern. Um Planungssicherheit zu schaffen werden langfris-

tige Lieferverträge mit fixierten Preisen angestrebt. In der Praxis werden Lieferverträge oft mit einem einzigen Unternehmen oder einem Sponsor abgeschlossen. (vgl. Gatti (2008), S.32)

Versicherer bieten, nicht nur der Projektgesellschaft selbst, sondern auch den einzelnen Projektbeteiligten Schutz vor dem Eintritt von unvorhergesehenen Ereignissen. Beispielfhaft kann die Absicherung von politischem Risiko für Sponsoren oder wirtschaftlichem Risiko für Anlagelieferanten entsprechend abgesichert werden. (vgl. OEKB AG (2006), S.41)

Aufgrund der Komplexität des Finanzierungsgegenstandes und dem Konstrukt der Finanzierung werden von den Hauptbeteiligten am Projekt, den Sponsoren und Senior Lenders, meist unabhängig voneinander, **Berater** beauftragt. Dies sind vor allem **Financial Advisor**, die entsprechendes Know-How in der Finanzierung aufweisen, **Technical Advisor**, die in der Ausschreibungsphase und in der technischen Projektbegleitung unterstützen und **Legal Advisor**, die die rechtliche Zusammensetzung der Projektgesellschaft mitunter im internationalen Kontext und die juristischen Ausformulierung der einzelnen Verträge übernehmen. (vgl. OEKB AG (2006), S.43)

2.3 Merkmale der Projektfinanzierung

Aus der Definition nach Nevill können die bedeutendsten Merkmale einer Projektfinanzierung nach dem klassischen Verständnis abgeleitet werden. Wichtigster Punkt ist die **Cash-Flow Orientierung** (Cash-Flow Related Lending) der Finanzierung des Projektes. Fremdkapital wird dem Projektunternehmen im Vertrauen auf die tatsächliche Erwirtschaftung eines Cash-Flows zur Verfügung gestellt, der ausreichend ist um die Kapitalkosten zu decken (vgl. Gatti (2008), S.24). Dabei werden Investitionsrechnungen aufgrund von prognostizierten Cash-Flows erstellt und entsprechende Bewertungen abgeleitet.

Neben der Cash-Flow Orientierung ergibt sich aus der Definition die **Risikoallokation**, das Verteilen der Einzelrisiken eines Projektes oder Vorhabens auf die Projektbeteiligten, sodass das Gesamtrisiko minimiert und bestmöglich und kostengünstig gemanagt werden kann (vgl. Gatti (2008), S.24). Dabei ist entscheidend, die Einzelrisiken je nach Risikotragfähigkeit der Beteiligten aufzuteilen.

Drittes Merkmal der Projektfinanzierung ist die Gründung einer eigenen Projektgesellschaft, auch Special Purpose Vehicle SPV genannt, die den Zweck der Finanzierung abseits einer Unternehmensbilanz erfüllt. Die Finanzierung solcher Vorhaben wird damit in der Literatur auch als **Off-Balance Sheet** Finanzierung bezeichnet. Die gegründete Projektgesellschaft ist rechtlich unabhängig von jeweiligen Sponsor und es bestehen limitierte Regressansprüche (siehe dazu 2.5) seitens der Fremdkapitalgeber an den jeweiligen Sponsor. (vgl. Gatti (2008), S.24 und Boettcher (2012), S.7)

2.4 Unterschiede zur Unternehmensfinanzierung

Die Unterschiede zur Unternehmensfinanzierung ergeben sich aus den, in 2.3, erörterten Merkmalen der Projektfinanzierung. Die Gründung einer eigenen Projektgesellschaft, die im Extremfall - der Non Recourse Finanzierung - keine Rückgriffsmöglichkeit auf das Unternehmensvermögen der Sponsoren ermöglicht, kommt als zentraler Unterschied zum Tragen.

Wie in Abbildung 2.2 dargestellt wird in der klassischen Unternehmensfinanzierung ein Investitionsvorhaben als Teil des Unternehmens betrachtet (vgl. Boettcher (2012), S.15). Das Unternehmen ist Kreditnehmer und leistet einen Schuldendienst, ebenso besteht Haftung seitens der Gläubiger auf das Unternehmensvermögen. Die **Bonitätsbeurteilung** wird aufgrund der Kreditwürdigkeit des Gesamtunternehmens durchgeführt und kann aufgrund von Unternehmenskennzahlen, im historischen und branchenübergreifenden Vergleich, erfolgen. Das Investitionsvorhaben selbst stellt den Verwendungszweck des Fremdkapitals dar.

Im Gegenzug dazu nimmt in der Projektfinanzierung die Projektgesellschaft selbst das Fremdkapital auf. Die Bonitätsbeurteilung erfolgt aufgrund von erwarteten zukünftigen Cash-Flows. Die Sponsoren beziehungsweise die Investoren stellen der Projektgesellschaft Eigenkapital zur Verfügung und bekunden somit ihr Interesse am Erfolg des Finanzierungsgegenstandes. Die Rückgriffmöglichkeit seitens der Fremdkapitalgeber auf das Unternehmensvermögen der Sponsoren (bzw. der Investoren) ist limitiert und im Extremfall sogar ausgeschlossen (siehe 2.5) (vgl. Werthschulte (2012), S.35).

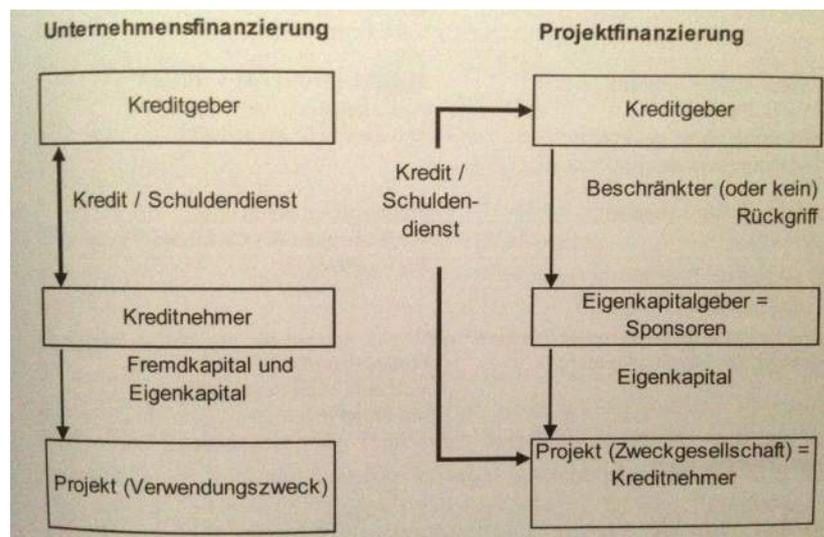


Abbildung 2.2: Projektfinanzierung vs. Unternehmensfinanzierung (Quelle: Boettcher (2012), S.15)

2.4.1 Vorteile einer Projektfinanzierung

Chancen und Risiken einer Projektfinanzierung sind aus Sichtweise der Kapitalgeber zu betrachten, Fremd- und Eigenkapitalgeber haben gleichsam Interesse am Erfolg des Projektunternehmens, auch wenn die Ausgestaltung der einzelnen Verträge mit der Projektgesellschaft mitunter unterschiedliche Ziele verfolgt. Nur mit der Zustimmung der Kapitalgeber kann ein Projektvorhaben auch in den Status des Projektes (bzw. der Projektfinanzierung) gehoben werden. Daraus ergeben sich für Eigen- und Fremdkapitalgeber unterschiedliche Vorteile:

	Eigenkapitalgeber	Fremdkapitalgeber
Risikoisolierung und Risikoallokation	<ol style="list-style-type: none"> 1. Typischerweise erfolgt eine Haftungsentlassung des Eigenkapitalgebers mit Fertigstellung /Inbetriebnahme des Projektes. 2. Durch Anreizsysteme kann eine geeignete Risikoallokation zwischen allen Projektbeteiligten geschaffen werden, so dass das Gesamtrisiko minimiert wird. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Fremdkapitalgeber muss das Individualrisiko des Finanzierungszweckes beurteilen und nicht das Gesamtrisiko eines Unternehmens - asset-based financing. 2. Zusätzlich zur Cash-Flow Betrachtung ist die Risikoallokation entscheidend für die Beurteilung des Finanzierungsgegenstandes.
Kontrollmöglichkeiten	Projektkredite scheinen nicht in Unternehmensbilanz des Sponsors auf.	Zusätzlich zur Offenlegung der wirtschaftlichen Verhältnisse ist es üblich, dass während der Bauphase über den Baufortschritt und während der Betriebsphase vom ordnungsgemäßen Betrieb berichtet wird.
Ertragskomponenten	Freier Cash-Flow wird als Ausschüttung in die Gewinn- und Verlustrechnung der Sponsoren aufgenommen, während die operativen Kosten aus diesem beglichen werden.	Zusätzliche Produkte des Kreditinstitutes können mitunter in Anspruch genommen werden, beispielsweise Beratung oder Dienstleistungen als leading bank.

Tabelle 2.1: Chancen einer Projektfinanzierung (Quelle: angelehnt an Boettcher (2012), S.25)

Der Sponsor kann besonders durch beschränkte Haftung mit dem Unternehmensvermögen und entsprechender angepasster Risikoallokation einen Vorteil in der Projektfinanzierung haben. Projektkredite scheinen weiters nicht in der Unternehmensbilanz des Sponsors auf, der überschüssigen Cash-Flow kann aber in Form von Ausschüttungen als Gewinn verbucht werden (vgl. Boettcher (2012), S.26).

Für den Fremdkapitalgeber ergibt sich durch Möglichkeit die Bonität aufgrund von Cash-Flows und geeigneter Risikoallokation zu beurteilen in weiterer Folge eine dem Finanzierungszweck angepasste Kreditbesicherung zu gestalten (vgl. OEKB AG (2006), S.7). Die verfügbare Information vom Projektverlauf ist aus Fremdkapitalgebersicht wesentlich schärfer als bei vergleichbarer Unternehmensfinanzierung (vgl. Boettcher (2012), S.26f). Aus Sicht von Banken können neben der Finanzierung (Kreditzins) im klassischen Sinne auch weitere Produkte wie Avalprovisionen, Bereitstellungsprovisionen, Vorfälligkeitsentscheidungen, Bearbeitungsgebühren, Management Fee und Beratungshonorare berechnet werden (vgl. Höpfner (1995), S.76f). Cross-Selling kann aus Fremdkapitalgebersicht innerhalb einer Projektfinanzierung auch deshalb vereinfacht eingesetzt werden, da die Bank im Zuge der Bonitätsbeurteilung einen sehr detaillierten Einblick zur Finanzierung bekommt oder in weiterer Folge auch die Gesamtfinanzierungsstruktur als **leading bank** übernimmt (vgl. Boettcher (2012), S.27f).

2.5 Varianten einer Projektfinanzierung

Aus Eigenkapitalgebersicht besteht der Wunsch nach geringer oder keiner Haftung für das Projekt, in Kombination mit dem Wunsch der niedrigen Eigenkapitalquote aus Gründen des Leverage-Effektes. Dies steht im Widerspruch zu den Interessen der Fremdkapitalgeber, die eine entsprechende Haftung der Sponsoren mit einem ansprechenden Eigenkapitalanteil als Commitment zum Projektunternehmen verstehen. (vgl. Boettcher (2012), S.20) Daraus ergeben sich die folgenden drei Projektfinanzierungsvarianten (vgl. Boettcher (2012), S21ff):

- **Full Recourse Projektfinanzierung:** Der Fremdkapitalgeber besitzt umfassende Rückgriffsrechte gegenüber der Projektsponsoren, obwohl das zu finanzierende Projekt aus dem Unternehmen ausgegliedert ist. Der Haftungsumfang entspricht dann dem einer Unternehmensfinanzierung. Diese Variante wird in der Praxis selten genutzt, da der Unterschied zu einer Unternehmensfinanzierung nicht gegeben ist.
- **Limited Recourse Projektfinanzierung:** Kreditinstitute haben bei vorliegendem festem Tatbestand das Rückgriffsrecht auf die Sponsoren zum Zweck der Kredittilgung. Diese Art der Projektfinanzierung findet in der Praxis sehr häufig Verwendung.
- **Non Recourse Projektfinanzierung:** Diese Art der rückgriffslosen Finanzierung wird auch als reine Projektfinanzierung bezeichnet. Es gibt keine Möglichkeit der Regressfor-

derungen seitens der Fremdkapitalgeber an die Sponsoren. Eine vollständige Entlassung der Haftung der Projektspensoren kommt in der Praxis nur selten vor.

Kapitel 3

Modelle zur Bonitätsbeurteilung und Validierung

Aus regulatorischer Sicht bestehen für Fremdkapitalgeber unter dem Titel Basel II bzw. Basel III von Seiten des Baseler Ausschusses und der Europäischen Kommission aufsichtsrechtliche Standards an die bankeigene Bonitätsberurteilung (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.7). Dabei können aufgrund des Finanzierungsgegenstandes und der vorhandenen Datenmenge unterschiedliche Modelle zur Bonitätsbeurteilung angewendet werden. Dies soll im Hinblick auf Projektfinanzierung im folgenden Kapitel behandelt werden. Die Validität eines erstellten Modells wird quantitativ durch dessen Trennschärfe und Güte beschrieben, unterliegt aber auch qualitativen Kriterien, wie der entsprechenden Dokumentation des Modells und dessen Einbindung in das bankinterne Prozessmanagement.

3.1 Anforderungen an Bonitätsbeurteilungssysteme

Nach (Oesterreichische Nationalbank (2004), S.55) müssen Verfahren zur Bonitätsbeurteilung verschiedene Anforderungen erfüllen, unabhängig davon, wie diese genau eingesetzt werden. Diese resultieren aus betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten und sind in den Basel II und III Akkorden verfasst (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.55):

- **Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit** - Die Bonitätsbeurteilung muss explizit als **Ausfallwahrscheinlichkeit** darstellbar sein.
- **Vollständigkeit** - Das Ratingergebnis soll alle bonitätsrelevanten Informationen berücksichtigen.
- **Objektivität** - Bei Vorliegen gleicher Informationen sollen unterschiedliche Beurteiler gleiche Ergebnisse erhalten.
- **Akzeptanz** - Aus Sicht des Anwenders soll das Modell die Bonität des Kreditnehmers richtig beurteilen.

- **Widerspruchsfreiheit** - Die Bonitätsbeurteilung darf anerkannten wissenschaftlichen Theorien und Methoden nicht widersprechen.

3.2 Modelle zur Bonitätsbeurteilung

In Abbildung 3.1 sind mögliche Modelle für das Rating von Krediten aufgeführt und segmentiert. Dabei ist zu beachten, dass in der Praxis angewandte Beurteilungen auch Mischformen mehrerer Modelle beinhalten. (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.32)

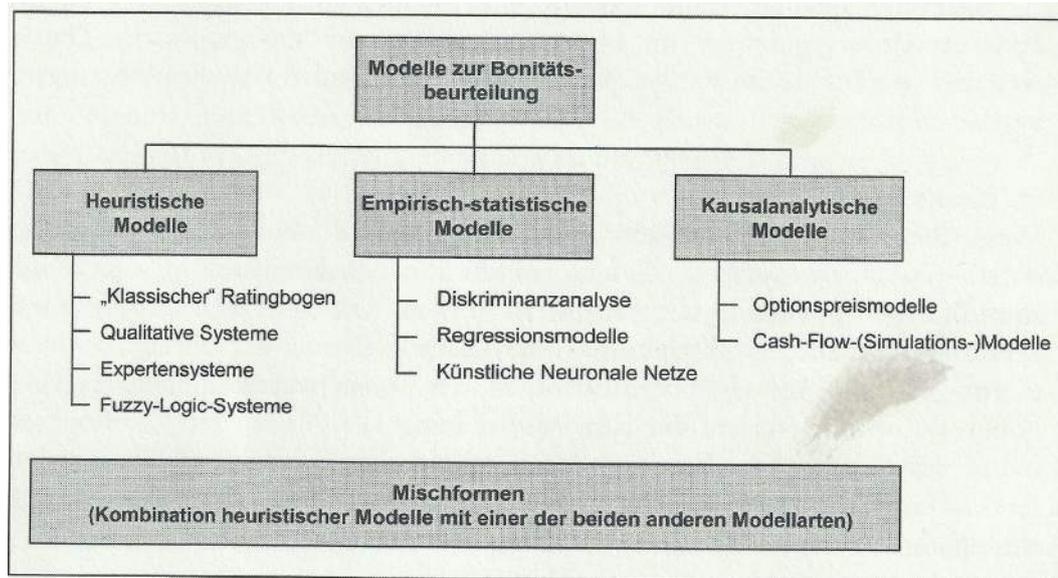


Abbildung 3.1: Systematisierung der Modelle zur Bonitätsbeurteilung (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.32)

Heuristische Modelle versuchen aufgrund von Erfahrungswerten und begrenztem, subjektiven Wissen Bonitätsbeurteilungen abzuleiten. Aufgrund von Erfahrungen aus dem Kreditgeschäft werden Aussagen zur künftigen Bonität von Kreditnehmern prognostiziert. Eine empirisch-statistische Optimierung findet in solchen Modellen nicht statt. Heuristische Modelle werden auch Expertensysteme genannt. (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.33)

Empirisch-statistische Modelle setzen auf einem empirischen Datenbestand auf - Hypothesen werden aufgrund statistischer Verfahren versucht zu verifizieren. Aufgrund des ermittelten Solvenzstatus eines Kreditnehmers kann eine Gewichtung von Bonitätsfaktoren statistisch abgeleitet werden. Die Güte eines solchen Modells hängt entscheidend von der Qualität der empirischen Datenbasis (i.e. der Größe der Datenbasis und der entsprechenden Repräsentativität) ab. (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.41)

In **Kausalanalytischen Modellen** werden, aufgrund von finanztheoretischen Überlegungen, Zusammenhänge zur Bonität direkt analytisch abgeleitet und damit kein empirischer Datensatz verwendet. Dabei unterscheidet man Optionspreismodelle, die einen Kreditausfall dann

bescheinigen, wenn der ökonomische Wert der Aktiva des finanzierten Unternehmens unter jenen des ökonomischen Wertes des Fremdkapitals fällt, und Cash-Flow-Simulationsmodelle, die die Bonität aufgrund zukünftig erwirtschafteter Cash-Flows ableiten und speziell für Spezialfinanzierungen verwendet werden. (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.49ff)

3.3 Methodik bei der Erststellung eines Modells zur Bonitätsbeurteilung

Die allgemeine Methodik bei der Erstellung von Ratingmodellen ist in Abbildung 3.2 dargestellt. Die **Generierung einer Datenbasis** wird nur bei empirisch-statistischen Modellen angewandt. In Kausalanalytische Modellen werden die Parameter des finanztheoretischen Modells von externen Datenquellen abgeleitet, ohne in der Entwicklungsphase zwingend eine empirische Datenüberprüfung vorzunehmen. Als zweiter entscheidender Punkt wird die eigentliche Modellierung, die Entwicklung des Rechenkerns des Modells (**Entwicklung der Scoringfunktion**) durchgeführt. Die Zuordnung der Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit (siehe Kapitel 3.4) zu Scorewerten erfolgt in einem dritten Schritt (**Kalibrierung der Scorerwerte**) und wird beispielsweise in Basel II / III mit 20 Ratingklassen vorgegeben. Der vierte und fünfte Schritt beinhaltet die **Validierung des Modells** selbst und dessen Einbindung in das Prozessmanagement des Finanzierungsinstitutes (**qualitativ**) und der Ergebnisgrößen (**quantitativ**).

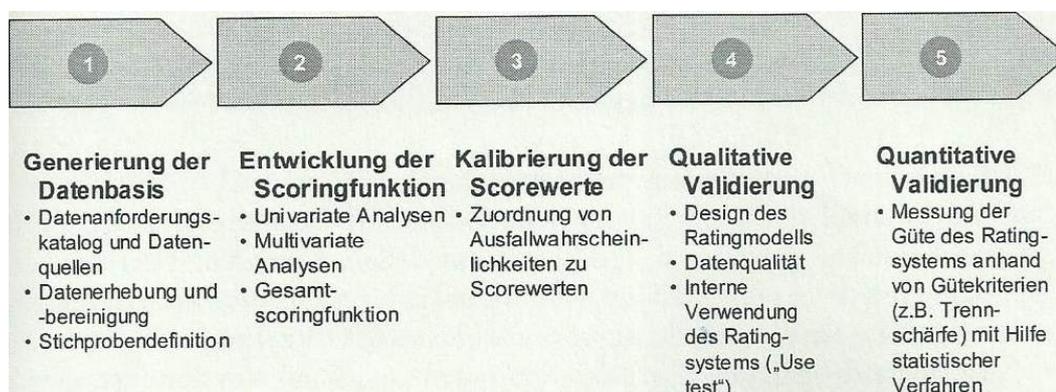


Abbildung 3.2: Vorgehensweise bei der Entwicklung eines Ratingmodells (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.63)

3.4 Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit und Zusammenhänge mit den Basel II / III Akkorden

Die Anforderungen nach Regulierung der Eigenkapitalunterlegung von Krediten stammt historisch gesehen aus der branchenüblichen Ausnutzung des Leverage Effekts in der Bankenbranche und dem damit begründeten möglichen Ausfall von ganzen Kreditinstituten mit all seinen

Wechselwirkungen. Eine erste Verordnung wurde 1988 von den G-10 Staaten in der Basler Eigenkapitalverordnung (Basel I) erarbeitet, die derzeit als Basel II / III Akkord in 100 Staaten zur Anwendung kommt. Diese wurde in der Formel 3.1 ausgedrückt ¹ und wird in dieser Art und Weise auch im Basel II Akkord und den Erweiterungen durch Basel III weiter verwendet, jedoch mit geänderten Bonitätsgewichten (für die entsprechenden Bonitätsgewichte nach Basel II / III siehe Abbildung 1.5). Die Aussage der Formel ist, dass für eine Finanzierung von Seiten der Bank Eigenkapital in Form von 8% der Kreditexposition (EAD), abhängig von einem, durch eine externe Rating Agentur bestimmten, Bonitätsgewicht, hinterlegt werden muss. Für den Fall, dass kein externes Rating besteht, muss pauschal das Bonitätsgewicht 100% angesetzt werden. (vgl. Werthschulte (2012), S.26ff)

$$EK = EAD \times G \times 0.08 \quad (3.1)$$

EK: Eigenmittelunterlegung
 G: Bonitätsgewicht
 EAD: Exposure at Default
 0.08: Solvabilitätskoeffizient

(Quelle: Werthschulte (2012), S.26)

Die oben dargestellte Formel 3.1 stellt den Standardansatz nach Basel II / III dar - bei denen ein externes Rating vorliegt. In Abbildung 3.3 werden die weiteren Möglichkeiten der Bestimmung der Eigenmittelunterlegung vereinfacht und segmentiert dargestellt. Der Internal Ratings Based (IRB) Approach erlaubt im Basisansatz und Fortgeschrittenenansatz die direkte Verwendung der Formel aus Abbildung 3.4 um die erforderliche Eigenkapitalunterlegung zu bestimmen. ² (vgl. Werthschulte (2012), S.25ff)

Für Spezialfinanzierungen, bei denen keine Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt werden können, muss der Supervisory Slotting Approach verwendet werden (siehe dazu die Erläuterungen aus Kapitel 1.2). Dabei werden, die qualitativ ermittelten Bonitätsgewichte in Zusammenhang mit der Formel 3.1 verwendet um die Eigenkapitalunterlegung der Finanzierung zu bestimmen. **Im Gegensatz dazu stellt die Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit einen zentralen Punkt dar um risikoadäquate Eigenkapitalgewichte auch für Projektfinanzierungen quantitativ ermitteln zu können, die im IRB Ansatz und mit der Formel aus Abbildung 3.4 regulatorisch erfasst können.**

¹Die verwendeten Bonitätsgewichte in Basel I waren 0% für staatliche Schuldner, 20% für juristische Personen des öffentlichen Rechts und Kreditinstitute, 50% für grundpfandrechlich gesicherte Risikoaktiva und 100% für alle übrigen Schuldner

²Der Unterschied zwischen Basis IRB Ansatz und Fortgeschrittenen IRB Ansatz ist, dass im Basisansatz die Verlustquote sowie die Restlaufzeit pauschal angesetzt werden können und im Fortgeschrittenen IRB Ansatz exakt ermittelt werden müssen.

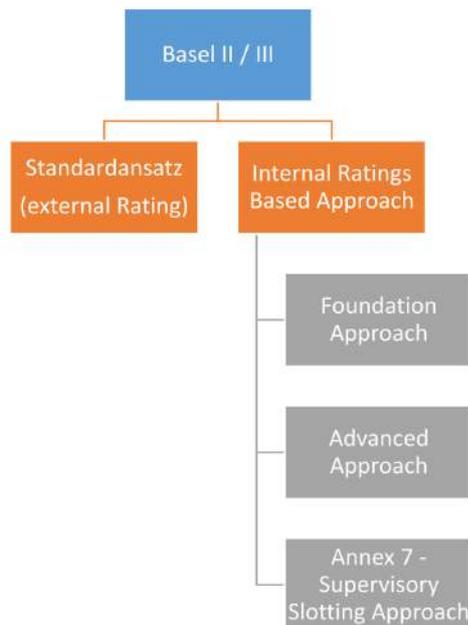


Abbildung 3.3: Mögliche Ansätze nach den Basel II / III Kriterien - vereinfachte Darstellung

$$EK = EAD \cdot \left[12,5 \cdot LGD \cdot N\left(\frac{N^{-1}(PD_{p.a.})}{\sqrt{1-R}}\right) + \sqrt{\frac{R}{1-R}} \cdot N^{-1}(0,999) \right] \cdot \frac{1 + (M - 2,5) \cdot b}{1 - 1,5 \cdot b} \cdot 0,08$$

mit

$$R = 0,12 \cdot \frac{1 - e^{-50 \cdot PD_{p.a.}}}{1 - e^{-50}} + 0,24 \cdot \frac{1 - e^{-50 \cdot PD_{p.a.}}}{1 - e^{-50}} \quad \text{und}$$

$$b = (0,08451 - 0,05898 \cdot \ln(PD_{p.a.}))^2$$

$N(\bullet)$: kumulative Dichtefunktion einer standardnormalverteilten Zufallsvariable bzw. Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung

$N^{-1}(\bullet)$: Umkehrfunktion der Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung

EAD: Kreditexposition (Exposure at Default)

$PD_{p.a.}$: Ein-Jahres-Ausfallwahrscheinlichkeit (Probability of Default)

LGD: Verlustquote (Loss given Default)

Abbildung 3.4: Eigenmittelunterlegung nach dem IRB Ansatz (Quelle: Werthschulte (2012), S. 32)

3.5 Validierung von Ratingmodellen

Die Mindestanforderung an die Validierung von Ratingsystemen, des Internal Rating Based (IRB) - Ansatz nach Basel II / Basel III, dem auch der Supervisory Slotting Approach (SSA) unterliegt, ist folgende (Oesterreichische Nationalbank (2004), S.99): *Die Bank muss über einen regelmäßigen Turnus zur Modellvalidierung verfügen, der die Vorhersehbarkeit und Stabilität, die Überprüfung der Modellbeziehungen und das Testen von Modellergebnissen gegen die tatsächlichen Ergebnisse umfasst.* Dies bedeutet auch, dass die Validierung einen mittel- bis langfristiger Prozess der Verbesserung und verbesserten Implementierung darstellt.

Einen Überblick über die Teilaspekte der Validierung soll Abbildung 3.5 geben:

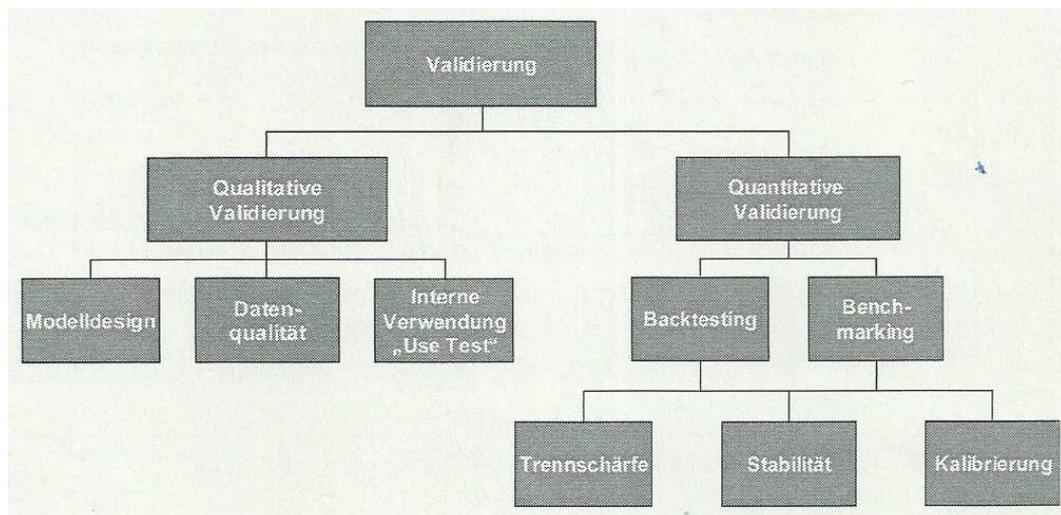


Abbildung 3.5: Teilaspekte der Validierung von Ratingverfahren (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.99)

Die **Qualitative Validierung** lässt sich in die Bereiche Modelldesign, Datenqualität und Interne Verwendung unterteilen (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.101ff):

- Das **Modelldesign** wird anhand der ausreichenden Dokumentation des Ratingmodells validiert, wobei die Kriterien dafür Umfang, Transparenz und Vollständigkeit sind.
- Für empirisch-statistische Modelle wird die Vollständigkeit, der Umfang, die Repräsentativität sowie die verwendeten Datenquellen im Zuge des Kriteriums **Datenqualität** validiert.
- Die Validierung der **internen Verwendung** umfasst die Einbindung des Ratingmodells in das bankinterne Risikomanagement und Reporting.

