

Kritische Erfolgsfaktoren für den Bezug geothermer Energie aus Tiefenwässern

Diplomarbeit
von
Paul Frühling, Bakk. techn.



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 22. Oktober 2007



Aufgabenstellung

Herrn **Paul Frühling** wird das Thema

"Kritische Erfolgsfaktoren für den Bezug geothermer Energie aus Tiefenwässern"

zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Im ersten Teil der Masterarbeit sind die theoretischen Grundlagen zur Bearbeitung der beschriebenen Themenstellung herauszuarbeiten. Hierzu ist vor allem auf die verschiedenen Arten von geothermischen Speichersystemen, auf statische und dynamische Investitionskalküle sowie auf deterministische und probabilistische Sensitivitätsanalysen einzugehen.

Den zweiten, empirischen Teil der Arbeit bildet eine international durchgeführte Umfrage über kritische Erfolgsfaktoren. Die Ist-Zustandsanalyse soll mittels Fragebogen unter Beachtung der aus der Literatur ableitbaren Einflussfaktoren durchgeführt werden.

Darüber hinaus soll im abschließenden Teil am Fallbeispiel des Geothermieprojektes Aspern mittels Sensitivitätsanalysen kritische Erfolgsfaktoren für den Bezug von geothermer Energie aus Tiefenwässern abgeleitet werden.

Leoben, im Jänner 2007

o.Univ.Prof. Dr. Hubert Biedermann

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Informationen und Quellen benützt und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Es ist mir ein Bedürfnis an dieser Stelle all jenen Menschen zu danken, welche mich durch mein gesamtes Studium hindurch oder bei der Erstellung dieser Diplomarbeit maßgeblich unterstützt haben.

Bei O.Univ.Prof. DI Dr. Hubert Biedermann möchte ich mich für die Möglichkeit bedanken, diese Arbeit am Department Wirtschafts- und Betriebswissenschaften der Montanuniversität Leoben verfassen zu dürfen.

Weiters danken möchte ich DI Dr. Leopold Bräuer und DI Stephan Staber für die äußerst kompetente und umsichtige Betreuung.

DI Dr. Leopold Bräuer, welcher mir dieses interessante Thema bei der OMV AG ermöglicht hat, bin ich darüber hinaus zu besonderem Dank verpflichtet.

Herzlichst bedanken darf ich mich auch bei meiner Freundin Christine Serro. Durch ihre unentwegte Unterstützung in allen Belangen meines Lebens trägt sie bedeutenden Anteil an allem Erreichten.

Meiner ganzen Familie, im Besonderen meinen lieben Eltern, möchte ich in jeder Hinsicht ganz herzlich danken. Nicht nur durch ihre finanzielle Unterstützung, sondern vor allem auch durch ihren moralischen Beistand und Halt ermöglichten sie mir eine unbeschwertere und wunderschöne Studienzeit in Leoben.

Abstract

Als führender Erdöl- und Erdgaskonzern in Mitteleuropa ist die OMV AG bestrebt ihr Know-how auch auf dem Gebiet der geothermischen Energienutzung aus Tiefenwässern zu erweitern. Ziel dieser Arbeit ist es, die kritischen Erfolgsfaktoren (KPIs) bei der Verwirklichung eines hydrothermalen Geothermieprojektes herauszuarbeiten. Besonderes Augenmerk soll dabei auf den technischen, den wirtschaftlichen und den politischen KPIs liegen. Im ersten Teil der Diplomarbeit werden die notwendigen fachlichen Grundlagen erarbeitet. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Ermittlung von kritischen Erfolgsfaktoren anhand bestehender Geothermieprojekte. Hierzu werden die Fragebogentechnik und damit verbundene Auswertungen herangezogen. Unterstützt durch die Ergebnisse dieses Teils wird daraufhin ein in Wien geplantes geothermisches Projekt in wirtschaftlicher Hinsicht untersucht. Mittels eines umfangreichen Modells auf Basis bestehender Expertisen und Interviews wird der Kapitalwert dieser geplanten Anlage berechnet. Im darauf folgenden Schritt werden eine deterministische und eine probabilistische Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um den Einfluss der einzelnen Eingabedaten auf den Kapitalwert des Projekts zu untersuchen und kritische Erfolgsfaktoren festzustellen. Im letzten Teil der Arbeit folgt die Durchführung einer quantitativen Bewertung von KPIs für hydrothermale Geothermieprojekte. Dabei werden verallgemeinerte Parameter in das Modell zur Kapitalwertberechnung eingesetzt und mittels probabilistischer Sensitivitätsanalyse die Erfolgsfaktoren ermittelt.

As a leading oil and gas company in middle Europe the OMV AG would like to improve its know-how in the field of geothermal energy. The aim of this thesis is to work out the key performance indicators (KPIs) for geothermal energy projects. Particular attention lies thereby on the technical, the economic, and the political KPIs. In the first part of the diploma thesis the necessary theoretical bases are compiled. The following chapter contains the determination of KPIs on the basis of existing geothermal projects. For that purpose the questionnaire technique and associated evaluations are applied. Supported by the results of this part, a geothermal project, planned in Vienna, is examined economically. With an extensive model built on basis of existing expert's assessments, the net present value of this planned plant is computed. In the following step a deterministic and a probabilistic sensitivity analysis is accomplished in order to examine the single inputs on their influence on the net present value of the project and to find out the KPIs. With these results the KPIs for this and for similar projects are identified. In the last part of this thesis a quantitative evaluation of KPIs is realized for hydrothermal projects. Therefore generalized parameters are inserted into the model calculating the net present value and the KPIs are found out by using a probabilistic sensitivity analysis.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung	ii
Eidesstattliche Erklärung	iii
Danksagung	iv
Abstract	v
Inhaltsverzeichnis	vi
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xi
Abkürzungsverzeichnis.....	xii
1 Einleitung	13
2 Grundlagen der Geothermie.....	14
2.1 Einteilung der Energiequellen	14
2.2 Begriffe.....	15
2.3 Erdwärme	15
2.4 Arten von Speichersystemen	15
2.4.1 Flache geothermische Systeme	16
2.4.2 Hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie.....	17
2.4.3 Hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie.....	17
2.4.4 Hot-Dry-Rock-Systeme	17
2.4.5 Tiefe Erdwärmesonde.....	18
2.5 Exkurs Wärmepumpe	20
3 Grundlagen der Investitionsrechnung	22
3.1 Investition – Begriffliche Grundlagen.....	22
3.2 Zweck und Notwendigkeit der Investitionsrechnung	23
3.2.1 Volkswirtschaftliche Notwendigkeit.....	23
3.2.2 Betriebswirtschaftliche Notwendigkeit.....	23
3.3 Modelle der Investitionsrechnung	24
3.4 Statische Modelle.....	24
3.4.1 Kostenvergleichsrechnung.....	24
3.4.2 Gewinnvergleichsrechnung.....	25
3.4.3 Rentabilitätsvergleichsrechnung.....	25
3.4.4 Statische Amortisationsrechnung.....	26

3.4.5	Gesamtbeurteilung der Statischen Modelle	26
3.5	Dynamische Modelle	26
3.5.1	Kapitalwertmethode.....	27
3.5.2	Annuitätenmethode.....	28
3.5.3	Interner Zinssatz-Methode	28
3.5.4	Dynamische Amortisationsrechnung	29
3.5.5	Gesamtbeurteilung der Dynamischen Modelle.....	29
4	Grundlagen der Sensitivitätsanalyse	30
4.1	Modelle für Entscheidungen bei Datenunsicherheit.....	30
4.1.1	Verfahren zur Berücksichtigung der Unsicherheit	31
4.1.2	Sensitivitätsanalyse.....	32
4.2	Monte Carlo Simulation	34
4.2.1	Ablauf einer Monte Carlo Simulation.....	34
4.2.2	Definierung eines Modells	35
4.2.3	Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Inputs.....	35
4.2.4	Zufällige Proben aus allen Input-Verteilungen	36
4.2.5	Berechnung des Outputwertes je Lauf.....	36
4.2.6	Verteilung der Output-Daten aller Simulationsläufe.....	36
4.3	Sensitivitätsanalyse mittels Monte Carlo Simulation	37
4.3.1	Korrelationskoeffizient.....	37
4.3.2	Regressionskoeffizient	38
4.3.3	Softwarelösungen	38
4.3.4	Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse	39
5	Qualitative Bewertung von KPIs bei Geothermieprojekten	41
5.1	Der Fragebogen.....	41
5.1.1	Aufbau des Fragebogens	41
5.1.2	Parameter des Fragebogens	43
5.2	Versendung des Fragebogens	48
5.3	Rücklauf des Fragebogens.....	49
5.4	Ergebnisse des Fragebogens	50
5.4.1	Auswertungsvariante 1 – alle Fragebögen	50
5.4.2	Auswertungsvariante 2 – Standardabweichung.....	53
5.4.3	Auswertungsvariante 3 – Schranke	54
5.4.4	Auswertungsvariante 4 – Kompetenzbewertung.....	55
5.4.5	Auswertungsvariante 5 – Systeme mit hoher Enthalpie	56
5.4.6	Auswertungsvariante 6 – Systeme mit niedriger Enthalpie.....	58

5.5	KPIs auf Grund qualitativer Bewertung.....	59
5.5.1	KPIs für alle Geothermieprojekte.....	60
5.5.2	KPIs bei niedriger Enthalpie	60
5.5.3	KPIs bei hoher Enthalpie.....	61
6	Wirtschaftlichkeitsrechnung „Geothermieprojekt Aspern“	62
6.1	Ausgangsdaten „Geothermieprojekt Aspern“	63
6.1.1	Interviews	63
6.1.2	Relevante Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	64
6.2	Investitionsrechnungsmodell „Geothermieprojekt Aspern“	69
6.3	Fallstudie: Berechnung der Anlage ohne Bohrkosten.....	74
7	Sensitivitätsanalysen „Geothermieprojekt Aspern“.....	78
7.1	Deterministische Sensitivitätsanalyse.....	80
7.1.1	Berechnungen der deterministischen Sensitivitätsanalyse	80
7.1.2	Ergebnisse der deterministischen Sensitivitätsanalyse	81
7.1.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	85
7.2	Probabilistische Sensitivitätsanalyse.....	86
7.2.1	Parameter.....	86
7.2.2	Berechnungsmodell mit Verteilungen	88
7.2.3	Simulation.....	90
7.2.4	Ergebnisse der probabilistischen Sensitivitätsanalyse	90
7.2.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	107
7.3	Kritische Erfolgsfaktoren des „Geothermieprojektes Aspern“	108
8	Quantitative Bewertung von KPIs bei Geothermieprojekten.....	114
8.1	Parameter.....	114
8.2	Simulation und Ergebnisse	115
8.3	KPIs aufgrund quantitativer Bewertung.....	117
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	118
	Literaturverzeichnis	120
	Anhang.....	123

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energiequellen, ihre Erscheinungsformen bzw. Wirkungen.....	14
Abbildung 2: Grundprinzip geothermaler Energienutzung.....	16
Abbildung 3: Prinzipschema HDR-Kraftwerk.....	18
Abbildung 4: Einfache Koaxialsonde.....	19
Abbildung 5: Tiefe Einzelsonde mit geschlossenem Kreislauf einer Koaxialsonde (Rohr in Rohr Prinzip).....	20
Abbildung 6: Prinzip der Wärmepumpe.....	21
Abbildung 7: Klassifizierung von Investitionen.....	23
Abbildung 8: Formalstruktur eines Entscheidungsbaums.....	32
Abbildung 9: Einstellungsmöglichkeiten für Input-Parameter mittels @Risk.....	35
Abbildung 10: Korrelationsgleichung.....	37
Abbildung 11: Regressionsgleichung.....	38
Abbildung 12: Beispiel eines Spider-Diagramms.....	39
Abbildung 13: Beispiel eines Tornado-Diagramms.....	40
Abbildung 14: Auszug von Auswertungsvariante 1 – alle Fragebögen.....	51
Abbildung 15: Auszug von Auswertungsvariante 2 – Standardabweichung.....	53
Abbildung 16: Auszug von Auswertungsvariante 3 – Schranke.....	54
Abbildung 17: Auszug von Auswertungsvariante 4 – Kompetenzbewertung.....	55
Abbildung 18: Auszug von Auswertungsvariante 5 – Systeme mit hoher Enthalpie.....	57
Abbildung 19: Auszug von Auswertungsvariante 6 – Systeme mit niedriger Enthalpie.....	58
Abbildung 20: Ausschnitt aus der Visualisierung des Modells zur Berechnung des Kapitalwerts.....	71
Abbildung 21: Übersicht aller Geldflüsse – Geothermieprojekt Aspern.....	72
Abbildung 22: Darstellung der Kapitalwertmethode – Geothermieprojekt Aspern.....	73
Abbildung 23: Darstellung der Amortisationszeit – Geothermieprojekt Aspern.....	74
Abbildung 24: Übersicht aller Geldflüsse – Fallbeispiel ohne Bohrkosten.....	75
Abbildung 25: Darstellung der Amortisationszeit – Fallbeispiel ohne Bohrkosten.....	76
Abbildung 26: Spider-Diagramm aller untersuchten Parameter.....	82
Abbildung 27: Spider-Diagramm der wichtigsten Parameter.....	83
Abbildung 28: Spider-Diagramm der Indices.....	84
Abbildung 29: Spider-Diagramm aller restlichen Parameter.....	85
Abbildung 30: Ausschnitt aus der Visualisierung des Modells.....	89
Abbildung 31: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts beim Geothermieprojekt Aspern.....	91
Abbildung 32: Tornado-Diagramm der Inputdaten des Geothermieprojektes Aspern.....	92
Abbildung 33: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts bei einer Laufzeit von 10 Jahren.....	94
Abbildung 34: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei einer Laufzeit von 10 Jahren.....	95
Abbildung 35: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts bei einer Laufzeit von 40 Jahren.....	96

Abbildung 36: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei einer Laufzeit von 40 Jahren	97
Abbildung 37: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei unterschiedlichen Laufzeiten	98
Abbildung 38: Verteilung des Kapitalwerts bei der Unbrauchbarkeit des mitproduzierten Gases	99
Abbildung 39: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei unbrauchbarem Gas100	
Abbildung 40: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei Unbrauchbarkeit des mitproduzierten Gases.....	101
Abbildung 41: Verteilung des Kapitalwerts wenn Sauer gas vorhanden ist.....	102
Abbildung 42: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei Sauer gas.....	103
Abbildung 43: Tornado-Diagramm der Inputdaten wenn Sauer gas vorhanden ist	104
Abbildung 44: Verteilung des Kapitalwerts bei einer Bohrtiefe von 6.000 m und einer Austrittstemperatur von 180 °C.....	105
Abbildung 45: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei unterschiedlichen Bohrtiefen.....	106
Abbildung 46: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei einer Bohrtiefe von 6.000 m und einer Austrittstemperatur von 180 °C	107
Abbildung 47: Auswirkung des Einspeisetarifs thermisch auf den Kapitalwert der Anlage.	109
Abbildung 48: Auswirkung der Zirkulationsrate auf den Kapitalwert der Anlage	110
Abbildung 49: Auswirkung des Loadfaktors der thermischen Anlage auf den Kapitalwert der Anlage.....	111
Abbildung 50: Auswirkung des Zinssatzes auf den Kapitalwert der Anlage.....	112
Abbildung 51: Auswirkung der Reinjektionstemperatur auf den Kapitalwert der Anlage	112
Abbildung 52: Tornado-Diagramm einer verallgemeinerten probabilistischen Sensitivitätsanalyse.....	116

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Hauptdaten	64
Tabelle 2: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Indices	65
Tabelle 3: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Investitionssumme 1	65
Tabelle 4: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Investitionssumme 2	66
Tabelle 5: Kostenapproximation bei Bohrungen.....	67
Tabelle 6: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Jährlicher Energieumsatz.....	67
Tabelle 7: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Mitproduziertes CH ₄	68
Tabelle 8: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Restliche Parameter	68
Tabelle 9: Ausschnitt aus dem Modell zur Berechnung des Kapitalwerts der Anlage.....	70
Tabelle 10: Ausschnitt aus den Daten für die deterministische Sensitivitätsanalyse	81
Tabelle 11: Daten für die probabilistische Sensitivitätsanalyse - Dreiecksverteilung	86
Tabelle 12: Daten für die probabilistische Sensitivitätsanalyse – diskrete Verteilung	88
Tabelle 13: Veränderte Daten für eine verallgemeinerte probabilistische Sensitivitätsanalyse.....	114

Abkürzungsverzeichnis

f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
Hrsg.	Herausgeber
hrsg.	herausgegeben
o.V.	ohne Verfasserangabe
s.	siehe
S.	Seite
et al.	et alteri oder et alii = und andere
vgl.	Vergleiche
zit. nach	zitiert nach
d.h.	das heißt
HDR	Hot Dry Rock
KPI	Key Performance Indicator
BHKW	Blockheizkraftwerk
MSRE	Mess-, Steuer-, Regel- und Elektrotechnik
inkl.	inklusive
min.	minimaler
max.	maximaler
wahrsch.	wahrscheinlichster

1 Einleitung

Als führender Erdöl- und Erdgaskonzern in Mitteleuropa ist die OMV AG bestrebt, ihr Know-how auch auf dem Gebiet der geothermischen Energienutzung aus Tiefenwässern zu erweitern. Ziel dieser Arbeit ist es, kritische Erfolgsfaktoren bei der Verwirklichung eines Geothermieprojektes herauszuarbeiten. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf den technischen, den wirtschaftlichen und den politischen Erfolgsfaktoren. Darüber hinaus soll ein geplantes Geothermieprojekt in wirtschaftlicher Hinsicht untersucht werden.

In den ersten Kapiteln der Diplomarbeit wird die notwendige fachliche Basis erarbeitet. Dabei werden die Grundlagen der Geothermie, der Investitionsrechnung und der Sensitivitätsanalyse entsprechend ausgeführt.

Das fünfte Kapitel beschäftigt sich mit der qualitativen Ermittlung und Bewertung von kritischen Erfolgsfaktoren bei der Gewinnung geothermischer Energie aus Tiefenwässern anhand bestehender Geothermieprojekte. Hierzu werden die Fragebogentechnik und damit verbundene Auswertungen herangezogen.

Das sechste Kapitel befasst sich mit der Wirtschaftlichkeitsrechnung eines geplanten Geothermieprojektes. Zu diesem Zweck wird ein entsprechendes mathematisches Modell erstellt, welches den Kapitalwert dieser Anlage errechnet. Die Grundlage dafür bilden entsprechende Expertisen und Experten-Interviews.

Im siebenten Kapitel wird dieses Geothermieprojekt mittels deterministischer und probabilistischer Sensitivitätsanalyse untersucht, um die für den Erfolg entscheidenden Parameter herauszuarbeiten. Als Basis dient dabei das zur Berechnung des Kapitalwerts erstellte Modell.

Im achten Kapitel dieser Arbeit folgt die Durchführung einer quantitativen Bewertung von kritischen Erfolgsfaktoren für Geothermieprojekte. Dabei werden verallgemeinerte Parameter in das Modell zur Kapitalwertberechnung eingesetzt und mittels probabilistischer Sensitivitätsanalyse die Erfolgsfaktoren ermittelt.

2 Grundlagen der Geothermie

Geothermie oder Erdwärme ist ein oft verwendeter Begriff. In den Medien und in Fachzeitschriften wird dieses Thema oft aufgegriffen. Verglichen mit anderen Ländern sind in Österreich die Möglichkeiten zur Nutzung dieser Energie noch bei weitem nicht ausgeschöpft. Die entsprechenden Begriffe, der Ursprung dieser Energie und die Möglichkeiten der geothermischen Nutzung werden in diesem Kapitel ausgeführt. Es soll ein grober Überblick über das Thema Geothermie gegeben werden.

2.1 Einteilung der Energiequellen

Der Menschheit stehen grundsätzlich zwei Energieformen zur Verfügung:¹

- regenerative Energie und
- nicht regenerative Energie.

Man kann die Primärenergiequellen diesen zwei Kategorien zuordnen. Während die Energie der Atomkerne zu den nicht regenerativen Energien zählt, sind die Sonnenenergie, die Erdwärme und die Planetengravitation und -bewegung regenerativ. Als einzige Ausnahme der regenerativen Energien werden die fossilen Energieträger – obwohl von der Sonne abstammend – den nicht regenerativen Energien zugeordnet.²

Die Kategorisierung der regenerativen Energie in Sonnenenergie, Erdwärme und Planetengravitation und -bewegung dient allerdings nur dem Verständnis der wesentlichen Zusammenhänge. Eine strenge Trennung in diese drei Bereiche ist nicht möglich, da Energieerscheinungsformen oft nicht nur von einer Energiequelle abhängen. So setzt sich beispielsweise die Wärme der oberen Erdkruste sowohl aus Erdwärme, als auch aus Sonnenenergie zusammen.³

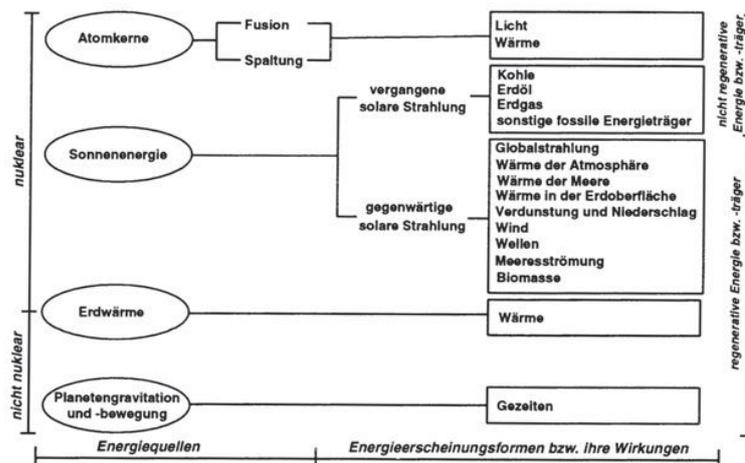


Abbildung 1: Energiequellen, ihre Erscheinungsformen bzw. Wirkungen⁴

¹ Vgl. Kaltschmitt/Wiese (1995), S. 42.

² Vgl. Kaltschmitt/Wiese (1995), S. 42.

³ Vgl. Kaltschmitt/Wiese (1995), S. 41.

⁴ Quelle: Kaltschmitt/Wiese (1995), S. 42.

2.2 Begriffe

Die *Geophysik* beschäftigt sich im Allgemeinen mit der Physik des Erdkörpers. Da die Geothermie als Wärmelehre des Erdkörpers verstanden wird, kann sie als Teildisziplin der Geophysik beschrieben werden.⁵

In der *Geothermik* geht es um die Temperatur im Erdinneren, die thermischen Gesteinseigenschaften und die terrestrische Wärmestromdichte. Allerdings werden die Begriffe Geothermie und Geothermik meist als gleichbedeutend angesehen.⁶

Unter *Erdwärme* oder *Geothermischer Energie* versteht man die in der Erde gespeicherte Wärme.⁷ Dazu zählt die gesamte unter der Erdoberfläche befindliche Wärmeenergie, unabhängig von welcher Quelle diese stammt.⁸

2.3 Erdwärme

Die Erdwärme im eigentlichen Sinn schöpft ihre Energie aus drei verschiedenen Quellen:⁹

- Energie im Erdinneren – entstanden aus der Gravitationsenergie
- Ursprungswärme
- Zerfall radioaktiver Isotope

Man nimmt an, dass sich die Erde vor ungefähr 4,5 Mrd. Jahren aus einem Nebel von Gesteinsbrocken, Gasen und Staub durch Zusammenballung bildete. Die Wucht des Aufpralls nahm mit zunehmender Erdmasse zu und die Gravitationsenergien dürften dabei nahezu vollständig in Wärme umgewandelt worden sein. Zu dieser Wärmeenergie kommt der gegebenenfalls bereits vorhandene Anteil aus Ursprungswärme dazu, also der Teil, welcher bereits vor der Zusammenballung vorhanden war. Darüber hinaus enthält die Erde radioaktive Elemente, welche durch Zerfallsprozesse radiogene Wärme produzieren.¹⁰

Aus der Erfahrung heraus weiß man, dass die durchschnittliche Temperaturzunahme in Relation zur Tiefe ungefähr 3°C pro 100 m beträgt. Man bezeichnet diese Zunahme als geothermischen Gradienten.¹¹

2.4 Arten von Speichersystemen

Die grundsätzliche Unterscheidung von Speichersystemen kann nach der Frage, ob das Transportmedium für die Energie im Untergrund vorhanden ist oder nicht, gemacht werden. Im Allgemeinen kann man zwischen zwei Speichersystemen unterscheiden:¹²

Bei einem so genannten *Petrophysikalischen System* muss von Obertage ein Medium eingebracht werden, um die im Gestein gespeicherte Energie nutzen zu können. Im

⁵ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 12.

⁶ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 13.

⁷ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 13.

⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 21.

⁹ Vgl. Kaltschmitt/Wiese (1995), S. 38.

¹⁰ Vgl. Kaltschmitt/Wiese (1995), S. 38 f.

¹¹ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 13.

¹² Vgl. Schulz et al. (1992), S. 15.

Gegensatz dazu ist bei einem *Hydrothermalen System* das Medium – z.B. Wasser oder Dampf – im Untergrund bereits vorhanden.

Mischformen dieser zwei Einteilungen sind auch möglich. So kann beispielsweise der Fall eintreten, dass Teile des Untergrundes wasserführend sind, aber zusätzlich Wasser eingepresst werden muss, um auf die notwendigen Förderraten zu kommen.¹³

Grundsätzlich wird folgende Einteilung gemacht:¹⁴

- Flache geothermische Systeme
- Hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie
- Hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie
- Hot-Dry-Rock-Systeme
- Tiefe Erdwärmesonden

In den nachstehenden Unterkapiteln werden diese Systeme voneinander abgegrenzt.

2.4.1 Flache geothermische Systeme

„Die im oberflächennahen Erdreich vorhandene Wärme kann mit Hilfe von horizontal verlegten Erdkollektoren, von flachen Sonden oder mit Hilfe des Grundwassers auf einem geringen Temperaturniveau technisch verfügbar werden.“¹⁵ Im Normalfall geht man von einem Temperaturbereich bis 25°C und einer maximalen Tiefe bis 300 Meter aus.¹⁶ Auf Grund der niedrigen Temperatur ist eine direkte Nutzung der Wärme kaum möglich. Daher verwendet man so genannte Wärmepumpen, um das Temperaturniveau zu heben.¹⁷

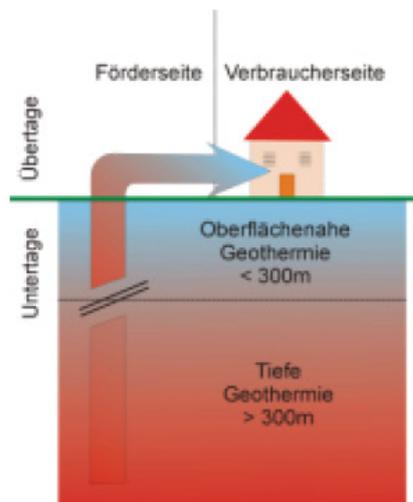


Abbildung 2: Grundprinzip geothermaler Energienutzung¹⁸

¹³ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 16.

¹⁴ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 15 f.

¹⁵ Zit. nach Kaltschmitt et al. (1999), S. 21 f.

¹⁶ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 16.

¹⁷ Vgl. Bußmann et al. (1991), S. 12.

¹⁸ Quelle: Stracke et al. (2003), S. 8.

In Abbildung 2 wird die Grenze zwischen der oberflächennahen und der tiefen Geothermie veranschaulicht. Auch werden zwei Kreisläufe durch die Förderseite und die Verbraucherseite angedeutet. Das soll verdeutlichen, dass das geförderte Wasser nicht direkt zum Verbraucher gepumpt wird, sondern über Wärmetauscher oder Wärmepumpen läuft. Der Förderkreislauf und der Verbraucherkreislauf sind nicht direkt miteinander verbunden.¹⁹

2.4.2 Hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie

Die Unterscheidung, ob es sich um ein System mit niedriger oder mit hoher Enthalpie handelt, ist relativ willkürlich. Üblicherweise wird in der Literatur 0,6 MJ/kg spezifische Enthalpie als Grenzwert verwendet. Dies entspricht in etwa einer Temperatur von 150°C.²⁰

Die Nutzung eines Grundwasserhorizonts, auch Aquifer genannt, mit einem Temperaturbereich von 40°C bis 150°C ist auch die klassische geothermische Anwendung.²¹ Dabei werden poröse Gesteinsschichten, wie Kalke, Sandsteine usw., angebohrt, um deren warmes Wasser nutzen zu können.²² Für die Verstromung sind diese Temperaturen im Normalfall nicht ausreichend, jedoch eröffnen sie die ganze Palette der direkten Nutzung:²³

- für Gebäudeheizungen
- als Prozesswärme – Energie für technische Prozesse und Verfahren
- für Glashäuser
- für Bäder
- als Brauchwasser – Nutzwasser

2.4.3 Hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie

Bei Dampf- oder Heißwassersystemen hat der Wärmeinhalt ein Ausmaß erreicht, welches die Möglichkeit zur Elektrizitätserzeugung bietet. Oft – und gerade in Mitteleuropa – scheitern derartige Projekte allerdings an der geologischen Realität. Denn um Aquifertemperaturen von über 150°C zu erreichen, muss man im Normalfall mehrere tausend Meter tief bohren. Von wenigen Ausnahmen abgesehen beträgt die Mindestbohrtiefe in Mitteleuropa 4000 bis 5000 Meter. Auf Grund der enormen Kosten und des doch erheblichen Bohrrisikos können derartige Projekte aus wirtschaftlichen Überlegungen sehr schnell eingestellt werden.²⁴

2.4.4 Hot-Dry-Rock-Systeme

Möchte man die Wärme des Untergrundes nutzen, braucht man ein entsprechendes Transportmedium, welches die Energie an die Oberfläche bringt. Bei Hydrothermalen Systemen geht man davon aus, dass der Untergrund ausreichend wasserführend ist, und

¹⁹ Vgl. Stracke et al. (2003), S. 8.

²⁰ Vgl. Schulz et al. (1992), S. 16.

²¹ Vgl. Bußmann et al. (1991), S. 12.

²² Vgl. Starck (1989), S. 6.

²³ Vgl. Bußmann et al. (1991), S. 12.

²⁴ Vgl. Bußmann et al. (1991), S. 10.

man dieses Formationswasser als Medium nutzen kann. Ist jedoch die Formation nur wenig bis gar nicht wasserführend, muss zusätzlich Wasser hinuntergepumpt werden, um es nach Erwärmung wieder zu Tage fördern zu können. Die entzogene Wärme kann zur Elektrizitätserzeugung oder zu Heizzwecken verwendet werden.²⁵

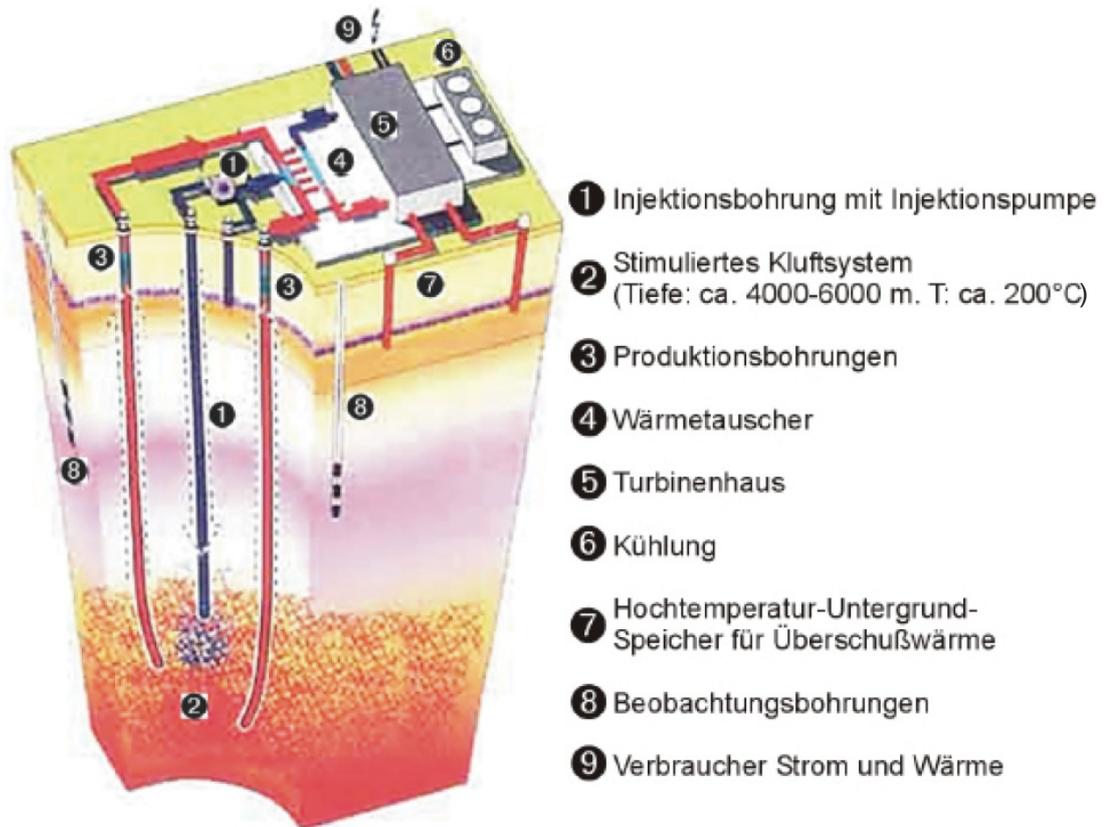


Abbildung 3: Prinzipschema HDR-Kraftwerk²⁶

Die oben stehende Abbildung veranschaulicht den Kreislauf bei einem HDR-System. Mittels der Injektionsbohrung wird das Wärmeträger-Medium ins Kluftsystem gepumpt. Daraufhin erwärmt es sich und wird mittels der Produktionsbohrungen an die Oberfläche gefördert. Über einen Wärmetauscher wird die Energie auf den Turbinenkreislauf weitergegeben. Die Energie wird dann im Turbinenhaus verstromt. Für den Fall des Auftretens von Überschusswärme kann diese in einem Erdspeicher zwischengespeichert werden. Dies ist jedoch mit großen Verlusten verbunden. Beobachtungsbohrungen dienen der Kontrolle des Prozesses im Kluftsystem.

2.4.5 Tiefe Erdwärmesonde

Eine Möglichkeit die Energie des tiefen Untergrundes nutzbar zu machen, ist die Tiefe Erdwärmesonde. Dabei wird ein Medium durch ein entsprechend tiefes Bohrloch

²⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 22.

²⁶ Quelle: Stracke et al. (2003), S. 11.

zirkuliert. Das Medium hat während dessen Zeit, Energie aufzunehmen und fördert diese dann zu Tage.²⁷

Die Zirkulation im Bohrloch wird durch koaxiale Einzelsonden – Rohr in Rohr Prinzip – erreicht, welche ein geschlossenes System darstellen. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht eine solche Koaxialsonde. Das Fluid besteht im Normalfall aus Wasser und Inhibitoren, welches in der Sonde zirkuliert. Dabei besteht kein direkter Kontakt zur Formation und somit auch kein stofflicher Austausch. Es wird dem Untergrund lediglich Wärme entzogen. Im Außenrohr wird das Medium hinunter gepumpt, erwärmt sich und transportiert die Energie im Innenrohr zur Oberfläche.²⁸

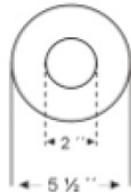


Abbildung 4: Einfache Koaxialsonde²⁹

Generell lässt sich bei Tiefen Erdwärmesonden folgender Kreislauf erkennen:³⁰

1. Dem an die Sonde anliegenden Gebirge wird Wärme entzogen.
2. Das erhitzte Medium wird durch das Innenrohr an die Oberfläche gefördert.
3. Über Wärmetauscher wird die Wärme an einen sekundären Kreislauf übertragen.
4. Das abgekühlte Medium wird durch das Außenrohr wieder in die Sonde rückgeführt.

Abbildung 5 zeigt eine tiefe Einzelsonde mit geschlossenem Kreislauf.

²⁷ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 22.

²⁸ Vgl. Stracke et al. (2003), S. 12.

²⁹ Quelle: Stracke et al. (2003), S. 26.

³⁰ Vgl. Stracke et al. (2003), S. 12.