Die **quantitative Validierung** wird bei empirisch-statistischen Modellen schon in der Modellentwicklung angewandt - dieser Schritt entfällt bei heuristischen und kausalanalytischen Modellen. Hier können jedoch bereits gewonnene Datensätze entsprechend verwendet

werden um ein Benchmarking (einen Vergleich mehrerer Modelle) oder ein Backtesting (ein Überprüfen der des angewandten Modells auf die Prognosegüte) angewandt werden. (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.103)

Die **Trennschärfe** stellt die Fähigkeit eines Ratingmodells dar zwischen guten und schlechten Fällen innerhalb eines vorgegeben Zeithorizonts zu unterscheiden. Auf die Ausfallwahrscheinlichkeit bezogen, ist damit der Eintritt bzw. der Nicht-Eintritt eines Kreditausfalls entsprechend der Vorhersage des Modells zu verstehen. Dabei lassen sich aufgrund einer Vielzahl von untersuchten Anwendungen des Modells (einer Datenbasis von Modellberechnungen) Häufigkeiten von guten, respektive schlechten Fällen ermitteln und Dichtefunktionen zur weiteren statistischen Behandlung ermitteln. Typischerweise wird dafür auch, die in einer typischen Form in Abbildung 3.6 gezeigte, ROC (Receiver Operating Characteristic) - Kurve zur Veranschaulichung verwendet. Die ROC-Kurve eines optimalen Bonitätsbeurteilungsmodells würde in dieser Art der Darstellung vom Ursprung (0%, 0%) senkrecht nach oben zum Punkt (100%, 0%) und weiter waagrecht zum Punkt (100%, 100%) gehen. (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.104ff)

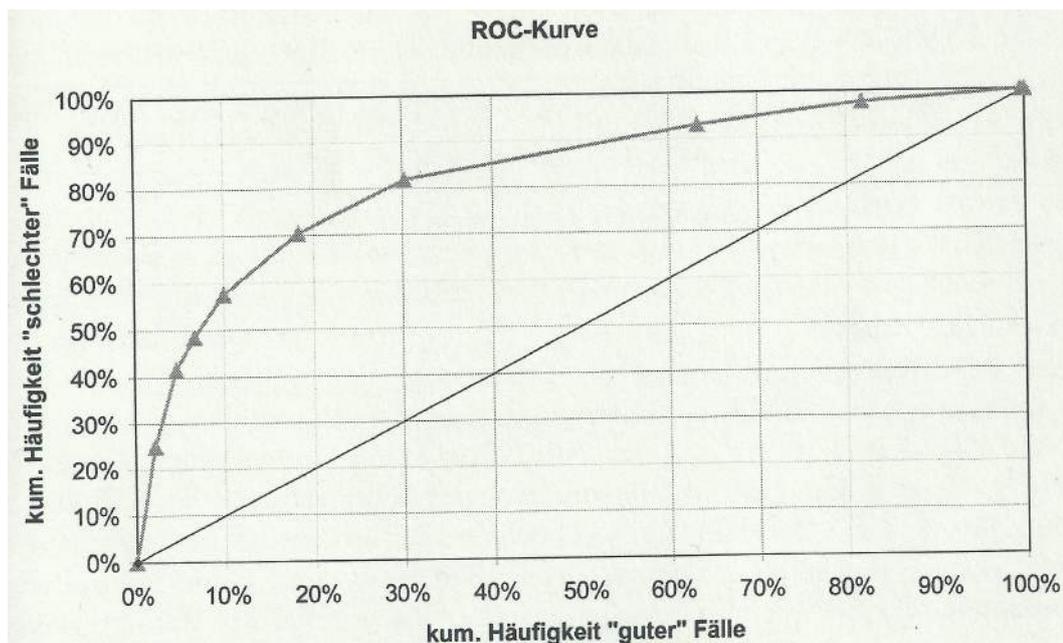


Abbildung 3.6: Beispiel eines Verlaufs einer ROC Kurve (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.109)

Die **Güte der Kalibrierung** des Modells (i.e. Zuordnung der Scoringwerte zu Ausfallwahrscheinlichkeiten) wird durch Backtesting bestimmt und kann beispielsweise in einem Reliability Diagramm (siehe Abbildung 3.7) dargestellt werden. In einem gut kalibrierten Modell liegen die Punkte im Reliability Diagramm nahe der Diagonalen. (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.121)

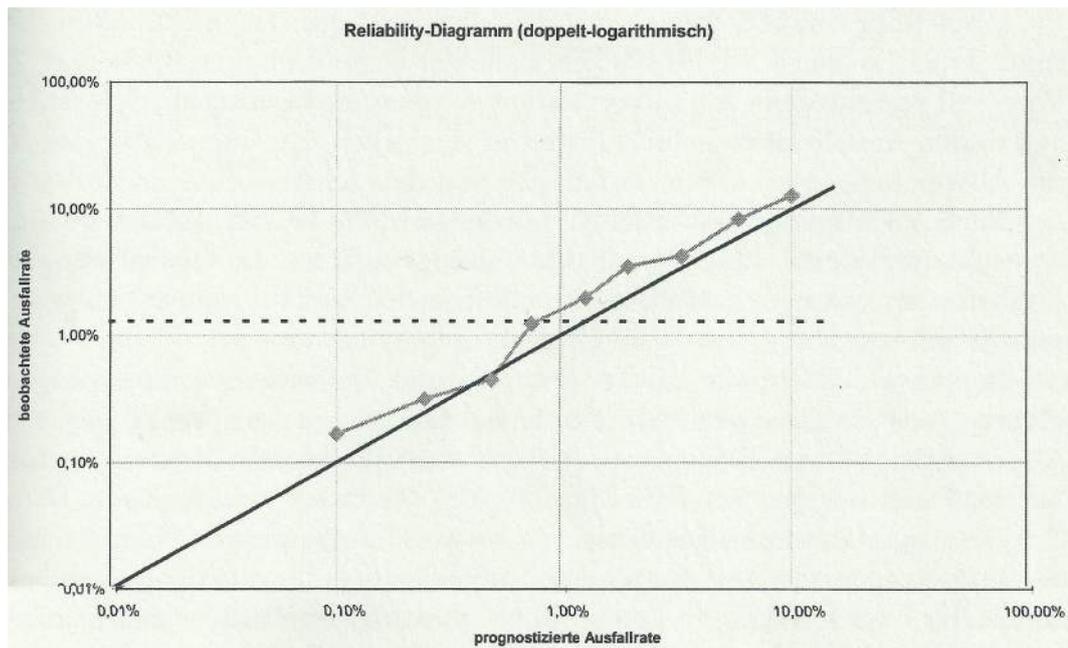


Abbildung 3.7: Beispiel eines Reliability Diagramms (Quelle: Oesterreichische Nationalbank (2004), S.125)

Bezüglich der **Stabilität** von Ratingmodellen werden folgende Aspekte unterschieden:

- Änderung der Trennschärfe bei Änderung des Zeithorizonts.
- Änderung von Rahmenbedingungen des Modells in Bezug auf Einfluss auf Modellparameter und Modellergebnis.

3.6 Anwendung in Bezug auf Cash-Flow-Simulationsmodelle

Für die Bestimmung des Kreditrisikos in Projektfinanzierungen (i.e. Spezialfinanzierungen), respektive der Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeiten als Zielgröße, ist ein Cash-Flow-Simulationsmodell anzuwenden (vgl. Oesterreichische Nationalbank (2004), S.50), das zur Gruppe der kausalanalytischen Simulationsmodelle zählt. Zusammenfassend ergeben sich nach den Kapiteln 3.2, 3.3, 3.4 und 3.5 einige Einschränkungen und Kriterien die für Cash-Flow-Simulationsmodelle anzuwenden sind:

- In kausalanalytischen Modellen wird keine Datenbasis generiert, damit entfällt dieser Punkt in der Modellerstellung - auch hinsichtlich der Validierung.
- Einen zentralen Punkt der Modellerstellung in Cash-Flow-Simulationsmodellen stellt demnach die Entwicklung der Scoringfunktion selbst dar, aus welcher auch die Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit abgeleitet werden soll.
- Die Kalibrierung der Scorerwerte erfolgt nach Basel II / III, respektive dem IRB-Ansatz. Zur Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit werden sogenannte Ausfallkriterien ange-

wandt. Zur Ermittlung der Eigenkapitalunterlegung aus der Ausfallwahrscheinlichkeit kann direkt die Formel aus Abbildung 3.4 verwendet werden.

- In der Modellentwicklung entfällt für kausalanalytische Modelle die Quantitative Validierung, da keine Datenbasis vorab verfügbar ist. Der Schritt der Quantitativen Verifizierung ist als Backtesting nach erfolgter Implementierung oder Benchmarking (bei ausreichendem Datensatz, sprich bei Vergleich mehrerer Modelle) anwendbar.
- In Bezug auf Qualitative Validierung ist vor allem die ausreichende Dokumentation (vor allem der Modellerstellung) und die interne Verwendung im Rahmen des bankinternen Risikomanagements für kausalanalytische Modelle anzuwenden.

Kapitel 4

Cash-Flow Modellierung und Investitionsrechnung in der Projektfinanzierung

Aus den in den vorangehenden Kapiteln erörterten Anforderungen und Grundlagen an die Bonitätsbeurteilung soll in diesem Kapitel die finanzmathematische Komponente in Bezug auf die technischen Aspekte des Finanzierungsgegenstandes angewandt werden um eine Investitionsrechnung für ein Wasserkraftwerksneubau aus Fremdkapitalgebersicht zu erstellen.

In diesem Kapitel wird ausgehend von den theoretischen Grundlagen zur Investitionsrechnung in der Projektfinanzierung und Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht eine Investitionsrechnung erstellt, die für den speziellen Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerksneubau anwendbar ist und infolge den Rechenkern des Simulationsmodells in Kapitel 6 darstellt.

4.1 Anwendung der Investitionsrechnung in der Projektfinanzierung

Investitionsentscheidungen werden aufgrund von prognostizierten Cash-Flows getroffen und anhand ermittelter Kenngrößen beurteilt. Diese Kenngrößen unterscheiden sich nach Branche und dienen Kapitalgebern und Entscheidungsträgern in Unternehmen zur Beurteilung zur Wirtschaftlichkeit von einzelnen Investitionen.

4.1.1 Cash-Flow Modellierung

Zur Bewertung des Finanzierungsgegenstandes muss für jede Abrechnungsperiode (i.e. typischerweise 1 Jahr) der erwartete Cash-Flow ermittelt werden. Dieser wird in der Errichtungsphase des Projektes negativ sein, da hohe Aufwendungen für Planung, Konstruierung, Beschaffung und Bau anfallen. Erst nach Inbetriebnahme kann ein positiver Cash-Flow zur Schuldentilgung erwartet werden.

Abbildung 4.1 zeigt ein einfaches Beispiel zur Vorausberechnung eines zukünftigen Cash-Flows allgemein für ein Projekt aufgrund dessen Produkte erzeugt und abgesetzt werden können. In Zeile 97 wird der Umsatz für das jeweilige Jahr ermittelt, indem die erwarteten Absatzzahlen mit dem Preis multipliziert werden. Die Ausgaben (variabel und nicht variabel) werden in den Zeilen 98 und 99 abgezogen, sowie die angesetzte Abschreibung auf den Finanzierungsgegenstand (in diesem Beispiel nach dem amerikanischen MACRS¹ System) mit Zeile 100 subtrahiert wird. In Zeile 101 wird der Gewinn vor Steuern und Zinsen, kurz EBIT - earnings before interests and taxes, angesetzt und in Zeile 102 davon der Steuerbeitrag aufgrund des Steuersatzes ermittelt. Der Steuerbeitrag ist im gezeigten Beispiel in den Jahren 1 und 2 negativ, da auch das entsprechende EBIT negativ ist. Dies ist im Sinne eines Verlustausgleichs innerhalb eines Unternehmens zu verstehen und ist in der Projektfinanzierung unter Umständen nicht anzusetzen. In Zeile 103 wird der operative Gewinn nach Steuern, kurz NOPAT - net operating profit after taxes - errechnet. (angelehnt an Brigham (2014), S.446f.)

Der Übergang vom NOPAT zum Free Cash-Flow werden die Abschreibung wieder hinzu gerechnet. Dies geschieht deshalb, da Abschreibungen unbare Aufwände darstellen, und den Kapitalgebern als solchen zur Deckung der Kapitalkosten dienen. Die Abschreibungen werden zum Ziel der Cash-Flow Berechnung demnach nur zur Ermittlung des Steuerbeitrages verwendet. Weiters wird in dem gezeigten Beispiel davon ausgegangen, dass die Anlage mit Ende des Betrachtungszeitraumes zu ihrem Restwert verkauft wird (Zeile 106 und 107). In Zeile 108 wird die Änderung des Umlaufvermögens aufgrund der Projektstätigkeit berücksichtigt. Mit der Zeile 109 werden Opportunitätskosten, wie Grundeigentum (Entfallen von Mieteinkünften) und mit der Zeile 110 werden Externalitäten, wie Kannibalisierung, einkalkuliert. In Zeile 105 werden die entsprechenden Aufwendungen zur Anschaffung kalkuliert. Damit ergeben sich die in Zeile 110 dargestellten prognostizierten Cash-Flows für das Beispiel in Abbildung 4.1. (angelehnt an Brigham (2014), S.445)

¹Das Modified Accelerated Cost Recovery System geht von unterschiedlichen Abschreibungssätzen pro Periode aus und wird in den Vereinigten Staaten von Amerika angewendet.

95	Cash Flow Forecast	Cash Flows at End of Year				
96		0	1	2	3	4
97	Sales revenues = Units × Price/unit		\$15 000	\$17 940	\$21 456	\$25 662
98	Variable costs = Units × Cost/unit		\$10 700	\$12 674	\$15 013	\$17 782
99	Nonvariable costs (excluding depr.)		\$2 120	\$2 184	\$2 249	\$2 317
100	Depreciation		\$2 583	\$3 445	\$1 148	\$574
101	Earnings before int. and taxes (EBIT)		-\$403	-\$363	\$3 047	\$4 988
102	Taxes on operating profit (40% rate)		-\$161	-\$145	\$1 219	\$1 995
103	Net operating profit after taxes		-\$242	-\$218	\$1 828	\$2 993
104	Add back depreciation		\$2 583	\$3 445	\$1 148	\$574
105	Equipment purchases	-\$7 750				
106	Salvage value					\$639
107	Cash flow due to tax on salv. val.					-\$256
108	Cash flow due to change in WC	-\$2 250	-\$441	-\$527	-\$631	\$3 849
109	Opportunity cost, after taxes	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
110	After-tax externalities		\$0	\$0	\$0	\$0
111	Project net cash flows: Time Line	-\$10 000	\$1 900	\$2 700	\$2 345	\$7 800

Abbildung 4.1: Cash-Flow Berechnung (Quelle: Brigham (2014), S.445)

4.1.2 Grundlagen der Investitionsrechnung

Die Investitionsrechnung dient zur Bestimmung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen im Sach- oder Finanzbereich. Die Investitionskosten werden den künftigen erwarteten Cash-Flows gegenübergestellt. Dabei gilt es zu beachten, dass diese zu unterschiedlichen Zeitpunkten zur Verfügung stehen und damit unterschiedlich bewertet werden müssen. Aufgrund der Aussage der Investitionsrechnung können verschiedene Investitionen miteinander verglichen werden. (vgl. Schwaiger (2011), S.96) In Kapitel 4.1.1 wurde in die Berechnung des Cash-Flows keine Zinsaufwendungen inkludiert, da mit den Methoden der Investitionsrechnung, auch ein Vergleich des internen Zinssatzes erfolgt.

Zur Beurteilung von Investitionen werden unterschiedliche Kennzahlen verwendet, typischerweise werden die folgenden Kennzahlen innerhalb der Investitionsrechnung berechnet (vgl. Brigham (2014), S.399f):

- NPV Net Present Value
- IRR Internal Rate of Return
- MIRR Modified Internal Rate of Return
- PI Profitability Index
- Payback Period

Bei Investitionsentscheidungen in Unternehmen werden am Häufigsten die Kriterien NPV Net Present Value und IRR Internal Rate of Return verwendet (Brealey (2011), S.132). Die oben genannten Kennzahlen gelten vor allem aus Gesamtprojektsicht bzw. aus Eigenkapitalgebersicht und sind für ein grundlegendes Verständnis der Investitionsrechnung wichtig. Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht werden in Kapitel 4.2 behandelt.

4.1.2.1 Net Present Value

Für die Berechnung des *Net Present Values* (NPV) oder Barwertes werden die prognostizierten Cash-Flows, wie in Abbildung 4.2 dargestellt, diskontiert und gemeinsam mit dem Investitionsbetrag zum Zeitpunkt $t=0$ zum Barwert errechnet. Die zugehörige Formel lautet:

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1+r)^N} = \quad (4.1)$$

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (4.2)$$

46	INPUTS:					
47	r = 10%					
48	Initial Cost and Expected Cash Flows					
49	Year	0	1	2	3	4
50	Project S	-\$10 000	\$5 300	\$4 300	\$1 874	\$1 500
51		4 818,18	← ← ↘	↓	↓	↓
52		3 553,72	← ← ← ← ←	← ← ↘	↓	↓
53		1 407,96	← ← ← ← ←	← ← ← ← ←	← ← ↘	↓
54		1 024,52	← ← ← ← ←	← ← ← ← ←	← ← ← ← ←	← ← ↘
55	NPV _s =	\$804,38				

Abbildung 4.2: Net Present Value (Quelle: Brigham (2014), S.402)

Der Diskontierungssatz in 4.2 entspricht den risikoadjustierten Kapitalkosten des Projektes (Brigham (2014), S.401). Eine differenzierte Bedeutung des Diskontierungssatzes aufgrund der Sichtweise (Sponsor oder Fremdkapitalgeber) wird im Rahmen dieser Arbeit für den speziellen Anwendungsfall untersucht. (siehe 4.3.2.5)

Laut (Brealey (2011), S.131) verwenden 75% aller Unternehmen die Methode des *Net Present Values* um Entscheidungen für Investitionsprojekte zu treffen.

4.1.2.2 IRR Internal Rate of Return

Der *Internal Rate of Return* IRR, oder interne Zinsfuß, stellt jenen Diskontierungssatz für die prognostizierten Cash-Flows dar, bei dem der Barwert NPV gleich Null ist. Der IRR ergibt sich aus folgender Formel (Brigham (2014), S.404):

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{CF_N}{(1+IRR)^N} = 0 \quad (4.3)$$

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (4.4)$$

Dieser kann damit einfach mit dem Finanztaschenrechner oder MS Excel bestimmt werden.

Der Zusammenhang zwischen IRR und NPV wird in Abbildung 4.3 gezeigt. Bei geringerem Diskontierungssatz ist der NPV groß und erreicht sein Maximum bei einem Diskontierungssatz von 0%. Je größer der Wert des Diskontierungssatzes angesetzt wird, desto kleiner wird der Barwert des betrachteten Investitionsprojektes. Bei NPV=0 entspricht der Diskontierungssatz, laut Definition, dem *Internal Rate of Return*.

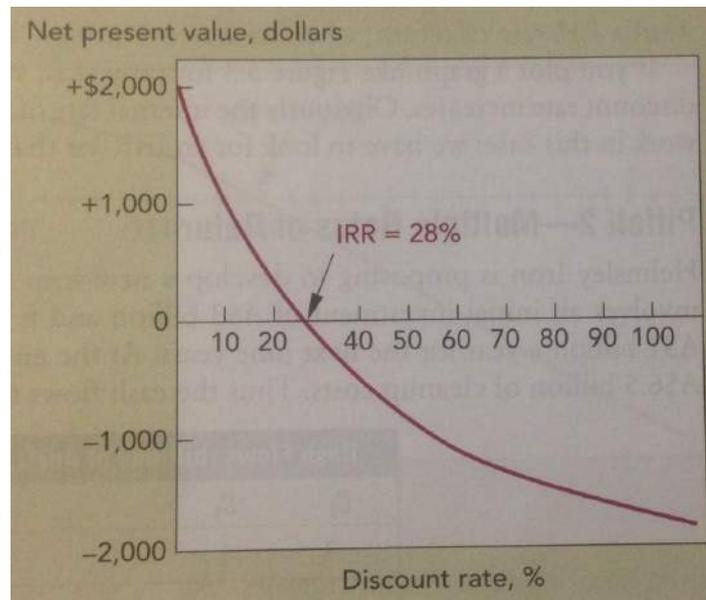


Abbildung 4.3: Zusammenhang IRR und NPV (Quelle: Brealey (2011), S.137)

4.1.2.3 Modified Internal Rate of Return

Im *Internal Rate of Return Ansatz* aus 4.1.2.2 wird beim Diskontieren impliziert, dass der Cash-Flow mit dem Internen Zinsfuß des Projektes reinvestiert wird. Allerdings ist eine Reinvestition wie in Abbildung 4.4 mit einem bestimmten Marktzinssatz derzeit näher an der Realität. In Abbildung 4.4 werden die projizierten Cash-Flows mit dem Zinssatz r aufgezinst und zum Zeitpunkt $t=4$ zu einem sogenannten *terminal value* addiert. Jener Zinssatz mit dem die Investitionssumme im Jahr $t=0$ investiert werden muss um damit im Jahr $t=4$ den *terminal value* zu erhalten, entspricht der *Modified Internal Rate of Return* (vgl. Brigham (2014), S.410ff). Diese kann wie in Abbildung 4.4 dargestellt einfach mit einem Finanztaschenrechner oder MS Excel errechnet werden.

293	INPUTS:					
294	r = 10%					
295	Initial Cost and Expected Cash Flows					
296	Year	0	1	2	3	4
297	Project S	-\$10 000	\$5 300	\$4 300	\$1 874	\$1 500
298		↓	↓	↓	↳ → →	\$2 061
299		↓	↓	↳ → →	→ → → →	\$5 203
300	Present Value of	↓	↳ → →	→ → → →	→ → → →	\$7 054
301	Negative CF (PV) =	-\$10 000				Terminal Value of Positive CF (TV) = \$15 819
302						
303	Calculator: N = 4, PV = -10000, PMT = 0, FV = 15819. Press I/YR to get:					MIRR _s = 12,15%
304	Excel Rate function-Easier: =RATE(F296,0,B301,F301)					MIRR _s = 12,15%
305	Excel MIRR function-Easiest: =MIRR(B297:F297,B294,B294)					MIRR _s = 12,15%

Abbildung 4.4: Berechnung des MIRR (Quelle: Brigham (2014), S.411)

4.1.2.4 PI Profitability Index

Der Profitabilitätsindex PI vergleicht den Barwert der zukünftigen Cash-Flows mit der Investitionssumme zum Zeitpunkt t=0. Das Ergebnis dieses Verhältnisses, auch dargestellt in Formel 4.5, ist größergleich 1 sobald das Investitionsprojekt positiv reüssiert (vgl. Brigham (2014), S.413)

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{(1+r)^t}{CF_0} \quad (4.5)$$

4.1.2.5 Payback Period

Der Vollständigkeit halber wird im Folgenden die Methode Payback Periode vorgestellt, die historisch die erste Entscheidungsmethode für Investitionsprojekte darstellte. Definiert wird das Entscheidungskriterium als die Anzahl der Jahre bis die Investitionssumme durch Einnahme von zukünftigen Cash-Flows wieder eingenommen wurde. Rein mathematisch ergibt sich die Payback Periode indem man den kumulierten Cash-Flow, wie in Abbildung 4.5 bildet und jenes Jahr wählt indem der kumulierte Cash-Flow positiv wird, bzw. die Payback Periode anteilig errechnet (vgl. Brigham (2014), S.414).

363	Payback Period						
364							
365	Project S	Year	0	1	2	3	4
366		Cash flow	-\$10 000	\$5 300	\$4 300	\$1 874	\$1 500
367		Cumulative cash flow	-\$10 000	-\$4 700	-\$400	\$1 474	\$2 974
368		Intermediate calculation for payback	—	—	—	2,21	3,98
369						↑	
370					Intermediate calculation:		
371		Manual calculation of Payback S = 2 + \$400/\$1,874 =	2,21	=IF(F367>0,E365+ABS(E367/F366),"—")			
372		Excel calculation of Payback S =	2,21	2,21			

Abbildung 4.5: Profitability Index (Quelle: Brigham (2014), S.414)

Eine Verbesserung dieser Methode stellt die Discounted Payback Periode in Abbildung 4.6 dar, die zusätzlich die Kapitalkosten in Form einer Diskontierung berücksichtigt.

391	Discounted Payback					
392						
393	Project r = 10%					
394	Project S	Year	0	1	2	3
395		Cash flow	-\$10 000	\$5 300	\$4 300	\$1 874
396		Discounted cash flow	-\$10 000	\$4 818	\$3 554	\$1 408
397		Cumulative discounted CF	-\$10 000	-\$5 182	-\$1 628	-\$220
398						
399	Discounted Payback S = 3 + \$220.14/\$1,024.52 =			3,21		
400	<i>Excel calculation of Discounted Payback S =</i>				Switches from negative to positive cash flow.	
401	=PERCENTRANK(C397:G397,0,6)*G394			3,21		

Abbildung 4.6: Discounted Profitability Index (Quelle: Brigham (2014), S.415)

Die Aussage der Payback Periode ist begrenzt und sie kann lediglich für Vergleichszwecke eingesetzt werden. Ein Vergleich mit dem Markt ist in diesem Fall weniger sinnvoll (vgl. Brigham (2014), S.417).

4.2 Diskussion von Kennzahlen aus Sicht des Fremdkapitalgebers

Wie in Kapitel 4.1.2 beschrieben werden für Investitionsentscheidungen von Unternehmen als Kriterien häufig die Kennzahlen NPV *Net Present Value* und IRR *Internal Rate of Return* verwendet. Für Eigenkapitalgeber ist dabei die Entlohnung für das eingegangenen Risiko in Form einer Risikoprämie entscheidend (vgl. Boettcher (2012), S.182). Für Fremdkapitalgeber ist zusätzlich entscheidend ob die prognostizierten Cash-Flows für die Erbringung der Zins- und Tilgungsleistungen ausreichend sind (vgl. Werthschulte (2012), S.44).

Dafür soll der folgende Vergleich zweier Investitionsprojekte in Abbildung 4.7 und Abbildung 4.8 getätigt werden. In beiden Projektvarianten beträgt die Investitionssumme zum Zeitpunkt $t=0$ 1000 Geldeinheiten GE und die prognostizierten Cash-Flows in den kommenden fünf Jahren sind ident, ebenso ist die Kapitalstruktur in beiden Fällen gleich. Der Unterschied zwischen der Projektvariante A und B besteht in der Dynamik der Zins- und Tilgungszahlung bzw. der Dividendenausschüttung. Aus Fremdkapitalgebersicht wird in der Variante A ein endfälliger Kredit vereinbart, während in der Variante B verschieden hohe Ratenzahlungen erfolgen.

	Year					
	0	1	2	3	4	5
Operating cash flows	-1,000	50	150	850	1,800	2,100
Debt service	—	—	—	—	—	2,011
Dividends to sponsors	—	50	150	850	1,800	89
Investments—sponsors	200					
Investments—banks	800					

	Year					
	0	1	2	3	4	5
Financial flows—bank	-800	0	0	0	0	2,011
Financial flows—sponsors	-200	50	150	850	1,800	89
IRR—bank	20.2%					
IRR—sponsors	124%					

Abbildung 4.7: IRR Finanzstruktur A Beispielprojekt (Quelle: Gatti (2008), S.133)

	Year					
	0	1	2	3	4	5
Operating cash flows	-1,000	50	150	850	1,800	6,900
Debt service	0	35	110	600	730	0
Dividends to sponsors	0	15	40	250	1,070	6,900
Investments—sponsors	200					
Investments—banks	800					

	Year					
	0	1	2	3	4	5
Financial flows—bank	-800	35	110	600	730	—
Financial flows—sponsors	-200	15	40	250	1,070	6,900
IRR—bank	20.2%					
IRR—sponsors	124%					

Abbildung 4.8: IRR Finanzstruktur B Beispielprojekt (Quelle: Gatti (2008), S.133)

Um die Schuldendienstdeckungsfähigkeit für Fremdkapitalgeber zu beurteilen stehen verschiedene Kennzahlen zur Verfügung.

4.2.1 DSCR

Der *debt service cover ratio* DSCR ist eine Kennzahl, die den jeweiligen Schuldendienst (i.e. Zins- und Tilgungsleistung) direkt dem prognostizierten Cash-Flow gegenüberstellt. Die entsprechende Formel ist in 4.6 abgebildet. Zusätzlich zur Information, die der Fremdkapitalgeber aus IRR und NPV erhält, interpretiert die Kennzahl DSCR die Dynamik der Cash-Flows in Zusammenhang mit der Finanzierung.

$$DSCR_t = \frac{CF_t}{T_t + Z_t} \quad (4.6)$$

- $DSCR_t$: Debt Service Cover Ratio in der Periode t
 CF_t : betriebsbedingter Cash-Flow in der Periode t
 T_t : Tilgungszahlung in Periode t
 Z_t : Zinszahlung in Periode t

Theoretisch kann der absolute Wert der DSCR Kennzahl ein Minimum von 1 erreichen. Zu diesem Zeitpunkt würde ein erwirtschafteter Cash-Flow gänzlich zur Deckung der Zins- und Tilgungszahlung verwendet werden müssen und es würde keinerlei Ausschüttungen für Eigenkapitalgeber geben. Der IRR würde in diesem Fall für Sponsoren bzw. für Investoren bis zu einem Minimum von 0 fallen, dies ist aus Eigenkapitalgebersicht sehr uninteressant. Für Fremdkapitalgeber beinhaltet ein DSCR von 1 auch ein größeres Risiko von Zahlungsausfällen aufgrund von fehlerhaft prognostizierten Cash-Flows. (vgl. Gatti (2008), S. 135) Ein Übersicht über typische DSCR Werte für einzelne Branchen ist in Tabelle 4.1 dargestellt:

Projekt Branche	Durchschnittlicher DSCR
Kraftwerk ohne vertraglich vereinbarte Abnahme	2 bis 2.25
Kraftwerk mit Abnahmevertrag	1.5 bis 1.75
Kraftwerk in reguliertem Markt	1.25 bis 1.5
Transport und Logistik	1.25 bis 1.5
Telekom	1.25 bis 1.5
Wasser	1.35 bis 1.40
Private Finance Initiative PFI	1.35 bis 1.40

Tabelle 4.1: Typische DSCR Werte nach Branche (Quelle: Gatti (2008), S.135)

4.2.2 AVDSCR

Für manche Projektfinanzierungen wird ein minimaler durchschnittlicher DSCR im gesamten Finanzierungszeitraum vorausgesetzt. Dafür benötigt man den sogenannten *average debt service ratio* AVDSCR, der den Mittelwert aller DSCR-Werte über die gesamte Finanzierung darstellt (vgl. Gatti (2008), S.136):

$$AVDSCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{T_t + Z_t}}{n} \quad (4.7)$$

AVDSCR:	Average Debt Service Cover Ratio in der Periode t
CF _t :	betriebsbedingter Cash-Flow in der Periode t
T _t :	Tilgungszahlung in Periode t
Z _t :	Zinszahlung in Periode t
r:	gewichteter durchschnittlicher Fremdkapitalzins
n:	Laufzeit des Kredites in Jahren

4.2.3 ICR

Der *interest cover ratio* ICR ist eine Kennzahl, der den jeweiligen Zinsdienst direkt dem prognostizierten Cash-Flow gegenüberstellt. Die entsprechende Formel ist in 4.8 abgebildet.

$$ICR_t = \frac{CF_t}{Z_t} \quad (4.8)$$

DSCR _t :	Debt Service Cover Ratio in der Periode t
CF _t :	betriebsbedingter Cash-Flow in der Periode t
Z _t :	Zinszahlung in Periode t

4.2.4 AVICR

Wiederum kann als Kenngröße der Mittelwert des interest cover ratios über alle Zeitpunkte der Finanzierung verwendet werden:

$$AVICR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{Z_t}}{n} \quad (4.9)$$

AVDSCR:	Average Debt Service Cover Ratio in der Periode t
CF _t :	betriebsbedingter Cash-Flow in der Periode t
Z _t :	Zinszahlung in Periode t
r:	gewichteter durchschnittlicher Fremdkapitalzins
n:	Laufzeit des Kredites in Jahren

4.2.5 NPVCR

Dem *net present value credit ratio* NPVCR liegt eine periodenübergreifende Sichtweise zugrunde. Es erfolgt eine Prüfung, ob die zukünftigen Zahlungsüberschüsse aus dem Betrieb ausreichen, um alle Zins- und Tilgungszahlungen rückzuführen. Durch Abzinsung der zukünftigen Cash-Flows und Vergleich mit dem ausstehenden Kreditbetrag kann eine Aussage über die Schuldendienstdeckung getroffen werden. Es ist üblich den NPVCR auf den Zeitpunkt der Betriebsbereitschaft des Projektes zu beziehen (vgl. Werthschulte (2012), S.45). Der NPVCR berechnet sich wie folgt:

$$NPVCR_{BB} = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{K_{BB}} \quad (4.10)$$

$NPVCR_{BB}$:	Net Present Value Credit Ratio zum Zeitpunkt der Betriebsbereitschaft
CF_t :	betriebsbedingter Cash-Flow in der Periode t
K_{BB} :	Kreditsaldo zu Betriebsbereitschaft
r:	Diskontierungssatz
N:	Laufzeit der Betriebsphase

Sobald der NPVCR absolut größer als 1 ist, ist der Gegenwartswert (respektive der Wert zu Betriebsbereitschaft) der zukünftigen Zahlungsüberschüsse größer als der ausstehende Kreditbetrag. Dabei wird die spezifische Ein- und Auszahlungsstruktur des Projektes vernachlässigt und damit Schwankungen des Cash-Flows über den Kreditverlauf nicht berücksichtigt. Deshalb ist es trotz NPVCR größer 1 möglich, dass in bestimmten Perioden Liquiditätsprobleme auftreten. (vgl. Werthschulte (2012), S.45)

4.2.6 LLCR

Im Gegensatz zum NPVCR werden im *loan life credit ratio* LLCR nur jene Cash-Flows zur Berechnung herangezogen die während der Kreditlaufzeit erwirtschaftet werden (vgl. Werthschulte (2012), S.46). Im einfachsten Fall wird der LLCR wiederum auf den Zeitpunkt der Betriebsbereitschaft bezogen:

$$LLCR_{BB} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{K_{BB}} \quad (4.11)$$

$LLCR_{BB}$:	Loan Life Credit Ration zum Zeitpunkt der Betriebsbereitschaft
CF_t :	betriebsbedingter Cash-Flow in der Periode t
K_{BB} :	Kreditsaldo zu Betriebsbereitschaft
r:	Diskontierungssatz
n:	Laufzeit der bewerteten Fremdkapitalfinanzierung

Die Kenngröße LLCR kann aber auf jeden beliebigen Zeitpunkt angewandt werden und somit auch ein Vergleich bereits gestarteter Finanzierungen getroffen werden. (vgl. Gatti (2008), S.136f):

$$LLCR_s = \frac{\sum_{t=s}^{s+n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} + DR}{O_t} \quad (4.12)$$

- $LLCR_s$: Loan Life Credit Ration zum Zeitpunkt s
 CF_t : betriebsbedingter Cash-Flow in der Periode t
 DR : Schuldenreserve aus Vorperioden
 OR : offene Zins- und Tilgungszahlungen zum Zeitpunkt s
 r : Diskontierungssatz
 n : restliche Laufzeit der bewerteten Fremdkapitalfinanzierung

Eine Übersicht über typische LLCR Werte für einzelne Branchen ist in Tabelle dargestellt:

Projekt Branche	Durchschnittlicher LLCR
Kraftwerk ohne vertraglich vereinbarte Abnahme	2.25 bis 2.75
Kraftwerk mit Abnahmevertrag	1.5 bis 1.8
Kraftwerk in reguliertem Markt	1.3 bis 1.5
Transport und Logistik	1.4 bis 1.6
Telekom	n.a.
Wasser	1.35 bis 1.40
Private Finance Initiative PFI	1.45 bis 1.50

Tabelle 4.2: Typische LLCR Werte nach Branche (Quelle: Gatti (2008), S.139)

4.3 Investitionsrechnung für Wasserkraftwerksneubauten

In den folgenden Unterkapiteln wird eine Investitionsrechnung für die Projektfinanzierung aus Fremdkapitalgebersicht für den Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerksneubau erstellt und parametrisiert. Dabei sollen Annahmen erläutert, das zugrundeliegende Rechenschema erklärt und Eingabeparameter bestimmt werden. Für die einzelnen Berechnungen im Detail sei auf die Grundlagen und Formeln aus den Kapiteln 4.1 und 4.2 verwiesen. Die beschriebene Investitionsrechnung wird in MS Excel umgesetzt, da es ein einfach zu bedienendes Werkzeug mit sehr mächtigen, bereits implementierten, finanzmathematischen Funktionen darstellt, dass auch in weiterer Folge für Simulationen verwendet werden kann.

4.3.1 Struktur der Investitionsrechnung

Ausgehend von der Investitionssumme, die für die zu errichtenden Anlage aufgewendet werden muss, wird eine typische Kapitalstruktur verwendet und die Finanzierung dafür angesetzt. Im Weiteren werden aus den Spezifika des Finanzierungsgegenstandes prognostizierte Umsätze und prognostizierte Kosten für den Finanzierungszeitraum ermittelt und daraus in der Cash-Flow Rechnung der Cash-Flow vor und nach Steuern sowie vor und nach den Fremdkapitalkosten ermittelt. Darauf aufbauend werden in der Investitionsrechnung die klassischen Kennzahlen (NPV, IRR, MIRR, PI sowie Payback Period und discounted Payback Period)

ermittelt. Die, aus Fremdkapitalgebersicht, entscheidenden Kennzahlen DSCR, ICR, LLCR bzw. AVDSCR und AVICR werden ebenfalls berechnet. Überblicksmäßig ist das Rechenschema der entwickelten Investitionsrechnung in Abbildung 4.9 dargestellt. Für die Berechnung werden die Formeln aus den Kapiteln 4.1 und 4.2, sowie die in MS Excel implementierten finanzmathematischen Funktionen, angewendet.

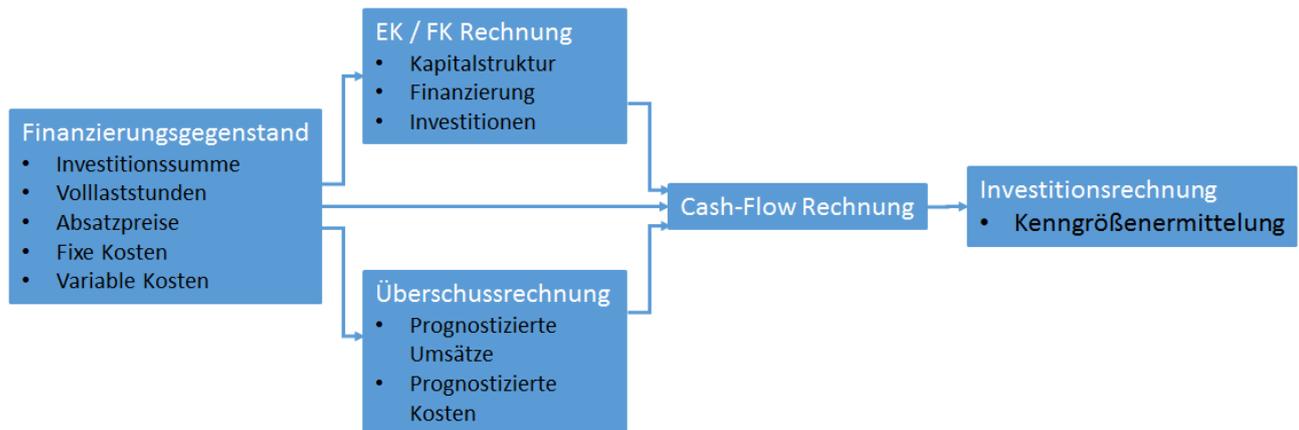


Abbildung 4.9: Rechenschema der entwickelten Investitionsrechnung

4.3.2 Erstellung und Parametrierung der Investitionsrechnung

Zusammenfassend werden in der folgenden Tabelle (vgl. Tabelle 4.3) die Annahmen und Eingabeparameter die der Investitionsrechnung zugrunde liegen aufgelistet. Diese Eingabeparameter und dem Finanzierungsgegenstand spezifische Betrachtungen der Investitionsrechnung werden in den einzelnen Unterkapiteln entsprechend erläutert.

In der Investitionsrechnung sollen die Kennzahlen aus Gesamtprojektsicht / Eigenkapitalsicht und aus Fremdkapitalsicht bestimmt werden. Diese Kennzahlen müssen entsprechend interpretiert und analysiert werden. **In der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit stellt die Investitionsrechnung von Wasserkraftwerksneubauten die Grundlage für weiterführende Betrachtungen und Simulationen dar.**

Eingabevariable	Wert
<u>allgemeine Eingaben</u>	–
Investitionskosten	2600€/kW
installierte Leistung	600MW
Steuersatz	25%
Abschreibung	linear
Abschreibungsdauer	40 Jahre
<u>Überschuss</u>	–
Volllaststunden	5000h pro Jahr
Absatzpreis	5ct/kWh
leistungsabhängiger Kostenfaktor	2.2%
arbeitssabhängiger Kostenfaktor	0.2ct/kWh
Steigerungsrate Betriebskosten (linear)	1.2%
Steigerungsrate Absatzpreis (linear)	0.8%
<u>Finanzierung</u>	–
EK Anteil	35%
EK Kosten K_e	8%
EK Auszahlungen (5 Jahre)	13.64% 13.64% 22.73% 27.27% 22.73%
FK Auszahlungen (4 Jahre)	00.00% 04.17% 22.92% 41.67% 31.25%
Risikoloser Zinssatz Baukredit (4J)	0.376% (Erste Bank (28.06.2015))
Sicherheitsfaktor Baukredit	15%
Bereitstellungsprovision Baukredit	0.1%
Risikoloser Zinssatz Betriebskredit (25J)	1.777% (Erste Bank (28.06.2015))
Zins- und Tilgungszahlungen Betriebskredit	linear
Finanzierungsdauer Betriebskredit	25 Jahre

Tabelle 4.3: Eingabeparameter der Investitionsrechnung

4.3.2.1 Investitionskosten

Investitionskosten für Wasserkraftwerke werden typischer Weise als spezifische Investitionskosten in Geldeinheit pro installierter Leistung angegeben. Typische verwendete Größen sind €/kW oder \$/kW. Dabei variieren die spezifischen Investitionskosten sehr stark und sind abhängig von verschiedenen Einflussfaktoren wie Kraftwerkstechnologie, geologische Beschaffenheit und länderspezifischen Eigenheiten. In der Literatur werden verschiedene spezifische Investitionskosten im Bereich von 1050\$/kW bis 7650\$/kW im angloamerikanischen Raum und 1400€/kW bis 6200€/kW im europäischen Raum genannt (vgl. 4.4). Laufkraftwerke haben aufgrund der Komplexität speziell im Dammbau im Allgemeinen höherer spezifische Investitionskosten als Speicherkraftwerke. Als konkretes Beispiel soll der letzte Großkraftwerksbau in Österreich - die Erweiterung der Malta und Reisseck Gruppe um das Pumpspeicherkraftwerk

Reisseck II genannt werden. Mit einer neu installierten Leistung von 430MW und Kosten von 385Mio€ werden die spezifischen Investitionskosten für diese Erweiterung mit 833€/kW errechnet (Verbund AG (14.06.2015)).

spezifische Ausbaurkosten	Kraftwerkstyp	Quelle
2600 - 3200€/kW	Laufkraftwerke	(Nachtnebel (2011), S.15)
1400 - 1800€/kW	Speicherkraftwerke	(Nachtnebel (2011), S.15)
2000 - 4000€/kW	Großwasserkraftwerke	(BMU (2004), S.35)
2300 - 6200€/kW	Laufwasserkraftwerke	(Brauner (2008), S.7ff)
1750 - 6250\$/kW	Hydro Power Plants	(ETSAP (2010), S.1)
1050 - 7650\$/kW	Large Hydro	(IRENA (2012), S.5)

Tabelle 4.4: Typische spezifische Investitionskosten

Für das zu entwickelnde Modell wird in weiterer Folge ein konservativer Ansatz gewählt und **2600€/kW** als spezifische Investitionskosten definiert. Um die absoluten Investitionskosten zu berechnen, müssen die spezifischen Investitionskosten mit der Nennleistung des Kraftwerkes multipliziert werden. Das zu finanzierende Wasserkraftwerk soll eine Nennleistung im Großwasserkraftwerksbereich (Large Hydro bzw. Large Scale Hydro) aufweisen. Im Allgemeinen werden Kraftwerke als Großkraftwerke bezeichnet sobald sie eine gewisse Mindestnennleistung aufweisen. Diese Mindestnennleistung variiert und beträgt zwischen 10MW und 100MW, beispielsweise werden Kraftwerke größer einer Leistung von 30MW bei Andritz Hydro als Großkraftwerk (Large Hydro) bezeichnet (Andritz Hydro GmbH (2009), S.3ff). Wirklich große Anlagen haben Nennleistungen von einigen hundert bis einigen tausend Megawatt. Für diese Investitionsrechnung soll in weiterer Folge eine Nennleistung von 600MW angesetzt werden, dies könnte beispielsweise ein Speicherkraftwerk mit geringer Fallhöhe und drei Francisturbinen mit je einer Leistung von 200MW sein. Bei der Bezeichnung der Investitionssumme wird aber in dieser Form weder eine Aussage zur genauen technischen Beschaffenheit (Flusskraftwerk, konventionelles Speicherkraftwerk, Pumpspeicherkraftwerk, etc.) getroffen, noch definiert mit welcher Technologie das entsprechende Kraftwerk ausgestattet ist. Auch wird nicht definiert in welchem geographischem Umfeld das Kraftwerk errichtet wird. Diese Kriterien sollen bewusst offen gelassen werden, da sie für die Finanzierung in erster Linie irrelevant sind.

Die gesamte Investitionssumme ergibt sich dann wie folgt:

$$\text{Investitionssumme } I = \text{spezifische Investitionskosten} \times \text{Nennleistung} = (4.13)$$

$$= 2600\text{€/kW} \times 600\text{MW} = 1.560.000.000\text{€} \quad (4.14)$$

4.3.2.2 Kapitalstruktur und Finanzierung

Prinzipiell können der Projektgesellschaft zwei unterschiedliche Arten von Kapital zur Verfügung gestellt werden, dies betrifft Eigenkapital und Fremdkapital (vgl. Deutsch (2010), S.45). Es wird davon ausgegangen, dass das **Eigenkapital in der Höhe von 35%** des gesamten benötigten Kapitals vom Sponsor und die, sich ergebenden, restlichen **65% von einer Leading Bank als Finanzierung** zur Verfügung gestellt werden. Für den Fremdkapitalgeber ist es entscheidend, dass der Eigenkapitalanteil ein Commitment zum Finanzierungsgegenstand signalisiert (vgl. Deutsch (2010), S.45).

Das Eigenkapital wird zur Gänze in der Errichtungsphase der Anlage aufgebracht. Diese wird, inklusive Planungszeitraum, mit 4 Jahren - sprich von Jahr $t=-4$ bis Jahr $t=0$ und damit verbundenen 5 Zahlungen an die Projektgesellschaft - angenommen. Mit Jahr 0 geht die Anlage in Betrieb und ab diesem Stichtag werden auch erstmals Erlöse erzielt. Für die Finanzierung ergibt sich die folgende Aufteilung: Im Zeitraum der Bauphase wird ein endfälliger Baukredit gewährt, der zur geplanten Inbetriebnahme fällig ist. Mit dem Start des operativen Betriebes wird dieser Baukredit in einen Betriebskredit mit nachschüssiger Rente umgeschuldet. (vgl. Deutsch (2010), S.45ff).

In Abbildung 4.10 ist die Finanzierungsstruktur graphisch aufbereitet. Der Betriebskredit ist mit einer Laufzeit von 25 Jahren angenommen, die Abschreibung des Kraftwerkes wird mit 40 Jahren festgelegt, wobei zum Jahre $t=40$ ein Restwert der Anlage angenommen wird, der sich aus einem allfälligen weiteren Betrieb ergibt.

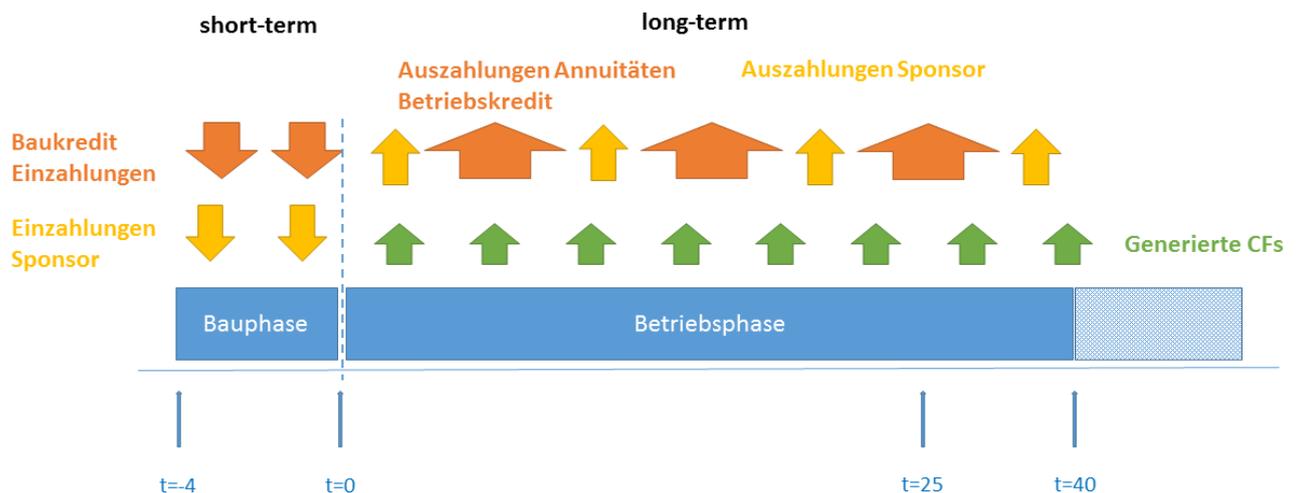


Abbildung 4.10: Zeitstruktur Kapitalbereitstellung (Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Deutsch (2010), S.46)

4.3.2.2.1 Eigenkapital In dem Modell wird davon ausgegangen, dass das Eigenkapital zur Gänze von einem Sponsor zur Verfügung gestellt wird. Der Eigenkapitalanteil beträgt 35% der gesamten Investitionskosten zum Zeitpunkt $t=-4$. Dies entspricht:

$$\text{Eigenkapitalanteil} = \text{Investitionssumme } I \times 35\% = 504.000.000\text{€} \quad (4.15)$$

Zusätzlich muss die Bereitstellungsprovision des Baukredites, in Höhe von 0.1% per anno, aus den Eigenkapitalmitteln übernommen werden. Die Gesamtsumme soll in den Jahren $t=-4$ bis $t=0$ nach dem **Schlüssel $t=-4$: 13.64%; $t=-3$: 13.64%; $t=-2$: 22.73%; $t=-1$: 27.27%; $t=0$: 22.73%** zur Verfügung gestellt werden (siehe dazu auch Abbildung 4.3). Die Aufteilung auf die Bauphase erfolgt nach Intensität der Kapitalbelastung, sodass in den Jahren $t=-2$ bis zur Inbetriebnahme die meisten Kosten anfallen. Zusammenfassend sind die Sponsorenauszahlungen an die Projektgesellschaft in Abbildung 4.11 dargestellt.

Eigenkapital		
Ke [%]	8%	
t [a]	Sponsorenauszahlung	
-4	75,62	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)
-3	75,62	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)
-2	125,26	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)
-1	150,08	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)
0	125,26	Summe (t=0) = 631,58

Abbildung 4.11: Eigenkapitalaufstellung

Für die weitere Betrachtung, bzw. als Vorbereitung für die Cash-Flow Berechnung, werden die Eigenkapitalbeiträge auf das Jahr $t=0$ aufgezinst. Der verwendete Aufzinsungssatz entspricht den **Eigenkapitalkosten Ke von 8%**. Dabei ergibt sich, wie in Abbildung 4.11 ersichtlich, eine Summe von 632 Millionen Euro zum Zeitpunkt $t=0$. Dies ist insbesondere wichtig um die Investitionssumme zum Zeitpunkt $t=0$ zu bestimmen.

4.3.2.2 Fremdkapital - Baukredit Die Fremdfinanzierung während der Bauphase wird mittels eines endfälligen Baukredites gewährleistet. Die Fälligkeit wird mit dem Zeitpunkt $t=0$ angenommen, dies entspricht dem Zeitpunkt der Umschuldung in einen Betriebskredit. Der **Fremdkapitalanteil beträgt 65%**, dieser Anteil wird zur Gänze von einer Leading Bank zur Verfügung gestellt. Zur Berechnung der Zinszahlungen wird der 4-jährige risikolose Zinssatz verwendet und gemäß der Ersten Österreichischen Bank (Erste Bank (28.06.2015)) mit 0.376% angenommen.

Eine Bereitstellungsprovision wird auf den, um 15% der benötigten Gesamtsumme, erhöhten Betriebsmittelrahmen berechnet. Die Bereitstellungsprovision wird durch Eigenkapital beglichen (siehe Abbildung4.11).

Das Summe des Baukredites beträgt 1014 Millionen (siehe 4.16) zum Zeitpunkt $t=-4$, dies entspricht der Investitionssumme abzüglich des Eigenkapitalanteils.

$$\text{Summe Baukredit} = \text{Investitionssumme } I \times 65\% = 1.014.000.000\text{€} \quad (4.16)$$

Die **Auszahlungen betragen in den Jahren $t=-4$: 00.00%; $t=-3$: 04.17%; $t=-2$: 22.92%; $t=-1$: 41.67%; $t=0$: 31.25%** des Baukredites. In 4.12 ist die beschriebene Finanzierung zusammengefasst:

Kredit kurzfristig - Bauphase - endfällig		
Zinssatz	0,38%	
Risikoaufschlag [%]	0,00%	Σ 0,38%
	t [a]	Auszahlung
	-4	0,00
	-3	42,25
	-2	232,38
	-1	422,50
	0	316,88
		Summe (t=0) = 1017,82

Abbildung 4.12: Baukreditaufstellung

Die Rückzahlung des Kredites erfolgt bei Fälligkeit zum Zeitpunkt $t=0$. Die rückzuzahlende Summe von 1017 Millionen Euro ergibt sich durch Aufzinsung der entsprechenden Auszahlungen mit dem risikolosen Zinssatz auf den Zeitpunkt $t=0$. Der Betrag von 1017 Millionen Euro wird zum Zeitpunkt $t=0$ umgeschuldet und fortan in Form eines Betriebskredites mit erster Zahlung (Zins- und Tilgung) zum Zeitpunkt $t=1$ rückgezahlt.

4.3.2.2.3 Fremdkapital - Betriebskredit Der Betriebskredit wird zum Zeitpunkt $t=0$ gewährt und in Form einer nachschüssigen Rente mit periodischer Annuität abbezahlt. Die **Finanzierungsdauer soll 25 Jahre** betragen. Damit ergibt sich eine Annuität von 50.74 Millionen Euro, aufgeteilt in Zins- und Tilgungszahlung, die am Ende der jeweiligen Periode zu zahlen ist. Die genaue Aufschlüsselung ist speziell für die Berechnung der Steuerbeträge aufgrund der Körperschaftssteuer notwendig, da die Zinszahlungen der Bemessungsgrundlage subtrahiert werden. Zur Berechnung der Zinszahlungen wird der **25-jährige Riskolose Zinssatz** verwendet, dieser beträgt nach der Ersten Österreichischen Bank 1.777% Erste Bank (28.06.2015). Die sich daraus ergebenden Zins- und Tilgungszahlungen sind in Abbildung 4.13 dargestellt:

Kredit langfristig - Betriebsphase				
Zinssatz	1,77%			
Risikoaufschlag [%]	0,00%	Σ	1,77%	
Summe [M€]	-1017,82			
periodische Zahlungen [M€ / a]	-50,74			
t [a]	Annuität	Saldo	Zinsen	Tilgung
1	-50,74	-985,10	-18,02	-32,72
2	-50,74	-951,80	-17,44	-33,30
3	-50,74	-917,91	-16,85	-33,89
4	-50,74	-883,42	-16,25	-34,49
5	-50,74	-848,32	-15,64	-35,10
6	-50,74	-812,60	-15,02	-35,72
7	-50,74	-776,25	-14,38	-36,35
8	-50,74	-739,25	-13,74	-37,00
9	-50,74	-701,60	-13,08	-37,65
10	-50,74	-663,28	-12,42	-38,32
11	-50,74	-624,28	-11,74	-39,00
12	-50,74	-584,60	-11,05	-39,69
13	-50,74	-544,21	-10,35	-40,39
14	-50,74	-503,11	-9,63	-41,10
15	-50,74	-461,27	-8,90	-41,83
16	-50,74	-418,70	-8,16	-42,57
17	-50,74	-375,38	-7,41	-43,33
18	-50,74	-331,29	-6,64	-44,09
19	-50,74	-286,41	-5,86	-44,87
20	-50,74	-240,75	-5,07	-45,67
21	-50,74	-194,27	-4,26	-46,47
22	-50,74	-146,97	-3,44	-47,30
23	-50,74	-98,84	-2,60	-48,13
24	-50,74	-49,85	-1,75	-48,99
25	-50,74	0,00	-0,88	-49,85

Abbildung 4.13: Betriebskreditaufstellung

Hinsichtlich der Bonitätsbeurteilung der Projektfinanzierung von Wasserkraftwerksneubauten wird in der weiteren Arbeit untersucht, ob die jeweilige Annuität zum entsprechenden Zeitpunkt mit entsprechender Sicherheit (siehe Kennzahlen DSCR, LLCR, ICR) bezahlt werden kann.

4.3.2.3 Prognostizierter Umsatz und prognostizierte Kosten

Als Vorbereitung für die Cash-Flow Ermittlung dient eine Überschussrechnung. Dabei werden der Umsatzerlös und die Kosten entsprechend für den Betrachtungszeitraum prognostiziert.

Die entsprechenden Annahmen und Berechnungen stehen natürlich eng in Zusammenhang mit den Spezifika des Finanzierungsgegenstandes Wasserkraftwerk.

4.3.2.3.1 Umsatzerlöse Der Umsatzerlös eines Wasserkraftwerksbetreibers aus der Geschäftstätigkeit berechnet sich nach der Anzahl der verkauften Leistung pro Jahr. Diese wird in Gigawattstunden pro Jahr angegeben [GWh/a]. Weiters ist es üblich die Leistung in Cent pro Kilowattstunde [ct/kWh] auszureisen. Die Jahresleistung wird mittels der Nennleistung und der sogenannten Variable Volllaststunden² errechnet.

Im Folgenden sei die Formel zur Bestimmung des Umsatzerlöses dargestellt:

$$\text{Jahresleistung [GWh/a]} = \text{Volllaststunden [h/a]} \times \text{Nennleistung [GW]} \quad (4.17)$$

$$\text{Umsatzerlös [€/a]} = \text{Jahresleistung [GWh/a]} \times 10^6 \times \frac{\text{Absatzpreis [ct/kWh]}}{100} \quad (4.18)$$

Als Annahmen müssen dabei die Volllaststunden und der Absatzpreis definiert werden. Typische Werte für Volllaststunden von Kraftwerken sind in Tabelle 4.5 dargestellt. Als Ausgangswert für die Investitionsrechnung werden **5000 Volllaststunden pro Jahr** angenommen.

²Die Angabe der Volllaststunden eines Kraftwerkes wird für einen bestimmten Zeitraum, üblicherweise für den Zeitraum ein Jahr angegeben. Sie bezeichnet den Nutzungsgrad des Kraftwerkes, indem eine fiktive Stundenzahl für den Betrieb mit Nennleistung für den Betrachtungszeitraum errechnet wird. Dabei müssen Stillstandszeiten und Teillastfahrten entsprechend bewertet werden. (vgl. Wikipedia: Volllaststunde (21.06.2015)) Kraftwerke die zur Deckung der Grundlast verwendet werden - und meist schon entsprechend abgeschrieben sind, oder geringe arbeitsabhängige Kosten im Vergleich zu den fixen Kosten aufweisen - haben eine sehr hohe Anzahl an Volllaststunden. Kraftwerke die zur Abdeckung der Spitzenenergie dienen - und dabei besonders schnell angefahren werden können - und damit in erster Linie zur Netzregelung dienen - haben eher geringe Volllaststunden.

Kraftwerkstyp	Volllaststunden in [h/a]
(maximale Volllaststunden pro Jahr)	8760
Kernkraftwerk	7000-8000
Steinkohle	5000-6000
Braunkohle	6000-7000
Kombikraftwerk (GuD)	3500-5000
Laufwasserkraftwerk	4000-6000
Pumpspeicher	1000-2000
Windkraftwerk (Binnenland)	1800-2300
Windkraftwerk (Offshore)	3500-4000
Photovoltaik	800-1500

Tabelle 4.5: Volllaststunden für Kraftwerke (Quelle: Brauner (2008), S.13)

Um die Größenordnung des Absatzpreises zu bestimmen werden im folgende einige Überlegungen durchgeführt:

- Die Spotmarktpreise an Strombörsen in Europa betragen zwischen 2ct/kWh und 4ct/kWh. (European Energy Exchange AG (21.06.2015))
- Termingeschäfte an den Strombörsen in Europa werden ebenfalls mit 2 ct/kWh bis 4ct/kWh gehandelt. (European Energy Exchange AG (21.06.2015))
- Die Absatzpreise (aus Endkundensicht entspricht dies den Kosten) für Erzeugung und Netz im Haushaltsstrombereich (siehe Abbildung 4.14) betragen in EU-Schnitt 13.8ct/kWh. Davon müssen im Schnitt zwischen 15 und 40% für den Netzbetreiber angerechnet werden.
- Die Absatzpreise (aus Endkundensicht entspricht dies den Kosten) für Erzeugung und Netz im Industriestrombereich (siehe 4.15) betragen in EU-Schnitt 9.3ct/kWh. Davon müssen im Schnitt zwischen 15% und 40% für den Netzbetreiber angerechnet werden.
- Die Kraftwerksbetreiber strebt im Idealfall langfristige Lieferverträge mit fixen Abnahmemengen mit der Vertriebsgesellschaft an. Im liberalisierten Energiemarkt (Achtung nicht jeder Energiemarkt ist liberalisiert!) besteht die strikte Trennung zwischen Energieerzeugung, Energieübertragung und Vertrieb, sodass zumindest im liberalisierten Energiemarkt kein direkter Verkauf des Erzeugers an den Endkunden stattfindet.
- Strompreise in Gebieten mit hohem Potential und mäßigem Ausbaugrad und auch entsprechendem Energiebedarf variieren sehr stark von den gezeigten europäischen Preisen.