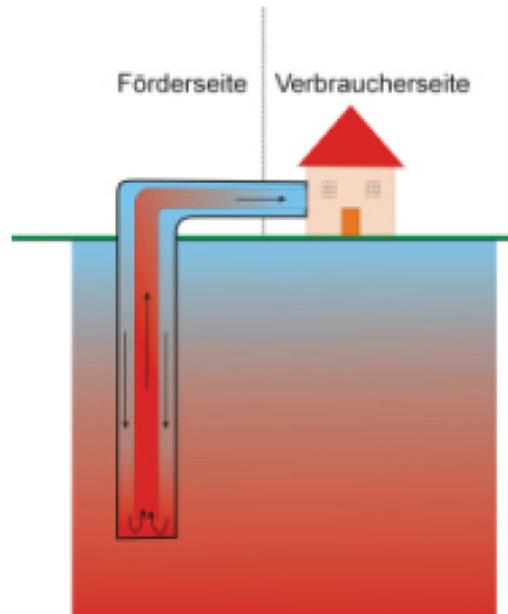


Abbildung 5: Tiefe Einzelsonde mit geschlossenem Kreislauf einer Koaxialsonde (Rohr in Rohr Prinzip)³¹

Für die mögliche Energieausbeute sind Faktoren wie Sondentiefe, Sondengeometrie, Wärmeleitfähigkeit, Temperaturgradient der Formation und weitere von Bedeutung.³²

2.5 Exkurs Wärmepumpe

Die Wärmepumpe wurde vor mehr als 140 Jahren vom Österreicher Peter Ritter von Rittinger erfunden. Sie ermöglicht es mit Hilfe von Antriebsenergie Wärme auf ein höheres Temperaturniveau zu heben.³³

Im Inneren einer Wärmepumpe zirkuliert ein Fluid in einem abgeschlossenen Kreislauf. Dieses Fluid entzieht im Verdampfer einer Wärmequelle – z.B. Untergrund – Energie. Nun wird das verdampfte Fluid durch einen Kompressor verdichtet. Durch den Druck verflüssigt sich das Arbeitsmedium im Verflüssiger und gibt die zuvor aufgenommene Wärme wieder ab. Danach kommt das Fluid zu einem Expansionsventil, wo es druckmäßig entspannt wird und abkühlt. So schließt sich der Kreislauf und es beginnt wieder von vorne.³⁴

Nachstehende Abbildung soll das Prinzip der Wärmepumpe graphisch veranschaulichen.

³¹ Quelle: Stracke et al. (2003), S. 12.

³² Vgl. Stracke et al. (2003), S. 13.

³³ Vgl. Müller et al. (1993), S. 11.

³⁴ Vgl. Müller et al. (1993), S. 11.

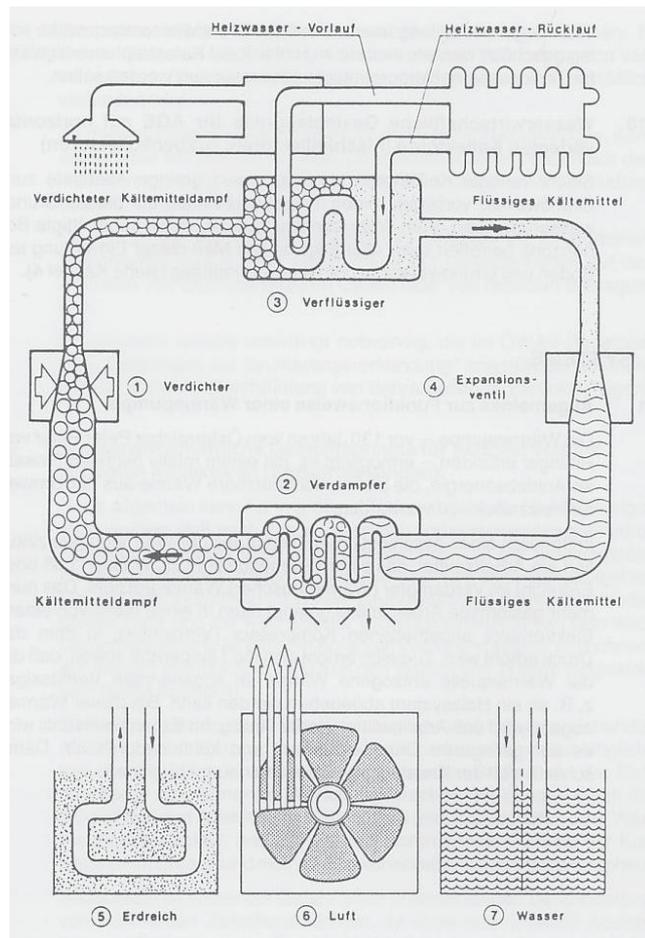


Abbildung 6: Prinzip der Wärmepumpe³⁵

³⁵ Quelle: Müller et al. (1993), S. 12.

3 Grundlagen der Investitionsrechnung

Die Literatur bietet eine Vielzahl an Methoden an, um Projekte auf deren finanzielle Vorteilhaftigkeit prüfen zu können. Dieses Kapitel soll eine Einführung in diesen Themenbereich geben.

3.1 Investition – Begriffliche Grundlagen

Die wörtliche Übersetzung des Begriffs „Investieren“ (lat.: investire) bedeutet „Einkleiden“. Von dieser ursprünglichen Bedeutung ausgehend wird unter einer Investition die Anschaffung eines für einige Zeit nutzbaren Wirtschaftsgutes verstanden.³⁶

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht können zwei grobe Varianten unterschieden werden:³⁷

1. Um beispielsweise langfristige investitionstheoretische Ziele erreichen zu können, wird lediglich Eigenkapital, welches begrenzt zur Verfügung steht, eingesetzt.
2. Um eine Unternehmung mit entsprechenden Investitionsobjekten versorgen zu können, werden entsprechende finanzielle Mittel benötigt. Diese können sowohl Eigen- als auch Fremdkapital sein.

Grundsätzlich lassen sich Investitionen in drei Investitionsarten einteilen: Sachinvestitionen, immaterielle Investitionen und Finanzinvestitionen. Unter Sachinvestitionen wird die Anschaffung eines physischen Investitionsobjektes verstanden. Ein Beispiel für eine immaterielle Investition wäre eine Werbekampagne. Da finanzielle Mittel eingesetzt werden, spricht man von einer Investition. Eine langfristige Geldanlage wäre beispielsweise eine Finanzinvestition.³⁸

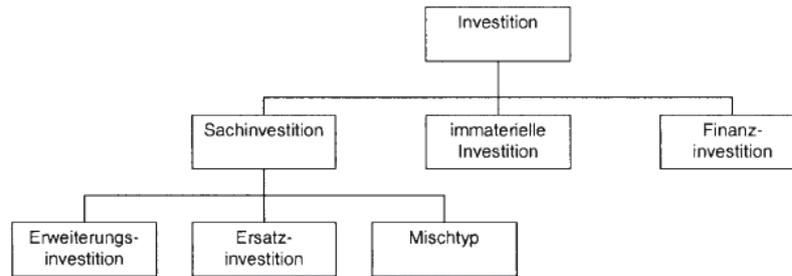
Sachinvestitionen können darüber hinaus in Erweiterungsinvestitionen, Ersatzinvestitionen und einer Mischform von Erweiterungs- und Ersatzinvestitionen eingeteilt werden. Bei einer Erweiterungsinvestition geht es um eine Kapazitätserhöhung der Unternehmung und bei einer Ersatzinvestition wird eine bestehende Investition ersetzt. Für die Praxis ist die Mischform in der Regel am relevantesten, da ein Austausch einer Investition meistens mit einer Kapazitätssteigerung einhergeht.³⁹

³⁶ Vgl. Grob (2001), S. 4.

³⁷ Vgl. Grob (2001), S. 4.

³⁸ Vgl. Grob (2001), S. 4 f.

³⁹ Vgl. Grob (2001), S. 5.

Abbildung 7: Klassifizierung von Investitionen⁴⁰

3.2 Zweck und Notwendigkeit der Investitionsrechnung

Bezüglich der Notwendigkeit von Investitionsrechnungen können zwei Arten unterschieden werden:⁴¹

- Volkswirtschaftliche Notwendigkeit
- Betriebswirtschaftliche Notwendigkeit

3.2.1 Volkswirtschaftliche Notwendigkeit

Rund 20 Prozent des BIP werden in westlichen Industrienationen jährlich investiert. Die Investitionsrechnung ist eine wertvolle Hilfe, um Investitionsentscheidungen auf eine rationale Grundlage stellen zu können. Investitionen sind, um eine Volkswirtschaft wettbewerbsfähig zu halten, unverzichtbar.⁴²

3.2.2 Betriebswirtschaftliche Notwendigkeit

Nicht nur für ganze Volkswirtschaften, auch für jeden einzelnen Betrieb ist es wichtig, die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel optimal einzusetzen. Instrumente, um betriebliche Investitionen auf deren Vorteilhaftigkeit überprüfen zu können, sind oft entscheidende Hilfsmittel.⁴³

Für einen betrieblichen Investor kann die Investitionsrechnung Antworten auf folgende Fragen geben:⁴⁴

- Soll eine Einzelinvestition getätigt werden, oder nicht?
- Wenn es mehrere Investitionsalternativen gibt, welche ist die beste Investition?
- Wann bietet sich der optimale Zeitpunkt, um ein Investitionsgut zu ersetzen?

⁴⁰ Quelle: Grob (2001), S. 5.

⁴¹ Vgl. Däumler (1996), S. 9 ff.

⁴² Vgl. Däumler (1996), S. 9.

⁴³ Vgl. Däumler (1996), S. 10 f.

⁴⁴ Vgl. Däumler (1996), S. 11.

3.3 Modelle der Investitionsrechnung

Die nachfolgend diskutierten Modelle dienen der Unterstützung von Vorteilhaftigkeitsentscheidungen. Sie stellen Hilfsmittel dar, um Investitionsentscheidungen richtig treffen zu können. Generell können zwei verschiedene Arten von Vorteilhaftigkeit unterschieden werden:⁴⁵

1. Absolute Vorteilhaftigkeit: Diese ist gegeben, wenn es aus wirtschaftlicher Sicht besser ist eine gewisse Investition zu tätigen, als nichts zu machen.
2. Relative Vorteilhaftigkeit: Hier werden unterschiedliche Investitionsvarianten miteinander verglichen und relativ zueinander bewertet.

Bezüglich der Vorteilhaftigkeit wird nur eine einzige Zielgröße beachtet, nämlich eine monetäre Größe.⁴⁶ Die unterschiedlichen Modelle lassen sich hinsichtlich des Zeitaspektes unterscheiden.⁴⁷

3.4 Statische Modelle

Generell kann gesagt werden, dass bei den Statischen Modellen nur ein einziger Zeitabschnitt berücksichtigt wird. Das kann entweder eine gewisse Periode einer Nutzungsdauer oder eine rechnerische Durchschnittsperiode sein. Die Statischen Modelle unterscheiden sich bezüglich der berücksichtigten Zielgrößen, also nach Kosten, Gewinn, Rentabilität oder Amortisationszeit. Daher kann man folgende Modelle bzw. Verfahren ableiten:⁴⁸

- Kostenvergleichsrechnung
- Gewinnvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Statische Amortisationsrechnung

3.4.1 Kostenvergleichsrechnung

Bei diesem Verfahren werden unterschiedliche Investitionsalternativen bezüglich der anfallenden Kosten verglichen. Die Investition mit den geringsten Kosten bzw. der größten Kostenersparnis ist nach der Kostenvergleichsrechnung zu favorisieren.⁴⁹ Die Kostenvergleichsrechnung macht also nur Sinn, wenn die Erlöse aller Alternativen gleich groß sind.⁵⁰ Daher hat diese Methode vor allem für Rationalisierungs- und Ersatzinvestitionen Bedeutung. Die wesentlichsten Nachteile der Kostenvergleichsrechnung sind, dass die Ertragsseite überhaupt nicht berücksichtigt wird, und, dass die zeitliche Verteilung der Kosten für die Rechnung keine Rolle spielt.⁵¹

⁴⁵ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 49.

⁴⁶ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 49.

⁴⁷ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 50.

⁴⁸ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 50.

⁴⁹ Vgl. Bächtold (1975), S. 13.

⁵⁰ Vgl. Kruschwitz (2005), S. 35.

⁵¹ Vgl. Bächtold (1975), S. 13.

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn die Kosten geringer sind als die der Unterlassungsalternative.⁵²

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn die Kosten geringer sind als die einer jeden anderen Alternative.⁵³

3.4.2 Gewinnvergleichsrechnung

Diese Methode erfährt eine wesentliche Verbesserung zur Kostenvergleichsrechnung, da die Ertragsseite in die Investitionsentscheidung eingebunden ist. Die Erträge und die Kosten einer Investition ermöglichen die Berechnung des Gewinns. Das Entscheidungskriterium ist also der Gewinn. Jedoch wird wie bei der Kostenvergleichsrechnung auf den Ereignisverlauf keine Rücksicht genommen.⁵⁴ Auch findet der Kapitaleinsatz und die damit verbundene Verzinsung keine Berücksichtigung. Daher macht die Gewinnvergleichsrechnung nur bei Investitionen mit gleicher Nutzungsdauer und gleichem Kapitaleinsatz Sinn.⁵⁵

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn der Gewinn größer als Null ist.⁵⁶

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn der Gewinn größer ist als der einer jeden anderen Alternative.⁵⁷

3.4.3 Rentabilitätsvergleichsrechnung

Bei der Kostenvergleichsrechnung und der Gewinnvergleichsrechnung erfolgt die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit anhand absoluter Geldbeträge. Nicht so bei der Rentabilitätsvergleichsrechnung, bei welcher eine Verhältniszahl das Beurteilungskriterium darstellt. Entscheidungskriterium ist der Rentabilitätsgrad einer Investition. Dieser ergibt ist aus dem Quotienten von Gewinn und Kapitaleinsatz.⁵⁸ Da der notwendige Kapitaleinsatz für die Praxis ein sehr wesentliches Kriterium ist, ist die Rentabilitätsvergleichsrechnung das meistverwendete statische Investitionsberechnungsverfahren.⁵⁹ Ein massiver Mangel dieses Verfahrens ist, wie auch bei Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung, die Nichtberücksichtigung des zeitlichen Anfalls der Kapitalströme.⁶⁰

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn sein Rentabilitätsgrad höher als ein definierter Grenzwert ist.⁶¹

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn sein Rentabilitätsgrad höher ist als der einer jeden anderen Alternative.⁶²

⁵² Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 51.

⁵³ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 51.

⁵⁴ Vgl. Bächtold (1975), S. 14.

⁵⁵ Vgl. Kruschwitz (2005), S. 35.

⁵⁶ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 58.

⁵⁷ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 58.

⁵⁸ Vgl. Heinhold (1989), S. 62.

⁵⁹ Vgl. Heinhold (1989), S. 68.

⁶⁰ Vgl. Braunschweig (1998), S. 46.

⁶¹ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 61.

3.4.4 Statische Amortisationsrechnung

Bei diesem Verfahren bildet die Amortisationszeit oder Wiedergewinnungszeit des eingesetzten Kapitals den Beurteilungsmaßstab für eine Investition. Die Amortisationszeit in Perioden ergibt sich aus der Anschaffungsausgabe bzw. dem Kapitaleinsatz dividiert durch den durchschnittlichen Rückfluss je Periode.⁶³ Das Entscheidungskriterium bei der Statischen Amortisationsrechnung ist, wie rasch der Kapitaleinsatz wieder zurückfließt. Die Betrachtung der Rückflusszeit alleine bei einer Investition ist allerdings nicht sinnvoll. Dies gilt nicht zuletzt, weil die gesamte Nutzungsdauer der Anschaffung unberücksichtigt bleibt.⁶⁴ Demnach bedeutet eine Optimierung der Amortisationszeit alleine noch lange keine Gewinn- und Rentabilitätsmaximierung.⁶⁵

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn seine Amortisationszeit geringer als ein definierter Grenzwert ist.⁶⁶

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn seine Amortisationszeit geringer ist als die einer jeden anderen Alternative.⁶⁷

3.4.5 Gesamtbeurteilung der Statischen Modelle

Die Statischen Modelle der Investitionsrechnung haben den wesentlichen Vorteil, dass sie einfach und verständlich sind. Der Rechenaufwand ist, verglichen mit anderen Methoden, relativ gering.⁶⁸

In allen Modellen finden die Erkenntnisse der Finanzmathematik keinen bis kaum einen Niederschlag. Die Probleme eines optimalen Kapitaleinsatzes werden bei den Dynamischen Modellen wesentlich besser gelöst.⁶⁹

3.5 Dynamische Modelle

Der Hauptvorteil der dynamischen Verfahren besteht darin, dass dem Zeitfaktor die entsprechende Aufmerksamkeit zukommt. Die Unterschiede im zeitlichen Anfall von Einnahmen und Ausgaben einer Investition finden in den Modellen Berücksichtigung. Die Begründung dafür liegt in der Tatsache, dass der Zinsertrag umso höher ist, je früher Einnahmen anfallen, und je später Ausgaben fällig sind.⁷⁰

Die Dynamischen Modelle können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die Modelle der ersten Gruppen gehen von einem einheitlichen Kalkulationszinssatz aus, mit welchem Geldflüsse auf- oder abgezinst werden. Bei der zweiten Gruppe geht man von unterschiedlichen Zinssätzen für die Anlage und die Aufnahme von finanziellen Mittel

⁶² Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 61.

⁶³ Vgl. Heinhold (1989), S. 69 f.

⁶⁴ Vgl. Bächtold (1975), S. 17 f.

⁶⁵ Vgl. Braunschweig (1998), S. 48.

⁶⁶ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 64.

⁶⁷ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 64.

⁶⁸ Vgl. Bächtold (1975), S. 18.

⁶⁹ Vgl. Bächtold (1975), S. 18.

⁷⁰ Vgl. Bächtold (1975), S. 18 f.

aus.⁷¹ Diese Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit den Methoden, die von einem einheitlichen Zinssatz ausgehen.

Die unterschiedlichen Modelle können wieder an Hand der berücksichtigten Zielgrößen unterschieden werden und lauten:⁷²

- Kapitalwertmethode
- Annuitätenmethode
- Interner Zinssatz-Methode
- Dynamische Amortisationsrechnung

3.5.1 Kapitalwertmethode

Das klassische Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung ist die Kapitalwertmethode.⁷³ Die Beurteilung von Investitionen erfolgt nach ihrem Kapitalwert. Dieser errechnet sich, indem alle Einzahlungen und Auszahlungen auf den Beginn (im Normalfall) des Projekts abgezinst und dann aufsummiert werden.⁷⁴ Die Abzinsung oder Diskontierung aller Einzahlungen und Auszahlungen erfolgt mittels des Kalkulationszinssfußes auf den Planungszeitpunkt.⁷⁵ Der Kapitalwert einer Investition hängt somit von drei Faktoren ab:⁷⁶

- Höhe der Zahlungen (Ein- und Auszahlungen)
- Zeitliche Verteilung der Zahlungen
- Höhe des kalkulatorischen Zinssatzes

Dadurch, dass bei der Kapitalwertmethode alle Geldbeträge auf den Investitionsbeginn – den Zeitpunkt 0 – abgezinst werden, werden zukünftige Zahlungen heute niedriger bewertet. Dieser Wertunterschied richtet sich nach der Höhe des kalkulatorischen Zinssatzes.⁷⁷

Der Kapitalwert ermöglicht folgende Interpretationen bezüglich der Vorteilhaftigkeit einer Investition:⁷⁸

- Positiver Kapitalwert: Der Investor bekommt über Rückflüsse sein investiertes Kapital zurück und erhält zusätzlich darauf eine Verzinsung in der Höhe des kalkulatorischen Zinssatzes. Darüber hinaus wird ein Überschuss in der Höhe des Kapitalwertes verdient.
- Kapitalwert = 0: Der Investor bekommt über Rückflüsse sein investiertes Kapital zurück und erhält zusätzlich darauf eine Verzinsung in der Höhe des kalkulatorischen Zinssatzes.
- Negativer Kapitalwert: Der Investor muss einen Verlust in der Höhe des negativen Kapitalwertes hinnehmen.