Aufgrund der oben genannten Überlegungen wird im Zuge dieser Modellierung ein Preisniveau für den **Absatzpreis von 5ct/kWh** angenommen, wobei weiters eine lineare **Steigerungsrate von 0.8% per anno** angenommen wird.

Haushaltsstrompreise im europäischen Vergleich

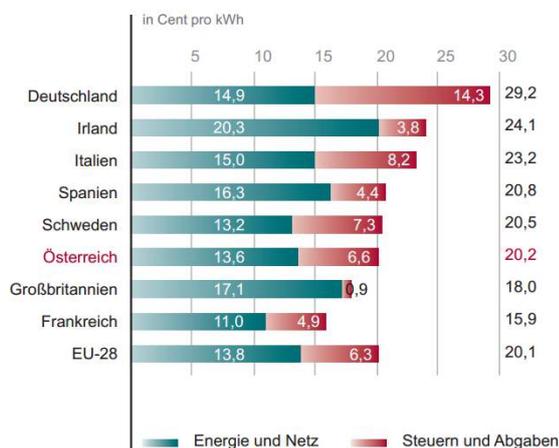


Abbildung 4.14: Haushaltsstrompreise im Vergleich (Quelle: E-Wirtschaft (21.06.2015))

Industriestrompreise im europäischen Vergleich

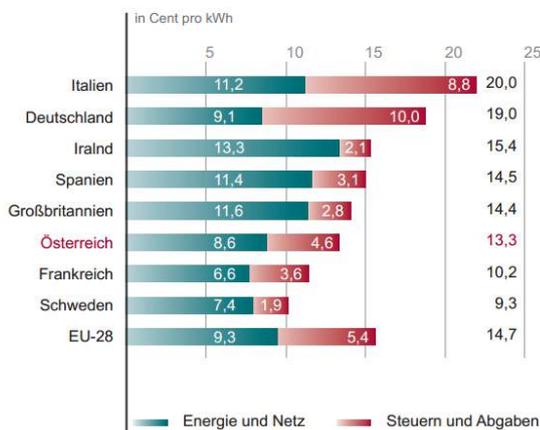


Abbildung 4.15: Industriestrompreise im Vergleich (Quelle: Verein Österreichs E-Wirtschaft (21.06.2015))

4.3.2.3.2 Stromgestehungskosten Stromgestehungskosten werden ganz allgemein betrachtet wie in der klassischen Betriebswirtschaftslehre durch variable und fixe Kosten dargestellt. Im Speziellen lassen sich die Stromgestehungskosten allgemein für den Kraftwerksbetrieb nach (Brauner (2008), S.14ff) in leistungsabhängige und arbeitsabhängige Kosten unterscheiden.

Zu den leistungsabhängigen Kosten zählen (Brauner (2008), S.14f):

- Kapitalabhängige Kosten
 - Verzinsung und Tilgung des Anlagenkapitals
 - Steuern und Versicherungen der Anlage
- Betriebsabhängige Kosten im Stillstand
 - leistungsabhängige Kosten für Verwaltung
 - leistungsabhängige Kosten für Wartung und Betriebsbereitschaft

Zu den arbeitsabhängigen Kosten zählen (Brauner (2008), S.15):

- Kosten der Primärenergie (z.b. Brennstoffkosten bei kalorischen Kraftwerken)
- betriebsabhängige Kosten (z.b. Personalkosten für Betriebspersonal)

Aus den oben genannten Kostenfaktoren lassen sich die Stromgestehungskosten allgemein für den Kraftwerksbetrieb herleiten (vgl. Brauner (2008), S.16):

$$k = \frac{\alpha \times a + c}{T_m} + b + d \quad (4.19)$$

- k: Stromgestehungskosten [ct/kWh]
- α : Annuitätenfaktor
- a: spezifische leistungsabhängige Anlagekosten in [€/kW]
- c: leistungsabhängiger Kostenfaktor in [€/kW]
- T_m : mittlere Einsatzstundenzahl (Volllaststunden)
- b: spezifische Kosten der Primärenergie [ct/kWh]
- d: arbeitsabhängiger Betriebskostenfaktor [ct/kWh]

Für den speziellen Fall des Wasserkraftwerkes sind die Kosten für die Primärenergie gleich null zu setzen. Allfällige Kosten für Wasserrechte können in der jeweiligen Investitionssumme berücksichtigt werden und / oder sind im Vergleich so gering, dass sie keinen weiteren Einfluss auf die Berechnung haben. Weiters muss die Aufbereitung hinsichtlich der Investitionsrechnung so erfolgen, dass die Anlagekosten - speziell die Verzinsung und Tilgung des Kapitals - aus der Berechnung der Kosten herausgenommen wird. Die im Modell verwendete Berechnung der Stromgestehungskosten beinhaltet demnach einen leistungsabhängigen Kostenfaktor, einen arbeitsabhängigen Betriebskostenfaktor und die Volllaststunden der Anlage. Der verwendete Formel lautet wie folgt:

$$k = \frac{c}{T_m} + d \quad (4.20)$$

- k: Stromgestehungskosten [ct/kWh]
- c: leistungsabhängiger Kostenfaktor in [€/kW]
- T_m : mittlere Einsatzstundenzahl (Volllaststunden)
- d: arbeitsabhängiger Betriebskostenfaktor [ct/kWh]

Die **Volllaststunden** für die zu errichtende Wasserkraftanlage wurden bereits in 4.3.2.3.1 mit **5000h pro Jahr** bestimmt.

Für die arbeitsabhängigen Kosten werden in der Literatur 1.5-2% der Investitionssumme pro Jahr (Haas (2001)), bzw. 1-3ct/kWh (Brauner (2008), S.19f)(Kost (2013), S.11) verwendet. In weiterer Folge sollen in dieser Modellierung **2ct/kWh als arbeitsabhängiger Betriebskostenfaktor** verwendet werden.

Die leistungsabhängigen Kosten werden typischerweise in Prozent der spezifischen Investitionskosten angenommen. Nach (IPCC (2012), S.84ff) betragen die jährlichen leistungsabhängigen Kosten im Stillstand (O&M costs) 2.0% der spezifischen Investitionskosten per anno, nach (IEA (2010), S.132) betragen diese 2.2% per anno für Large Hydro Kraftwerke bzw. wird in (IRENA (2012), S.24) eine Bandbreite von 1% bis 4% angegeben. Im weiteren Verlauf dieser Kalkulation wird von einem **leistungsabhängigen Kostenfaktor von 2.2%** ausgegangen.

Weiters wird eine **Steigerungsrate von 1.2% per anno** für die leistungsabhängigen und die arbeitsabhängigen Kosten angesetzt.

4.3.2.4 Cash-Flow Rechnung

Cash-Flows dienen als relevante Grundlage dafür die Kennzahlen der Investitionsrechnung zu ermitteln. Ziel der Cash-Flow Rechnung ist es die Cash-Flows aus dem operativen Geschäft für den Finanzierungszeitraum zu projizieren. Dies geschieht analog zu der in Kapitel 4.1.1 gezeigten Vorgehensweise, speziell nach Abbildung 4.1. Der Finanzierungszeitraum beträgt 25 Jahre, der Abschreibungszeitraum beträgt 40 Jahre und entspricht der Lebensdauer der Anlage. Die Cash-Flows werden in weiterer Folge auch für den Zeitraum $t=26$ bis $t=40$ ermittelt um die klassischen Kennzahlen der Investitionsrechnung ermitteln zu können. Als **Körperschaftssteuersatz Köst zur Gewinnbesteuerung wird 25%** verwendet.

In der folgenden Tabelle wird der genaue Rechenalgorithmus der einzelnen Cash-Flows beschrieben, der für die Zeitpunkte $t=-4$ bis $t=40$ angewendet wird:

	Zeitpunkt t=x
Investition [M€]	für t=0: -1649.4 [M€]; dies entspricht den Eigenkapital- und Fremdkapitalaufwendungen zum Zeitpunkt t=0 ³
Ausgangswert Abschreibungen [M€]	1568.83 [M€]; dies entspricht den Eigenkapital- und Fremdkapitalaufwendungen ³
Umsatz(erlös) [M€]	ergibt sich aus der Überschussrechnung nach Kapitel 4.3.2.3.1, speziell nach Formel 4.18
Stromgestehungskosten [M€]	ergeben sich aus Kapitel 4.3.2.3.2, speziell nach Formel 4.20
Abschreibung [M€]	linear über 40 Jahre, ausgehend von Ausgangswert der Abschreibungen in der Höhe von 1568.83 [M€] ergeben sich 39.15 [M€] pro Jahr
Buchwert [M€]	Ausgangswert der Abschreibungen abzüglich aller kumulierter Abschreibungsbeträge
EBITDA [M€]	Umsatz(erlös) abzüglich Stromgestehungskosten; Ergebnis vor Fremdkapitalkosten, Steuern und Abschreibungen
EBIT [M€]	EBITDA abzüglich der Abschreibung; Ergebnis vor Zinsaufwendungen und Steuern
Zinsen [M€]	Zinsaufwendungen per anno nach Abbildung 4.13
EBT [M€]	EBIT abzüglich der Zinsaufwendungen; Ergebnis vor Steuern
Steuern [M€]	Steuerbemessungsgrundlage ist das EBT; Körperschaftssteuersatz = 25%
EB [M€]	EBT abzüglich der Steuern; Ergebnis
CF vSt vFin [M€]	Cash-Flow vor Steuern und vor Finanzierung; entspricht dem EBITDA
CF nSt vFin [M€]	Cash-Flow nach Steuern und vor Finanzierung; CF vSt vFin abzüglich der Steuern, relevant für Fremdkapitalgeber
FK Kosten [M€]	Zins- und Tilgungsaufwendungen per anno nach Abbildung 4.13
CF nSt nFin [M€]	Cash-Flow nach Steuern und nach Finanzierung, CF nSt vFin abzüglich der Fremdkapitalkosten, relevant für Eigenkapitalgeber

(eigene Überlegungen in Anlehnung an Boettcher (2012), S.222ff und Brigham (2014), Kapitel 9)

Tabelle 4.6: Cash-Flow Berechnung der entwickelten Investitionsrechnung

Der **Cash-Flow vor Steuern und vor Finanzierungskosten (CF vSt vFin)** ist ein Zwischenschritt. Der **Cash-Flow nach Steuern und vor den Fremdkapitalkosten (CF nSt vFin)** ist die, für den Fremdkapitalgeber relevante, Kennziffer, da daraus die Annuitäten bedient werden. Der **Cash-Flow nach Steuern und nach Finanzierung (CF nSt nFin)** ist jener Anteil des operativen Ergebnisses, der in Form von Gewinnausschüttungen den Eigenkapitalgebern zur Verfügung steht. Auch eine Gewinnrücklage wäre denkbar, zur Investitionsentscheidung aus Eigenkapitalgebersicht werden aber der volle Cash-Flow nach Steuern und nach Finanzierung angesetzt.

In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der einzelnen Berechnungen dargestellt. Dabei ist beispielsweise klar ersichtlich, dass mit dem Jahr $t=26$ keine Zinsen und auch keine Fremdkapitalkosten mehr anfallen und der CF nSt vFin gleich dem CF nSt nFin entspricht. Der Betriebskredit ist getilgt und der erwirtschaftete Cash-Flow kann zur Gänze für die Eigenkapitalgeber aufgewendet werden.⁴

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Investition [M€]	-1649,40														
Ausgangswert Abschreibungen [M€]	1565,83														
Umsatz [M€]		150,00	151,20	152,41	153,63	154,86	156,10	157,35	158,60	159,87	161,15	162,44	163,74	165,05	166,37
Stromgestehungskosten [M€]		40,32	41,06	41,81	42,58	43,36	44,15	44,97	45,79	46,64	47,50	48,37	49,27	50,18	51,11
Abschreibung [M€]		39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15
Buchwert [M€]	1565,83	1526,68	1487,54	1448,39	1409,25	1370,10	1330,96	1291,81	1252,66	1213,52	1174,37	1135,23	1096,08	1056,94	1017,79
EBITDA [M€]		109,68	110,14	110,60	111,05	111,50	111,94	112,38	112,81	113,24	113,66	114,07	114,47	114,87	115,27
EBIT [M€]		70,53	71,00	71,45	71,91	72,35	72,80	73,23	73,67	74,09	74,51	74,92	75,33	75,73	76,12
Zinsen [M€]		18,02	17,44	16,85	16,25	15,64	15,02	14,38	13,74	13,08	12,42	11,74	11,05	10,35	9,63
EBT [M€]		52,52	53,56	54,61	55,66	56,72	57,78	58,85	59,93	61,01	62,09	63,18	64,28	65,38	66,49
Steuern [M€]		13,13	13,39	13,65	13,92	14,18	14,45	14,71	14,98	15,25	15,52	15,80	16,07	16,35	16,62
EB [M€]		39,39	40,17	40,96	41,75	42,54	43,34	44,14	44,94	45,75	46,57	47,39	48,21	49,04	49,87
CF vSt vFin [M€]		109,68	110,14	110,60	111,05	111,50	111,94	112,38	112,81	113,24	113,66	114,07	114,47	114,87	115,27
CF nSt vFin [M€]		96,55	96,75	96,95	97,14	97,32	97,50	97,67	97,83	97,99	98,13	98,27	98,40	98,53	98,64
FK Kosten [M€]		50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74
CF nSt nFin [M€]		45,81	46,02	46,21	46,40	46,58	46,76	46,93	47,09	47,25	47,40	47,54	47,67	47,79	47,91

Abbildung 4.16: Cash-Flow Berechnung $t=0$ bis $t=14$

	0	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Investition [M€]	-1649,40															
Ausgangswert Abschreibungen [M€]	1565,83															
Umsatz [M€]		166,37	167,70	169,04	170,40	171,76	173,13	174,52	175,91	177,32	178,74	180,17	181,61	183,06	184,53	186,01
Stromgestehungskosten [M€]		51,11	52,05	53,02	54,00	55,00	56,03	57,07	58,13	59,21	60,32	61,44	62,59	63,76	64,95	66,17
Abschreibung [M€]		39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15
Buchwert [M€]	1565,83	1017,79	978,64	939,50	900,35	861,21	822,06	782,92	743,77	704,62	665,48	626,33	587,19	548,04	508,89	469,75
EBITDA [M€]		115,27	115,65	116,03	116,40	116,76	117,11	117,45	117,78	118,11	118,42	118,73	119,02	119,30	119,58	119,84
EBIT [M€]		76,12	76,50	76,88	77,25	77,61	77,96	78,30	78,64	78,96	79,28	79,58	79,88	80,16	80,43	80,69
Zinsen [M€]		9,63	8,90	8,16	7,41	6,64	5,86	5,07	4,26	3,44	2,60	1,75	0,88	0,00	0,00	0,00
EBT [M€]		66,49	67,60	68,72	69,84	70,97	72,10	73,24	74,38	75,52	76,68	77,83	78,99	80,16	80,43	80,69
Steuern [M€]		16,62	16,90	17,18	17,46	17,74	18,02	18,31	18,59	18,88	19,17	19,46	19,75	20,04	20,11	20,17
EB [M€]		49,87	50,70	51,54	52,38	53,22	54,07	54,93	55,78	56,64	57,51	58,37	59,24	60,12	60,32	60,52
CF vSt vFin [M€]		115,27	115,65	116,03	116,40	116,76	117,11	117,45	117,78	118,11	118,42	118,73	119,02	119,30	119,58	119,84
CF nSt vFin [M€]		98,64	98,75	98,85	98,94	99,01	99,08	99,14	99,19	99,23	99,25	99,27	99,27	99,26	99,47	99,66
FK Kosten [M€]		50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	50,74	0,00	0,00	0,00
CF nSt nFin [M€]		47,91	48,01	48,11	48,20	48,28	48,35	48,41	48,45	48,49	48,52	48,53	48,54	99,26	99,47	99,66

Abbildung 4.17: Cash-Flow Berechnung $t=15$ bis $t=28$

³Der Unterschied aus der Investitionssumme und dem Ausgangswert für die Abschreibung ergibt sich aus der Aufzinsung der Eigenkapital- und Fremdkapitalzahlungen.

⁴Im Jahr 40 wird ein Restwert als Verkaufswert der Anlage zuzüglich zu den Umsätzen hinzuaddiert. Dieser wird angenommen mit dem EBITDA $\times 0,4$ für weitere 15 Jahre. Der Verkaufswert hat für die Fremdkapitalüberlegungen der folgenden Kapitel keinerlei Auswirkungen, sondern ausschließlich auf die Kennzahlen der klassischen Investitionsrechnung, die primär für Aussagen aus Gesamtprojektsicht bzw. Eigenkapitalsicht zur Verfügung stehen.

	0	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Investition [M€]	-1649,40												
Ausgangswert Abschreibungen [M€]	1565,83												
Umsatz [M€]		187,49	188,99	190,51	192,03	193,57	195,11	196,68	198,25	199,83	201,43	203,04	204,67
Stromgestehungskosten [M€]		67,41	68,67	69,96	71,28	72,62	73,98	75,37	76,79	78,24	79,72	81,22	82,75
Abschreibung [M€]		39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15	39,15
Buchwert [M€]	1565,83	430,60	391,46	352,31	313,17	274,02	234,87	195,73	156,58	117,44	78,29	39,15	0,00
EBITDA [M€]		120,08	120,32	120,54	120,75	120,95	121,13	121,30	121,46	121,59	121,72	121,82	121,91
EBIT [M€]		80,94	81,17	81,40	81,61	81,80	81,99	82,16	82,31	82,45	82,57	82,68	82,77
Zinsen [M€]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EBT [M€]		80,94	81,17	81,40	81,61	81,80	81,99	82,16	82,31	82,45	82,57	82,68	82,77
Steuern [M€]		20,23	20,29	20,35	20,40	20,45	20,50	20,54	20,58	20,61	20,64	20,67	20,69
EB [M€]		60,70	60,88	61,05	61,21	61,35	61,49	61,62	61,73	61,84	61,93	62,01	62,08
CF vSt vFin [M€]		120,08	120,32	120,54	120,75	120,95	121,13	121,30	121,46	121,59	121,72	121,82	853,40
CF nSt vFin [M€]		99,85	100,03	100,19	100,35	100,50	100,64	100,76	100,88	100,98	101,07	101,15	832,71
FK Kosten [M€]		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CF nSt nFin [M€]		99,85	100,03	100,19	100,35	100,50	100,64	100,76	100,88	100,98	101,07	101,15	832,71

Abbildung 4.18: Cash-Flow Berechnung $t=29$ bis $t=40$

4.3.2.5 Kennzahlenermittlung der Investitionsrechnung

Ziel der Investitionsrechnung ist die Ermittlung von Kenngrößen zu Beurteilung der Investition in das Wasserkraftwerksprojektunternehmen. Dabei soll, gemäß der vorliegenden Forschungsfragen der Arbeit aus Kapitel 1.4, vor allem eine Aussage zur Bonitätsbeurteilung für Fremdkapitalgeber abgeleitet werden können. Die dafür verwendeten Kenngrößen wurden in Kapitel 4.2 beschrieben und werden entsprechend der Ausgangssituation und der Aufgabenstellung abgeleitet.

Der Simulationszeitraum soll entsprechend der Abschreibung angesetzt werden und beträgt 40 Jahre. Aus Fremdkapitalgebersicht sind aber nur die ersten 25 Jahre von Interesse, bis der entsprechende Betriebskredit getilgt ist. Zusätzlich zu den Fremdkapitalkenngrößen werden in der aufgestellten Investitionsrechnung auch die klassischen Kenngrößen ermittelt, um die Frage abzuklären, ob das Projektunternehmen aus Sicht der Sponsoren überhaupt sinnvoll ist. Sollte diese Frage mit der Antwort Nein beantwortet werden müssen, würde jede weitere Untersuchung keinen Sinn ergeben.

Zur Investitionsrechnung aus Fremdkapitalgebersicht wird der Cash-Flow nach Steuern und vor Finanzierung zur Beurteilung heran gezogen und aus Eigenkapitalsicht, sowie aus Gesamtprojektsicht wird der Cash-Flow nach Steuern und nach Finanzierung bewertet.

Weiters stellt sich die Frage des zu **verwendenden Diskontierungssatzes**, dieser wird je nach Sichtweise unterschiedlich sein. Einen einzigen pauschalen, finanzmathematisch korrekten Ansatz gibt es nicht - der verwendetet Diskontierungssatz ist in der Branche ein wesentliches Kriterium der Unternehmensstrategie und hängt für den Fremdkapitalgeber vor allem auch von seiner Refinanzierungssituation ab. Folgende Überlegungen wurden zum Diskontierungssatz angestellt:

- Fremdkapitalkennzahlen
 - Aus Fremdkapitalgebersicht wird der verwendetet Diskontierungssatz von der jeweiligen Refinanzierungssituation des Fremdkapitalgebers abhängen. Eine genaue Herleitung ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

- Als Diskontierungssatz für die Fremdkapitalkennzahlen wird aus diesem Grund der risikolose Zinssatz (25J.) von 1.777% aus Kapitel 4.3.2.2.3 angesetzt.
 - Dies betrifft insbesondere (i.e. ausschließlich) die Kennwerte $LLCR_{BB}$ und $NPVCR_{BB}$, da die weiteren Kennzahlen (DSCR, ICR) periodische Berechnungen darstellen und damit nicht diskontiert werden müssen.
- Eigenkapitalkennzahlen
 - Eigenkapital stellt das Risikokapital des Projektunternehmens dar. In Kapitel 4.3.2.2.1 werden die Eigenkapitalkosten mit 8% angenommen. Aus Eigenkapitalgebersicht wird eine Rendite des eingesetzten Kapitals von mindestens 8% angestrebt.
 - Als Diskontierungssatz für Eigenkapitalkennzahlen wird in weiterer Folge ebenfalls mit 8% gerechnet - da davon ausgegangen wird, dass ein beliebiges weiteres gegründetes Projektunternehmen ebenfalls 8% Rendite erwirtschaften würde.⁵
 - Gesamtprojektsicht
 - Aus Gesamtprojektsicht werden in der Literatur mehrere Möglichkeiten zur Diskontierung diskutiert. Im weiteren wird der in (Gatti (2008), S.129) dargestellte Weighted Marginal Cost of Funding (WMCF) Ansatz zur Diskontierung für Kennzahlen aus Gesamtprojektsicht verwendet.
 - Dieser geht von einer Diskontierung zu einem Satz, der entsprechend der Kapitalanteile gewichtet, aus:

$$WMCF = Anteil\ FK \times Kosten\ FK + (1 - K\ddot{o}st) \times Anteil\ EK \times Kosten\ EK \quad (4.21)$$

$$WMCF = 65\% \times 1.777\% + (1 - 25\%) \times 35\% \times 8\% = 3.25\% \quad (4.22)$$

Wie in den vorherigen Überlegungen werden für die folgenden Berechnungen **differenzierte Diskontierungssätze** verwendet um die einzelnen Kennzahlen zu ermitteln.

Für die Investitionsrechnung werden, die in Kapitel 4.3.2.4, speziell in der Tabelle 4.6 erörterten, Cash-Flows verwendet, um daraus die Kennzahlen der Investitionsrechnung nach den Formeln aus Kapitel 4.2 für Fremdkapitalgeber bzw. aus Kapitel 4.1.2 für Eigenkapitalgeber zu berechnen. Ebenso werden die, in MS Excel verfügbaren, finanzmathematischen Funktionen eingesetzt. Speziell werden zur Berechnung der Eigenkapitalkennzahlen die finanzmathematischen Formeln NBW (Nettobarwert) für NPV und PI, IKV (Interner Kapitalverzinsatz) für IRR, QIKV (qualifizierter interner Kapitalverzinsungssatz) für MIRR und Quantilsrang für Payback Period und discounted Payback Period aus MS Excel verwendet. Dafür sei auch auf die detaillierten Erläuterungen der einzelnen Funktionen unter (Microsoft Corporation (2015)) und die entsprechenden Hinweise aus (Brigham (2014)) verwiesen. Die Kennzahlen

⁵Sinngemäß gilt wieder - der angewendete Diskontierungssatz wird von unternehmensstrategischen Entscheidungen bestimmt und soll nicht Gegenstand dieser Arbeit sein.

aus Fremdkapitalgebersicht lassen sich durch einfache mathematische Operationen - nach den Formeln aus Kapitel 4.2 periodengerecht oder periodenübergreifend ermitteln.

Die Ergebnisse der Investitionsrechnung sind in Abbildung 4.19 bzw. in der Tabelle 4.7 aufgeführt. Anhand der dargestellten Verläufe des Debt Service Service Cover Ratio DSCR bzw. des Interest Cover Ratios ICR erkennt man, dass die erwirtschafteten Cash-Flows ausreichen um die Zins- und Tilgungszahlungen zur Fälligkeit zu begleichen. Der DSCR steigt aufgrund des leicht steigenden Cash-Flows (siehe CF nSt vFin in Abbildungen 4.16, 4.17, 4.18) von 1.90 ($t=0$) auf 1.96 ($t=25$) an. Damit wären sie laut Tabelle 4.1 im Bereich zwischen den geforderten 1.5 bis 1.75 für Kraftwerke mit Abnahmevertrag und den 2.0 bis 2.25 für Kraftwerke ohne Abnahmevertrag. Der ICR steigt verständlicher Weise gegen Ende der Finanzierungsdauer klar an, da sich die Zinszahlungen zugunsten den Tilgungen entsprechend umverteilen.

$LLCR_{BB}$ und $NPVCR_{BB}$ unterscheiden sich hinsichtlich ihrer zeitlichen Betrachtung. Während $NPVCR_{BB}$ den gesamten Betriebszeitraum heranzieht, werden in der Kennzahl $LLCR_{BB}$ nur die Cash-Flows im Finanzierungszeitraum zur Betrachtung herangezogen. Damit ist aus Fremdkapitalgebersicht die Kenngröße $LLCR_{BB}$ die aussagekräftigere. Mit einem $LLCR_{BB}$ von 1.94 befindet man sich nach Tabelle 4.2 zwischen dem Bereich eines Kraftwerkes mit und ohne Abnahmevertrag.

Neben den Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht werden auch die Kenngrößen der klassischen Investitionsrechnung aus Gesamtprojektsicht und aus Eigenkapitalgebersicht für den Betrachtungszeitraum von $t=-4$ bis $t=40$ bestimmt und damit eine differenzierte Betrachtung der Projektbeteiligten ermöglicht. Dabei werden unterschiedliche Diskontierungssätze, nämlich der WMCF für die Gesamtprojektsicht und die Eigenkapitalkosten für die Eigenkapitalgebersicht, angewendet. Zusätzlich wird für die Berechnung der Kennzahlen aus Eigenkapitalgebersicht ausschließlich das eingesetzte Eigenkapital zum Zeitpunkt $t=0$ als Investitionssumme herangezogen. Die entsprechenden Kennzahlen sind ebenfalls in Tabelle 4.7 dargestellt. Die Aussage dieser Kennzahlen ist, dass das Projektunternehmen auch aus Eigenkapitalgebersicht wirtschaftlich ist und der Kapitaleinsatz als entsprechendes Commitment an die Fremdkapitalgeber verstanden werden kann.

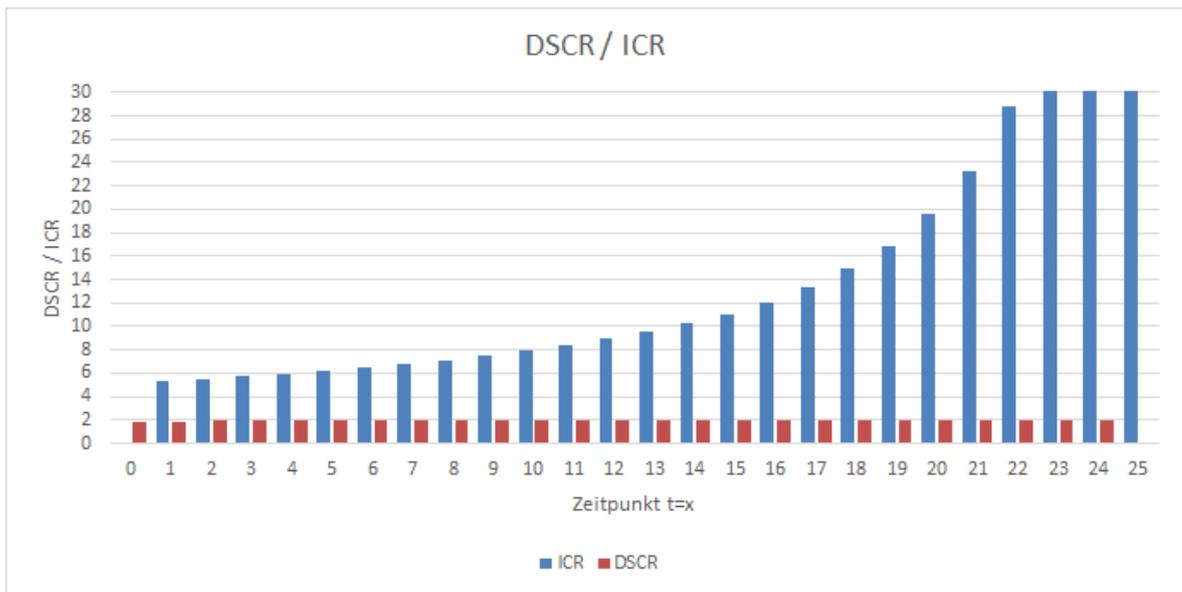


Abbildung 4.19: ICR und DSCR der Investitionsrechnung

Kenngröße	Wert
<u>Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht</u>	-
DSCR	siehe Abbildung 4.19
ICR	siehe Abbildung 4.19
AVDSCR	1.94
AVICR	17.97
LLCR _{BB}	1.94
NPVCR _{BB}	3.12
<u>Investitionsrechnung klassisch</u>	-
NPV (Gesamtprojekt) [M€]	744.44
NPV (EK) [M€]	30.12
IRR (Gesamtprojekt) [%]	5.56%
IRR (EK) [%]	8.34%
MIRR (Gesamtprojekt) [%]	4.22%
MIRR (EK) [%]	8.13%
Profitability Index PI (Gesamtprojekt)	1.45
Profitability Index PI (EK)	1.91
Payback Period (Gesamtprojekt) [Jahre]	16.84
Payback Period (EK) [Jahre]	13.44
disk. Payback Period (Gesamtprojekt) [Jahre]	24.72
disk. Payback Period (EK) [Jahre]	17.88

Tabelle 4.7: Ergebnisse der entwickelten Investitionsrechnung

Kapitel 5

Risikoidentifizierung und Risikomodellierung in der Projektfinanzierung

In den folgenden Unterkapiteln wird die Begrifflichkeit Risiko in Zusammenhang mit der Projektfinanzierung definiert. Weiters werden Überlegungen zur in Kapitel 4 erstellten Investitionsrechnung für Wasserkraftwerkneubauten hinsichtlich des Risikos aus Fremdkapitalgebersicht durchgeführt und entsprechende Eingabeparameter identifiziert und durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen modelliert.