⁷¹ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 70.

⁷² Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 70.

⁷³ Vgl. Baier (1993), S. 177.

⁷⁴ Vgl. Heinhold (1989), S. 85.

⁷⁵ Vgl. Braunschweig (1998), S. 48.

⁷⁶ Vgl. Däumler (2000), S. 60.

⁷⁷ Vgl. Däumler (2000), S. 60.

⁷⁸ Vgl. Däumler (2000), S. 75 f.

Der Vergleich von Investitionen mit unterschiedlichem Kapitaleinsatz oder unterschiedlicher Nutzungsdauer kann problematisch sein. Auch stellt der Kapitalwert keinen in Zukunft vorhandenen Geldbetrag dar, sondern eine fiktive Größe.⁷⁹

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn sein Kapitalwert größer ist als Null.⁸⁰

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn sein Kapitalwert größer ist als der einer jeden anderen Alternative.⁸¹

3.5.2 Annuitätenmethode

Bei der Kapitalwertmethode berechnet man den Überschuss der Rückflüsse über die Kapitalamortisation und die Kapitalverzinsung nach Ende der Nutzungsdauer. Wenn man allerdings nicht den Gesamtüberschuss, sondern die Höhe des durchschnittlichen Periodenüberschusses errechnen möchte, ist die Annuitätenmethode das richtige Verfahren. Der mittlere Periodenüberschuss wird als Annuität bezeichnet, welche der Beurteilungsmassstab bei diesem Verfahren ist.⁸²

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn ihre Annuität größer ist als Null.⁸³

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn ihre Annuität größer ist als der einer jeden anderen Alternative.⁸⁴

3.5.3 Interner Zinssatz-Methode

Beurteilungskriterium einer Investition ist bei diesem Verfahren ihr interner Zinssatz. Ausgehend von der Kapitalwertmethode ist der interne Zinssatz der Wert des kalkulatorischen Zinssatzes, bei welchem der Kapitalwert genau Null ist. Somit gibt der interne Zinssatz an, wie hoch die Verzinsung des gebundenen Kapitals ist.⁸⁵

Unterschiede bei der Nutzungsdauer und beim Kapitaleinsatz verschlechtern bei diesem Verfahren, so wie bei der Kapitalwertmethode die Qualität der Vergleichbarkeit. Problematisch ist auch die Annahme, dass amortisiertes Kapital zum jeweiligen internen Zinsfuß wieder veranlagt werden kann.⁸⁶

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn ihr interner Zinssatz größer ist als der Kalkulationszinssatz, der einen Kapitalwert von Null ergibt.⁸⁷

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn ihr interner Zinssatz größer ist als der einer jeden anderen Alternative.⁸⁸

⁷⁹ Vgl. Heinhold (1989), S. 94.

⁸⁰ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 71.

⁸¹ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 71.

⁸² Vgl. Heinhold (1989), S. 105.

⁸³ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 93.

⁸⁴ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 93.

⁸⁵ Vgl. Heinhold (1989), S. 104.

⁸⁶ Vgl. Heinhold (1989), S. 104.

⁸⁷ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 96.

⁸⁸ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 96.

3.5.4 Dynamische Amortisationsrechnung

Wie die statische Amortisationsrechnung beurteilt die dynamische Amortisationsrechnung Investitionen nach ihrer Kapitalrückflusszeit. Darunter wird der Zeitraum verstanden, in welchem das eingesetzte Kapital, unter Berücksichtigung des Kalkulationszinssatzes, über Einzahlungen dem Investor wieder zugeflossen sein wird. Wenn der Kapitalwert erstmals den Wert Null annimmt, hat sich das Projekt amortisiert.⁸⁹

Durch Berücksichtigung der Zinsen ist die dynamische Amortisationsrechnung eine wesentliche Verbesserung zum statischen Verfahren. Die dynamische Amortisationszeit kann als kritische Nutzungsdauer interpretiert werden. Für eine Risiko-Chancen-Beurteilung ist sie jedoch nur sehr eingeschränkt tauglich.⁹⁰

Eine Investition ist absolut vorteilhaft, wenn ihre Amortisationszeit geringer als ein definierter Grenzwert ist.⁹¹

Eine Investition ist relativ vorteilhaft, wenn ihre Amortisationszeit geringer ist als die einer jeden anderen Alternative.⁹²

3.5.5 Gesamtbeurteilung der Dynamischen Modelle

Die dynamischen Verfahren stellen eine wesentliche Verbesserung zu den statischen Verfahren dar, weil die Zahlungsflüsse aller Nutzungsperioden erfasst werden und zeitliche Unterschiede des Anfallens durch die Zinseszinsrechnung berücksichtigt werden.⁹³

⁸⁹ Vgl. Braunschweig (1998), S. 65.

⁹⁰ Vgl. Braunschweig (1998), S. 65 f.

⁹¹ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 108.

⁹² Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 108.

⁹³ Vgl. Heinhold (1989), S. 124.

4 Grundlagen der Sensitivitätsanalyse

Für jeden Investor stellen sich unter vielen anderen auch folgende Fragen:

- Mit was für einem Ergebnis der Investition kann gerechnet werden?
- Wie sicher ist dieses Ergebnis?
- Von welchen Fakten oder Parametern hängt der Erfolg der Investition ab?
- Welche davon sind die wirklich wichtigen?

Bei diesen und weiteren Fragen stellt die Sensitivitätsanalyse eine Möglichkeit dar, den Informationsstand des Investors entscheidend zu verbessern.

4.1 Modelle für Entscheidungen bei Datenunsicherheit

Bei der Durchführung von Investitionen entspricht es der betriebswirtschaftlichen Normalität, dass Entscheidungsparameter vorhanden sind, welche mit Unsicherheit behaftet sind. Eher selten sind sämtliche Faktoren einer Investition vollkommen abgeklärt. Es gibt die unterschiedlichsten Möglichkeiten für Unsicherheit. Beispielsweise kann das Verhalten von Kunden, Lieferanten, Konjunktur oder technischem Fortschritt nie gänzlich sicher vorhergesagt werden. Diese Unsicherheiten führen zu Risiken, welche die Abweichung von erwarteten Zielwerten bedeuten. Diese Abweichungen können negative, aber auch positive Auswirkungen für eine Investition haben.⁹⁴

Unsicherheit ist nicht gleich Unsicherheit. Je nachdem wie gut sich ein Unsicherheitsfaktor abklären lässt, wird von Risikosituation oder Ungewissheitssituation gesprochen.⁹⁵ „Bei einer *Risikosituation* liegen Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten einer Entwicklung vor, bei einer *Ungewissheitssituation* ist dies nicht der Fall.“⁹⁶ Das bedeutet, dass bei einer Risikosituation der Informationsgrad höher ist, als bei einer Ungewissheitssituation. Eine weitere Unterscheidungsmöglichkeit der Unsicherheit ist die Unschärfe, bei welcher nicht eindeutig gesagt werden kann, ob sie wahr oder falsch ist.⁹⁷

Auf Grund der oft hohen Komplexität bei Investitionsentscheidungen können durch das Zusammenspiel mehrerer Unsicherheitsparameter oft erhebliche Risiken auftreten. Aus diesem Grund macht es Sinn, mit Hilfe von Analyse- und Prognosetechniken, den Informationsbestand zu erhöhen. Durch Modelle und Auswertungsverfahren lassen sich die Abhängigkeiten von definierten Zielgrößen von ebenfalls definierten Eingabeparametern feststellen. Somit kann auch der Einfluss von bestimmten Unternehmens- und Umweltgrößen auf die Zielgröße abgeschätzt werden, und eine Wertung dieser Größen durchgeführt werden. Für den Investitionserfolg sehr relevante Parameter lassen sich von eher nicht relevanten Parametern differenzieren. Dadurch wird die Aufmerksamkeit des Investors auf die wesentlichen Einflussfaktoren – auch wenn sie mit Unsicherheit behaftet sind – auf den Unternehmenserfolg geschärft.⁹⁸

⁹⁴ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 381.

⁹⁵ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 381.

⁹⁶ Zit. nach Götze/Bloech (2004), S. 381.

⁹⁷ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 381.

⁹⁸ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 382.

4.1.1 Verfahren zur Berücksichtigung der Unsicherheit

Die Berücksichtigung von vorhandenen Unsicherheiten bei Investitionen ist ein wichtiger Aspekt. Dafür gibt es unterschiedliche Methoden:⁹⁹

- Sensitivitätsanalyse
- Risikoanalyse
- Entscheidungsbaumverfahren
- Optionspreistheoretische Modelle
- Methoden zur risikoorientierten Bestimmung von Daten

Sensitivitätsanalyse

Auf Grund der Bedeutung der Sensitivitätsanalyse unter all diesen Methoden wird ihr nachfolgend ein eigenes Unterkapitel gewidmet.

Risikoanalyse

Bei der Risikoanalyse werden unsichere Inputparameter mittels Wahrscheinlichkeitsverteilungen dargestellt. Des Weiteren wird für die Zusammenhänge von Input- und Output-Größen ebenfalls eine Wahrscheinlichkeitsverteilung abgeleitet. Diese dient der Entscheidungsfindung bei Investitionen mit Unsicherheit. Die Risikoanalyse umfasst neben der Erstellung eines Entscheidungsmodells auch die Modellkonstruktion, die Datenbeschaffung und weitere Phasen der Modellanalyse.¹⁰⁰

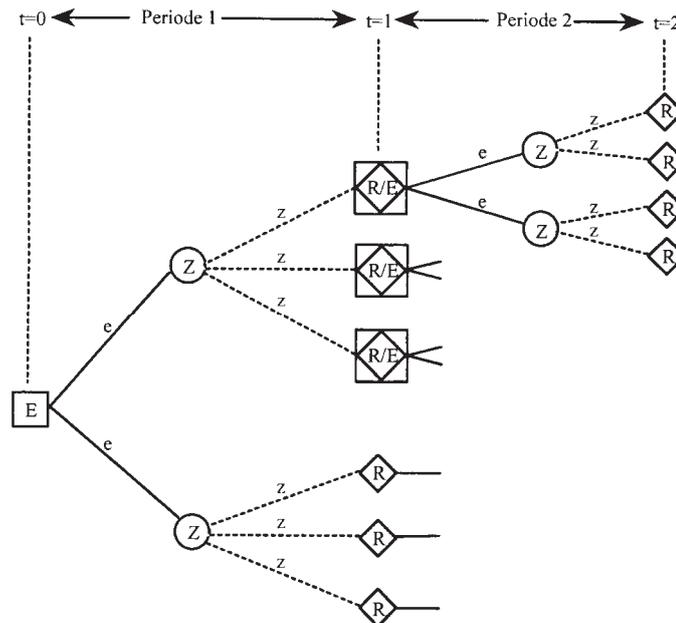
Entscheidungsbaumverfahren

Bei diesem Verfahren wird ein dynamisches Modell erstellt. In diesem Modell sind endlich viele Umweltzustände mit deren Wahrscheinlichkeiten und Folgeerscheinungen dargestellt. Das Modell lässt sich mittels eines ungerichteten Graphen – einem Entscheidungsbaum – darstellen. Bei der Darstellung dieses Graphen kann grundsätzlich zwischen Knoten und Kanten unterschieden werden. Bei den Knoten gibt es Entscheidungsknoten (E), Zufallsknoten (Z), Ergebnisknoten (R) und Knoten bei denen sowohl ein Ergebnis vorhanden ist, als auch eine Entscheidung zu fällen ist (R/E). Bei den Kanten kann zwischen Kanten, die Entscheidungsalternativen darstellen (e), und Kanten, die auf Grund von Zufall geschritten werden (z), unterschieden werden. Den Kanten z wurden Wahrscheinlichkeitswerte zugeordnet.¹⁰¹

⁹⁹ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 390.

¹⁰⁰ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 414.

¹⁰¹ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 429.

Abbildung 8: Formalstruktur eines Entscheidungsbaums¹⁰²

Optionspreistheoretische Modelle

Um Unsicherheiten bei Investitionen – vor allem zukünftige Entwicklungen der Umwelt – entsprechend begegnen zu können, werden bei dieser Methode Handlungsspielräume genutzt, welche es ermöglichen sich zukünftigen Entwicklungen anzupassen. Man könnte diese Handlungsspielräume auch als Faktoren von Flexibilität benennen. Diese werden bei güterwirtschaftlichen Investitionen als Realoptionen bezeichnet. Die optionspreistheoretische Methode arbeitet mit diesen Realoptionen.¹⁰³

Methoden zur risikoorientierten Bestimmung von Daten

Bei diesen Methoden – beispielsweise beim Korrekturverfahren – werden die ursprünglichen Daten einer Investitionsrechnung um Risikoabschläge oder Risikozuschläge verändert. Das soll gewährleisten, dass der beim Investitionsverfahren errechnete Zielwert in der Realität mit großer Wahrscheinlichkeit erreicht wird. Diese Korrektur kann zum Beispiel den Kalkulationszinssatz oder die laufenden Auszahlungen erfassen.¹⁰⁴

4.1.2 Sensitivitätsanalyse

Jede Investitionsrechnung hat ein Ergebnis, einen so genannten Output. Beispielsweise könnte ein Kapitalwert oder ein Endvermögenswert am Ende einer solchen Rechnung stehen. Dieser Output hängt meistens von mehreren Eingabegrößen, den Inputgrößen, ab. Unter Umständen sind diese Inputs – beispielsweise Einnahmen oder Kalkulationszinssatz – von weiteren Faktoren abhängig. Diese werden abgeleitete Inputgrößen genannt. Eine Veränderung von einer oder mehreren Inputs wirkt sich entsprechend auf den Output der Investitionsrechnung aus. Wenn nun Inputgrößen mit Unsicherheiten behaftet sind, gilt

¹⁰² Quelle: Blohm/Lüder (1995), S. 280.

¹⁰³ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 450.

¹⁰⁴ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 390 f.

gleiches. Eine Sensitivitätsanalyse ermittelt das Ausmaß der Abhängigkeit zwischen Inputgrößen und Output. Es soll ermittelt werden, wie empfindlich das Ergebnis der Investitionsrechnung auf Veränderungen der Inputgrößen reagiert.¹⁰⁵

Grundsätzlich können Sensitivitätsanalysen im Bezug auf eine oder mehrere Inputgrößen angewendet werden.¹⁰⁶

Sensitivitätsanalysen in Bezug auf eine Inputgröße

In diesem Fall betrachtet man die Auswirkung auf das Ergebnis, wenn man eine einzige Inputgröße verändert. Das heißt bei einer Investitionsrechnung werden alle bis auf einen Input als sicher angenommen. Nur dieser eine Parameter wird als unsicher betrachtet. Beispielsweise könnte man die Absatzmenge eines Produkts oder die Lebensdauer einer Maschine als unsicheren Inputparameter definieren. Falls noch nicht vorhanden, muss anschließend ein mathematisches Modell aufgestellt werden, welches aus den Inputgrößen das Ergebnis (=Output) errechnet. Nun gibt es zwei Möglichkeiten eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen. Entweder definiert man ein Schwankungsintervall für die Outputgröße und berechnet, welche Werte der unsichere Inputparameter maximal und minimal annehmen darf, um das Intervall nicht zu verfehlen. Oder man definiert eine Bandbreite für den Inputwert und berechnet, welche Werte der Output auf dieser Basis minimal und maximal erreicht.¹⁰⁷

Oft wird, wenn mehrere Eingabeparameter vorhanden sind, ein Parameter nach dem anderen dieser Form der Sensitivitätsanalyse unterzogen. So lässt sich feststellen, welcher Input – unter der Voraussetzung, dass alle anderen Inputs als sicher angesehen werden – den größten Einfluss auf den Zielwert hat. Beziehungsweise lässt sich eine Reihung der Inputs bezüglich der Auswirkung auf den Output erstellen.¹⁰⁸

Sensitivitätsanalysen in Bezug auf mehrere Inputgrößen

Es entspricht der betriebswirtschaftlichen Realität, dass nicht nur ein Eingabeparameter, sondern mehrere Inputs als unsicher anzusehen sind. Für diesen Fall, um mehrere Eingaben gleichzeitig als unsicher annehmen zu können, besteht diese Methode. Der Ablauf ist allerdings genau der gleiche wie bei oben beschriebenen Verfahren. Zuerst werden die Inputgrößen ausgewählt, welche als unsicher angesehen werden. Dann wird, falls noch nicht vorhanden, ein Modell erstellt, welches Parameter in Beziehung zueinander stellt. Nun wird entweder der Outputgröße oder den Inputgrößen Schwankungsintervalle zugeordnet. Abschließend wird analytisch oder numerisch die entsprechenden Bandbreiten für die Inputgrößen, beziehungsweise die Outputgröße errechnet.¹⁰⁹

Generell liefern Sensitivitätsanalysen keine Entscheidungen. Sie sind allerdings sehr hilfreich in der Beurteilung, in wie weit die Unsicherheit einzelner Inputparameter für das gesamte Entscheidungsproblem von Bedeutung ist. Wenn die Unsicherheit eines Parameters sich kaum im Ergebnis des Modells niederschlägt, so kann die Bedeutung dieses Faktors vernachlässigt werden. Schlägt sich die Unsicherheit eines Inputs sehr massiv im Output nieder, so ist höchste Aufmerksamkeit auf diesen Parameter

¹⁰⁵ Vgl. Kruschwitz (2005), S. 326.

¹⁰⁶ Vgl. Kruschwitz (2005), S. 327.

¹⁰⁷ Vgl. Kruschwitz (2005), S. 327.

¹⁰⁸ Vgl. Götze/Bloech (2004), S. 404 f.

¹⁰⁹ Vgl. Kruschwitz (2005), S. 329 f.

empfehlenswert. Obwohl das Verfahren nicht darüber informiert, wie weiter vorzugehen ist, so ist es doch eine große Hilfe bei der Beurteilung, welche Parameter für eine Investition relevant sind und welche nicht.¹¹⁰

4.2 Monte Carlo Simulation

Wenn analytische Lösungen nicht mehr möglich sind, muss man sich andere Lösungswege suchen. Häufig kommen hier so genannte Simulationsmodelle zum Einsatz. Mit der mittlerweile erreichten Leistungsfähigkeit von Computern lassen sich solche Simulationsläufe in großer Zahl erzeugen. Basis von derartigen Simulationen ist die Erzeugung von Zufallszahlen. Die Methode trägt den Namen „Monte Carlo Simulation“.¹¹¹

Mittels der oben beschriebenen Sensitivitätsanalyse lassen sich nur einzelne Szenarien durchrechnen. Diese könnten beispielsweise Best-Case- oder Worst-Case-Szenarien sein. In jedem Fall stellen solche Auswertungen nur diskrete Ergebnisse dar, d.h. es sind nur Einzellösungen oder fragmentarische Bilder verfügbar. Die Monte Carlo Simulation erstellt im Gegensatz dazu eine aussagekräftige Wahrscheinlichkeitsverteilung. Dazu werden je nach Einstellung unter Umständen Millionen von Szenarien berücksichtigt. Der Informationsgehalt ist dadurch wesentlich höher und es können fundiertere Aussagen getroffen und bessere Schlüsse gezogen werden.¹¹²

4.2.1 Ablauf einer Monte Carlo Simulation

Über ein mathematisches Modell wird von Inputs zu einem Output gerechnet. Jedoch wird das Verfahren nicht nur für Einzelwerte der Inputs durchgeführt, sondern jeder mit Unsicherheit behaftete Input erhält eine definierte Wahrscheinlichkeitsfunktion. Durch die Monte Carlo Simulation werden dann Zufallszahlen erstellt, die auf Basis der Wahrscheinlichkeitsfunktionen der Inputs, durchgerechnet werden und einen Output ergeben. Dieses Verfahren wird gemäß Einstellung entsprechend oft durchgeführt und ergibt dann eine Wahrscheinlichkeitsfunktion für den Output.