5.1 Risikodefinition und Begrifflichkeit

Der Risikobegriff ist in der Literatur nicht einheitlich definiert. Gemäß (Werthschulte (2012), S.10) wird unter *Risiko die auf einen unzureichenden Informationsstand beruhende Gefahr verstanden, dass für einen Zielgröße in der Zukunft eine negative Abweichung zwischen dem erzielten und dem ex ante erwarteten Wert erzielt wird*. Die in 5.1 dargestellte Abbildung zeigt dieses Überlegung graphisch.

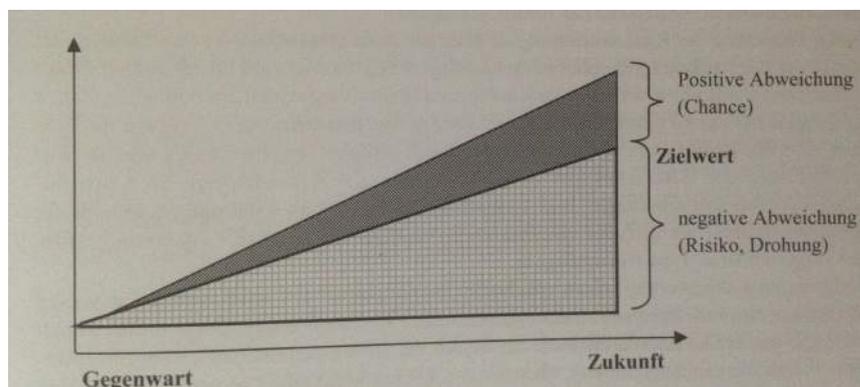


Abbildung 5.1: Darstellung zur Risikodefinition (Quelle: Boettcher (2012), S.43)

In der Finanzierung ergeben sich aus Fremdkapitalgebersicht das Kreditrisiko (i.e. der Zahlungsausfall) und das Bonitätsrisiko, das dem Kreditnehmer eine Verschlechterung der Zahlungsfähigkeit unterstellt (Boettcher (2012), S.11). Im Vorfeld der Kreditentscheidung sind Aussagen über die Zahlungsfähigkeit des potentiellen Kreditnehmers abzuleiten und auch eine geeignete Überwachung im Finanzierungszeitraum einzuführen um allenfalls frühzeitig durch entsprechende Maßnahmen gegensteuern zu können (vgl. Guellich, H.-P. (1997), S.12f).

In der klassischen Finanzierung von Unternehmen und Privatpersonen werden unter Berücksichtigung von historischen Daten Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt und damit Risikoklassen gebildet (Bonitätsbeurteilung) (vgl. Boettcher (2012), S.42). Entscheidend dabei sind die, sich daraus ergebenden, Anforderungen an die Eigenkapitalausstattung der Kreditinstitute nach dem Basel II Akkord und Erfordernissen aus Basel III. Damit hat die Eigenkapitalunterlegung entsprechend den abgeleiteten Ausfallrisiken jedes einzelnen Schuldners zu erfolgen, die durch externes oder internes Rating erfolgt. (vgl. dazu Soehlke, T. (2002), S.84ff; Basel Committee on Banking Supervision (2006), S.7ff; Werthschulte (2012), S.29 und Financial Conduct Authority FCA (19.07.2015), Chapter 4 4.5.9)

In der Projektfinanzierung ist dieses Verfahren zur Bewertung von Krediten nicht opportun da:

- das Projektunternehmen (SPV) verfügt über keine oder nur wenige (nicht besonders aussagekräftige) historischen Daten.
- die Projektunternehmen in der Art des Finanzierungsgegenstandes sehr unterschiedlich ausgeprägt sind und daher auch wenige Erfahrungswerte in der Klassifizierung dieser Risiken bestehen.

Nach Basel II und den Erfordernissen aus Basel III werden für Projektfinanzierungen, unter Annahme fehlender interner Bonitätsbeurteilung, der *Supervisory Slotting Approach* verwendet, der Projektfinanzierungen pauschale Bonitätsgewichte von 50% bis 250% (im Vergleich dazu Unternehmensfinanzierung 20% bis 150%) zuordnet und damit für erhöhte Eigenkapitalunterlegung für Projektfinanzierungen sorgt. (vgl. Boettcher (2012), S.51f; Basel Committee on Banking Supervision (2004), S.2 und Financial Conduct Authority FCA (19.07.2015), Chapter 4 4.5.9; und Kapitel 1.2 und Kapitel 3.4)

Wie in Kapitel 1.2 und Kapitel 3.4 erläutert, können bankinterne Ratingmodelle dazu dienen, den entsprechenden Eigenkapitalanteil für Projektfinanzierung, gemäß IRB-Ansatz, selbst zu ermitteln und eine Aussage zur Entscheidungsfindung einer konkreten Projektfinanzierung treffen. Zur Analyse stehen prinzipiell die zukünftigen zu erzielende Cash-Flows zur Verfügung und damit deren ordnungsgemäße Projizierung unter Berücksichtigung der einzelnen Projektspezifika. (vgl. Boettcher (2012), S.43) Grundsätzlich gelten, die zur Analyse der Schuldendienstdeckungsfähigkeit nach den in Kapitel 4.2 hergeleiteten und im Kapitel 4.3.2.5

angewandten, Kennzahlen für Fremdkapitalgeber. Um die Aussage von Einzelrisiken mittels Simulation zu quantifizieren stehen prinzipiell die Möglichkeiten der

- **Sensitivitätsanalyse** - Untersuchung der Auswirkung eines Parameters auf das Ergebnis
- **Szenarioanalyse** - Untersuchung einzelner Szenarien mit mehreren Inputvariablen (Best Case, Worst Case, Normal Case)
- **Monte-Carlo Simulation** - stochastische Simulation aller Inputvariablen und Wahrscheinlichkeitsdichteermittlung der Ergebnisgröße

zur Verfügung. (vgl. Boettcher (2012), S.43ff) Die Sensitivitätsanalyse ist aus Fremdkapitalgebersicht nur mäßig anwendbar, da damit keine umfassende Analyse aller Risiken möglich ist, sondern nur eine Bewertung der Einzelrisiken erfolgen kann, die im Risikomanagement entsprechend der Bank zu beurteilen sind. Szenarioanalysen stellen ausschließlich fest vorgegebene Szenarien dar und geben keine Möglichkeit zur probabilistischen Analyse und sind damit zur Ausfallwahrscheinlichkeitsermittlung nicht geeignet. Für die, in dieser Arbeit verfolgte, Zielstellung aus Kapitel 1.2 und den Überlegungen aus Kapitel 3.4 sowie Kapitel 3.6, zur Ermittlung von Ausfallwahrscheinlichkeit zur Bonitätsbeurteilung von Projektfinanzierungen, ist demnach eine Monte-Carlo Analyse anzuwenden.

5.2 Risikomanagement

Das Risikomanagement im Projektunternehmen unterliegt in der Regel dem Sponsor, ist aber in höchstem Maße auch für die weiteren Projektbeteiligten von Nutzen, da entsprechendes Interesse am Erfolg des SPV besteht. Der Kern des Risikomanagements in der Projektfinanzierung lässt sich wie in Abbildung 5.2 auf die drei Hauptpunkte Risikoidentifikation, Risikoquantifizierung und Risikoallokation vereinfachen.

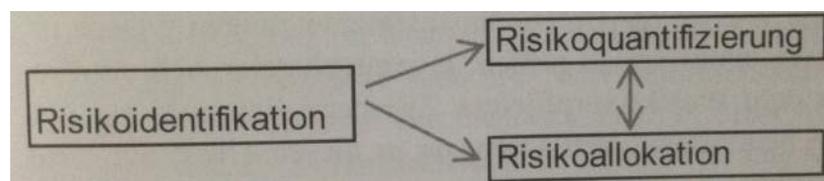


Abbildung 5.2: Risikomanagement (Quelle: Werthschulte (2012), S.45)

Bei der **Identifikation** der Risiken werden Einflussgrößen gesucht, die negative Auswirkungen auf das Ergebnis, den Cash-Flow, haben können. Dabei sind insbesondere die Beschaffungsseite, der Absatzmarkt, die Betriebskosten, die Finanzierungsbedingungen und der Einfluss der öffentlichen Hand zu nennen (vgl. Werthschulte (2012), S.44)

Die entsprechende **Quantifizierung** erfolgt anhand der quantitativen negativen Einflüsse auf

den Cash-Flow und damit die Kennzahlen der Investitionsrechnung.

Aufgrund der Risikotragfähigkeit der einzelnen Projektbeteiligten kann Risiko entsprechend **alloziert** werden. Dabei steht der spezielle Grundsatz im Mittelpunkt, dass jene Vertragspartei ein bestimmtes Einzelrisiko übernehmen sollte, die aus ihrer Geschäftstätigkeit am besten dazu befähigt ist, das spezielle Einzelrisiko zu managen (vgl. Werthschulte (2012), S.44). Beispielsweise sollte der Lieferant / Bauunternehmer nach diesem Grundsatz das Fertigstellungsrisiko tragen.

Es ist nötig entsprechende Anreizstrukturen zu schaffen, damit der jeweilige Beteiligte auch entsprechenden Nutzen von der Übernahme des Risikos hat. Die Risikoallokation steht in klarem Verhältnis zu Kosten - Nutzen Analyse. Demnach gibt es für das Projektunternehmen prinzipiell 3 Möglichkeiten mit dem Risiko umzugehen (vgl. Gatti (2008), S.31):

- Das jeweilige Einzelrisiko wird aufgrund von Kosten / Nutzen Überlegungen im Projektunternehmen belassen.
- Das jeweilige Einzelrisiko wird aufgrund sorgfältiger Analyse der Risikotragfähigkeit und entsprechenden Anreizen an einen Projektbeteiligten ausgelagert werden.
- Das jeweilige Einzelrisiko wird aufgrund von Kosten / Nutzen Überlegungen an eine dritte Partei (z.b. Versicherung) ausgelagert.

5.3 Identifikation der Risikokategorien in der Projektfinanzierung

Im Folgenden werden aus den in der Literatur vorhanden Risikokategorien jene Inputvariablen der entwickelten Investitionsrechnung eines Wasserkraftwerksneubaus aus 4.3 identifiziert, die in weiterer Folge stochastisch variiert werden sollen.

5.3.1 Risikokategorien in der Projektfinanzierung allgemein

Die Risiken, die ganz allgemein in der Literatur in Bezug auf Projektfinanzierung aufscheinen sind in Tabelle 5.1 dargestellt.

<u>Risikokategorie</u>	<u>mögliche Inputvariablen</u>
Reserve, Abbau	Menge, Qualität, Abbaufähigkeit
Zulieferung	Menge, Kapazität, Preise
Fertigstellung	Zeitbedarf, Kapazität, Investitionsbedarf
Verfahren	Kapazität, Qualität, Effizienz
Betrieb, Management	Kapazität, Qualität, Effizienz
Markt	Menge, Preis
Wechselkurs, Zins	Wechselkurs, Zins
Länderrisiken	Enteignung, Disposition, Konvertierung/Transfer
Force Majeur	Zeitbedarf Bau, Kapazität, Investitionsbedarf
Bonität	

Tabelle 5.1: Risikovariablen in der Projektfinanzierung allgemein (Quelle: Werthschulte (2012), S.82ff und Boettcher (2012), S.75)

Reserve- und Abbaurisiken betreffen vor allem Finanzierungsgegenstände, die abhängig von der Erschließung von Rohstoffen sind. Auf Wasserkraftwerke angewendet kann man dies als Menge des zugeführten Wassers, welches turbinieren werden kann, verstehen. Die Qualität und die Abbaufähigkeit im weiteren Sinne sind im konkreten Anwendungsfall nicht von Bedeutung.

Das **Zulieferrisiko** betrifft die Zulieferung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen (vgl. Werthschulte (2012), S.82f). Vertraglich können Zulieferer bzw. die Menge der abbaubaren Rohstoffe abgesichert werden, diese Risiken sind speziell aus Fremdkapitalgebersicht entsprechend durch differenzierte Projektbeteiligte zu tragen.

Das Risiko der mangelhaften **Fertigstellung** betrifft:

- verspätete Fertigstellung
- keine Fertigstellung
- Fertigstellung mit geringerer Quantität oder Qualität
- Fertigstellung unter zusätzlichen Investitionszuschüssen

(vgl. Werthschulte (2012), S.84f)

Abweichungen von den geplanten Leistungsmerkmalen werden bei technischen Ursachen den **Verfahrensrisiken** zugeordnet.

Bei **Betriebs- und Managementrisiken** handelt es sich um Risiken, die aus mangelnder

Fähigkeit zum Erhalt der Funktionstüchtigkeit der Anlage schlagend werden. (vgl. Werthschulte (2012), S.86f)

Marktrisiken betreffen den Absatzmarkt, speziell die Preisentwicklung und die absetzbare Menge, die nach den mikroökonomischen Grundlagen zusammen hängen. Bei vertraglich festgelegten Absatzmengen und Preisen entfällt diese Risikokategorie.

Wechselkursrisiken wird speziell in konservativen Unternehmungen durch entsprechende Absicherung gegengesteuert.

Bei variabel getroffenen Zinsvereinbarungen sind aus Fremdkapitalgebersicht, speziell bei steigendem Zinssatz, die gestiegenen Zinsaufwendungen durch das Projektunternehmen nicht unverzüglich an die Marktteilnehmer weiterzugeben. Dem **Zinsrisiko** kann beispielsweise mit fixierten Zinssätzen oder Preisgleitungen bei Abnahme- und Zulieferverträgen Rechnung begegnet werden. (vgl. Werthschulte (2012), S90.f)

Als **Länderrisiken** werden Bedrohungen auf den Cash-Flow des Projektunternehmens betrachtet, die von den staatlichen Institutionen und der Regierung des Gastlandes ausgehen. Einzelnen Länderrisiken kann dabei beispielsweise durch Einbeziehung von lokalen Institutionen und Unternehmen und vertraglicher Absicherung im Vorfeld entgangen werden. Für spezielle Länderrisiken sollte aus Fremdkapitalgebersicht eine staatliche Exportkreditversicherung hinzugezogen werden (vgl. Werthschulte (2012), S.92f).

Zu **Force Majeur Risiken** zählen alle Einflüsse höherer Gewalt, wie Erdbeben, Unwetter, Epidemien, Kriege, Sabotage, für die das Projektunternehmen keinerlei Absicherung per se bieten kann. Force Majeur Risiken können im Extremfall bis zur Beendigung des Projektvorhabens und der Insolvenz des Projektunternehmens gehen. Sinnvollerweise werden deshalb entsprechende Versicherungen abgeschlossen. (vgl. Werthschulte (2012), S.93)

5.3.2 Identifikation der Risikokategorien in der Projektfinanzierung von Wasserkraftwerken anhand der Parameter der entwickelten Investitionsrechnung

Im Folgenden wird die entwickelte Investitionsrechnung aus Kapitel 4.3 anhand der in der Tabelle 5.1 aufgeführten Kategorien nach (vgl. Werthschulte (2012), S.82ff und Boettcher (2012), S.75.) untersucht und es soll eine Identifizierung der Risikoparameter erfolgen. Diese sollen in weiterer Folge in Kapitel 5.4 mathematisch modelliert werden.

5.3.2.1 Reserve, Abbau

Der Rohstoff, der bei dem gewählten Finanzierungsgegenstand im Betrieb verwendet wird, um das Endprodukt elektrische Energie zu erzeugen, ist Wasser bzw. die potentielle Energie die im Wasser gespeichert ist. Im speziellen Fall wird angenommen, dass langfristige Wassernutzungsrechte vertraglich zugesichert sind. Dies ist aber natürlich keine grundlegende Versicherung

gegen Engpässe, Knappheit und Trockenphasen. Dafür ist in der Investitionsrechnung der *Parameter Volllaststunde* zur Berechnung verwendet worden, der in weiterer Folge als unsicherer Eingabeparameter verwendet wird.

Vor der Betriebsphase könnte es durch diverse Umstände zu einer Verknappung der Rohstoffe, die den Bau betreffen, kommen, wodurch sich die *Investitionssumme* erhöhen könnte.

5.3.2.2 Fertigstellung

Die Fertigstellung kann in der Investitionsrechnung einzig als *Investitionssumme* berücksichtigt werden - da die zeitliche Abbildung unverändert bleibt und sich beispielsweise der Finanzierungszeitraum nur schwer variieren lässt. Über entsprechende Pönalen sollte weiters ein allfälliger finanzieller Mehraufwand durch die längere Bauphase und den späteren Start der Cash-Flow Erwirtschaftung weitläufig abgedeckt werden, sodass im besten Fall kein Unterschied zwischen geplanter Inbetriebnahme und verspäteter Inbetriebnahme vorliegt.

5.3.2.3 Zulieferung

Die Zulieferung betrifft in der Betriebsphase speziell die Hilf- und Betriebsstoffe, die in geringem Maße Einfluss auf die Inputparameter *Volllaststunde* und *installierte Leistung* haben. Die Auswirkungen sollten aber in der Regel sehr gering sein, wenn qualitativ hochwertige logistische Prozesse mit entsprechender Reserveteilhaltung im Betrieb eingeführt werden.

Zuliefererrisiken in der Bauphase betreffen die Investitionssumme und können zu Fertigstellungsverzögerungen führen (vgl. 5.3.2.2) und müssen damit über den Parameter *Investitionskosten* berücksichtigt werden.

5.3.2.4 Verfahren

Verfahrenstechnische Risiken, die die Qualität und den Output der Anlage betreffen, können über die zwei technischen Parameter *Volllaststunde* und *installierte Leistung* berücksichtigt werden. Auch die Folgekosten von verfahrenstechnischen Risiken können zum einen über den *leistungsabhängigen Kostenfaktor* aber auch den *arbeitsabhängigen Kostenfaktor* (darunter würden beispielsweise auch anfallende Überstunden fallen) berücksichtigt werden.

5.3.2.5 Betrieb, Management

Risiken die sich aus der Betriebsführung und dem Management ergeben, können ebenfalls mit den technischen Inputvariablen *installierte Leistung*, *Volllaststunde*, sowie den *Kostenfaktoren für Arbeit und Leistung* beschrieben werden. Ein weiterer Aspekt sind auch die *Steigerungsraten der Betriebskosten* sowie die *Steigerungsraten des Absatzpreises* (bei schlechter / ungenügender Absicherung.)

Ein gewisses Management Risiko fällt auch in der Bauphase an, welches sich durch die *Investitionskosten* abbilden lässt.

5.3.2.6 Markt

Die Risiken, die vom Markt ausgehen, werden über die mikroökonomischen Grundsätze von Menge und Preis beschrieben. Im besten Fall werden entsprechend langfristige Lieferverträge mit fixen Abnahmemengen und Preisgleitungen vereinbart. Ansonsten kann über die Inputvariablen *Absatzpreis* und *Steigerungsrate des Absatzpreises* ein gewisses Risiko angenommen werden.

5.3.2.7 Wechselkurs, Zins

Wechselkursrisiken sollen in dem Modell bewusst ausgenommen werden. Die Kalkulation geht von Euro Preisen aus die investiert werden und auch von entsprechenden Absatzpreisen in Euro. Verträge mit Zulieferern sollten in diesem Fall auch in Euro getroffen werden. Dieser Ansatz ist weiters auch für Fremdwährungsinvestitionen anwendbar wenn ein entsprechend konservativer Hedging Ansatz verwendet wird, der fixe Wechselkurse ermöglicht.

Zinsrisiken sollen über die Parameter der *Risikoloser Zinssatz Baukredit (4J)*, bzw. *Risikoloser Zinssatz Betriebskredit (25J)* abgebildet werden. Im besten Fall werden fixe Zinssätze vereinbart, die über den gesamten Zeitraum der Finanzierung gleich bleiben. Unter Umständen kann aufgrund einer geänderter Zinssituation auch der Anspruch an die *Eigenkapitalkosten* variieren. Denkbar wäre auch eine Beeinflussung des *Absatzpreises* durch eine geänderte Zinssituation.

5.3.2.8 Länderrisiken

Länderrisiken können sich zum Teil in der Investitionssumme widerspiegeln, weiters auch in den technischen Parametern *Volllaststunde*, *installierte Leistung*, sowie dem *Marktpreis* und den *Steigerungsraten für Arbeit und Leistung* und ebenfalls den *Risikolosen Zinssätzen für den Baukredit (4J) und für den Betriebskredit (25J)* und auch den *Körperschaftsteuersatz* betreffen. Länderrisiken sollen aber in sehr geringem Maße Einfluss auf die Ergebnisgrößen haben und soweit möglich entsprechend versichert werden.

5.3.2.9 Force Majeur

Force Majeur Risiken sollten soweit möglich an Dritte ausgelagert werden. Das Restrisiko kann jede Inputvariable betreffen.

5.3.2.10 Bonität

Bonitätsrisiken betreffen Vertragspartner wie Lieferanten und Abnehmer betreffen, deren Bonität sich im Laufe der Geschäftsbeziehung ändert. Dies kann beispielsweise bei Verschlech-

terung der Bonität eines Lieferanten dazu führen, dass sich dessen Preise und / oder Qualität ändern, wodurch es auch beim eigenen Betrieb zu Veränderungen kommen kann. Dies kann sowohl in den technischen Parametern als auch in den Parametern des Absatzes berücksichtigt werden. Generell sollte über vertragliche Konstrukte abgesichert sein, dass im Falle von Bonitätsänderungen von Vertragspartnern keine Mehraufwände entstehen können.

5.3.2.11 Zusammenfassung der Identifikation Inputvariablen

Nachfolgenden, in der Tabelle 5.2, sind die Ergebnisse aus den vorherigen Kapiteln zusammengefasst. Zusammenhänge, die durch vertragliche Ausgestaltung als Risiko minimiert werden können und sollten, sind dabei mit einem * gekennzeichnet. Zusammenhänge, die durch entsprechende Versicherungen versichert werden können, sind mittels () markiert. Dabei ist hervorzuheben, dass die Risikokategorien Länderrisiken, Force Majeur und Bonität, wie in vorherigen Kapitel dargestellt, entweder durch Versicherungen oder durch vertragliche Ausgestaltung zum Großteil reduziert werden können.

-	Investitionskosten	installierte Leistung	Steuersatz	Volllaststunde	Absatzpreis	leistungsabhängiger Kostenfaktor	arbeitsabhängiger Kostenfaktor	Steigerungsrate der Betriebskosten	Steigerungsrate des Absatzpreises	Eigenkapitalkosten	Risikoloser Zinssatz 4J / 25J
Reserve, Abbau	x			x							
Zulieferung	x*			x*							
Fertigstellung	x*	x*		x*							
Verfahren		x		x		x	x				
Betrieb, Management	x	x		x		x	x	x			
Markt					x*				x*		
Wechselkurs, Zins					x*					x	x*
Länderrisiken*	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)		(x)
Force Majeur*	(x)	(x)		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
Bonität*	(x)	(x)		(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)

Tabelle 5.2: Identifikation der Risikovariablen in der modellierten Investitionsrechnung

5.4 Modellierung der identifizierten Risikokategorien

Um die identifizierten Inputvariablen in einer Monte-Carlo Simulation verwenden zu können, müssen diese entsprechend durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen modelliert werden.

Die Generierung der stochastisch verteilten Inputvariablen erfolgt wie in Abbildung 5.3 dargestellt. Vorerst wird eine normierte Zufallszahl gemäß Verteilungsfunktion im Bereich -1 bis +1 erzeugt und diese in einem weiteren Schritt an den Erwartungswert der Inputvariable angepasst. (vgl. Werthschulte (2012), S.72)

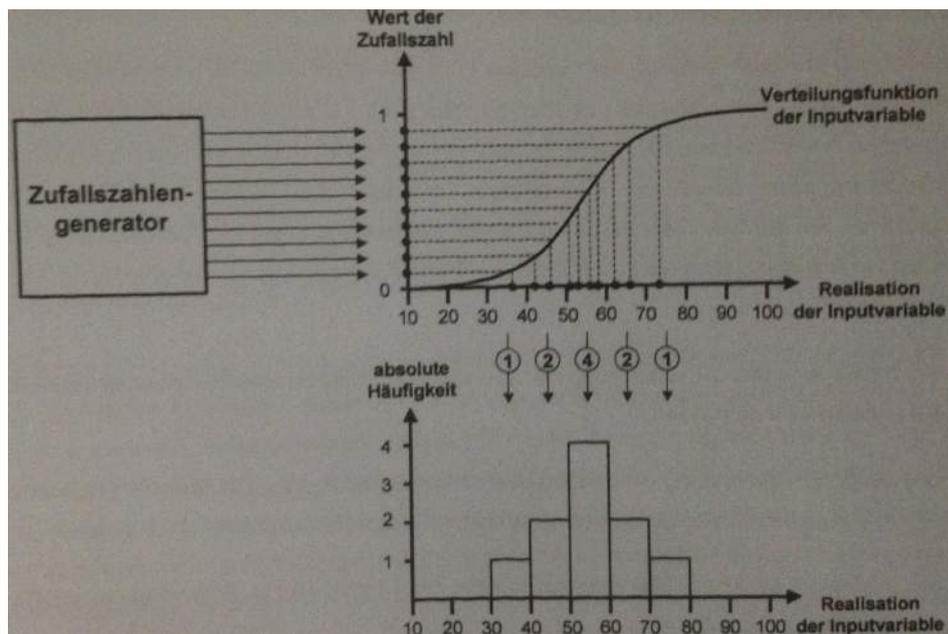


Abbildung 5.3: Generierung von stochastischen Inputvariablen (Quelle: Werthschulte (2012), S.71)

Die, dabei verwendeten, Verteilungsfunktionen können grundsätzlich für jede Variable unterschiedlich sein. Gemäß dem zentralen Grenzwertsatz von Lyapunov konvertiert eine zufällig erzeugte Zahl, für den Falle der Beeinflussung durch mehrere Einflussfaktoren, gegen eine Normalverteilung. (vgl. Werthschulte (2012), S.142 und Gleißner, W. (1999), S.3) Da auch im vorliegenden Fall mehrere Einflussgrößen für die Verteilung der Inputvariable verantwortlich sind (siehe dazu Tabelle 5.2), werden für den weiteren Verlauf der Simulationen, soweit sinnvoll umsetzbar, Normalverteilungen zur Risikomodellierung unterstellt.

Die Abbildung 5.4 zeigt die Standardnormalverteilung inklusive der Bedeutung von Erwartungswert und Standardabweichung. Insbesondere für die weitere Betrachtung ist wichtig, dass der Erwartungswert abzüglich der doppelten Standardabweichung nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 2.1% unterschritten wird. Mit dieser Definition können aufgrund von Erwartungswert und Standardabweichung Wahrscheinlichkeiten zum Eintreffen der einzelnen, in Kapitel 6 zu ermittelnden, Kennzahlen angegeben werden.

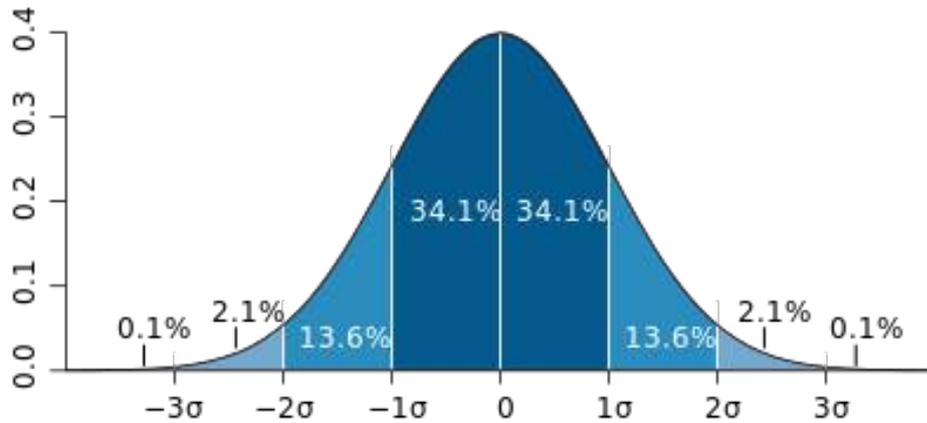


Abbildung 5.4: Standard Normalverteilung (Quelle: Wikipedia: Standardabweichung (09.07.2015))

Weiters stellt sich für jede Inputvariable die Frage, ob diese einmalig für den Simulationsdurchgang erzeugt werden soll, oder ob diese pro Simulationsdurchgang für jeden Zeitpunkt der Betrachtung erzeugt werden muss. Als Beispiel sei der Unterschied zwischen den Investitionskosten, die offensichtlich einmalig in das Modell einfließen sollen, mit dem Absatzpreis, der zu jedem Zeitpunkt unterschiedlich sein kann, genannt.

Bei der Erzeugung der Inputvariablen aufgrund der Normalverteilung kann auch negativer Wert erzeugt werden, dies ist oftmals per Definition garnicht möglich (z.b. negative Leistung). Von der entsprechenden Inputvariable wird sodann der Absolutwert ermittelt und zur Simulation verwendet.

5.4.1 Investitionskosten

Die Investitionskosten werden normalverteilt simuliert mit dem Erwartungswert 2600€/kW und einer Standardabweichung von 250€/kW. Die Investitionskosten werden pro Simulationsdurchgang einmal simuliert und bleiben für den restlichen Simulationsdurchgang ident.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
1-mal pro Durchgang	Normalverteilung	2600€/kW	250€/kW

Tabelle 5.3: Modellierung Investitionskosten

Die Investitionskosten dürfen per Definition nicht negativ werden, deshalb wird für die Simulation der Betrag der Inputvariablen ermittelt und zur Simulation verwendet.

5.4.2 installierte Leistung

Die installierte Leistung ist prinzipiell mit der Bauphase fest vorgegeben. Die tatsächliche, nach der Fertigstellung erreichte, installierte Leistung kann minimal variieren. Dies wird durch

eine einmalige Simulation der Inputvariable um den Erwartungswert 600MW mit der Standardabweichung 1MW erreicht.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
1-mal pro Durchgang	Normalverteilung	600MW	1MW

Tabelle 5.4: Modellierung installierte Leistung Bauphase

Gewisse Risiken, wie fehlerhafte Wartung, schlecht Betriebsführung, fehlerhafte Lieferung beeinflussen mitunter die installierte Leistung in geringem Maße. Die Änderungen können sich aber nur negativ auswirken und sind abhängig von der installierten Leistung zur Inbetriebnahme. Mit einer geringen Standardabweichung wird erreicht, dass im Mittel die vorgegebene installierte Leistung annähernd erreicht bleibt.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
40-mal pro Durchgang	Normalverteilung, ausschließlich negative Ausprägung	abhängig von simulierter installierter Leistung	1.5MW

Tabelle 5.5: Modellierung installierte Leistung Betriebsphase

Damit die installierte Leistung im Extremfall nicht negativ in die Simulation einfließen kann, wird für die Inputvariable der entsprechende Betrag gebildet.

5.4.3 Steuersatz

Für den Steuersatz soll eine diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung zur Hand genommen werden, die wie folgt aussieht:

Wahrscheinlichkeit	Steuersatz
80%	25%
5%	30%
5%	20%
3%	35%
3%	15%
2%	40%
2%	10%

Tabelle 5.6: Modellierung Körperschaftssteuersatz

Die Annahme, dass sich die Körperschaftssteuer jedes Jahr änderte ist äußerst unrealistisch. Deshalb wird angenommen, dass sich die Körperschaftssteuer im Modell alle 5 Jahr ändern kann.

5.4.4 Volllaststunde

Die Anzahl der Volllaststunden pro Jahr wird normal verteilt mit dem Erwartungswert 5000h/Jahr (zum Vergleich ein Jahr wird hat Summe von 8760 Stunden) und einer Standardabweichung von 800h/Jahr modelliert. Die Anzahl der Volllaststunden werden pro Simulationsdurchgang 40 mal simuliert um eine unterschiedliche Situation pro Zeitpunkt darstellen zu können. Um dem Definitionsproblem der negativen Energieerzeugung zu entgehen wird für die simulierten Inputvariablen der Betrag gebildet.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
40-mal pro Durchgang	Normalverteilung	5000h/Jahr	800h/Jahr

Tabelle 5.7: Modellierung Volllaststunde

5.4.5 Absatzpreis

Der Absatzpreis unterliegt den Gesetzen des Marktes. Prinzipiell soll auch dafür eine Normalverteilung angenommen werden, jedoch ist ein allzugroßes Fluktuieren bezüglich des Absatzpreises ungewöhnlich. Deshalb soll jeweils aus einem Fenster der letzten 4 simulierten Absatzpreise (inklusive des neu simulierten Wertes) der gewichtete gleitende Mittelwert gebildet werden (Gewichte $t_x:0.10$ $t_{x+1}:0.15$ $t_{x+2}:0.20$ $t_{x+3}:0.25$ $t_{x+4}:0.30$). Pro Simulationsdurchgang werden für jeden Zeitpunkt Absatzpreise simuliert.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
40-mal pro Durchgang	Normalverteilung mit gewichtetem gleitenden Mittelwert und Steigerungsrate des Absatzpreises	5ct/kWh	1.8ct/kWh

Tabelle 5.8: Modellierung Absatzpreise

Die entsprechende Steigerungsrate wird in Kapitel 5.4.9 definiert.

5.4.6 leistungsabhängiger Kostenfaktor

Der leistungsabhängige Kostenfaktor wird normal verteilt simuliert mit dem Erwartungswert 2.2% pro Jahr und einer Standardabweichung von 0.3% pro Jahr. Der leistungsabhängige Kostenfaktor wird pro Simulationsdurchgang vierzig mal simuliert und fließt für das entsprechend betrachtete Jahr in die Überschussrechnung ein. Zusätzlich soll der gewichtete gleitende Mittelwert gebildet werden (Gewichte $t_x:0.10$ $t_{x+1}:0.15$ $t_{x+2}:0.20$ $t_{x+3}:0.25$ $t_{x+4}:0.30$) um Schwankungen auszugleichen.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
40-mal pro Durchgang	Normalverteilung mit gewichteten gleitendem Mittelwert und Steigerungsrate der Betriebskosten	2.2%	0.3%

Tabelle 5.9: Modellierung leistungsabhängiger Kostenfaktor

Der leistungsabhängiger Kostenfaktor darf per Definition nicht negativ werden, deshalb wird für die Simulation der Betrag der Inputvariablen ermittelt. Die entsprechende Steigerungsrate wird in Kapitel 5.4.8 definiert.

5.4.7 arbeitsabhängiger Kostenfaktor

Der arbeitsabhängiger Kostenfaktor wird mathematische identisch zum leistungsabhängigen Kostenfaktor behandelt:

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
40-mal pro Durchgang	Normalverteilung mit gewichteten gleitendem Mittelwert und Steigerungsrate der Betriebskosten	0.2ct/kWh	0.03ct/kWh

Tabelle 5.10: Modellierung arbeitsabhängiger Kostenfaktor

5.4.8 Steigerungsrate der Betriebskosten

Die Steigerungsrate der Betriebskosten hat eine Wirkung auf die simulierten Betriebskosten. Dabei wird die Variable Steigerungsrate der Betriebskosten in der Simulation fortan als virtuelle Steigerung verwendet, die den eigentlich simulierten Kosten hinzugefügt wird. Diese soll einmal pro Simulationsdurchlauf ermittelt werden. Die tatsächliche Steigerungsrate ergibt sich auch aus der Variation des Kostenfaktors.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
1-mal pro Durchgang	Normalverteilung	1.2%	0.8%

Tabelle 5.11: Steigerungsrate der Betriebskosten

Die Inputvariable Steigerungsrate der Betriebskosten kann theoretisch auch negativ werden und damit ein deflationäres Verhalten annehmen.

5.4.9 Steigerungsrate des Absatzpreises

Die Steigerungsrate des Absatzpreises wird mathematische identisch zur Steigerungsrate der Betriebskosten behandelt.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
40-mal pro Durchgang	Normalverteilung	0.8%	0.4%

Tabelle 5.12: Steigerungsrate des Absatzpreises

5.4.10 Eigenkapitalkosten

Die Eigenkapitalkosten gehen nur in die Kenngrößen der klassischen Investitionsrechnung ein. Aus diesem Grund wird von einer Simulation Abstand genommen. Prinzipiell sind die Eigenkapitalkosten abhängig von der Ertrags expectation und der Risikoneigung der Sponsoren und von marktgängigen Renditen.

5.4.11 Risikoloser Zinssatz Baukredit (4J) und Betriebskredit (25J)

Die Risikolosen Zinssätze werden normal verteilt simuliert und pro Simulationsdurchgang 1 mal ermittelt. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Zinssätze der Finanzierung für den Zeitraum fixiert sind. Um dem Problem der negativen Zinssätze zu entgehen, wird der Absolutwert der ermittelten Inputgrößen verwendet.

Häufigkeit	Type	Erwartungswert	Standardabweichung
1-mal pro Durchgang	Normalverteilung	0.3760	0.8%
1-mal pro Durchgang	Normalverteilung	1.770	1.8%

Tabelle 5.13: Modellierung Risikoloser Zinssatz Baukredit (4J) und Betriebskredit (25J)

Kapitel 6

Investitionsrechnung unter Unsicherheit

Ziel dies Kapitels ist, die in Kapitel 4 entwickelte Investitionsrechnung für den Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerksneubau um die Risikomodellierung aus Kapitel 5 zu erweitern und entsprechende Simulationen durchzuführen. Die Analyse der Daten und etwaige Aussagen sollen ebenfalls in diesem Kapitel abgehandelt werden, wie Überlegungen zu Ausfallkriterien um Ausfallwahrscheinlichkeiten zu ermitteln.

6.1 Einbeziehen von Risikokategorien durch Simulation

In Kapitel 5.4 wurden die einzelnen Inputvariablen der entwickelten Investitionsrechnung für den Finanzierungsgegenstand Wasserkraftwerkneubau mathematisch modelliert, um diese in weiterer Folge als Monte-Carlo Simulation anzuwenden. Der prinzipielle Ansatz einer solchen Simulation sei in Abbildung 6.1 dargestellt.

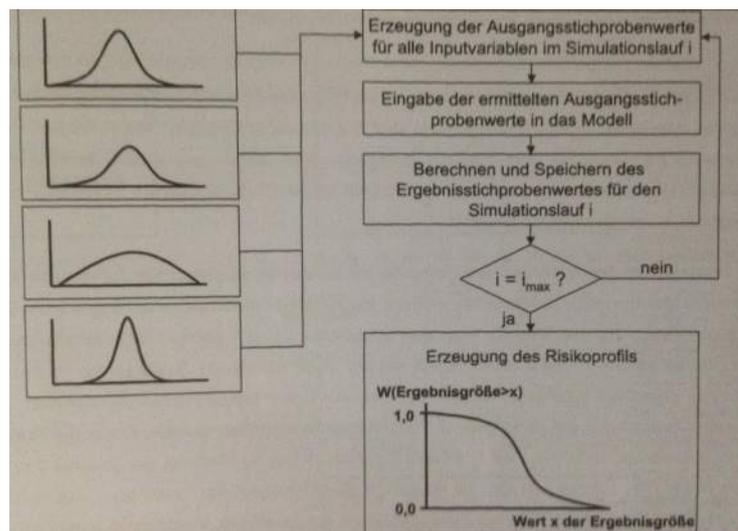


Abbildung 6.1: Risikosimulation allgemein (Quelle: Werthschulte (2012), S.71)

Damit ergibt sich folgender Ablauf für einen Simulationsdurchgang:

- Erzeugen eines Samples an stochastisch erzeugten Inputvariablen, je nach Variable 1-mal oder 40-mal pro Durchgang.
- Eingabe dieser erzeugten Inputvariablen in die Investitionsrechnung und ermitteln der Kenngrößen.
- Abspeichern der erzeugten Kenngrößen und Start eines erneuten Durchganges.

Die Struktur des Modells, insbesondere die Speicherung der Ein- und Ausgabedaten wurde dem Stand der Technik entsprechend aufgebaut, damit diese Daten weiterführend bearbeitet und analysiert werden können. Konkret wurde auch auf die angemessene Simulationsdauer bei großen Datenmengen und einer Großzahl an Berechnungen geachtet.

6.2 Erweiterung der modellierten Investitionsrechnung für das Anwendungsbeispiel Wasserkraftwerksneubau hinsichtlich der erarbeiteten Risikomodellierung

Der prinzipielle Aufbau des Simulationsmodells ist in Abbildung 6.2 beschrieben. Aus der entwickelten Investitionsrechnung aus Kapitel 4 wird durch Verwendung der stochastisch verteilten Eingangsgrößen nach Kapitel 5.4 und mehrmaligem Durchlaufen ($n=100$) eine Monte-Carlo Simulation durchgeführt.

Die Ergebnisse und die Inputgrößen der einzelnen Simulationen werden dabei abgespeichert. Weiterhin wird als Simulationssoftware MS Excel verwendet, das sich als robust und insgesamt sehr schnell für den vorgegebenen Anwendungsfall herausstellt. Die gesamte Simulationsdauer bei der Simulationsanzahl von $n=100$ befindet sich im Bereich von unter zehn Sekunden, was bei der gesammelten Datenmenge und der insgesamt durchgeführten Anzahl an Berechnungen äußerst zufriedenstellend ist.

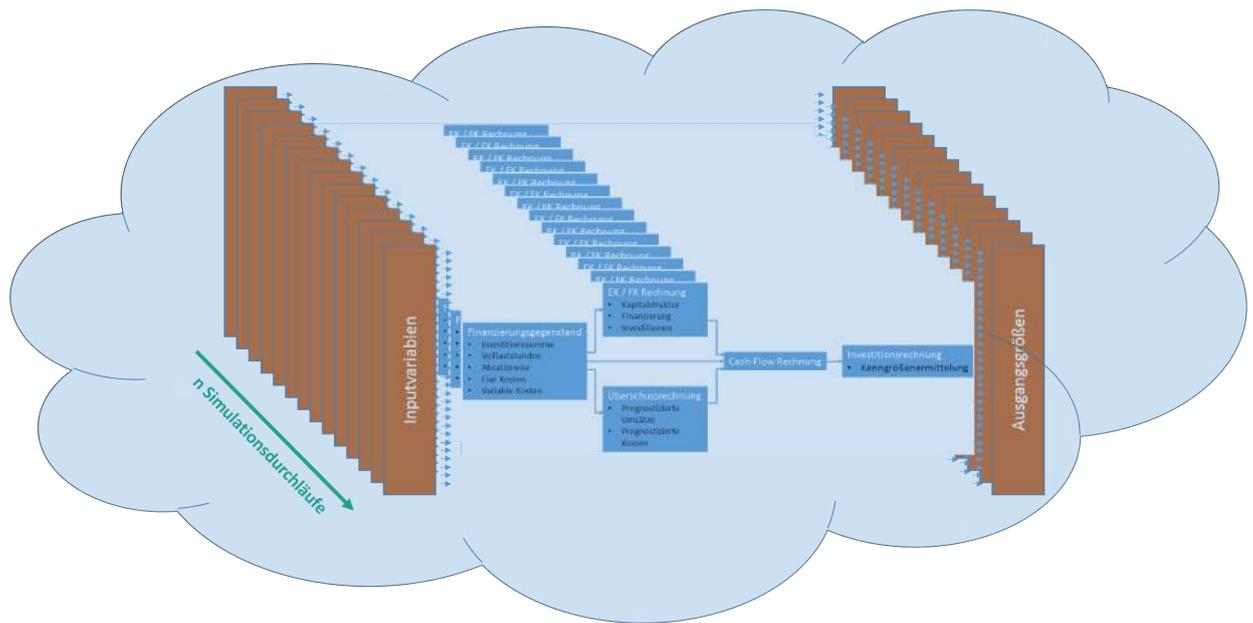


Abbildung 6.2: Modellaufbau Monte-Carlo Simulation

Um entsprechende Simulationen durchführen zu können wird die modellierte Investitionsrechnung aus Kapitel 4.3 wie folgt erweitert:

- Erzeugung aller stochastischen Inputvariablen entsprechend der Definition aus Kapitel 5.4. Dabei werden 12 Inputvariablen erzeugt und je nach Definition 1-mal oder 40-mal pro Simulationsdurchlauf generiert. Die Erzeugung der normalverteilten Zufallszahl erfolgt dabei mit der MS-Excel Funktion *Standnorminv()* und *Zufallszahl()*. Wie in Formel 6.1 gezeigt, wird die Standardnormalverteilung einer erzeugten Zufallszahl¹ mit der definierten Standardabweichung multipliziert und zum Erwartungswert addiert um die stochastische Inputvariable zu erzeugen:

$$StInpVar = EW + StdAbw \times NormvZufVar \quad (6.1)$$

StInpVar: jeweilige stochastische Inputvariable
 EW: Erwartungswert der Inputvariable
 StdAbw: Standardabweichung der Inputvariable
 NormvZufVar: generierte normalverteilte Zufallsvariable

- Einfügen der erzeugten Zufallsvariablen an die entsprechende Stelle in der Investitionsrechnung. Beispielsweise werden die generierten Absatzpreise (samt der Steigung) in die Überschussrechnung übernommen und der Steuersatz in die Cash-Flow Rechnung.
- Speichern des Simulationsdurchganges. Dabei werden sowohl die Inputvariablen (für jeden Zeitpunkt und als zeitlicher Mittelwert) als auch alle Ausgangskenngrößen abgespeichert. Dabei entsteht ein **Datensatz von rund 280 Einträgen** pro Durchgang.

¹Erzeugen einer realen Zufallszahl im Bereich zwischen 0 und 1.

- Der vorangehende Schritt wird in Summe 100-mal durchgeführt. Dies ist mithilfe der **Funktion Mehrfachoperation** in MS Excel möglich. Die Methode stammt aus (Brigham (2014) Chapter 11 Tool Kit) und benutzt die Eigenschaft, dass MS Excel alle Daten seiner Tabellen mit jeder Aktion aktualisiert. Mithilfe der Mehrfachoperationen kann somit eine Simulation für mehrere Durchläufe realisiert werden. Zusätzlich wurde nach (Brigham (2014), Chapter 11 Tool Kit) realisiert, dass die Simulation abgeschaltet werden kann, um Änderungen ohne Verzögerungen durchführen zu können. Mit derselben Methode kann die stochastische Variation einzelner Zufallszahlen abgeschaltet werden und damit der Erwartungswert für die gesamte Simulation vorgegeben werden. Die entsprechende Realisierung ist im Anhang unter Abbildung 7.9 visualisiert.
- Durch die 100 Simulationsdurchgänge ergibt sich ein Datensatz von rund 28.000 Einträgen.
- Zur Analyse werden von allen Kenngrößen und den meisten Zwischenergebnissen, sowie den Inputvariablen Mittelwert, Standardabweichung, Maximum, Minimum und Median über die 100 Simulationsdurchgänge ermittelt. Dies erfolgt mit den jeweiligen Funktionen, die MS Excel zur Verfügung stellt: *Mittelwert()*, *Stdabw()*, *Max()*, *Min()*, *Median()*.

Mit den beschriebenen Änderungen werden in einem Simulationsmodell die unsicheren Eingabeparameter angewendet, um verteilte Kenngrößen der Investitionsrechnung zu erhalten, sowie deren Wahrscheinlichkeiten zu bestimmen.

6.3 Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit - Probability of Default

Die in Kapitel 3.4, als die Zielgröße eines Bonitätsbeurteilungssystems, definierte Ausfallwahrscheinlichkeit kann aus den Ergebnissen der Monte-Carlo Simulation nach mehreren Gesichtspunkten abgeleitet werden. Die periodengerechte Ausfallwahrscheinlichkeit durch Interpretation der Kennzahlen DSCR und ICR kann durch Abfrage der folgenden Ausfallkriterien erfolgen:

$$DSCR_t = \frac{CF_t}{T_t + Z_t} < 1 \quad (6.2)$$

$$ICR_t = \frac{CF_t}{Z_t} < 1 \quad (6.3)$$

Die Verletzung dieser Kriterien würde bedeuten, dass in einer Periode die Cash-Flow Erwirtschaftung nicht ausreicht, um die laufenden Zins- und Tilgungszahlungen (DSCR), respektive die Zinszahlungen (ICR), zu begleichen. Dies ist aber unter Umständen nicht mit dem kompletten Ausfall des Projektes gleichzusetzen, wenn beispielsweise die weniger schlechten

Perioden (im besten Fall vorab, durch Rückstellungen) durch genügend ertragreiche Perioden ausgeglichen werden können.

Ein periodenübergreifendes Ausfallkriterium kann über die Kennzahlen $AVDSCR$, $AVICR$ beziehungsweise $LLCR$ bzw. $NPVCR$ abgebildet werden:

$$AVDSCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{T_t + Z_t}}{n} < 1 \quad (6.4)$$

$$AVICR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{Z_t}}{n} < 1 \quad (6.5)$$

$$NPVCR_{BB} = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{K_{BB}} < 1 \quad (6.6)$$

$$LLCR_{BB} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{K_{BB}} < 1 \quad (6.7)$$

Aus Sicht des Fremdkapitalgebers ist im Speziellen das Ausfallkriterium $LLCR_{BB} < 1$ heranzuziehen, da es im Gegensatz zu $NPVCR_{BB} < 1$ die Dauer der Finanzierung aus Fremdkapitalgebersicht und nicht die Betriebsdauer abbildet und die jeweilige Diskontierung, also den Zeitwert des Geldes, berücksichtigt.

6.4 Simulation und Interpretation der Ergebnisse

Wie beschrieben werden in der Monte-Carlo Simulation rund 28.000 Dateneinträge in Tabellen gesichert. Die Zeitdauer einer solchen Berechnung beträgt rund 10 Sekunden. Die Daten werden zur Auswertung entsprechend den Inputgrößen und den Kenngrößen aus der Investitionsrechnung abgelegt.

Die gesamte Simulation mit 100 Durchläufen liefert aufgrund der stochastischen Inputvariablen immer andere Ergebnisse. Im Folgenden soll **ein solches Set an Ergebnissen analysiert** werden und speziell die Anwendbarkeit zur Ermittlung der Ausfallwahrscheinlichkeit von Projektfinanzierungen untersucht werden. Dabei werden die Kennzahlen aus Eigenkapitalgebersicht (bzw. Gesamtprojektsicht) abgehandelt und in weiterer Folge die Kennzahlen

aus Fremdkapitalgebersicht detailliert erläutert.

6.4.1 Analyse von Kennzahlen aus Sicht der Eigenkapitalgeber

In Tabelle 6.1 sind die Kennzahlen der Investitionsrechnung aus Eigenkapitalgebersicht bzw. aus Gesamtprojektsicht nach 100 Simulationen durchläufen dargestellt. Dabei handelt es sich um dasselbe Set an Daten, das auch in Kapitel 6.4.2 zur Analyse der Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht verwendet wird. Als Vergleich zur Investitionsrechnung ohne stochastische Variation der Inputvariablen, werden die Ergebnisse aus Tabelle 4.7 in der ersten Spalte in Tabelle 6.1 ebenfalls abgebildet:

Kenngröße	Ergebnis urspr. Investitionsrechnung	Mittelwert	Standardabweichung	Maximum	Minimum	Median
NPV (Gesamtprojekt) [M€]	744.44	635.64	477.55	1941.07	-283.11	585.20
NPV (EK) [M€]	30.21	-5.35	248.73	660.90	-555.76	-37.40
IRR (Gesamtprojekt) [%]	5.56	5.54	1.45	9.50	2.59	5.56
IRR (EK) [%]	8.34	8.35	3.11	20.22	3.37	7.56
MIRR (Gesamtprojekt) [%]	4.22	4.29	0.80	5.87	2.38	4.28
MIRR (EK) [%]	8.13	7.87	1.07	10.20	5.01	7.83
Profitability Index PI (Gesamtprojekt)	1.45	1.40	0.32	2.93	0.83	1.35
Profitability Index PI (EK)	1.91	1.92	0.41	3.05	1.12	1.90
Payback Period (Gesamtprojekt) [Jahre]	16.84	17.25	3.68	27.80	10.20	17.04
Payback Period (EK) [Jahre]	13.44	15.56	6.75	31.80	3.84	15.28
disk. Payback Period (Gesamtprojekt) [Jahre]	24.72	26.24	3.68	31.80	3.84	25.92
disk. Payback Period (EK) [Jahre]	17.88	21.13	9.99	39.84	4.36	19.80

Tabelle 6.1: Ergebnisse Simulation Kennzahlen Eigenkapitalgeber

Zur Analyse muss der Zusammenhang zwischen NPV und IRR aus Abbildung 4.3 in Erinnerung gerufen werden. Bei der Berechnung des NPV wird bereits von einer 8%igen Eigenkapitalrendite ² ausgegangen. Ein negativer NPV (wie bei den jeweiligen Minima des NPV aufgetreten) hat demnach nicht unbedingt einen Verlust zu Folge, sondern das Nicht-Erreichen der Eigenkapitalrendite von 8%. Dies kann mitunter bei Investitionsentscheidungen zwischen mehreren Investitionsmöglichkeiten ein entscheidendes Kriterium darstellen. Zur weiteren Bewertung dient der IRR Kennwert, der im Gesamtprojekt mit einem Mittelwert von 5.56% mit einer Standardabweichung von 1.45% simuliert wird. Der IRR aus Eigenkapitalgebersicht wird mit einem Erwartungswert von 8.34% und einer Standardabweichung von 3.11% simuliert. Der Erwartungswert liegt leicht unter dem Ergebnis aus der ursprünglichen Investitionsrechnung. Die weiteren Kennzahlen können ebenfalls zur Entscheidungsfindung beitragen, die prominentesten Kennzahlen aus Eigenkapitalgebersicht sind allerdings NPV und IRR.

6.4.2 Analyse von Kennzahlen aus Sicht der Fremdkapitalgeber

Aus dem Datenset, aus dem ebenfalls die Kennzahlen aus Eigenkapitalgebersicht stammen, werden auch die Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht in Tabelle 6.2 dargestellt. Wie in Kapitel 4.2 aufgeführt handelt es sich bei den Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht um Verhältnisse - Schulden- bzw. Zinsendienstdeckungenfähigkeiten - die pro Periode oder als Mittelwert bestimmt werden.

Pro Datenset mit 100 Durchgängen werden beispielsweise 2500 Werte für DSCR und ICR ermittelt, für AVDSCR, AVICR, LLCR_{BB} und NPVCR_{BB} werden 100 Werte berechnet. In Tabelle 6.2 werden in den ersten 4 Reihen die Erwartungswerte von DSCR und ICR bzw. AVDSCR und AVICR dargestellt.

Nach der Tabelle 4.1 sollte der DSC-Ratio für Kraftwerke mit Abnahmevertrag im Bereich um 1.5 liegen bzw. über 2.0, falls kein Abnahmevertrag vorliegt. Aufgrund solcher Tabellen und Vorgaben können klare Einschätzungen zu den vorliegenden Simulationsergebnissen möglich sein. Dabei soll dem jeweiligen Betrachter die Definition des DSCR bekannt sein, um einschätzen zu können, dass einmalige Verstöße solcher Vorgaben in einem zeitlichen Verlauf von mehreren Jahren mit unter vernachlässigt werden können. Dies liegt daran, dass selbst bei einem Wert unter 1.5 sowohl die Schuld-, als auch die Tilgungszahlung, vorrangig erfolgt. Aus diesem Grund lohnt sich ein Blick auf den AVDSCR, der den durchschnittlichen DSCR über den Betrachtungszeitraum angibt. Dieser sollte jedenfalls mit ausreichender Sicherheit über dem zu erreichenden Vorgabewert (beispielsweise über 1.5) liegen. Dies ist im vorliegenden Fall entsprechend gegeben.

Aus Fremdkapitalgebersicht ist weiters entscheidend, dass im Fall von ungenügend erwirtschafteten Cash-Flow zumindest der Zinsdienst erbracht werden kann. Dies wird in der Kenngröße

²i.e. der im gesamten Modell unterstellte Wert der Eigenkapitalkosten

ICR beschrieben, die deutlich über den absoluten Werten des DSCR liegen sollte. Wiederum lohnt sich ein Blick auf den durchschnittlichen Wert - AVICR.

Aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten (Abschreibung 40 Jahre und Finanzierung 25 Jahre) ist der Kennwert $NPVCR_{BB}$ mit Vorsicht zu genießen, da er davon ausgeht, dass die Finanzierung bis zum Ende der Betriebsphase abgezahlt werden kann. Etwas aufschlussreicher ist die Kenngröße $LLCR_{BB}$, da sie nur den Finanzierungszeitraum betrachtet. Nach Abbildung 4.2 aus (Gatti (2008), S.139) sollten die Werte hierfür bei größer 1.5 (dies gilt für Kraftwerke mit vertraglich vereinbarter Abnahme). Dies ist relativ gut erfüllt.

Kenngröße	Ergebnis urspr. Investitionsrechnung	Mittelwert	Standardabweichung	Maximum	Minimum	Median
DSCR	n.v.	1.89	0.79	5.81	-0.39	1.80
ICR	n.v.	41.82	153.20	8058.17	-51.10	9.72
AVDSCR	1.94	1.81	0.45	3.33	1.03	1.79
AVICR	17.97	51.58	131.01	969.06	3.92	13.54
$NPVCR_{BB}$	3.12	2.89	1.07	7.57	1.23	2.80
$LLCR_{BB}$	1.94	1.81	0.46	3.33	0.99	1.79

Tabelle 6.2: Ergebnisse Simulation Kennzahlen Fremdkapitalgeber

In den Abbildungen 6.3 bis 6.5 werden die verteilten Häufigkeiten dargestellt. Dabei sind die DSCR und ICR Diagramme aus den ermittelten 2500 Werten und die AVDSCR, AVICR, $NPVCR_{BB}$ und $LLCR_{BB}$ Diagramme aus den vorhandenen 100 Datenpunkten erstellt. Dies ergibt eine Darstellung der absoluten Häufigkeit, die bei den Kennzahlen ADSCR, AVICR, $NPVCR_{BB}$ und $LLCR_{BB}$ (aufgrund der Anzahl 100) gleich der relativen Häufigkeit ist, und damit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion entspricht.

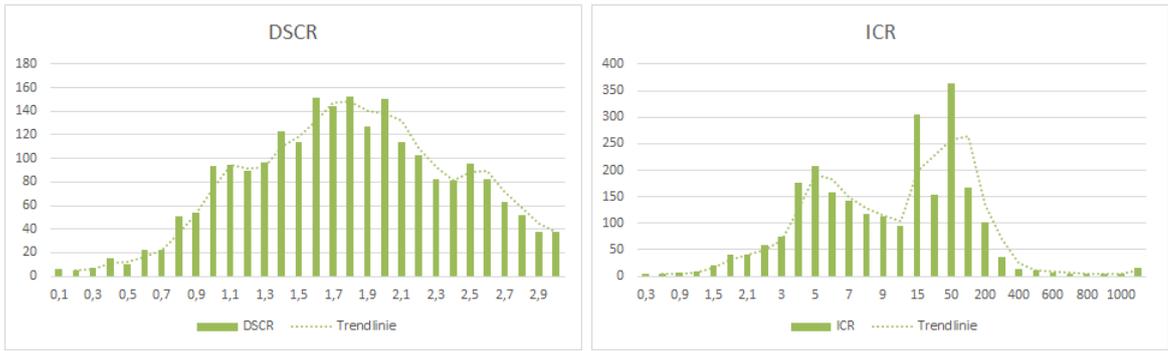


Abbildung 6.3: Ergebnis Simulation Häufigkeit von DSCR und ICR Werten

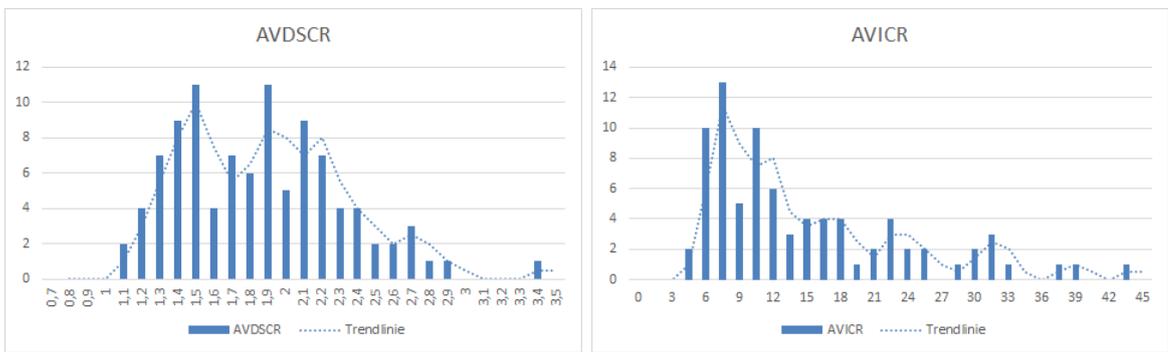


Abbildung 6.4: Ergebnis Simulation Häufigkeit AVDSCR und AVICR Werten

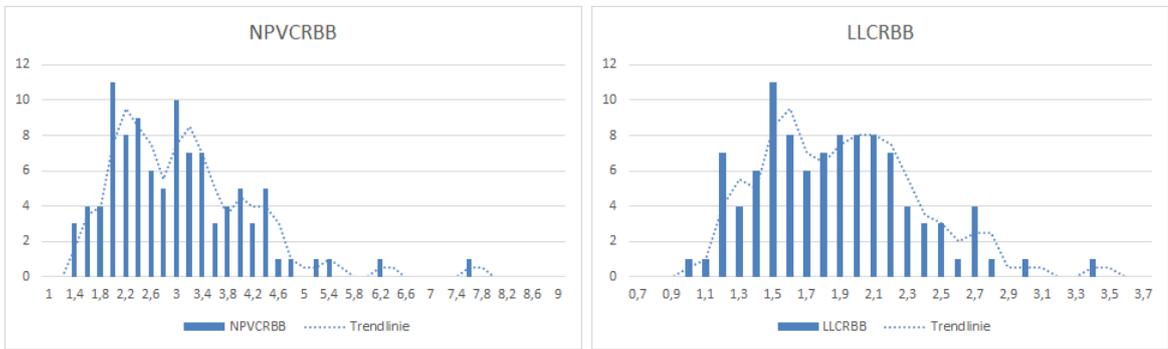


Abbildung 6.5: Ergebnis Simulation Häufigkeit NPVCRBB und LLCRBB Werten

Aufgrund der simulierten Risiken und der berechneten Erwartungswerte der Kenngrößen kann eine Entscheidung für oder gegen die Durchführung des Projektes aus Fremdkapitalgebersicht getroffen werden. Dabei können vor allem die ermittelten Erwartungswerte in Kombination mit der Standardabweichung eine Aussage über mögliches Risiko geben.