Der gesamte Simulationsprozess lässt sich in folgende Schritte einteilen:¹¹³

1. Definierung eines mathematischen Modells
2. Unterscheidung der Input-Variablen in Parameter mit Sicherheit und Parameter mit Unsicherheit
3. Festlegung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Inputs mit Unsicherheit
4. Ziehung zufälliger Proben aus allen Input-Verteilungen
5. Berechnung des Outputwertes bei jedem Simulationsdurchgang
6. Erstellung einer Verteilung oder eines Histogramms mit den Outputdaten aller Simulationsdurchgänge

¹¹⁰ Vgl. Kruschwitz (2005), S. 331.

¹¹¹ Vgl. Gleißner (2004), S. 31 f.

¹¹² Vgl. Schäfer (2004), S. 56 f.

¹¹³ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 233.

4.2.2 Definierung eines Modells

Die Qualität dieser gesamten Methode hängt unmittelbar von der Qualität des zu Grunde liegenden mathematischen Modells ab. Das Modell errechnet aus den einzelnen Inputs den Output. Eine Veränderung eines Inputs schlägt sich in einer entsprechenden Veränderung des Outputs wieder. Oft sind Inputparameter nicht vollkommen von einander unabhängig und beeinflussen sich gegenseitig. Die Erstellung des Modells setzt entsprechendes fachliches Wissen voraus. Beispielsweise sind die Kenntnisse der Grundlagen der Investitionsrechnung Voraussetzung für die Erstellung eines Modells, welches den Kapitalwert als Output hat. All dies ist bei der Erstellung des Modells für die Analyse zu beachten.¹¹⁴

4.2.3 Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Inputs

Für die Inputs, deren Wert mit Sicherheit feststeht, sind klarerweise keine Verteilungen notwendig, da diese Daten vollkommen abgeklärt sind. Bei den Inputs mit Unsicherheit werden auf Basis des Informationsstandes Wahrscheinlichkeitsverteilungen festgelegt. Die Definierung von Verteilungen ist einfacher, übersichtlicher und zielorientierter, als beispielsweise die Erstellung eines Gleichungssystems für die Festlegung der Inputs.¹¹⁵ Die Simulationssoftware @Risk bietet die Einstellung unterschiedlicher Verteilungen an.

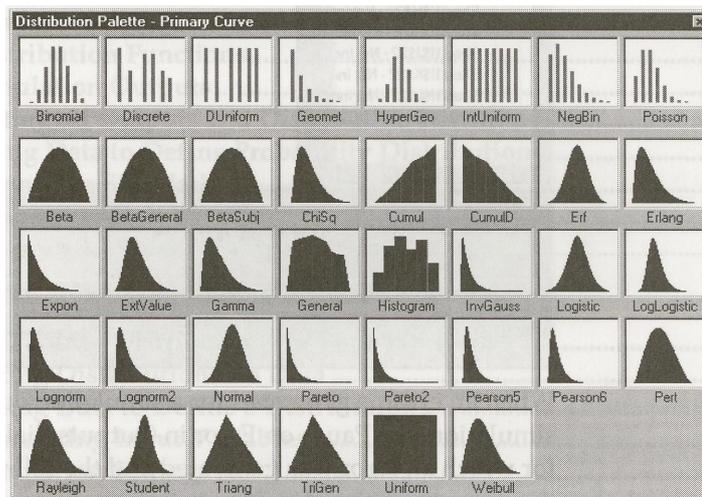


Abbildung 9: Einstellungsmöglichkeiten für Input-Parameter mittels @Risk¹¹⁶

Die Auswahl von Wahrscheinlichkeitsverteilungen ist groß. Jedoch muss man genau überlegen, welche Verteilung zur Darstellung einer konkreten Situation am sinnvollsten erscheint. Für diese Diplomarbeit ist die Dreiecksverteilung von besonderer Bedeutung, da bei dem Großteil der Input-Parameter nicht mehr Informationen zur Verfügung standen, als ein minimaler, ein maximaler und ein wahrscheinlichster Wert.

¹¹⁴ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 233.

¹¹⁵ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 233 f.

¹¹⁶ Quelle: Palisade Corporation (2002), S. 55.

4.2.4 Zufällige Proben aus allen Input-Verteilungen

Wenn die Verteilungen für alle Inputs definiert sind, beginnt der Rechengang. Dafür wird aus jeder Wahrscheinlichkeitsverteilung ein Wert für die Berechnung des Modells ausgewählt. Die Frage ist, wie dieser Wert ausgewählt wird. Die meisten Software-Lösungen verwenden dafür einen Pseudo-Zufallszahlen-Generator. Dieser ermittelt einen Wert auf der x-Achse, welchem über die Verteilungsfunktion ein eindeutiger Verteilungswert des Inputs zugeordnet werden kann. Bei der Erstellung einer Zufallszahl hat jeder Zahlenwert die gleiche Wahrscheinlichkeit ermittelt zu werden. Bei jedem Simulationsdurchlauf wird für jeden Input durch dieses System ein Zufallswert ermittelt. Diese Methode der Zufallszahlenermittlung wird die klassische Monte Carlo Sampling Methode genannt. Es kann einige Zeit dauern, bis mittels dieser Methode ein stabiles Simulationsergebnis vorliegt.¹¹⁷

Eine Alternative der Zufallszahlenermittlung ist die Latin Hypercube Sampling Methode. Mittels der Monte Carlo Sampling Methode kann es vorkommen, dass die Zufallswerte sich in einem bestimmten Bereich häufen. Das bedeutet, dass relativ viele Läufe notwendig sind, um stabile Ergebnisverteilungen zu erreichen. Die Latin Hypercube Sampling Methode teilt die gesamte Verteilung in Segmente und zieht dann nacheinander aus jedem Segment eine Zufallszahl. Die Anzahl der Segmente richtet sich nach der Anzahl der eingestellten Iterationsschritte. Wenn n Läufe vorgegeben werden, teilt die Latin Hypercube Sampling Methode die Verteilung in n Segmente. Aus einem bereits gewählten Segment wird dann keine Zufallszahl mehr gezogen. Dadurch werden repräsentative Ergebnisse wesentlich früher erreicht, als mit der Monte Carlo Sampling Methode.¹¹⁸

Bezüglich der Anzahl der notwendigen Iterationsschritte kann gesagt werden, dass grundsätzlich so viele Läufe wie gewünscht gemacht werden können. Es müssen aber mindestens so viele Läufe gemacht werden, dass die Verteilung des Outputs konvergiert. Das heißt, dass sich durch zusätzliche Läufe die Verteilung des Ergebnisses nur mehr kaum verändert.¹¹⁹

4.2.5 Berechnung des Outputwertes je Lauf

Bei diesem Schritt werden die ermittelten Zufallswerte der Inputparameter ins Modell eingesetzt und der Output-Wert errechnet. Das Output-Ergebnis jedes Laufs wird gespeichert und für die Output-Verteilung verwendet.¹²⁰

4.2.6 Verteilung der Output-Daten aller Simulationsläufe

Die eigentliche Aufgabe des gesamten Simulationsprozesses ist es, die Output-Ergebnisse von jedem Lauf gemeinsam in Form einer Verteilung darzustellen. Die meisten Software-Lösungen unterstützen eine Vielzahl von Darstellungsmöglichkeiten. Auch werden sämtliche Simulationsergebnisse übersichtlich dargestellt. Sowohl bei den Input-, als auch bei den Output-Variablen werden umfassende Verteilungen dargestellt. Angaben wie

¹¹⁷ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 234 f.

¹¹⁸ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 235 f.

¹¹⁹ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 236.

¹²⁰ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 236.

Minimumwert, Maximumwert, Mittelwert, Standardabweichung und viele mehr werden ebenfalls für alle Verteilungen angeführt.¹²¹

4.3 Sensitivitätsanalyse mittels Monte Carlo Simulation

Ein wichtiges Ergebnis ist die Sensitivität, d.h. die Abhängigkeit, des Outputs von den einzelnen Inputs. Wie bereits erwähnt, sind manche Inputs relevanter für den Output als andere. In diesem Zusammenhang liegt es im Interesse von Investoren zu wissen, welche Parameter sich wie stark im Output niederschlagen. Das Programm @Risk bietet hierfür das so genannten Tornado Diagramm an, um den Zusammenhang zwischen Inputs und Output darstellen zu können. Dabei werden entweder Regressions- oder Korrelationskoeffizienten errechnet. Grundsätzlich sagen beide Ähnliches aus, nämlich die Stärke des Zusammenhangs zwischen Inputs und Output. Der Unterschied liegt nur in der Art der Berechnung. Für Beide gilt ein Wertebereich von -1 bis 1. Je größer der Absolutbetrag des Koeffizienten ist, umso größer ist der Einfluss dieses Input-Parameters auf den Output. Bei einem Wert von -1 besteht ein vollständiger negativer Zusammenhang und bei einem Wert von 1 besteht ein vollständiger positiver Zusammenhang zwischen Input und Output. Bei einem Koeffizienten von 0 besteht überhaupt kein Zusammenhang zwischen den Merkmalen.¹²²

4.3.1 Korrelationskoeffizient

Der Korrelationskoeffizient beschreibt den Grad des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen. Wie bereits oben beschrieben kann er Werte zwischen -1 und 1 annehmen, wobei bei -1 beziehungsweise 1 vollständiger Zusammenhang besteht und bei 0 kein Zusammenhang zwischen den zwei Variablen besteht. Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten r erfolgt nach folgender Gleichung:¹²³

$$r = \frac{\sum [(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})]}{n \cdot s_x \cdot s_y}$$

Abbildung 10: Korrelationsgleichung¹²⁴

s_x Standardabweichung der Variable x

s_y Standardabweichung der Variable y

x_i i -ter Wert der Variable x

y_i i -ter Wert der Variable y

n Anzahl der Werte der Variablen

\bar{X} arithmetischer Mittelwert der Variable x

¹²¹ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 236 ff.

¹²² Vgl. Campbell et al. (2007), S. 239.

¹²³ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 241.

¹²⁴ Quelle: Campbell et al. (2007), S. 241.

\bar{Y} arithmetische Mittelwert der Variable y

4.3.2 Regressionskoeffizient

Bei der Berechnung dieses Koeffizienten wird der Zusammenhang zwischen einer abhängigen Variable und einer oder mehreren unabhängigen Variablen ermittelt. Die abhängige Variable ist der Output und die unabhängigen Variablen sind die Inputs. Wie beim Korrelationskoeffizienten liegen die Werte zwischen -1 und 1. Die Berechnung des Regressionskoeffizienten b erfolgt nach folgender Formel:¹²⁵

$$b = \frac{\sum x_i * y_i - n * \bar{X} * \bar{Y}}{n * s_x^2}$$

Abbildung 11: Regressionsgleichung¹²⁶

s_x Standardabweichung der Variable x

x_i i-ter Wert der Variable x

y_i i-ter Wert der Variable y

n Anzahl der Werte der Variablen

\bar{X} arithmetischer Mittelwert der Variable x

\bar{Y} arithmetische Mittelwert der Variable y

4.3.3 Softwarelösungen

In der Praxis hat sich die Tabellenkalkulation für die Berechnung derartiger Probleme durchgesetzt. Dabei hat sich unter allen Programmen Microsoft®Excel eindeutig durchgesetzt.¹²⁷ Für Sensitivitätsanalysen werden so genannten Excel-Add-Ins verwendet. Das sind Programme, die Excel um bestimmte – für die Analyse relevante – Formeln und Funktionalitäten erweitern. Der große Vorteil liegt darin, dass der Benutzer in der gewohnten Excel Umgebung arbeiten kann.¹²⁸

Die zwei bekanntesten Programme für Sensitivitätsanalysen mittels Monte Carlo Simulation sind @Risk® von Palisade Corp. und Crystal Ball® von Decisioneering Corp.¹²⁹

Für diese Diplomarbeit wurde @Risk verwendet.

¹²⁵ Vgl. Campbell et al. (2007), S. 243.

¹²⁶ Quelle: Campbell et al. (2007), S. 243.

¹²⁷ Vgl. Newendorp/Schuyler (2000), S. 484.

¹²⁸ Vgl. Frey/Nießén (2001), S. 103.

¹²⁹ Vgl. Newendorp/Schuyler (2000), S. 484.

4.3.4 Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse

Wie bereits erwähnt beschäftigt sich eine Sensitivitätsanalyse mit der Frage, wie stark ein Eingabeparameter den Ausgabeparameter beeinflusst. Grundsätzlich gibt es dazu eine deterministische und eine probabilistische Vorgehensweise.

Deterministische Sensitivitätsanalyse

Bei der deterministischen Sensitivitätsanalyse wird die Auswirkung der Veränderung eines einzigen Inputparameters auf den Output untersucht. Alle anderen Inputparameter bleiben unverändert. Dabei wird der ausgewählte Input um einen Prozentsatz verändert und die Auswirkung auf den Output festgestellt. Dieser Vorgang wird mit unterschiedlichen Prozentsätzen – beispielsweise -15%, -10%, -5%, +5%, +10%, +15% – durchgeführt und die jeweiligen Outputergebnisse werden festgehalten. So lässt sich dann ein Diagramm erstellen, welches die deterministische Sensitivitätsanalyse bezüglich eines bestimmten Parameters graphisch darstellt. Diese Darstellung wird Spider-Diagramm genannt.¹³⁰

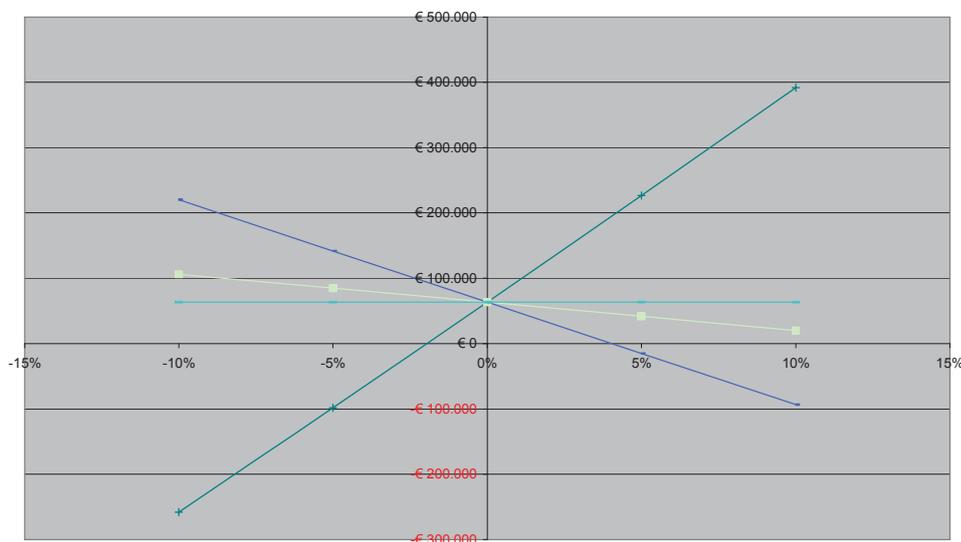


Abbildung 12: Beispiel eines Spider-Diagramms

Die Abbildung ist ein Beispiel für ein Spider-Diagramm. Auf der x-Achse ist die prozentuale Veränderung des jeweiligen Input-Parameters aufgetragen. Auf der y-Achse ist der Outputwert abgebildet. In dieser Abbildung ist der Outputwert der Kapitalwert in Euro. Die einzelnen Graphen stellen Inputparameter dar. Je steiler der Graph ist, umso größer ist der Einfluss des jeweiligen Inputs auf den Output. Ein flacher Graph sagt aus, dass sich mit der prozentuellen Veränderung des Inputs kaum Auswirkungen auf den Output ergeben. Der Nachteil der deterministischen Sensitivitätsanalyse liegt darin, dass immer nur ein Input nach dem anderen betrachtet werden kann.

¹³⁰ Vgl. Staber (2007), S. 16.

Probabilistische Sensitivitätsanalyse

Bei der probabilistischen Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss von mehreren Inputs gleichzeitig auf den Output untersucht. Wie bereits oben ausgeführt werden den Inputs mit Unsicherheit Verteilungen zugewiesen. Auf Basis dieser Verteilungen werden alle definierten Inputs auf deren Auswirkungen auf den Output hin untersucht. Je nach Einstellung werden entweder die Korrelationskoeffizienten oder die Regressionskoeffizienten für jeden Input-Parameter errechnet. Dadurch kann der Grad des Einflusses des jeweiligen Inputs auf den Output ermittelt werden. Graphisch werden diese Ergebnisse in Form eines Tornado-Diagramms dargestellt.¹³¹

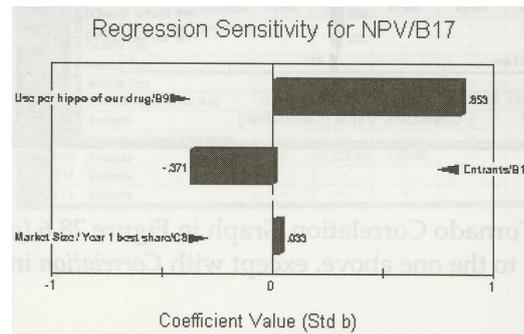


Abbildung 13: Beispiel eines Tornado-Diagramms¹³²

Hier ist ein Beispiel eines Tornado-Diagramms abgebildet. Es wurden Regressionskoeffizienten errechnet, welche in Form dieser Graphik dargestellt wurden. Der oberste Input-Parameter hat den höchsten Einfluss auf den Output und dieser Zusammenhang ist positiv. Das bedeutet eine Erhöhung dieses Inputs führt zu einer Erhöhung des Outputs. Der darunter liegende Input-Parameter hat den zweitgrößten Einfluss auf den Output. Dieser Parameter hat einen negativen Zusammenhang zum Output, d.h. eine Vergrößerung dieses Parameters führt zu einer Verminderung des Output-Wertes.

Der Vorteil der probabilistischen Sensitivitätsanalyse liegt in der Möglichkeit alle unsicheren Inputs gleichzeitig auf Basis der jeweiligen Verteilungen auf deren Output-Auswirkungen zu untersuchen.