Die Zielgröße der Simulation ist die Ausfallwahrscheinlichkeit PD der Fremdkapitalfinanzierung, die als Basis zur Berechnung der Eigenkapitalgewichte für den Fremdkapitalgeber nach Basel II und den Erweiterungen in Basel III dient. Dafür wurden in Kapitel 6.3 Ausfallkriterien definiert. Die unterstellten Ausfallkriterien wurden zusätzlich um die Kriterien $DSCR < 0.8$

und $ICR < 0.8$ erweitert. Wie Kapitel 6.3 dargelegt, soll der Fokus auf ein periodenübergreifendes Ausfallkriterium gelegt werden. In Tabelle 6.3 wurden dennoch alle genannten Kriterien abgebildet. Dabei ist ersichtlich, dass mit 11.44% die Kennzahl DSCR überraschend häufig das Kriterium $DSCR < 1$ verletzt. Aus Sicht des Fremdkapitalgebers sollte, wie in Kapitel 6.3 erläutert, das Ausfallkriterium $LLCR_{BB} < 1$ verwendet werden. In dieser Simulation ergibt sich die Ausfallwahrscheinlichkeit somit zu 1%, die in weiterer Folge im IRB-Ansatz in der Formel aus Abbildung 3.4 zu verwenden ist um die Eigenkapitalunterlegung dieser Projektfinanzierung zu bestimmen.

<u>Ausfallkriterium</u>	<u>Ausfallwahrscheinlichkeit PD</u>
DSCR < 1	11.44%
ICR < 1	5.52%
DSCR < 0.8	0.68%
ICR < 0.8	0.60%
AVDSCR < 1	0.00%
AVICR < 1	0.00%
NPVCR _{BB} < 1	0.00%
LLCR_{BB} < 1	1.00%

Tabelle 6.3: Ermittelte Ausfallwahrscheinlichkeiten

6.5 Eigenschaften des gewählten Simulationsansatzes und weiterführende Forschungsfelder

Ziel der Arbeit war es zu zeigen, dass mithilfe eines Simulationsansatzes eine Bonitätsbeurteilung aus Fremdkapitalgebersicht für die Projektfinanzierung von Wasserkraftwerksneubauten getroffen werden kann, die auch in Hinblick auf die Eigenkapitalunterlegung nach Basel II und Basel III (siehe dazu Kapitel 5.1, Kapitel 1.2 und Kapitel 3.4) zu verwenden ist.

Zu den Eigenschaften des Simulationsmodells zählen:

- Der entwickelte Simulationsansatz zeigt, dass angenommene Risikokategorien durch stochastische Variation verwendet werden können um daraus die Unsicherheit der Kennzahlen der Investitionsrechnung zu bestimmen und diese in Form von Erwartungswert mit einer Standardabweichung ausgedrückt werden können. Mithilfe des Ausfallkriteriums $LLCR_{BB} < 1$ können daraus Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt werden.
- Die ermittelten Ausfallwahrscheinlichkeiten können im Foundation und Advanced - Approach nach IRB aus Basel II / III dazu verwendet werden um Eigenkapitalunterlegungen von Projektfinanzierungen direkt zu ermitteln, ohne dabei auf die qualitative Beschreibung aus dem Supervisory Slotting Approach zurückgreifen zu müssen.

- Neben dem eigentlichen Ziel der Arbeit können mit dem entwickelten Modell einzelne Risikokategorien alleine, oder in Kombination, auf deren Auswirkung auf den Erwartungswert der Ergebnisgrößen untersucht werden. Damit kann die Sensitivität einzelner Inputvariablen auf die Kennzahlen der Investitionsrechnung ermittelt werden. Allfällige Entscheidungen zur Allokation des Risikos im Projektunternehmen oder an Dritte können daraus abgeleitet werden. Dies ist im Projektunternehmen auch aus Fremdkapitalgebersicht entscheidend, da sich dadurch auch die Ausfallwahrscheinlichkeiten der Zins- und Tilgungszahlungen ändert.
- Der gewählte Simulationsansatz bezieht die Ergebnisermittlung aufgrund des Finanzierungsgegenstandes mit ein und geht dabei auch auf typische energiewirtschaftliche und technische Eigenschaften von Wasserkraftwerken ein (Volllaststunde, spezifische Investitionskosten, Ausbauleistung). Die, dabei verwendeten, Daten und Eingabeparameter werden, wie in kausalanalytischen Modellen zulässig und üblich, von externen Quellen abgeleitet.
- Das Simulationsergebnis weist einen großen Datensatz (rund 28.000 Datenpunkte) auf, einzelne Aussagen, wie die Erwartungswerte der Kenngrößen sind daraus sehr schnell ableitbar und im Speziellen kann die Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit, durch Anwendung von Ausfallkriterien, bestimmt werden.
- Die qualitative Validierung eines kausal-analytischen Modells erfolgt durch entsprechende Dokumentation und die interne Prozesseinbindung, speziell in Hinblick auf das bankinterne Risikomanagement.
- Die quantitative Validierung eines solchen kausal-analytischen Modells erfolgt nach erfolgter Implementierung und Generierung von Datensätzen über einen gewissen Zeitraum und sollte im Risikomanagement des Finanzierungsinstitutes verankert sein. Dabei kann vor allem durch Backtesting die Güte und Trennschärfe ermittelt werden und daraus neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Weiterführend Forschungsfelder ergeben sich aus folgenden Überlegungen :

- Die Simulation ist von Annahmen beeinflusst. Beispielsweise könnten die gewählten Verteilungen und Standardabweichungen der Inputparameter Erfahrungswerten entsprechen und im besten Fall aus historischen Daten stammen. Dies wurde in der Arbeit berücksichtigt - aber nichts desto trotz bleiben diese Annahmen Schätzungen.
- Die einzelnen generierten Zufallszahlen sind unabhängig voneinander generiert. In der Realität werden diese Variablen aber teilweise eine gewisse Korrelation aufweisen. Auf der Hand liegt beispielsweise ein Zusammenhang zwischen den risikolosen Zinssätzen und den Steigerungsraten. Eine Berücksichtigung könnte beispielsweise mit Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman (vgl. Werthschulte (2012), S. 103) bzw. mit der Methode der Cholesky Matrix (vgl. Deutsch (2010), S.88f) erfolgen. Das entwickelte

Simulationsmodell müsste dabei auf eine Kalkulation auf Matrizenbasis abgeändert werden.

- Neben der Zielgröße einer Bonitätsbeurteilung, nämlich der Ausfallwahrscheinlichkeit, bedarf es aufgrund der Formel 3.4 auch noch die Kreditexposition EAD und die Verlustquote LGD für den Einzelfall zu bestimmen um die Eigenmittelunterlegung zu bestimmen. Beim Foundation Approach wird die Verlustquote LGD fix angesetzt. Die Kreditexposition EAD stellt die erwartete Forderung zum Kreditausfall dar und muss gesondert bestimmt werden.
- Zur qualitativen Validierung müsste nach erfolgreicher Implementierung des Simulationsmodells ein Backtesting stattfinden um daraus allfällige Anpassungen am Modell abzuleiten.

Kapitel 7

Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein Modell in MS Excel entwickelt, das zur Bonitätsbeurteilung von Projektfinanzierungen von Wasserkraftwerksneubauten aus Fremdkapitalgebersicht eingesetzt werden kann. Dabei wurde die Zielgröße Ausfallwahrscheinlichkeit in einer Monte-Carlo Simulation durch stochastische Variation von Eingabeparameter ermittelt. Die Eigenmittelunterlegung von Projektfinanzierung kann somit direkt quantitativ durch den Foundation oder Advanced Approach nach IRB in Basel II / III ermittelt werden.

Die wissenschaftliche Fragestellung ergibt sich daraus, dass für die Eigenkapitalunterlegung von Krediten, laut Basel II Akkord und den Erfordernissen aus Basel III, Gewichte entsprechend von Risikokategorien eingesetzt werden. Für reguläre Unternehmensfinanzierung erfolgt dies über Ermittlung von Ausfallwahrscheinlichkeiten aus historischen Daten. Historische Daten sind für Projektfinanzierungen aber nicht verfügbar, deshalb können die Risikokategorien qualitativ beschrieben werden. Die zu verwendenden Gewichte zur Eigenkapitalunterdeckung werden nach dem Supervisory Slotting Approach aus dem Basel II Akkord und den Erfordernissen aus Basel III um ein Vielfaches höher vorgegeben. Die Ermittlung von Ausfallwahrscheinlichkeiten per stochastischer Simulation stellt eine Möglichkeit dar das Risiko in der Projektfinanzierung zu quantifizieren und ermöglicht im IRB-Ansatz die erforderliche Eigenkapitalunterlegung direkt zu berechnen.

Die Kennzahlen, die aus Fremdkapitalgebersicht entscheidend sind, kommen aus der Investitionsrechnung und beschreiben die Deckung des Zins- und / oder Tilgungsdienstes aus dem Cash-Flow nach Steuern. Die wichtigsten Kennzahlen sind der **Debt Service Cover Ratio (DSCR)**, der die zu leistende Zins-, und Tilgungszahlung per anno mit dem erzielten Cash-Flow vergleicht, und der **Interest Cover Ratio (ICR)**, der die zu leistende Zinszahlung mit dem erzielten Cash-Flow vergleicht. Die klassischen Kennzahlen aus der Investitionsrechnung, vor allem Net Present Value (NPV) und Internal Rate of Return (IRR), sind maßgeblich für die Gesamtprojektsicht, bzw. für die Sicht der Eigenkapitalgeber. Wird das Projektunternehmen von seiten der Sponsoren mit einer hohen Eigenkapitalbeteiligung ausgestattet, lässt sich daraus ein entsprechendes Commitement aus Fremdkapitalgebersicht subsumieren.

Zunächst wurden in der Arbeit die wirtschaftlichen, technischen und energiewirtschaftlichen Zusammenhänge in einer **Investitionsrechnung für Kraftwerksneubauten** verwendet und realistische Werte zur Eingabe angenommen. Dabei wurden die Eigenheiten des Finanzierungsgegenstandes, speziell die prognostizierten Einnahmen und Ausgaben eines Kraftwerkes (in Form von Volllaststunden, installierter Leistung, spezifischen Investitionskosten bzw. von Absatzpreisen und fixen, sowie variablen Kosten) und Finanzierungskosten, in der Berechnung angewendet. Die Finanzierung wurde in Form eines Baukredites und eines Betriebskredites realisiert. Der Baukredit sollte dabei für die Zeit bis zur Inbetriebnahme in Form eines endfälligen Kredites gewährt werden. Die Umschuldung in einen langfristigen Betriebskredit mit jährliche fixer Annuität wurde mit dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme angenommen.

Aus dem Finanzierungsmix und der Überschussrechnung werden in der Investitionsrechnung die Cash-Flows für den gesamten Betriebszeitraum projiziert, wobei der geplante Betrieb auf 40 Jahre festgelegt wurde (entspricht der Abschreibung) und die Finanzierung auf 25 Jahre. Aus den Cash-Flows (jeweils vor und nach Steuer, bzw. Fremdkapitalkosten) werden in der Investitionsrechnung die Kennzahlen aus Gesamtprojektsicht (bzw. aus Eigenkapitalgebersicht) NPV, IRR, Modified IRR, PI und Payback Periode und die Kennzahlen aus Fremdkapitalgebersicht DSCR, ICR, AVDSCR, AVICR, NPVCR und LLCR ermittelt.

In einem weiteren Schritt wurden typische **Risikokategorien in der Projektfinanzierung** auf deren Relevanz in Bezug auf den Finanzierungsgegenstand untersucht. Namentlich waren dies die Kategorien Reserve und Abbau, Zulieferung, Fertigstellung, Verfahren, Betrieb und Management, Markt, Wechselkurs und Zins, Länderrisiken, Force Majeur, Bonität. Daraus wurden Inputparameter in der entwickelten Investitionsrechnung identifiziert, durch die die Risikokategorien beschrieben werden können. Die identifizierten Inputparameter waren Investitionskosten, installierte Leistung Bauphase, installierte Leistung Betriebsphase, Steuersatz, Volllaststunde, Absatzpreis, leistungsabhängiger Kostenfaktor, betriebsabhängiger Kostenfaktor, Steigerungsrate Betriebskosten, Steigerungsrate Absatzpreis, Risikoloser Zinssatz Baukredit (4J), Risikoloser Zinssatz Betriebskredit (25J).

Die **Modellierung von Inputparametern durch stochastische Verteilungen** erfolgte in einem nächsten Schritt. Den meisten Inputparametern wurde dabei, nach dem Satz von Lyapunov, eine Normalverteilung unterstellt. Einige Inputparameter (wie die Volllaststunden) müssen pro Zeitperiode simuliert werden, andere, wie die spezifischen Investitionskosten, werden einmalig stochastisch erzeugt. Um die Fluktuation von einigen Inputparametern, wie beispielsweise dem Absatzpreis, gering zu halten, wurde ein gleitender gewichteter Mittelwert verwendet. Der Modellierung der Körperschaftsteuer wurde eine diskrete Verteilung unterstellt.

Die modellierten Inputparameter und deren stochastische Verteilungen werden als Eingabeparameter für die Investitionsrechnung für Wasserkraftwerksneubauten verwendet. Im Modell wurde weiters die Möglichkeit geschaffen, die Simulationsdurchgänge endlich oft zu wieder-

holen um auch entsprechende Wahrscheinlichkeiten ermitteln zu können. Durch die Variation mehrerer stochastischer Variablen und die Wiederholung der Simulationsdurchgänge ergibt sich eine **Monte-Carlo Simulation**.

Ein Simulationsdurchgang ermittelt rund 2800 Datenpunkte, dies beinhaltet alle simulierten Ein- und Ausgabewerte. Durch die 100 Wiederholungen ergeben sich rund 28000 Datenpunkte die zur Auswertung zur Verfügung stehen. Für jede Kenngröße werden im Modell Erwartungswert, Standardabweichung, Maximum, Minimum und Median ermittelt. Aus Fremdkapitalgebersicht interessieren wiederum die entsprechenden Wahrscheinlichkeitswerte der Kennzahlen der Schuldendienstdeckung DSCR, ICR und deren Erwartungswerte sowie Standardabweichungen. Eine Aussage in der Form, der AVDSCR hat im Finanzierungszeitraum den Erwartungswert 1.81 mit einer Standardabweichung von 0.45, lässt die nötigen Schlüsse aus der Definition der Normalverteilung zu. Der Erwartungswert abzüglich der doppelten Standardabweichung wird nur in zwei Prozent aller Fälle unterschritten.

Weiters werden **durch die Definition von Ausfallkriterien Ausfallwahrscheinlichkeiten ermittelt**. Als Ergebnis der Untersuchung ergibt sich das Kriterium das für den Anwendungsfall Projektfinanzierung für Wasserkraftwerksneubauten am besten geeignet ist. Dies stellt das Ausfallkriterium $LLCR_{BB} < 1$ dar.

Zusammenfassend wird in der Arbeit gezeigt, dass die Anwendung von unsicheren Inputparametern in der Investitionsrechnung zur Bonitätsbeurteilung durch Ausfallwahrscheinlichkeitsermittlung von Projektfinanzierungen für Wasserkraftwerksneubauten aus Fremdkapitalgebersicht geeignet ist. Die ermittelten Kennzahlen können zur Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit verwendet werden. Demnach ist auch eine quantifizierte Zuordnung in Risikokategorien nach dem IRB-Ansatz aus Basel II und Basel III und die direkte Berechnung der Eigenkapitalunterlegung realisierbar.

Anhang



CP FOR THE DRAFT RTS ON ASSIGNING RISK WEIGHTS TO SPECIALISED LENDING EXPOSURES

Annex 1 – Assessment criteria for Project Finance exposures

	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4
Financial Strength				
(a) Market conditions	Few competing suppliers or substantial and durable advantage in location, cost, or technology. Demand is strong and growing.	Few competing suppliers or better than average location, cost, or technology but this situation may not last. Demand is strong and stable.	Project has no advantage in location, cost, or technology. Demand is adequate and stable.	Project has worse than average location, cost, or technology. Demand is weak and declining.
(b) Financial ratios (e.g. debt service coverage ratio (DSCR⁹), interest coverage ratio (ICR¹⁰), loan life coverage ratio (LLCR¹¹), project life coverage ratio (PLCR¹¹), and debt-to-equity ratio)	Strong financial ratios considering the level of project risk; very robust economic assumptions.	Strong to acceptable financial ratios considering the level of project risk; robust project economic assumptions.	Standard financial ratios considering the level of project risk	Aggressive financial ratios considering the level of project risk.
(c) Stress Analysis	The project can meet its financial obligations under sustained, severely stressed economic or sectoral conditions.	The project can meet its financial obligations under normal, stressed economic or sectoral conditions. The project is only likely to default under severe economic conditions.	The project is vulnerable to stresses that are not uncommon through an economic cycle, and may default in a normal downturn.	The project is likely to default unless conditions improve soon.

⁹ The Debt Service Coverage Ratio ('DSCR') refers to the ratio of the cashflow available for debt service which can be generated from the asset to the required repayment of the principal and the interest payments during the life of the loan, where the cashflow available for debt service is calculated by subtracting operating expenditure, capital expenditure, debt and equity funding, taxes and working capital adjustments from the revenues generated by the project.

¹⁰ The Interest Coverage Ratio ('ICR') refers to the ratio of the cashflow available for debt service which can be generated from the asset to the required repayment of the interest payments during the life of the loan, where the cashflow available for debt service is calculated by subtracting operating expenditure, capital expenditure, debt and equity funding, taxes and working capital adjustments from the revenues generated by the project.

¹¹ The Loan Life Coverage Ratio ('LLCR') refers to the ratio of the net present value of the cashflow available for debt service to the outstanding debt balance, and refers to the number of times the cashflow available for debt service which can be generated from the asset can repay the outstanding debt balance over the scheduled life of the loan, where the cashflow available for debt service calculated by subtracting operating expenditure, capital expenditure, debt and equity funding, taxes and working capital adjustments from the revenues generated by the project.

¹² The Project Life Coverage Ratio ('PLCR') refers to the ratio of the net present value of the cashflow available for debt service to the outstanding debt balance, and refers to the number of times the cashflow available for debt service which can be generated from the asset can repay the outstanding debt balance over the scheduled life of the project, where the cashflow available for debt service is calculated by subtracting operating expenditure, capital expenditure, debt and equity funding, taxes and working capital adjustments from the revenues generated by the project.

CP FOR THE DRAFT RTS ON ASSIGNING RISK WEIGHTS TO SPECIALISED LENDING EXPOSURES



<p>(d) Financial Structure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Duration of the credit compared to the duration of the project • Amortisation schedule and refinancing risk 	<p>Useful life of the project significantly exceeds tenor of the loan¹²</p> <p>Amortising debt</p>	<p>Useful life of the project exceeds tenor of the loan</p> <p>Amortising debt</p> <p>There is no foreign exchange risk because there is no difference in the currency of the loan and the income of the project.</p>	<p>Useful life of the project exceeds tenor of the loan</p> <p>Amortising debt repayments with limited bullet refinancing risk.</p> <p>There is a difference in the currency of the loan and the income of the project, but the foreign exchange risk is considered low because the exchange rate is stable.</p>	<p>Useful life of the project may not exceed tenor of the loan</p> <p>Bullet repayment or amortising debt repayments with high bullet repayment. High refinancing risk.</p> <p>There is a difference in the currency of the loan and the income of the project, and the foreign exchange risk is considered high because the exchange rate is volatile.</p>
<p>(e) Foreign exchange risk (after taking into account hedging)</p>				
<p>Political and legal Environment</p>				
<p>(a) Political risk, including transfer risk, considering project type and mitigants</p>	<p>Very low exposure; strong mitigation instruments, if needed</p>	<p>Low exposure; satisfactory mitigation instruments, if needed</p>	<p>Moderate exposure; fair mitigation instruments</p>	<p>High exposure; no or weak mitigation instruments</p>
<p>(b) Force majeure risk (war, civil unrest, etc),</p>	<p>Low exposure</p>	<p>Acceptable exposure</p>	<p>Standard protection</p>	<p>Significant risks, not fully mitigated</p>
<p>(c) Government support and project's importance for the country over the long term</p>	<p>Project of strategic importance for the country (preferably export-oriented). Strong support from Government</p>	<p>Project considered important for the country. Good level of support from Government</p>	<p>Project may not be strategic but brings unquestionable benefits for the country. Support from Government may not be explicit</p>	<p>Project not key to the country. No or weak support from Government</p>
<p>(d) Stability of legal and regulatory environment (risk of change in law)</p>	<p>Favourable and stable regulatory environment over the long term</p>	<p>Favourable and stable regulatory environment over the medium term</p>	<p>Regulatory changes can be predicted with a fair level of certainty</p>	<p>Current or future regulatory issues may affect the project</p>
<p>(e) Acquisition of all necessary supports and approvals for such relief from local content laws</p>	<p>Strong</p>	<p>Satisfactory</p>	<p>Fair</p>	<p>Weak</p>

Abbildung 7.2: Kriterien für supervisory slotting approach 2 (Quelle: European Banking Authority (2015), S.21)

CP FOR THE DRAFT RTS ON ASSIGNING RISK WEIGHTS TO SPECIALISED LENDING EXPOSURES



(f) Enforceability of contracts, collateral and security	Contracts, collateral and security are enforceable	Contracts, collateral and security are enforceable	Contracts, collateral and security are considered enforceable even if certain non-key issues may exist	There are unresolved key issues in respect of actual enforcement of contracts, collateral and security
Transaction Characteristics				
(a) Design and technology risk	Fully proven technology and design	Fully proven technology and design	Proven technology and design – start-up issues are mitigated by a strong completion package	Unproven technology and design; technology issues exist and/or complex design.
(b) Construction Risk <ul style="list-style-type: none"> • Permitting and siting • Type of construction contract • Likelihood to finish the project at the agreed time and cost 	<p>All permits have been obtained</p> <p>Fixed-price date-certain turnkey construction EPC¹³ (engineering and procurement contract)</p> <p>It is almost certain that the project will be finished within the agreed time horizon and at the agreed cost.</p>	<p>Some permits are still outstanding but their receipt is considered very likely</p> <p>Fixed-price date-certain turnkey construction EPC</p> <p>It is very likely that the project will be finished within the agreed time horizon and at the agreed cost.</p>	<p>Some permits are still outstanding but the permitting process is well defined and they are considered routine.</p> <p>Fixed-price date-certain turnkey construction contract with one or several contractors</p> <p>It is uncertain whether the project will be finished within the agreed time horizon and at the agreed cost.</p>	<p>Key permits still need to be obtained and are not considered routine. Significant conditions may be attached.</p> <p>No or partial fixed-price turnkey contract and/or interfacing issues with multiple contractors</p> <p>There are indications that the project will not be finished within the agreed time horizon and at the agreed cost.</p>
(c) Completion guarantees ¹⁴ or liquidated damages ¹⁵	Substantial liquidated damages supported by financial substance	Significant liquidated damages supported by financial substance	Adequate liquidated damages supported by financial substance and/or completion	Inadequate liquidated damages or not supported by financial

¹³ An Engineering and Procurement Contract ('EPC') or 'turnkey contract' refers to an agreement between the engineering and procurement contractor ('EPC contractor') and the developer, whereby the EPC contractor agrees to develop the detailed engineering design of the project, procure all the equipment and materials necessary, construct and deliver a functioning facility or asset to the developer, usually within an agreed time and budget.

¹⁴ A completion guarantee refers to a guarantee provided by the contractor to the project's lenders to undertake to deliver the project within the specified timeframe, and to pay for the cost overruns, if any.

¹⁵ A liquidated damage refers to a monetary compensation for a loss, detriment or injury to a person's rights or property, awarded by a court judgment or by a contract stipulation regarding breach of contract.

Abbildung 7.3: Kriterien für supervisory slotting approach 3 (Quelle: European Banking Authority (2015), S.22)

	and/or strong completion guarantee from sponsors with excellent financial standing	and/or completion guarantee from sponsors with good financial standing	guarantee from sponsors with good financial standing	substance or weak completion guarantees
Track record and financial strength of contractor in constructing similar projects.	Strong	Good	Satisfactory	Weak
(d) Operating risk • Scope and nature of operations and maintenance (O & M) contracts • Operator's expertise, track record, and financial strength • Inherent complexity of O&M activities	Strong long-term O&M contract ¹⁶ , preferably with contractual performance incentives ¹⁷ , and/or O&M reserve accounts ¹⁸ Very strong, or committed technical assistance of the sponsors The O&M activities are straightforward and transparent. An O&M contract is not strictly necessary to perform the required maintenance.	Long term O&M contract, and/or O&M reserve accounts Strong The O&M activities are relatively straightforward and transparent.	Limited O&M contract or O&M reserve account Acceptable The O&M activities are complex and an O&M contract is necessary.	No O&M contract: risk of high operational cost overruns beyond mitigants Limited/weak, or local operator dependent on local authorities The O&M activities are complex and an O&M contract is strictly necessary.
(e) Revenue Assessment, including off-take risk ¹⁹ • What is the robustness of the revenue contracts (e.g. off-	Excellent robustness of the revenues	Good robustness of the revenues	Acceptable revenues	The revenues of the project are not certain and there are indications that some of the revenues may not be obtained.

¹⁶ An Operation and Maintenance ('O&M') contract refers to a contract between the developer and the operator. The developer delegates the operation, maintenance and often performance management of the project to an operator with expertise in the industry under the terms of the O&M contract (i.e. scope, term, operator responsibility, fees, and liquidated damages).

¹⁷ Performance incentives or performance based contracting refer to strategic performance metrics which directly relate contracting payment to these performance metrics. Performance metrics may measure availability, reliability, maintainability, supportability.

¹⁸ An O&M reserve account refers to a fund into which money is deposited to be used for the purpose of meeting the costs of operation and maintenance of the project.

¹⁹ Off-take risk refers to the risk that the demand for the output or service does not exist at the price at which it is provided or the off-taker is unable or refuses to honour his commitment to purchase the output or service.

Abbildung 7.4: Kriterien für supervisory slotting approach 4 (Quelle: European Banking Authority (2015), S.23)

CP FOR THE DRAFT RTS ON ASSIGNING RISK WEIGHTS TO SPECIALISED LENDING EXPOSURES



<p>take contracts²⁰, concession agreements, public private partnership income streams, and other revenue contracts)? What is the quality of the termination clauses²¹?</p> <ul style="list-style-type: none"> • If there is a take-or-pay²² or fixed-price off-take contract • If there is no take-or-pay or fixed-price off-take contract 	<p>Excellent creditworthiness of off-taker; strong termination clauses; tenor of contract comfortably exceeds the maturity of the debt.</p> <p>Project produces essential services or a commodity sold widely on a world market; output can readily be absorbed at projected prices even at lower than historic market growth rates.</p>	<p>Good creditworthiness of off-taker; strong termination clauses; tenor of contract exceeds the maturity of the debt</p> <p>Project produces essential services or a commodity sold widely on a regional market that will absorb it at projected prices at historical growth rates</p>	<p>Acceptable financial standing of off-taker; normal termination clauses; tenor of contract generally matches the maturity of the debt.</p> <p>Commodity is sold on a limited market that may absorb it only at lower than projected prices</p>	<p>Weak off-taker; weak termination clauses; tenor of contract does not exceed the maturity of the debt.</p> <p>Project output is demanded by only one or a few buyers or is not generally sold on an organised market.</p>
<p>(f) Supply Risk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Price, volume and transportation risk of feed-stocks; supplier's track record and financial strength • Reserve risks²³ (e.g. natural resource development) 	<p>Long-term supply contract with excellent financial standing.</p> <p>Independently audited, proven and developed reserves well in excess of requirements over lifetime of the project.</p>	<p>Long-term supply contract with supplier of good financial standing.</p> <p>Independently audited, proven and developed reserves in excess of requirements over lifetime of the project</p>	<p>Long-term supply contract with supplier of good financial standing — a degree of price risk may remain.</p> <p>Proven reserves can supply the project adequately through the maturity of the debt.</p>	<p>Short-term supply contract or long-term supply contract with financially weak supplier — a degree of price risk definitely remains.</p> <p>Project relies to some extent on potential and undeveloped reserves.</p>

²⁰ An off-take contract refers to a contract between a producer of a resource/product/service and a buyer ('off-taker') of a resource to purchase/sell portions of the producer's future production. An off-take contract is normally negotiated prior to the construction of a facility in order to secure a market for the future output of the facility. The purpose is to provide the producer with stable and sufficient revenue to pay its debt obligation, cover the operating costs and provide certain required return.

²¹ A termination clause refers to a provision in a contract which allows for its termination under specified circumstances.

²² A take-or-pay contract refers to a contract in which it is agreed that a client buys the output or service from the supplier or the client pays the supplier a penalty. Both the price and the penalty are fixed in the contract.

²³ Reserve risk refers to the risk that the accessible reserves are smaller than estimated.

Abbildung 7.5: Kriterien für supervisory slotting approach 5 (Quelle: European Banking Authority (2015), S.24)



Strength of Sponsor	Strong sponsor with excellent track record and high financial standing	Good sponsor with satisfactory track record and good financial standing	Adequate sponsor with adequate track record and good financial standing	Weak sponsor with no or questionable track record and/or financial weaknesses
(a) Sponsor's track record, financial strength, and country/sector experience	Strong. Project is highly strategic for the sponsor (core business — long term strategy)	Good. Project is strategic for the sponsor (core business — long term strategy)	Acceptable. Project is considered important for the sponsor (core business)	Limited. Project is not key to sponsor's long term strategy or core business
(b) Sponsor support, as evidenced by equity, ownership clause ²⁴ and incentive to inject additional cash if necessary	Fully comprehensive	Comprehensive	Acceptable	Weak
Security Package				
(a) Assignment of contracts and accounts	First perfected security interest ²⁵ in all project assets, contracts, permits and accounts necessary to run the project	Perfect security interest in all project assets, contracts, permits and accounts necessary to run the project	Acceptable security interest in all project assets, contracts, permits and accounts necessary to run the project	Little security or collateral for lenders; weak negative pledge clause ²⁶
(b) Pledge of assets, taking into account quality, value and liquidity of assets	Strong	Satisfactory	Fair	Weak
(c) Lender's control over cash flow (e.g. cash sweeps ²⁷ , independent escrow accounts ²⁸)	Covenant package is strong for this type of project Project may issue no additional debt	Covenant package is satisfactory for this type of project Project may issue extremely limited additional	Covenant package is fair for this type of project Project may issue limited additional	Covenant package is insufficient for this type of project Project may issue unlimited additional
(d) Strength of the covenant package (mandatory)				

²⁴ An ownership clause refers to a provision that states that a project cannot be owned by a different entity than the actual owner (sponsor).

²⁵ First perfected security interest refers to a security interest in an asset (mortgaged as a collateral) protected from claims by other parties. A lien is perfected by registering it with appropriate statutory authority so that it is made legally enforceable and any subsequent claim on that asset is given a junior status.

²⁶ A negative pledge clause refers to a provision that indicates that the institution will not pledge any of its assets if doing so gives the lenders less security.

²⁷ A cash sweep refers to the mandatory use of excess free cash flows to pay down outstanding debt rather than distribute it to shareholders.

²⁸ An independent escrow account refers to an account held in the sponsor's name by a bank under the support of an escrow account agreement between the lender and borrower providing for irrevocable instructions from the borrower to the effect that all operational revenue or proceeds from sale of assets of the project will be paid into this account, and where the bank is authorised to make payments from available funds only as agreed in the project financing documents.

Abbildung 7.6: Kriterien für supervisory slotting approach 6 (Quelle: European Banking Authority (2015), S.24)

CP FOR THE DRAFT RTS ON ASSIGNING RISK WEIGHTS TO SPECIALISED LENDING EXPOSURES



		additional debt	debt	debt
prepayments ²⁹ , payment deferrals ³⁰ , payment cascade ³¹ , dividend restrictions ³² ...)				
(e) Reserve funds (debt service, O&M, renewal and replacement, unforeseen events, etc)	Longer than average coverage period, all reserve funds fully funded in cash or letters of credit from highly rated bank	Average coverage period, all reserve funds fully funded	Average coverage period, all reserve funds fully funded	Shorter than average coverage period, reserve funds funded from operating cash flows.

Abbildung 7.7: Kriterien für supervisory slotting approach 7 (Quelle: European Banking Authority (2015), S.25)

Kredit kurzfristig - Bauphase - endfällig			
Zinssatz	0,28%		
Risikoaufschlag [%]	0,00%	Σ	0,28%
t [a]	Auszahlung		
-4	0,00		
-3	39,15		
-2	215,32		
-1	391,50		
0	293,62	Summe (t=0) =	942,19

Eigenkapital			
Ke [%]	8%		
t [a]	Sponsorenauszahlung		
-4	70,07	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)	
-3	70,07	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)	
-2	116,07	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)	
-1	139,06	(inklusive Bereitstellungsprovision für Finanzierung)	
0	116,07	Summe (t=0) =	585,23

Kredit langfristig - Betriebsphase				
Zinssatz	0,96%			
Risikoaufschlag [%]	0,00%	Σ	0,96%	
Summe [M€]	-942,19			
periodische Zahlungen [M€ / a]	-42,56			
t [a]	Annuität	Saldo	Zinsen	Tilgung
1	-42,56	-908,65	-9,03	-33,53
2	-42,56	-874,80	-8,70	-33,86
3	-42,56	-840,62	-8,38	-34,18
4	-42,56	-806,11	-8,05	-34,51
5	-42,56	-771,27	-7,72	-34,84
6	-42,56	-736,10	-7,39	-35,17
7	-42,56	-700,59	-7,05	-35,51
8	-42,56	-664,75	-6,71	-35,85
9	-42,56	-628,55	-6,37	-36,19
10	-42,56	-592,02	-6,02	-36,54
11	-42,56	-555,13	-5,67	-36,89
12	-42,56	-517,89	-5,32	-37,24
13	-42,56	-480,29	-4,96	-37,60
14	-42,56	-442,33	-4,60	-37,96
15	-42,56	-404,01	-4,24	-38,32
16	-42,56	-365,32	-3,87	-38,69
17	-42,56	-326,26	-3,50	-39,06
18	-42,56	-286,82	-3,13	-39,43
19	-42,56	-247,01	-2,75	-39,81
20	-42,56	-206,82	-2,37	-40,19
21	-42,56	-166,24	-1,98	-40,58
22	-42,56	-125,27	-1,59	-40,97
23	-42,56	-83,91	-1,20	-41,36
24	-42,56	-42,16	-0,80	-41,76
25	-42,56	0,00	-0,40	-42,16

Abbildung 7.8: Screenshot EK-FK Rechnung

EW	Std Abw	Simulation ein		t=1		t=2		t=3		t=4		t=5		t=6		t=7	
		Verteilung		Verteilung		Verteilung		Verteilung		Verteilung		Verteilung		Verteilung		Verteilung	
		Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg	Sim Erg
<input checked="" type="checkbox"/> Investitionskosten	2600	0,33	2682,67	-0,74	599,26	-0,52	599,48	0,62	600,62	0,83	600,83	-1,30	598,70	1,22	601,22		
<input checked="" type="checkbox"/> installierte Leistung Bauphase	600	1,46	601,46	-2,19	598,17	-0,04	601,40	-1,22	599,64	-1,52	599,18	-1,51	599,20	-1,35	599,44		
<input checked="" type="checkbox"/> installierte Leistung Betriebsphase	600	1,5	600,05	-2,19	598,17	-0,04	601,40	-1,22	599,64	-1,52	599,18	-1,51	599,20	-1,35	599,44		
<input checked="" type="checkbox"/> Steuersatz	25%	0,61	25,00%	-0,02	25,00%	0,61	25,00%	0,61	25,00%	0,67	25,00%	0,67	25,00%	0,67	25,00%		
<input checked="" type="checkbox"/> Volllaststunden	5000	1200	3855,22	-0,02	4973,83	0,82	5988,86	0,61	5731,67	-1,71	2951,10	0,98	6175,11	-0,77	4077,33		
<input checked="" type="checkbox"/> Absatzpreis	5	1,8	1,50	0,34	3,74	-0,01	3,64	1,30	4,54	0,71	4,46	-0,69	4,07	0,32	4,63		
<input checked="" type="checkbox"/> leistungsabhängiger Kostenfaktor	2,20%	0,30%	2,01%	1,95	2,43%	1,70	2,43%	-0,11	2,27%	0,27	2,30%	-0,18	2,28%	-0,91	2,19%		
<input checked="" type="checkbox"/> arbeitsabhängiger Kostenfaktor	0,2	0,03	0,19	-0,41	0,19	0,49	0,20	0,93	0,21	1,52	0,21	1,45	0,22	-0,43	0,20		
<input checked="" type="checkbox"/> Steigerungsrate Betriebskosten	1,20%	0,80%	0,43%														
<input checked="" type="checkbox"/> Steigerungsrate Absatzpreis	0,80%	0,40%	0,41%														
<input checked="" type="checkbox"/> Swap Zinssatz 4J	0,38%	0,80%	1,60%														
<input checked="" type="checkbox"/> SWAP Zinssatz 25J	1,77%	1,80%	2,03%														

Abbildung 7.9: Screenshot stochastische Inputvariablen Modellierung

Einheiten	installierte Leistung zeitliches Mittel [MW]	Körperschaftsteuer zeitliches Mittel [%]	Volllaststunden zeitliches Mittel [h / a]	Abstoßpreis zeitliches Mittel [ct / kWh]	leistungsabhängiger Kostenfaktor zeitliches Mittel [%]	arbeitsabhängiger Kostenfaktor zeitliches Mittel [ct / kWh]	Investitionskosten [€ / MW]	Steigerungsrate der Betriebskosten [% / a]	Steigerungsrate Absatzpreis [% / a]	SWAP Zinssatz 4l	SWAP Zinssatz 25l	Kennzahlen aus Fremdbilanzbeurteilung	DSCR max	DSCR min	ICR max	ICR min	AVDSCR	AVICR	NPVCR _{0.8}	LLCR _{0.8}
91	598,64	26,11%	5248,55	5,61	3,29%	0,24	2702,46	1,44%	1,03%	0,85%	4,0%	4,82	0,77	155,09	11,73	2,70	38,55	4,31	2,73	
92	598,49	23,33%	5015,57	5,56	2,73%	0,20	2680,51	1,29%	0,74%	0,44%	4,36%	4,02	0,80	182,32	3,63	2,26	24,89	4,09	2,26	
93	599,64	25,56%	5540,36	5,60	2,58%	0,30	2586,90	1,18%	1,66%	1,32%	2,19%	3,53	0,45	207,48	5,77	1,91	36,30	3,29	1,91	
94	597,67	25,56%	4792,49	6,40	2,35%	0,21	3109,05	1,85%	0,92%	1,07%	1,35%	3,19	0,27	54,47	0,55	1,72	10,49	2,60	1,69	
95	598,50	25,00%	4943,34	4,84	2,51%	0,26	2219,54	1,63%	0,95%	0,36%	1,10%	2,83	0,69	39,59	1,26	1,84	9,15	2,91	1,78	
96	597,03	24,44%	4886,51	6,18	2,33%	0,25	2035,75	2,07%	1,08%	0,73%	2,54%	3,02	0,78	61,96	3,07	1,95	10,07	2,83	1,99	
97	598,86	27,22%	5540,70	5,82	2,61%	0,23	2262,96	1,85%	0,80%	2,65%	2,88%	3,22	0,36	44,50	4,09	1,82	13,59	3,16	1,87	
98	599,37	24,44%	5083,30	5,50	2,32%	0,24	2640,25	1,59%	1,03%	0,51%	0,22%	2,75	1,07	155,46	5,57	1,92	21,92	2,88	1,93	
99	597,11	23,33%	5184,42	6,24	2,63%	0,22	2546,10	2,81%	0,27%	0,58%	1,69%	2,35	0,05	23,84	0,06	1,23	4,53	1,57	1,13	
100	599,15	22,22%	5051,00	5,78	2,32%	0,22	2209,56	0,60%	0,93%	0,24%	0,30%	2,40	0,82	116,27	3,94	1,77	20,04	3,85	1,76	
Mittelwert	598,78	0,25	4999,16	5,91	0,03	0,24	2557,82	1,96%	0,80%	0,64%	2,15%	3,18	0,66	356,06	5,58	1,81	51,58	2,89	1,81	
STD Abweichung	0,91	0,01	182,74	0,54	0,00	0,02	255,56	0,69%	0,41%	0,47%	1,40%	0,87	0,36	1027,05	15,45	0,45	131,01	1,07	0,46	
Maximum	600,85	0,30	5540,36	7,40	0,03	0,30	3187,84	3,02%	1,69%	2,65%	5,92%	5,61	1,59	8058,17	104,00	3,33	969,06	7,57	3,33	
Minimum	596,20	0,21	4556,09	4,74	0,02	0,20	2035,75	0,02%	0,02%	0,00%	0,00%	1,82	-0,39	18,87	-51,10	1,03	3,92	1,23	0,99	
Median	598,79	0,25	4976,77	5,86	0,03	0,23	2541,32	1,36%	0,75%	0,59%	2,15%	3,13	0,66	85,45	2,47	1,79	13,54	2,80	1,79	
	100%	45%	100%	94%	100%	98%	71%	57%	48%	67%	54%	100%	2%	100%	70%	67%	100%	100%	97%	70%
												100%	5%	100%	80%	90%	100%	100%	99%	87%
												100%	16%	100%	85%	100%	100%	100%	100%	99%
PD(DSCR<1)	11,44%																			
PD(DSCR<0,8)	5,52%																			
PD(ICR<1)	0,68%																			
PD(ICR<0,8)	0,60%																			
PD(NPVCRBB<1)	0,00%																			
PD(LLCRBB<1)	1,00%																			

Abbildung 7.10: Screenshot Ergebnisse1

	NPV (Gesamtpjekt) [ME]	NPV (EK) [ME]	IRR (Gesamtpjekt) [%]	IRR (EK) [%]	MIRR (Gesamtpjekt) [%]	MIRR (EK) [%]	PI (Gesamtpjekt)	PI (EK)	Payback Period	disk. Payback Period (EK)	disk. Payback Period (EK)	DSCR =1	DSCR =2	DSCR =3	DSCR =4	DSCR =5	DSCR =6	DSCR =7	DSCR =8	DSCR =9	DSCR =10	
91	186,57	-90,74	5,37%	6,80%	4,82%	7,58%	1,12	1,95	15,76	17,68	29,64	27,52	1,88	1,78	2,35	1,27	1,26	0,92	2,37	0,33	1,96	1,64
92	314,11	-412,04	2,74%	4,24%	2,38%	6,08%	1,16	1,16	26,56	26,76	37,56	31,28	1,60	0,50	0,72	1,33	0,79	1,33	2,11	1,62	1,60	1,24
93	501,39	-246,06	4,18%	5,63%	3,52%	6,79%	1,30	1,45	22,84	25,48	34,92	31,00	2,39	0,50	0,72	1,53	1,18	1,71	1,58	1,06	1,78	1,74
94	399,69	-180,82	3,96%	6,05%	3,27%	7,20%	1,21	1,53	19,84	15,92	30,00	25,24	1,93	0,84	1,00	1,42	1,97	0,98	2,08	1,91	2,57	2,41
95	596,09	6,31	5,56%	8,07%	4,37%	8,03%	1,37	1,92	17,04	15,00	25,72	19,88	2,23	1,60	1,15	2,65	3,07	1,44	1,34	2,06	1,03	0,58
96	159,38	-259,49	3,77%	5,15%	3,43%	6,79%	1,09	1,48	20,28	20,40	39,24	33,24	1,16	1,81	1,88	1,96	1,88	1,24	1,28	1,05	1,61	1,05
97	-121,32	-403,33	2,59%	3,41%	2,81%	5,78%	0,93	1,24	25,48	28,68	39,44	39,44	0,99	1,98	0,72	1,20	1,26	1,67	1,56	1,24	1,40	1,16
98	502,51	-119,43	5,76%	7,08%	5,02%	7,51%	1,27	1,89	18,16	20,28	33,16	29,56	1,06	1,46	1,63	0,96	1,70	1,04	1,94	1,31	0,92	1,83
99	169,59	-321,01	3,17%	4,61%	2,90%	6,30%	1,10	1,30	23,96	23,40	39,08	31,04	1,17	1,66	1,05	1,27	1,31	1,05	1,57	1,44	1,87	1,54
100	553,37	120,12	6,15%	9,58%	4,78%	8,48%	1,35	2,10	14,68	11,44	23,00	14,48	2,74	2,09	1,83	2,43	1,78	2,39	1,77	1,55	1,44	1,84
Mittelwert	635,64	-5,35	5,54%	8,35%	4,29%	7,87%	1,40	1,92	17,24	15,65	26,24	21,13	1,87	1,80	1,96	1,95	1,80	1,86	1,93	1,88	1,85	1,82
STD Abweichung	477,55	248,73	1,45%	3,11%	0,80%	1,07%	0,32	0,41	3,68	6,75	7,56	9,99	0,96	0,94	0,91	0,86	0,73	0,69	0,63	0,81	0,76	0,70
Maximum	1941,07	660,90	9,50%	20,22%	5,87%	10,20%	2,39	3,05	27,80	31,80	39,80	39,84	4,21	5,17	4,75	4,64	3,61	3,68	3,36	4,24	3,70	4,19
Minimum	-283,11	-555,76	2,59%	3,37%	2,38%	5,01%	0,83	1,12	10,20	3,84	11,96	4,36	-0,21	0,18	0,30	0,75	0,52	0,21	0,37	0,20	0,37	0,58
Median	585,20	-37,40	5,56%	7,56%	4,28%	7,83%	1,35	1,90	17,04	15,28	25,92	19,80	1,79	1,68	1,88	1,73	1,74	1,84	1,89	1,80	1,68	1,75
	92%	46%	65%	46%	24%	100%	92%	100%	97%	87%	43%	58%	64%	60%	66%	66%	67%	65%	65%	60%	60%	70%
				61%								68%	66%	75%	75%	70%	80%	83%	79%	75%	75%	
				82%								78%	78%	88%	88%	86%	86%	83%	87%	88%	92%	
PD(DSCR<1)				88%								78,00	78,00	88,00	88,00	86,00	86,00	85,00	87,00	88,00	92,00	
PD(DSCR<0,8)				95%								88,00	89,00	94,00	94,00	98,00	98,00	91,00	96,00	96,00	95,00	96,00
PD(CR<1)				100%																		
PD(CR<0,8)																						
PD(NPV/CRBB<1)																						
PD(LLCRBB<1)																						

Abbildung 7.11: Screenshot Ergebnisse²

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Diskontierung (EK)																
Diskontierungssatz (WMCF)		8,00%	(für Gesamtprojekt)													
Diskontierungssatz (FK)		0,76%	(für Berechnung NPVCR und LCR)													
IO [M€]	-1736,70															
CF nSt.vFin [M€]	80,41	83,33	82,47	88,42	101,00	102,90	167,51	145,74	67,40	112,49	79,71	87,88	121,44	57,65	158,36	
kumulierter CF nSt.vFin [M€]	-1736,70	-1656,29	-1572,96	-1490,49	-1402,07	-1301,07	-1198,17	-1030,66	-884,92	-817,52	-705,03	-625,32	-537,44	-416,00	-358,36	-199,99
FK		78,80	82,09	80,63	85,79	87,27	98,36	158,91	137,22	62,98	104,34	78,37	80,30	110,12	51,88	141,46
WMCF		78,38	79,18	76,38	79,82	88,87	88,26	140,05	118,77	53,54	87,10	60,16	64,65	87,08	40,50	107,90
kumulierter disk.																
CF nSt.vFin [M€]	-1736,70	-1658,32	-1579,15	-1502,77	-1422,95	-1334,07	-1245,81	-1105,77	-987,00	-933,46	-846,36	-786,20	-721,54	-634,46	-594,17	-486,27
CF nSt.vFin [M€]	-662,34	38,09	36,01	35,15	41,10	53,68	55,58	120,19	98,42	20,08	65,17	32,39	40,56	74,11	10,33	111,04
kumulierter CF nSt.vFin [M€]	-662,34	-628,26	-598,25	-558,09	-517,00	-463,32	-407,74	-287,55	-189,13	-169,06	-103,89	-71,50	-30,94	43,18	53,51	164,55
disk. CF nSt.vFin [M€]		32,25	34,21	32,56	37,10	47,23	47,67	100,48	80,20	15,95	50,46	24,44	29,84	53,15	7,22	75,66
kumulierter disk.																
CF nSt.vFin [M€]	-662,34	-630,09	-595,88	-565,32	-526,22	-478,99	-431,32	-330,83	-250,63	-234,68	-184,22	-159,78	-129,93	-76,79	-69,57	6,09
Investitionsrechnung																
Klassisch																
NPV (Gesamtprojekt) [M€]		392,97														
NPV (EK) [M€]		34,49														
IRR (Gesamtprojekt) [%]		6,23%														
IRR (EK) [%]		8,43%														
MIRR (Gesamtprojekt) [%]		5,23%														
MIRR (EK) [%]		8,13%														
PI (Gesamtprojekt)		1,22														
PI (EK)		2,16														
Payback Period		14,32														
Payback Period (EK)		11,04														
disk. Payback Period		27,56														
disk. Payback Period (EK)		25,16														
Kennzahlen aus Fremdkapitalperspektive																
DSCR		1,70	1,76	1,74	1,87	2,13	2,17	3,54	3,08	1,42	2,38	1,68	1,86	2,57	1,22	3,35
ICR		9,91	10,66	10,97	12,25	14,60	15,56	26,57	24,31	11,86	20,96	15,78	18,57	27,54	14,11	42,12
AVDSR		1,56														
AVICR		6,64														
(NPV/CF) _{FK}		2,18														
LLCR _{FK}		1,64														

Abbildung 7.12: Screenshot Investitionsrechnung

	20%	20,00%	20%	20%	25%	25%	25%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	
Steuersatz	20%	20,00%	20%	20%	25%	25%	25%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Investition [M€]	-1645,70													
Ausgangswert Abschreibungen [M€]	1552,54													
Umsatz [M€]		158,36	89,55	122,02	219,93	111,00	156,76	132,08	235,44	222,98	131,99	178,87	154,56	60,44
Stromgestehungskosten [M€]		44,79	45,15	45,12	48,55	43,45	48,52	47,31	47,28	52,22	47,91	52,36	49,51	45,00
Abschreibung [M€]		38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81	38,81
Buchwert [M€]	1552,54	1513,72	1474,91	1436,10	1397,28	1358,47	1319,66	1280,84	1242,03	1203,21	1164,40	1125,59	1086,77	1047,96
EBITDA [M€]		113,58	44,40	76,90	171,38	67,55	108,24	84,78	188,16	170,76	84,09	126,51	105,05	15,43
EBIT [M€]		74,77	5,59	38,08	132,57	28,73	69,42	45,96	149,35	131,95	45,27	87,70	66,24	-23,38
Zinsen [M€]		18,73	18,13	17,53	16,91	16,28	15,63	14,98	14,31	13,64	12,95	12,24	11,53	10,80
EBT [M€]		56,03	-12,55	20,56	115,66	12,46	53,79	30,98	135,04	118,31	32,33	75,45	54,71	-34,18
Steuern [M€]		11,21	-2,51	4,11	23,13	3,11	13,45	7,75	33,76	29,58	6,47	15,09	10,94	-6,84
EB [M€]		44,83	-10,04	16,45	92,53	9,34	40,34	23,24	101,28	88,73	25,86	60,36	43,77	-27,34
CF vSt vFin [M€]		113,58	44,40	76,90	171,38	67,55	108,24	84,78	188,16	170,76	84,09	126,51	105,05	15,43
CF nSt vFin [M€]		102,37	46,91	72,79	148,25	64,43	94,79	77,03	154,41	141,18	77,62	111,42	94,11	22,27
FK Kosten [M€]		51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23	51,23
CF nSt nFin [M€]		51,15	-4,32	21,56	97,02	13,21	43,56	25,80	103,18	89,96	26,39	60,19	42,88	-28,96

Abbildung 7.13: Screenshot Cash-Flow Rechnung

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volllaststunden [h / a]		4393,02	4516,89	4486,10	5821,70	5683,46	5087,46	7577,52	3932,11	3646,82
inst. Leistung [MW]		599,61	599,01	599,44	597,46	599,37	599,06	597,65	597,52	598,24
Preis [ct / kWh]		4,13	4,25	5,49	5,08	4,40	4,09	5,16	4,85	4,68
leistungsabhängiger Kostenfaktor [%]		2,09%	0,02	2,04%	2,11%	2,18%	2,18%	2,11%	2,24%	2,23%
leistungsabhängige (=fixe) Betriebskosten [M€]		32,78	33,33	32,77	34,24	35,90	36,34	35,57	38,10	38,40
arbeitsabhängige (=variable) Betriebskosten [ct / kWh]		0,14	0,18	0,15	0,18	0,18	0,22	0,20	0,21	0,21
Stromgestehungskosten [M€]		36,40	38,22	36,91	40,55	42,19	43,13	44,79	42,99	43,03
Umsatz [M€]		108,69	114,89	147,59	176,72	149,77	124,60	233,72	114,00	102,07

Abbildung 7.14: Screenshot Überschuss Rechnung

Literaturverzeichnis

Andritz Hydro GmbH (2009), '*Compact Hydro Brochure*', Andritz Hydro GmbH, Wien.

Basel Committee on Banking Supervision (2004), '*Modifications to the capital treatment for expected and unexpected credit losses in the New Basel accord*', Bank for International Settlements, Basel.

Basel Committee on Banking Supervision (2006), '*International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*', Bank for International Settlements, Basel.

Basel Committee on Banking Supervision (2011), '*Ein globaler Regulierungsrahmen für widerstandsfähigere Banken und Bankensysteme*', Bank for International Settlements, Basel.

BMU (2004), '*Erneuerbare Energien: Investition für die Zukunft*', Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesrepublik Deutschland.

Boettcher, J.; Blatter, P. (2012), '*Projektfinanzierung Risikomanagement und Finanzierung*', Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 3.Auflage.

Brauner, G. (2008), '*Energiewirtschaftliche Grundlagen: Wirtschaftlichkeitsrechnung*', Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, TU Wien.

Brealey, R.A.; Myers, S. A. F. (2011), '*Principles of Corporate Finance*', McGraw-Hill Irwin, 10th International Edition, Singapore.

Brigham, E.F.; Ehrhardt, M. (2014), '*Financial Management Theory and Practice*', South Western, 14th Edition, Mason.

Deutsch, C. (2010), '*Projektfinanzierung unter Unsicherheit*', Master Thesis, TU Wien.

DOGUS INSAAT (10.07.2015), '*Boyabat Dam and HEPP*',
<http://www.dogusinsaat.com.tr/DOGUSINSAAT/apps/projeler/ProjectDetails.aspx?ProjectId=15491>

E-Wirtschaft, V. Ö. (21.06.2015), '*Haushaltsstrompreise im europäischen Vergleich*',
<http://oesterreichsenergie.at/daten-fakten/statistik/Strompreis.html>.

Erste Bank (28.06.2015), '*Marktübersicht Kapitalmarkt: Markt Swapsätze*',
<https://produkte.erstegroup.com/Retail/de/MarketsAndTrends/FixedIncome/Kapitalmarktderivate/index.phtml>.

- ETSAP (2010), '*Hydropower*', International Energy Agency, Energy Technology System Analysis Programme, Technology Brief E12.
- European Banking Authority (2015), '*CP for the draft RTS on assigning risk weights to specialized lending exposure*', European Banking Authority.
- European Energy Exchange AG (21.06.2015), '*Spotmarktpreise, Futurepreise, Optionpreise*', <https://www.eex.com/de>.
- Financial Conduct Authority FCA (19.07.2015), '*FCA Handbook*', <http://fshandbook.info/FS/html/FCA>.
- Gatti, S. (2008), '*Project Finance in Theory and Practice*', Elsevier, London.
- Gleißner, W. (1999), '*Risikoaggregation durch Monte-Carlo Simulation*', Management GmbH und AG, Versicherungswirtschaftsheft 13, Nürnberg.
- Guellich, H.-P. (1997), '*Fuzzy-Expertensysteme zur Berücksichtigung von Kreditrisiken*', Deutscher Universitätsverlag GmbH, Wiesbaden.
- Haas, R.; Auer, H. (2001), '*Kleinwasserkraft im liberalisierten Strommarkt Österreichs*', Erneuerbare Energie - Zeitschrift für eine nachhaltige Energiezukunft, Ausgabe 2001-4.
- Höpfner, K. (1995), '*Projektfinanzierung: Erfolgsorientiertes Management einer bankbetrieblichen Leistungsart*', Berliner Wissenschafts Verlag, Göttingen.
- IEA (2010), '*Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050*', International Energy Agency IEA.
- IPCC (2012), '*Renewable energy sources and climate mitigation*', Special report of the Intergovernmental Panel On Climate Change; Summary for policymakers and technical summary.
- IRENA (2012), '*Renewable Energy Technology: Cost Analysis Series - Hydropower*', International Renewable Energy Agency, Volume 1: Power Sector, Issue 3/5.
- Kost, C. e. (2013), '*Stromgestehungskosten Erneuerbarer Energien*', Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme; Studie.
- Microsoft Corporation (2015), '*MS Office Support*', <https://support.office.com/de-at/>.
- Nachnebel, H. (2011), '*Wasserwirtschaftliche Planungsmethoden: Fallbeispiel zur Wirtschaftlichkeit eines KWKW*', Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau, BOKU WIEN.
- Nevitt, P.K.; Fabozzi, F. (2000), '*Project Financing*', Euromoney Institutional Investor PLC, Seventh Edition.

- OEKB AG (2006), ‘*Projektfinanzierung mit der OEKB Handbuch*’, Oesterreichische Kontrollbank AG.
- Oesterreichische Nationalbank (2004), ‘*Leitfaden zum Kreditrisiko: Ratingmodelle und Validierung*’, Oesterreichische Nationalbank.
- Scanella, E. (2013), ‘*Bank Lending in Project Finance: The New Regulatory Capital Framework*’, International Journal of Economics and Finance; Vol. 5, No. 1; 2013.
- Schwaiger, W. (2011), ‘*IFRS-Finanzmanagement: Investition und Finanzierung*’, Institut für Management Wissenschaften (IMW), Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, TU WIEN.
- Soehlke, T. (2002), ‘*Regulatorische Erfassung des Kreditrisikos - Eine theoretische und empirische Analyse der Auswirkungen von Basel II auf Basis des zweiten Konsultationspapiers*’, Gabler Verlag GmbH, Wiesbaden.
- Verbund AG (14.06.2015), ‘*Pumpspeicherkraftwerk Reisseck II*’, <http://www.verbund.com/pp/de/pumpspeicherkraftwerk/reisseck-2>.
- Verein Österreichs E-Wirtschaft (21.06.2015), ‘*Industriestrompreise im europäischen Vergleich*’, <http://oesterreichsenergie.at/daten-fakten/statistik/Strompreis.html>.
- Werthschulte, H. (2012), ‘*Kreditrisikofinanzierung bei Projektfinanzierung durch Risikosimulation*’, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 3.Auflage, Münster.
- Wikipedia: Standardabweichung (09.07.2015), ‘*Standardabweichung*’, <https://de.wikipedia.org/wiki/Standardabweichung>.
- Wikipedia: Volllaststunde (21.06.2015), ‘*Volllaststunde*’, <https://de.wikipedia.org/wiki/Volllaststunde>.