¹³¹ Vgl. Staber (2007), S. 16.

¹³² Quelle: Palisade Corporation (2002), S. 117.

5 Qualitative Bewertung von KPIs bei Geothermieprojekten

Die grundlegenden Erfolgsursachen sind wesentlich für betriebliche Planungssysteme. Diese Erfolgsursachen werden auch Erfolgsfaktoren genannt. Es geht darum herauszufinden, welche Variablen oder Bedingungen eine wesentliche Wirkung auf das Gelingen haben. Man will feststellen, welche Einflussgrößen und Bedingungen für den Erfolg beziehungsweise den Misserfolg eines Unternehmens oder einer Investition oder eines Projekts verantwortlich sind. Um bei der Gestaltung von Planungssystemen das Wesentliche nicht aus den Augen zu verlieren, empfiehlt sich die Konzentration auf eine überschaubare Anzahl von Erfolgsfaktoren mit sehr starker Erfolgswirkung. Diese Faktoren werden kritische Erfolgsfaktoren genannt.¹³³ In dieser Arbeit werden Key Performance Indicator (KPIs) synonym dazu verwendet.

Bezüglich der qualitativen Bewertung dieser kritischen Erfolgsfaktoren von Geothermieprojekten entschied man sich in dieser Arbeit besonders auf Erfahrungen aus der Praxis Rücksicht zu nehmen. So fiel die Entscheidung bezüglich der Durchführung zu Gunsten der Ausarbeitung und Aussendung eines Fragebogens.

Die abgefragten Punkte des Fragebogens stützen sich natürlich auf entsprechende Erkenntnisse und Recherchen der Literatur. Zusätzlich beinhaltet jeder Themenblock eine offene Frage, wo zusätzlich relevant erscheinende Faktoren angeführt werden konnten.

Der Fragebogen richtete sich weder an Universitäten, Bildungseinrichtungen oder Forschungsbüros, noch an Firmen, welche Geothermieprojekte planen oder Anlagen verkaufen. Die einzigen Adressaten dieser Umfrage waren Betreiber von geothermischen Anlagen. Ziel war es, eine fundierte Praxismeinung zu bekommen.

5.1 Der Fragebogen

Der Fragebogen selbst wurde nach umfangreichen Literaturrecherchen und fachlichen Interviews erstellt. Auf wichtige Eigenschaften bei der Erstellung von Fragebögen, wie Verständlichkeit, Einfachheit, Kürze, Abgeschlossenheit oder fachliche Richtigkeit, wurde selbstverständlich eingegangen. Um den Adressanten des Fragebogens besonderen Komfort bieten zu können, wurde eine Microsoft EXCEL-Vorlage erstellt. Somit bestand die Möglichkeit den Fragebogen direkt auf dem Computer auszufüllen. Selbstverständlich wurde auch die Möglichkeiten von FAX und Brief angeboten. Der komplette Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

5.1.1 Aufbau des Fragebogens

Insgesamt werden bei diesem Fragebogen Antworten zu knapp 150 Fragen verlangt, wobei der überwiegende Teil aus der Schulnotenbewertung von angeführten Parametern besteht. Grundsätzlich gliedert sich der Fragebogen in acht Teile:

¹³³ Vgl. Hopfenbeck (1997), S. 528 f.

1. Einleitung und Erläuterung der Zielsetzung
2. Abfrage allgemeiner Informationen
3. Erhebungsteil wirtschaftlicher Parameter
4. Erhebungsteil politischer Parameter
5. Erhebungsteil geologischer Parameter
6. Erhebungsteil technischer Parameter
7. Offene Frage bezüglich des ganzen Fragebogens
8. Abfrage nach persönlicher Kompetenzeinschätzung

Einleitung und Erläuterung der Zielsetzung

Im Einleitungsteil wird der Adressat des Fragebogens mit den Rahmenbedingungen und der Zielsetzung der Abfrage vertraut gemacht.

Abfrage allgemeiner Informationen

Dieser Teil dient der Einordnung und Klassifizierung des Projektes. Neben dem Projektnamen, dem Ort, dem Land, der Leistung der Anlage, dem Namen des Ausfüllers und dessen Aufgabe beim Projekt, wird nach einer Klassifizierung der Anlage gefragt. Sowohl das Speichersystem, als auch die Nutzungsart sollen klassifiziert werden. Beim Speichersystem des Projekts werden folgende Möglichkeiten angeboten:

- Flaches geothermisches System
- Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie
- Hydrothermales System mit hoher Enthalpie
- Hot-Dry-Rock-System
- Tiefe Erdwärmesonde
- Eine freie Zeile für Sonstiges

Bei der Klassifizierung der Nutzungsart stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl:

- Elektrizitätsgewinnung
- Direkte Nutzung zu Heizzwecken
- Nutzung mit Hilfe von Wärmepumpen
- Energiespeicherung
- Balneologische Nutzung
- Eine freie Zeile für Sonstiges

Erhebungsteile für wirtschaftliche, politische, geologische und technische Parameter

In diesem Abschnitt werden Beurteilungen von wirtschaftlichen, politischen, geologischen und technischen Parametern erfragt. Einleitend wird bei jedem Teil das System der Beurteilung erläutert. Es wird eine Schulnotenskala verwendet, wobei 1 für sehr wichtig und 5 für überhaupt nicht wichtig steht. Die einzelnen Parameter der Kategorien werden

noch genauer ausgeführt. Am Ende eines jeden Abschnitts steht eine offene Frage, bei der die befragte Person die Möglichkeit hat zusätzliche Punkte anzuführen.

Offene Frage

Der vorletzte Teil des Fragebogens besteht aus einer offenen Frage. Sollten Parameter, die nach Meinung der Interviewten sehr wichtig sind, nicht in die Kategorien Wirtschaft, Politik, Geologie oder Technik einzuordnen sein, dann besteht hier die Möglichkeit, weitere relevante Punkte anzuführen. Generell soll damit der Fragebogen inhaltlich abgeschlossen werden.

Abfrage nach persönlicher Kompetenzeinschätzung

Im letzten Abschnitt des Fragebogens wird die persönliche Kompetenzeinschätzung abgefragt. Die interviewten Personen werden gebeten ihre persönliche Kompetenz bezüglich der Fachgebiete Wirtschaft, Politik, Geologie und Technik zu bewerten. Dieser Fragebogenteil soll helfen, die oben angegebenen Bewertungen richtig einordnen zu können.

5.1.2 Parameter des Fragebogens

Wie bereits erwähnt, werden bei diesem Fragebogen eine Vielzahl an Informationen abgefragt. Neben der Abfrage von allgemeinen Informationen und der persönlichen Kompetenz, dient der Fragebogen in erster Linie der Bewertung von Parametern bei der Verwirklichung eines Geothermieprojektes. Welche Faktoren sind bei der praktischen Umsetzung einer geothermischen Anlage von Bedeutung? Selbstverständlich wird den befragten Experten mehrmals die Möglichkeit gegeben, eigene wichtige Faktoren anzuführen. Doch der Großteil des Fragebogens bittet um die Bewertung von bereits vorab definierten Parametern. Diese Faktoren wurden aufgrund von Literaturrecherchen und fachlichen Interviews zusammengetragen. Generell galt der Grundsatz: „Je mehr Faktoren, umso besser.“ Das heißt, es wurde keine Selektion auf die wesentlichen Parametern betrieben. Man wollte das Ergebnis des Fragebogens auf keinen Fall vorweg nehmen oder beeinflussen. Die Parameter wurden vier großen Gruppen zugeordnet:

- Wirtschaftliche Parameter
- Politische Parameter
- Geologische Parameter
- Technische Parameter

Im Folgenden werden nun die einzelnen zu bewertenden Parameter des Fragebogens angeführt und erläutert.

Wirtschaftliche Parameter

Investitionsausgaben – die gesamten Ausgaben für das Projekt

Planungsausgaben/Projektierung/Expertisen – Ausgaben für Entwicklung und das Erstellen fertiger Projektunterlagen

Bewilligungsausgaben (Behörden) – Ausgaben im Rahmen des Genehmigungsverfahrens

Grundstückskosten – Ausgaben für allfällige Grundablösen für die Anlage

- Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)** – Ausgaben für die Erschließung
- Bohrausgaben** – Ausgaben für die Bohrung
- Ausgaben für Sondenkomplettierung** – Ausgaben für Installierungen im Bohrloch
- Obertätige Anlagen** – die gesamten Ausgaben für alle Anlagen auf der Erdoberfläche
- Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden**
- Ausgaben der Kapitalbeschaffung** – Ausgaben für die Zurverfügungstellung des notwendigen Kapitals
- laufende Ausgaben/Betriebskosten** – Ausgaben für Aufrechterhaltung der Anlage
- Personalausgaben** – Ausgaben für notwendiges Betriebspersonal
- Versicherungsausgaben** – Ausgaben für Versicherungen der Anlage
- Instandhaltungsausgaben** – Ausgaben der Instandhaltung
- Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung** – Bildung von Geldreserven für die Erneuerung der Rohre
- Ausgaben für Fremdleistungen** – laufende Ausgaben für Fremdfirmen
- Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)** – Ausgaben für den Ankauf von notwendiger zusätzlicher Energie
- Steuern/Gebühren/Beiträge** – Ausgaben für Behörden und Steuern
- Abschreibungen** – Aufteilung der Investitionskosten über die Laufzeit der Anlage
- Fremdkapitalzinsen** – Ausgaben für die Verzinsung des aufgenommenen Kapitals
- Werbeausgaben** – Ausgaben zu Zwecken der Vermarktung und der Werbung
- spezifischer Investitionsaufwand je kWh** – Kennzahl zur Bewertung der Effektivität der Anlage bezüglich der Gesamtinvestition
- spezifische Produktionskosten je kWh** – Kennzahl zur Bewertung der Ausgaben für jede kWh
- Kosten/kWh_{el}** – Ausgaben für jede produzierte kWh (elektrisch)
- Kosten/kWh_{th}** – Ausgaben für jede produzierte kWh (thermisch)
- Einspeisetarife Strom** – möglicher Verkaufspreis der Energie (elektrisch)
- Einspeisetarife Wärme** – möglicher Verkaufspreis der Energie (thermisch)
- künftige Preisentwicklungen** – Entwicklungen von Tarifen in der Zukunft
- verkaufbare Wärmeleistung der Anlage**
- Nutzungsdauer** – möglicher gesamter Nutzungszeitraum der Anlage
- Preis von Konkurrenzenergien** – Auswirkung der Preise von z.B. Öl, Gas, Kohle, Holz usw.
- Kapitalwert des gesamten Projekts** – abgezinste Einnahmen und Ausgaben der Anlage
- Amortisationszeit** – Dauer, bis investiertes Kapital zurückverdient wurde
- Rentabilität** – Verzinsung des eingesetzten Kapitals
- Art der Finanzierung** – Herkunft des notwendigen Kapitals
- Kalkulatorischer Zinssatz** – innerbetrieblich angenommener Zinssatz
- Inflationsrate** – laufende Geldentwertung
- künftige Zinsentwicklungen** – Auswirkung der Entwicklung der Zinsen
- Ausgaben für die Verteilung der Wärme zum Verbraucher** – Ausgaben für das Versorgungsnetz

wirtschaftliche Verwertung des mitproduzierten Gases – Verwertbarkeit des Gases, welches mit dem Formationswasser mitgefördert wird

Know-how der Mitarbeiter – Wissensstand des Betriebspersonals

Schulungsausgaben – Ausgaben für Ausbildungen und Fortbildungen

Mitarbeiterfluktuation – Wechsel bei Betriebspersonal

Auswirkung von Lernkurven – Bedeutung von Erfahrungen

Politische Parameter

Politische Unterstützung – Bedeutung politischen Willens für das Projekt

Unterstützung Gemeinde – Bedeutung politischer Unterstützung durch die Gemeinde

Unterstützung Land – Bedeutung politischer Unterstützung durch das Land

Unterstützung Bund – Bedeutung politischer Unterstützung durch den Bund

Förderungen – Höhe der Subventionen und finanzieller Unterstützungen

Investitionsbeihilfen – Unterstützung bei der Investition

dauerhafte Förderungen – Unterstützung beim laufenden Betrieb z.B. niedrige Zinsen

garantierte Einspeisetarife – garantierte Tarife für den Verkauf der Energie

ökologische Effekte – Bedeutung von Vorteilen für die Umwelt

Geologische Parameter

Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont) – Tauglichkeit des Untergrundes für geothermische Zwecke

Geologische Parameter – Bedeutung geologischer Aspekte

Stratigraphie – Beschreibung, Klassifikation, zeitliche Bildung, Fossilinhalt und Korrelation der Schichten in Gesteinen¹³⁴

Lithologie – physikalische Eigenschaften der Gesteinsschicht¹³⁵

Faziesausbildung – Gruppierung von Gesteinen unterschiedlicher Zusammensetzung¹³⁶

Genese – Art der Entstehung von Gesteinen

Geophysikalische Parameter – physikalische Parameter von Gesteinsschicht und Formationswasser

Temperatur des Gesteins – Temperatur im Nutzhorizont

Temperaturgradient – durchschnittliche Temperaturzunahme mit der Tiefe

Nutzporosität – prozentueller Anteil des nutzbaren Gesamtvolumens eines Gesteins, der aus Poren besteht¹³⁷

Gesteinspermeabilität – Durchlässigkeit für Flüssigkeiten durch Poren¹³⁸

¹³⁴ Vgl. Press/Siever (1995), S. 580.

¹³⁵ Vgl. Press/Siever (1995), S. 190.

¹³⁶ Vgl. Press/Siever (1995), S. 179.

¹³⁷ Vgl. Press/Siever (1995), S. 576.

Transmissivität – ein Maß für die Durchlässigkeit eines Aquifers und dessen Mächtigkeit

Ergiebigkeit – die mögliche förderbare Wassermenge

Druck – Druck des Aquifers

Geometrische Parameter – geometrische Parameter des Nutzhorizonts

Mächtigkeit – die Größe des Aquifers

Tiefe – die Tiefe des Aquifers

Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)

Wärmeleitfähigkeit der Gesteine – wie gut Wärme im Untergrund transportiert werden kann

Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation

Hydrogeologische Neubildungsrate – der Zufluss von Wasser in den Grundwasserleiter

Wärmeinhalt/Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)

geothermale Anomalien – eine wesentlich höhere Temperatur, als dem durchschnittlichen geothermischen Gradienten entspricht

Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)

mögliche Fördermenge – mögliche Förderung aus dem Aquifer

Produktivität (Abgabefähigkeit) – Maß für die Wassermenge, die gefördert werden kann

Injektivität (Aufnahmefähigkeit) – Maß für die Wassermenge, die verpresst werden kann

Möglicher Nutzungszeitraum (Lebendauer) – Zeitraum, in dem die geothermische Nutzung möglich ist

Nutzungskonflikte mit anderen Projekten – wenn mehrere Projekte mit demselben Aquifer arbeiten

Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe – welche Wassereigenschaften machen im gesamten Kreislauf Probleme

Salinität – Salzgehalt des Wassers¹³⁹

Chemismus/Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen) – welche Inhaltsstoffe führen zu Ablagerungen in den Rohren oder Verschleiß der Rohre

Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen) – Auswirkungen des mitproduzierten Gases auf die Ablagerungen in den Rohren oder Verschleiß der Rohre

Bakterien – Bakterien im Wasserkreislauf

Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser

Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser

¹³⁸ Vgl. Press/Siever (1995), S. 575.

¹³⁹ Vgl. Press/Siever (1995), S. 162.

Technische Parameter

Bohrung/Sonde – die Parameter bezüglich der Bohrung der Sonde

Referenzbohrungen – bestehende Bohrungen in der Gegend

Bohrprotokolle für weitere Infos – entsprechende Unterlagen über nahe gelegene Bohrungen

Eigenschaften bestehender Sonden – in welchem Zustand sind nahe gelegene Bohrungen

Aufschlusskonzeption des Geothermiefeldes – Plan zur Erschließung des geothermischen Reservoirs

Grundstückszugang – wie erfolgt der Zugang zum Bohrplatz bzw. zur Sonde

Bohrplatzeinrichtung – notwendige Gerätschaften für Bohrung

Bohrlochlänge – Länge des Bohrstanges

Bohrteufe – Tiefe des Bohrlochs unter der Erdoberfläche

Bohrlochkonstruktion – Aufbau des Bohrlochs und der Bohrabschnitte

Sondenlänge – Länge der Sonde bis zur Lagerstätte

Sondendurchmesser – Durchmesser des Sondeneinbaus

Komplettierung der Sonden – Einbauten der Sonde

Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden – Absenkung des Aquifers bei Förderung und Aufhöhung des Aquifers bei Injektion

Wassertemperatur an Bohrlochkopf – Wassertemperatur, wenn das Wasser an die Oberfläche kommt

Wasserdruck an Bohrlochkopf – Wasserdruck, wenn das Wasser an die Oberfläche kommt

Statischer Druck – Wasserdruck am Bohrlochkopf, wenn nicht produziert wird

Dynamischer Druck – Wasserdruck am Bohrlochkopf, wenn produziert wird

infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren – Parameter der oberirdischen Anlage

erforderliche Heiznetztemperaturen – Temperatur, mit welcher ins Netz geliefert werden muss, und mit welcher das Wasser aus dem Netz zurückkommt

Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise/Anlagennutzungsgrad – Energiemenge, die ins Heiznetz geliefert werden kann

Bedarf im Jahresgang – Energiebedarf des Heiznetzes in den unterschiedlichen Perioden des Jahres

jährlicher Wärmebedarf – gesamter jährlicher Wärmebedarf des Heiznetzes

Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebsdauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen) – Kennzahl über die Auslastung der Anlage

Möglichkeit, erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln

Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern – Abnehmer, die kontinuierlich über das Jahr Energie brauchen

Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen – durch Niedertemperaturheizsysteme sind niedrigere Rücklauftemperaturen möglich, was eine höhere thermische Leistung der Anlage bedeutet

Wärmeleistung der Anlage – Anzahl der kWh (thermisch) der Anlage im Jahr

Primärenergienutzungsgrad – Anteil der geothermischen Energie, der direkt (thermisch) genutzt wird

technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen – welche nutzbare Leistung haben die Bohrungen

Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserverbrauchern bzw. Wasserverteilungsnetz – wie weit muss die Energie von der Anlage bis zum Verbraucher transportiert werden

Abstand zw. Förder- und Verpressfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf) – eine Vergrößerung des Abstandes führt zu einer längeren Nutzungsdauer, eine Verkleinerung führt zu niedrigeren Energiebedarf und Investitionskosten

Verkehrslage/Erreichbarkeit – Anbindung der Anlage an den Verkehr

Ausfälle/Lieferprobleme – Bedeutung von möglichen Ausfällen bzw. Verhalten bei Lieferproblemen

Anzahl der jährlichen Ausfälle/Lieferprobleme

durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen – wie lange dauert es bei einem Ausfall, bis wieder geliefert wird

Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf – hat Auswirkung auf Leistung der Anlage

Nutzenvergleich Verkauf von Wasser vs. Reinjektion – Reinjektion hält den Druck in der Lagerstätte aufrecht

notwendiger Reinjektionsdruck – Druck, der notwendig ist, um Wasser wieder verpressen zu können

Notwendigkeit von Tiefpumpen – Notwendigkeit von Pumpen bei der Förderung

Produktivität je Bohrungsdoulette – Leistung je zwei Bohrungen (Produktion und Injektion)

Wie bereits erwähnt wurde der Fragebogen auf Basis von Informationen der Literatur und von Interviews durchgeführt. Stellvertretend für alle beteiligten Personen, sei die Unterstützung von DI Dr. Bräuer (OMV AG) und Dr. Wessely (ehem. OMV AG) erwähnt.

Der Fragebogen wurde sowohl in deutscher, als auch in englischer Sprache verfasst. Beide Versionen befinden sich im Anhang dieser Arbeit (Anhang 1 und 2).

5.2 Versendung des Fragebogens

Der fertige Fragebogen wurde mittels E-Mail versendet. Wie bereits erwähnt, war es das Ziel, die Betreiber von geothermischen Projekten zu erreichen, um eine möglichst praxisnahe Beurteilung der Parameter zu erhalten. Um ein größeres Spektrum an Projekten

erreichen zu können, wurde der Fragebogen, wie bereits erwähnt, ebenfalls in die englische Sprache übersetzt.

Insgesamt wurde der Fragebogen an über 200 Adressen versendet. Darunter waren neben den deutschsprachigen Projekten in Österreich, Deutschland und der Schweiz auch viele andere internationale Anlagen. Insgesamt 16 Mal wurde der Fragebogen zu Projektbetreibern in Rumänien und 142 Mal zu den Betreibern von Geothermieanlagen in Italien gesendet. 4 Fragebögen gingen nach Bulgarien und zwei nach Slowenien. 20 Mal wurde der Fragebogen nach Übersee – Mittel- und Nordamerika – gemailt.

Mit den deutschsprachigen Betreibern wurde vor der Versendung telefonisch Kontakt aufgenommen, um die Rücklaufquote zu erhöhen. Es wurden Fragebögen zu elf deutschen, einem schweizer und acht österreichischen Geothermieprojekten versendet.

5.3 Rücklauf des Fragebogens

Grundsätzlich konnte der Fragebogen direkt auf dem Computer ausgefüllt werden. Es bestand aber auch die Möglichkeit den Fragebogen mit der Hand auszufüllen und zu faxen oder per Post zuzusenden. Die Betreiber der angeschriebenen Geothermieprojekten machten von all diesen Möglichkeiten Gebrauch. Der Großteil der Fragebögen wurde allerdings in digitaler Form retourniert. Trotz des Setzens eines zeitlichen Limits und des mehrmaligen Schreibens von Erinnerungsmails dauerte der Prozess des Rücklaufs der Fragebögen mehr als zwei Monate.

Insgesamt wurden 14 Fragebögen ausgefüllt an den Autor dieser Arbeit zurückgesendet. Erwartungsgemäß war der Großteil aus dem deutschsprachigen Raum. Die vorab durchgeführte telefonische Kontaktaufnahme hat den Output positiv beeinflusst.

Sechs Fragebögen wurden von Betreibern geothermischer Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland zurückgesendet. Fünf Fragebögen kamen von österreichischen Projektbetreibern. Jeweils ein Fragebogen kam aus Mexiko, der Schweiz und aus Italien.

Die 14 Fragebögen kamen von den Betreibern folgender Projekte:

1. Geothermiekraftwerk Neustadt-Glewe, Deutschland
2. Geothermieanlage Altheim, Österreich
3. Geothermieprojekt Wörth, Deutschland
4. Geothermie und Fernwärme Fürstenfeld GmbH, Österreich
5. Obernberger Geo-Fernwärme GmbH, Österreich
6. Geothermie St.Martin im Innkreis, Österreich
7. Fernwärme Haag am Hausruck, Österreich
8. Geothermie Waren, Deutschland
9. Los Humeros II, Mexiko
10. Tiefes Explorationsprogramm, Italien
11. Wärmeverbund Riehen, Schweiz
12. Geowärmeprojekt Erding, Deutschland
13. Aquifer-Wärmespeicher Neubrandenburg, Deutschland

14. Geothermieprojekt Staubing, Deutschland

Sämtliche befragten Personen gehören dem oberen Management der jeweiligen Geothermieanlage an. Die meisten sind Geschäftsführer der Projekte.

Die genauen Daten der Projekte befinden sich im Anhang (Anhang 3). Neben dem genauen Standort der Anlage, sind die Klassifizierungen des Speichersystems und der Nutzungsart, sowie die Leistung des jeweiligen Projekts angeführt. Darüber hinaus werden die Namen und die Funktion des jeweiligen Experten, und deren persönliche Kompetenzeinschätzung genannt. Bezüglich der Kompetenz steht w für wirtschaftliche Kompetenz, p für politische Kompetenz, g für geologische Kompetenz und t für technische Kompetenz.

Mit einem Rücklauf von knapp sieben Prozent blieb die Befragung zwar unter den Erwartungen, jedoch lassen sich mittels der vorhandenen Unterlagen trotzdem interessante Aussagen treffen.

5.4 Ergebnisse des Fragebogens

Bei der Auswertung der eingegangenen Unterlagen wurden die Ergebnisse aller Fragebögen herangezogen und bewertet. Dabei konnten unterschiedliche Auswertungsvarianten durchgeführt werden, die auf dem jeweiligen Gebiet eine spezielle Aussagekraft haben. Sämtliche Auswertungen wurden in sehr übersichtlicher Form, meist graphisch, zum Teil aber auch tabellarisch, durchgeführt. Die Auswertungen bauen auf den ursprünglichen Fragebogen auf. Die von den befragten Personen bei den offenen Fragen zusätzlich angeführten Parameter wurden ebenfalls in die Auswertungen aufgenommen.

5.4.1 Auswertungsvariante 1 – alle Fragebögen

Die erste Auswertungsvariante fasst die Ergebnisse aller 14 Fragebögen zusammen und gibt einen Gesamtüberblick. Es erfolgt keine Differenzierung nach dem Speichersystem, jedoch sind 11 der 14 Fragebögen von Projekten, die ein hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer $< 150^{\circ}\text{C}$) als Speichersystem nutzen. Daher ist diese Auswertung eher für derartige Projekte relevant. Die Daten bezüglich Nutzungsart, Leistung der Anlage und Kompetenz der interviewten Person bleiben unberücksichtigt.

Die Beurteilungen der einzelnen Parameter erfolgten, wie bereits erwähnt, nach einem Schulnotensystem von 1 bis 5. 1 steht für sehr wichtig und 5 für überhaupt nicht wichtig. In einem ersten Schritt wurden bei dieser Auswertung die Beurteilungen aller eingegangenen Fragebögen für jeden einzelnen Parameter gemittelt. Das bedeutet, dass das arithmetische Mittel – die Summe durch die Anzahl – für jeden Parameter ausgerechnet wurde. So kam man zu der durchschnittlichen Bewertung. Weiters wurde die Standardabweichung errechnet. Die Standardabweichung ist ein Maß für die Abweichung eines Wertes von seinem Erwartungswert, d.h. vom Mittelwert.¹⁴⁰ Der letzte Wert dieser Auswertungsvariante ist die Anzahl der Bewertungen. Sollte ein Interviewer die Bewertung eines Parameters ausgelassen haben oder k.A. für keine Angabe angezeichnet haben, dann stand klarerweise kein Wert zur Verfügung. So erklärt sich, warum nicht immer 14 bei der

¹⁴⁰ Vgl. Athen/Bruhn (1974), S. 358.

Anzahl der Bewertungen steht. Weiters sind wie bereits angesprochen, die zusätzlich angeführten Parameter ebenfalls in die Auswertung aufgenommen. Bei diesen Parametern ist die Anzahl der Bewertungen 1. Auch die Standardabweichung ist beim Vorhandensein von nur einem Wert definitionsgemäß Null.

Die folgende Abbildung zeigt einen Auszug aus der Auswertung 1. Die gesamte Auswertung befindet sich im Anhang (Anhang 4).

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter			
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;			
Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Investitionsausgaben	1,8	1,09	9
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	3,1	1,19	13
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,2	1,14	13
Grundstückskosten	3,5	1,02	14
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	2,2	1,37	14
Bohrausgaben	1,5	1,15	14
Ausgaben für Sondenkompletierung	2,6	1,16	14
Obertägige Anlagen	2,1	1,23	14
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	2,0	1,11	14
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	2,9	1,38	14

Abbildung 14: Auszug von Auswertungsvariante 1 – alle Fragebögen

In der Abbildung lässt sich der Aufbau der Auswertung erkennen. In der ganz linken Spalte sind die einzelnen Parameter angeführt. Daneben befindet sich eine graphische Darstellung der durchschnittlichen Bewertung aller 14 Fragebögen. In der darauf folgenden Spalte ist die Standardabweichung eingetragen, und in der letzten Spalte ist die Anzahl der Bewertungen eingetragen.

Folgende Überlegungen führten zur Anführung dieser drei Kennzahlen:

Die durchschnittliche Bewertung ermöglicht eine generelle Einteilung der Wichtigkeit des Parameters auf Basis aller 14 Beurteilungen. Sie ist die Grundlage jeglicher Interpretationen bei dieser Variante. Je niedriger der Durchschnittswert, umso wichtiger wurde der Parameter beurteilt. Je höher der Durchschnittswert, umso unwichtiger erschien dieser Faktor. Da die Beurteilungen mit Werten von 1 bis 5 durchgeführt wurden, ergibt sich für den Mittelwert ein Bereich von 1 bis 5.

Die Standardabweichung ist ein Maß für die mittlere Abweichung der einzelnen Beurteilungen vom Mittelwert. Das bedeutet, je kleiner die Standardabweichung, umso „einiger“ waren sie die Bewerter bei diesem Parameter. Ist die Standardabweichung hoch, so divergierte die Meinung der Personen bei diesem Faktor stark. Daher ist diese Information für die Beurteilung der durchschnittlichen Bewertung von besonderem Wert.

Die Anzahl der Bewertungen ermöglicht eine Aussage bezüglich der Qualität von Durchschnitt und Standardabweichung. Bei einer hohen Anzahl wurden der Durchschnitt und die Standardabweichung auf einer breiteren Basis berechnet, als bei einer niedrigeren

Anzahl. Im Extremfall von einer einzigen Beurteilungen – wie bei den zusätzlich ausgefüllten Parametern – ist der Durchschnitt genau diese Bewertung und die Standardabweichung definitionsgemäß Null. Das bedeutet nicht, dass dieser Faktor nicht wichtig sei, jedoch beurteilte ihn nur ein einziger Bewerter.

Diese Auswertungsvariante kann folgendermaßen interpretiert werden: Zuerst werden die wichtigsten Parameter auf Basis der durchschnittlichen Bewertung identifiziert. Diese werden daraufhin in punkto Standardabweichung und Anzahl überprüft. Schlechte Werte bei der Standardabweichung und der Anzahl bedeuten nicht, dass diese Parameter unwichtig sind, jedoch bedarf es erhöhter Aufmerksamkeit bei der Beurteilung der Wichtigkeit.

Anhand dieser Vorgehensweise lassen sich mittels der Auswertungsvariante 1 folgende relevante Parameter ermitteln:

Wichtige wirtschaftliche Parameter auf Basis der Auswertungsvariante 1:

- Investitionsausgaben allgemein
- Bohrausgaben
- Einspeisetarif Strom
- Einspeisetarif Wärme
- Know-how der Mitarbeiter

Wichtige politische Parameter auf Basis der Auswertungsvariante 1:

- Politische Unterstützung Gemeinde
- Förderungen allgemein

Wichtige geologische Parameter:

- Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont) allgemein
- Gesteinspermeabilität
- Transmissivität
- Ergiebigkeit
- Druck
- Verbreitung / Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)
- Wärmehalt – Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)

Wichtige technische Parameter:

- Wassertemperatur an Bohrlochkopf
- Wasserdruck an Bohrlochkopf
- technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen
- Notwendigkeit von Tiefpumpen
- Produktivität je Bohrungsdoulette

Natürlich ist es nicht immer eindeutig, ob ein Parameter nun auf Basis der Auswertung als wichtig oder nicht wichtig einzuschätzen ist. Den größten Ausschlag bei der Beurteilung machte allerdings der Durchschnitt der Bewertungen.

Die von den Ausfüllern zusätzlich angeführten Parameter wurden eher als Einzelprobleme interpretiert oder bereits vorhandenen Parametern zugeordnet und daher nicht in die Liste der relevanten Parameter aufgenommen.

5.4.2 Auswertungsvariante 2 – Standardabweichung

Diese Variante ist der Auswertung 1 sehr ähnlich. Es werden lediglich die Daten der Standardabweichung und ebenfalls die Daten der durchschnittlichen Bewertung graphisch dargestellt. Die Anzahl der Bewertungen findet in dieser Variante keine Berücksichtigung. Wieder werden die Daten aller 14 Fragebögen zusammengefasst.

Zur Darstellung der Standardabweichung werden zwei Graphen, einer links und einer rechts vom Durchschnittsgraphen, abgebildet. Die zwei Graphen sind genau im Abstand der Standardabweichung vom Durchschnittsgraphen. Dies soll eine optische Bewertung der einzelnen Parameter ermöglichen.

Die folgende Abbildung stellt einen Ausschnitt dieser Auswertungsvariante dar. Die gesamte Auswertung 2 befindet sich im Anhang (Anhang 5) dieser Arbeit.

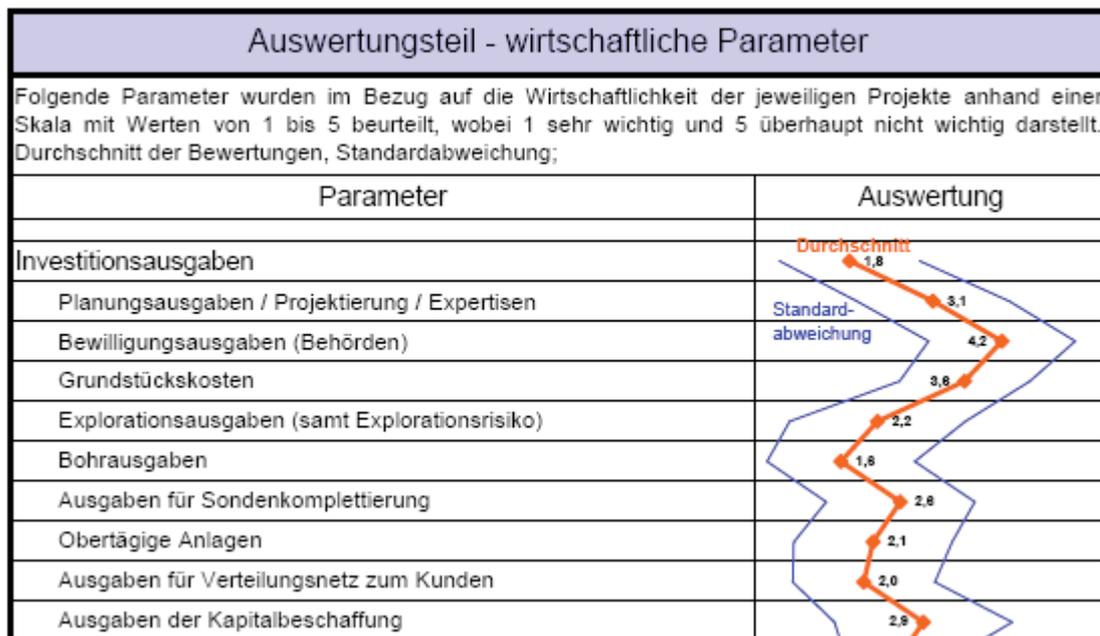


Abbildung 15: Auszug von Auswertungsvariante 2 – Standardabweichung

Man kann in der Abbildung erkennen, dass diese Darstellungsart sehr übersichtlich die Informationen Durchschnitt der Bewertungen und Standardabweichung wiedergibt. In der linken Spalte befinden sich wieder die Parameter und in der rechten Spalte die graphische Auswertung. Dabei wird der Graph des Durchschnitts von den Graphen der Standardabweichung flankiert. Wenn die Graphen der Standardabweichung nahe zu Durchschnitts-Graphen kommen, dann bedeutet dies eine geringe Streuung der Beurteilungen. Bei einem weiten Abstand spricht dies für eine große Streuung.

Bezüglich der Ergebnisse ändert sich nichts im Vergleich zur Variante 1, da die gleichen Daten verwendet wurden.

5.4.3 Auswertungsvariante 3 – Schranke

Auch diese Variante bietet nur eine andere Darstellungsart aufbauend auf Auswertung 1. Es werden keine zusätzlich Informationen vermittelt. Im Gegenteil, man beschränkt sich hier auf die Darstellung der durchschnittlichen Bewertung. Einzig die graphische Veranschaulichung der Selektion der wichtigsten Parameter wird gezeigt. Die erfolgt durch eine Schranke, welche für jeden Themenbereich – Wirtschaft, Politik, Geologie, Technik – individuell gesetzt wird. Die Begründung in der Auswahl des Schrankenwerts liegt in dem Ziel, für jeden Bereich einige wenige Parameter als die Wichtigsten zu identifizieren.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Teil dieser Auswertungsvariante. Die gesamte Auswertung 3 befindet sich im Anhang (Anhang 6).

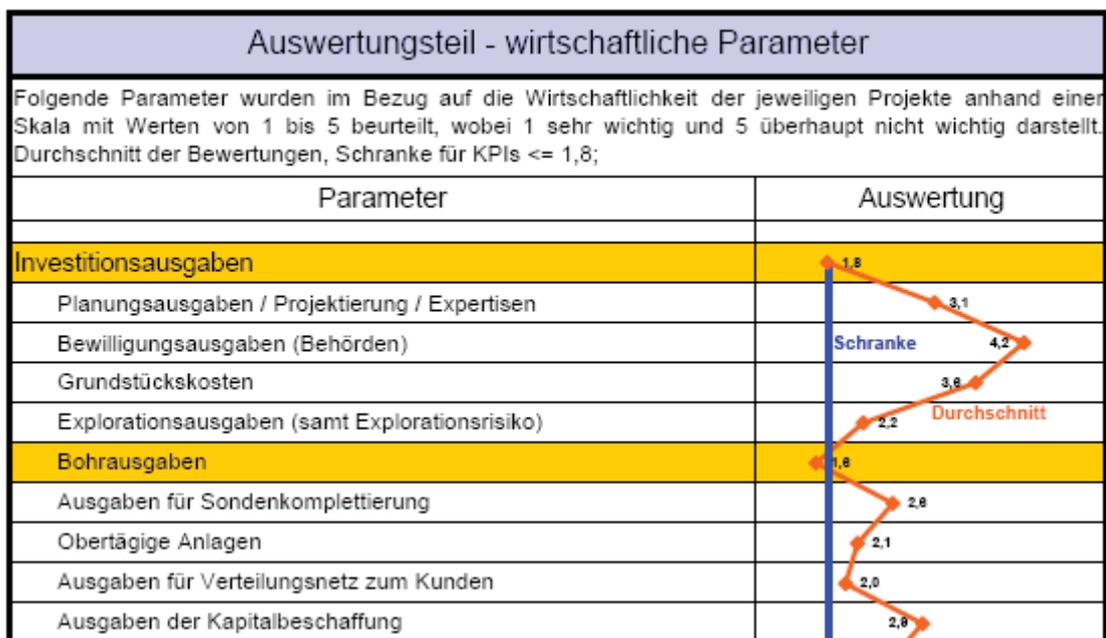


Abbildung 16: Auszug von Auswertungsvariante 3 – Schranke

Auch bei dieser Abbildung gibt es nur zwei Spalten, nämlich Parameter und Auswertung. In der Auswertungsspalte ist der Graph der durchschnittlichen Bewertung aufgetragen. Zusätzlich kennzeichnet eine Schranke diejenigen Parameter, welche einen gewissen Wert des Durchschnitts unterschreiten. Dieser Wert ist für jeden Themenblock individuell festgelegt, um eine gewisse Anzahl von Parameter als wichtig auszuweisen.

Auch hier sind die Ergebnisse der relevanten Parameter deckungsgleich zu den Varianten eins und zwei, da die gleichen Daten verwendet wurden.

5.4.4 Auswertungsvariante 4 – Kompetenzbewertung

Auch diese Variante dreht sich in erster Linie um die durchschnittlichen Bewertungs-Daten von Auswertung 1. Allerdings wird in dieser Version eine neue, zusätzliche Information in die Auswertung hineingearbeitet: die Kompetenz.

Jeder Bewerter des Fragebogens wurde nach einer persönlichen Kompetenzeinschätzung gefragt. Diese Einschätzung erfolgte aufgeschlüsselt auf die bekannten Themenbereiche Wirtschaft, Politik, Geologie und Technik. So kann nun festgestellt werden, welcher der 14 Interviewten auf den jeweiligen Bereich die höchste Kompetenz hat – unter dem Aspekt der eigenen Beurteilung. So kann ein Graph gezeichnet werden, welcher die Beurteilung des Bewerter mit der höchsten Kompetenz im jeweiligen Bereich darstellt. Für den Fall, dass mehrere befragte Personen die höchste Kompetenz haben, wird einfach der Mittelwert errechnet. Dazu wird in gewohnter Art der Durchschnitt der Bewertungen als Graph dargestellt.

Die folgende Abbildung zeigt einen Teil dieser Variante. Die komplette Auswertungsvariante 4 befindet sich im Anhang (Anhang 7).

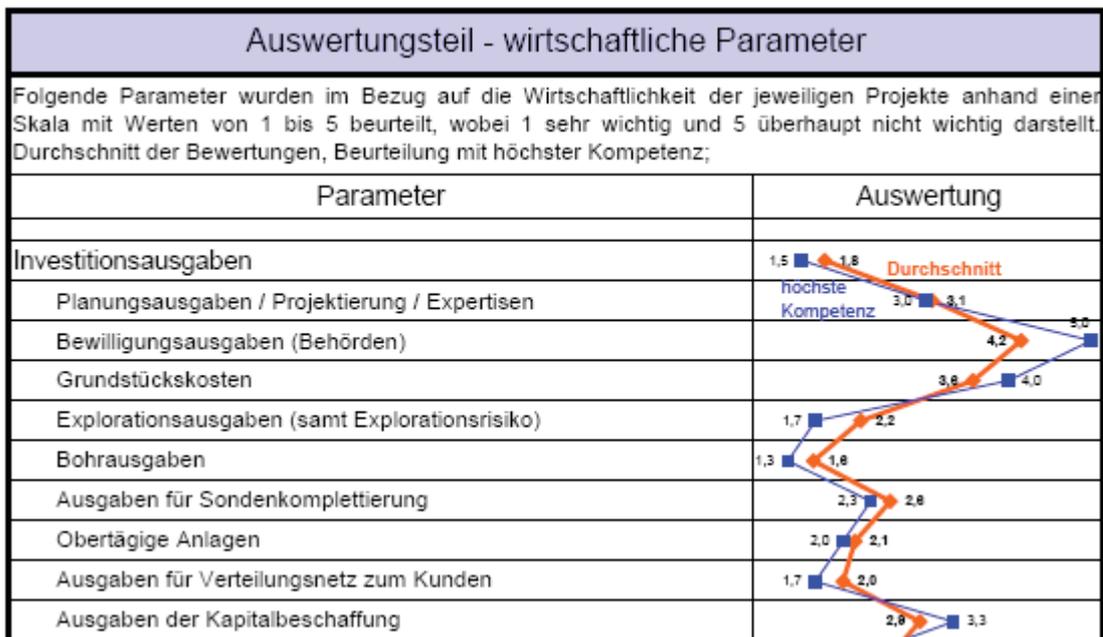


Abbildung 17: Auszug von Auswertungsvariante 4 – Kompetenzbewertung

In der Auswertungsspalte der Abbildung können die zwei Graphen für den Durchschnitt der Bewertungen und die Beurteilung mit der höchsten Kompetenz erkannt werden. Der Durchschnitt bildet wie üblich die Basis der Betrachtungen. Interessant an dieser Auswertungsvariante ist, dass, wie in der Abbildung erkennbar, der Graph der Kompetenz den Durchschnittsgraphen überspitzt ähnelt. Man könnte sagen, dass der Kompetenz-Graph den Durchschnitts-Graphen präzisiert und verdeutlicht. In dieser Hinsicht stellt diese Auswertungsvariante eine Unterstützung bei der Identifikation der wichtigsten Parameter dar.

Durch diese Informationen unterstützt können die bereits in Variante 1 ermittelten wichtigen Parameter noch einmal überprüft werden. Es zeigt sich, dass die Auswertung 4

die bisherigen Ergebnisse größtenteils bestätigt und unterstreicht. Lediglich folgende Parameter werden durch diese Auswertung etwas relativiert, was deren Wichtigkeit betrifft:

- Know-how der Mitarbeiter
- Verbreitung / Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)
- Wärmehalt – Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)

Folgende Parameter werden auf Basis der Auswertung 4 zusätzlich als wichtig eingestuft:

- Nutzungsdauer
- Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)
- Geologische Parameter allgemein

5.4.5 Auswertungsvariante 5 – Systeme mit hoher Enthalpie

Bei allen vorangegangenen Auswertungen wurden die Daten von allen 14 Fragebögen herangezogen. Es erfolgte keine Differenzierung nach Speichersystem, Nutzungsart oder Leistung der Anlage. Lediglich bei der Auswertung 4 wurde die Kompetenz der Bewerter berücksichtigt. Bei 11 von 14 Fragebögen wurde als Speichersystem hydrothermales System mit niedriger Enthalpie angegeben. Daher sind die Ergebnisse der Auswertungen 1 bis 4 zum überwiegenden Teil auf diese Klassifizierung ausgerichtet.

Mit dieser Auswertungsvariante sollen die 3 Fragebögen, bei denen hydrothermales System mit hoher Enthalpie als Speichersystem angegeben wurde, extra betrachtet werden. Ein solches Speichersystem hat im Normalfall die Elektrizitätsgewinnung als Nutzungsart. Bei der Auswertung orientiert man sich an Variante 1, welche eine sehr informative Auswertungsmethode ist.

Die drei Fragebögen bezüglich hydrothermalen Systeme mit hoher Enthalpie kommen von folgenden Projekten:

1. Geothermieprojekt Wörth
2. Los Humeros II
3. Tiefes Explorationsprogramm – Italien

Bei der Durchführung der Auswertung wurden wie bereits beschrieben der Durchschnitt der Bewertungen, die Standardabweichung und die Anzahl der Bewertungen berechnet.

Die folgende Abbildung ist ein Ausschnitt aus dieser Auswertungsvariante. Die gesamte Auswertung befindet sich im Anhang (Anhang 8).

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter			
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;			
Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Investitionsausgaben	1,7	1,15	3
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	4,3	0,58	3
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,7	0,58	3
Grundstückskosten	3,7	0,58	3
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	2,7	1,53	3
Bohrausgaben	1,3	0,58	3
Ausgaben für Sondenkomplettierung	2,7	1,53	3
Obertägige Anlagen	1,0	0,00	3
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	2,3	0,58	3
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	4,0	0,00	3

Abbildung 18: Auszug von Auswertungsvariante 5 – Systeme mit hoher Enthalpie

Die Abbildung hat denselben Aufbau, wie die Abbildung zur Auswertungsvariante 1. Auch hier hat der Durchschnitt der Bewertungen den größten Einfluss auf die Auswahl der wichtigsten Parameter. Die Informationen Standardabweichung und Anzahl runden den Bestimmungsprozess ab.

Auf Basis der Daten, welche durch diese Auswertungsvariante errechnet werden, lassen sich folgende Parameter für hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie als wichtig ausweisen:

Wichtige wirtschaftliche Parameter:

- Bohrausgaben
- Obertägige Anlagen
- spezifische Produktionskosten je kWh_{el}
- Einspeisetarife Strom
- Know-how der Mitarbeiter

Wichtige politische Parameter:

- Politische Unterstützung allgemein
- Politische Unterstützung Gemeinde

Wichtige geologische Parameter:

- Gesteinspermeabilität
- Transmissivität
- Ergiebigkeit
- Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)

Wichtige technische Parameter:

- Wassertemperatur an Bohrlochkopf
- Wasserdruck an Bohrlochkopf
- technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen
- Notwendigkeit von Tiefpumpen

5.4.6 Auswertungsvariante 6 – Systeme mit niedriger Enthalpie

In dieser Auswertungsvariante werden ausschließlich jene Fragebögen herangezogen, welche als Speichersystem ein hydrothermales System mit niedriger Enthalpie angegeben haben. Das sind insgesamt 11 der 14 Fragebögen. Solche Systeme haben im Normalfall die direkte Nutzung zu Heizzwecken als Nutzungsart.

Die Auswertung erfolgt analog der Auswertung 1 mit den Daten der 11 Fragebögen. Wie bereits beschrieben werden hierzu der Durchschnitt der Bewertungen, die Standardabweichung und die Anzahl der Bewertungen berechnet.

Die folgende Abbildung stellt einen Teil dieser Auswertungsvariante dar. Die gesamte Auswertung 6 befindet sich im Anhang (Anhang 9) dieser Arbeit.

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter			
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;			
Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Investitionsausgaben	1,8	1,17	6
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	2,7	1,06	10
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,0	1,25	10
Grundstückskosten	3,5	1,13	11
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	2,1	1,38	11
Bohrausgaben	1,7	1,27	11
Ausgaben für Sondenkomplettierung	2,5	1,13	11
Obertägige Anlagen	2,5	1,21	11
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	1,9	1,22	11
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	2,6	1,43	11

Abbildung 19: Auszug von Auswertungsvariante 6 – Systeme mit niedriger Enthalpie

Auch diese Abbildung hat denselben Aufbau wie bei Auswertung 1 und 5. Es stehen die Werte der durchschnittlichen Bewertung, der Standardabweichung und der Anzahl der Bewertungen für Interpretationen zur Verfügung.

Auf Basis dieser Daten können folgende Parameter für hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie als wichtig ausgewiesen werden:

Wichtige wirtschaftliche Parameter:

- Investitionsausgaben allgemein
- Bohrausgaben
- Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden
- Einspeisetarif Wärme
- Know-how der Mitarbeiter

Wichtige politische Parameter:

- Förderungen allgemein
- Bedarf an Heizwärme aus Geothermie

Wichtige geologische Parameter:

- Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont) allgemein
- Geologische Parameter
- Gesteinspermeabilität
- Transmissivität
- Ergiebigkeit
- Wärmehalt – Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)

Wichtige technische Parameter:

- infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren
- Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise – Anlagennutzungsgrad
- Notwendigkeit von Tiefpumpen
- Produktivität je Bohrungsdoulette

5.5 KPIs auf Grund qualitativer Bewertung

Wie bereits zu Beginn des Kapitels ausgeführt, wird die qualitative Bewertung von kritischen Erfolgsfaktoren von geothermischen Projekten mittels Fragebogentechnik durchgeführt. Dabei wird großes Augenmerk auf die Praxisnähe der Befragten gerichtet. Auf Grund der Daten der eingelangten Fragebögen und diverser, oben beschriebener Auswertungsvarianten, lassen sich KPIs qualitativ feststellen. Die grundsätzliche Einteilung der Fragebogen-Vorlage in wirtschaftliche, politische, geologische und technische Parameter wird beibehalten.

Mittels der zur Verfügung stehenden Daten lassen sich zwei Typen von geothermischen Projekten unterscheiden:

1. Geothermieranlagen, die hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie nutzen
2. Geothermieranlagen, die hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie nutzen

Eine zusätzliche Unterscheidung bei der Nutzungsart ist nicht sinnvoll, da Systeme mit niedriger Enthalpie nur schlecht zur Elektrizitätsgewinnung geeignet sind. Sie werden zur direkten Nutzung zu Heizzwecken herangezogen. Hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie werden normalerweise zur Verstromung genutzt.

5.5.1 KPIs für alle Geothermieprojekte

Auf Grund der Auswertungen der Fragebögen können folgende Parameter als kritische Erfolgsfaktoren oder KPIs für Geothermieranlagen – sowohl mit niedriger als auch mit hoher Enthalpie – festgestellt werden.

Wirtschaftliche KPIs:

- Bohrausgaben
- Einspeisetarife (je nach Projekt Wärme oder Strom)
- Know-how der Mitarbeiter
- Nutzungsdauer

Geologische KPIs:

- Gesteinspermeabilität / Transmissivität
- Ergiebigkeit
- Druck

Technische KPIs:

- Notwendigkeit von Tiefpumpen

Zu diesen KPIs kommen jene hinzu, die vom Speichersystem abhängig sind.

5.5.2 KPIs bei niedriger Enthalpie

Bei Geothermieranlagen, die hydrothermale Systeme mit niedriger Enthalpie nutzen, konnten mittels der Fragebögen folgende zusätzliche KPIs festgestellt werden.

Wirtschaftliche KPIs:

- Investitionsausgaben allgemein
- Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden

Politische KPIs:

- Förderungen allgemein
- Bedarf an Heizwärme aus Geothermie

Geologische KPIs:

- Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont) allgemein
- Geologische Parameter allgemein
- Wärmehalt – Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)

Technische KPIs:

- infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren allgemein
- Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise – Anlagennutzungsgrad
- Produktivität je Bohrungsdoulette

5.5.3 KPIs bei hoher Enthalpie

Bei Geothermieanlagen, die hydrothermale Systeme mit hoher Enthalpie nutzen, konnten mittels der Fragebögen folgende zusätzliche KPIs festgestellt werden.

Wirtschaftliche KPIs:

- Obertägige Anlagen
- spezifische Produktionskosten je kWh_{el}

Politische KPIs:

- Politische Unterstützung allgemein
- Politische Unterstützung Gemeinde

Geologische KPIs:

- Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)

Technische KPIs:

- Wassertemperatur an Bohrlochkopf
- Wasserdruck an Bohrlochkopf
- technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen

Wichtig bei der Interpretation dieser Beurteilungen ist zu wissen, dass es sich lediglich um eine qualitative Bewertung handelt. Die Stärke der Auswirkungen von KPIs wird bei der quantitativen Bewertung untersucht.

6 Wirtschaftlichkeitsrechnung „Geothermieprojekt Aspern“

In den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde auf dem ehemaligen Flugfeld Aspern im 22. Bezirk der Stadt Wien eine Kohlenwasserstoff-Explorationsbohrung durchgeführt. Diese Bohrung – Aspern 1 – wurde von der OMV AG durchgeführt und war weder öl- noch gasföndig. Jedoch wurde in einer Tiefe von 3110 bis 3300 Meter unter Grund ein Thermalwasservorkommen angebohrt. Mehrere Pumpversuche und Überlegungen einer balneologischen Nutzung waren die Folge. Jedoch wurden weitere Untersuchungsbohrungen nicht mehr genehmigt und so erfolgte Anfang der achtziger Jahre schließlich die Liquidation der Bohrung.¹⁴¹

Auf Grund aktueller Pläne einer künftigen Stadtentwicklung im nordöstlichen Wiener Stadtteil Aspern rückte der unverbaute Teil des ehemaligen Flugfeldes Aspern wieder in den Blickpunkt des Interesses. Die Planung ist bereits sehr weit gediehen. So soll das 245 ha große Flugfeld bis zur Endausbaustufe im Jahr 2020 vollständig verbaut werden. Die Flächen sollen der Errichtung von Wohnungen, Industriegebäuden, Büros, gewerblichen Betriebsgebäuden, Bildungseinrichtungen, Grünflächen und Infrastruktureinrichtungen dienen. Insgesamt sollen 8.500 Wohneinheiten und 25.000 Arbeitsplätze geschaffen werden.¹⁴²

In diesem Hinblick geriet das geothermische Potential unter dem Flugfeld wieder in den Blickpunkt des Interesses. Die Versorgung der zukünftigen „Stadt in der Stadt“ mit unmittelbar geförderter geothermischer Energie gefiel Planern und politischen Verantwortungsträgern gleichermaßen. Für die Weiterentwicklung dieses Gedankens beauftragte der Wiener Wirtschaftsförderungsfonds und die Asperner Flugfeld Süd Entwicklungs- und Verwertungs-GmbH eine Machbarkeitsstudie für die Gewinnung geothermischer Energie im Stadtbereich von Wien, Aspern.¹⁴³

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie nahmen insgesamt fünf Arbeitsgruppen ihre Arbeit auf. Jede dieser Arbeitsgruppen beschäftigte sich mit einem eigenen Themenbereich. Auch wurde zwischen den Gruppen mittels Arbeitstagen die Vorgehensweise immer wieder koordiniert. Diese fünf Arbeitsgruppen lauteten folgendermaßen:¹⁴⁴

1. Kategorie A – Geologie, Geophysik und Geohydrologie unter der Leitung von O.Univ.Prof. Dr. Jean Schneider von der BOKU Wien
2. Kategorie B – Chemie unter der Leitung von Univ.Prof. Dr. Thilo Hofmann von der Universität Wien
3. Kategorie C – Geothermische Simulation durchgeführt von der Firma Geowatt AG, Zürich
4. Kategorie D – Bohrtechnik durchgeführt von den Büros ARGE ZT DI Dr. Christian Schmid und Technisches Büro Karl Gollob KEG
5. Kategorie E – Materialwahl unter der Leitung von DI Karl-Heinz Schädle von der Gruneko AG, Basel

¹⁴¹ Vgl. Schneider (2006), S. 8 f.

¹⁴² Vgl. Schneider (2006), S. 7 f.

¹⁴³ Vgl. Schneider (2006), S. 6 f.

¹⁴⁴ Vgl. Schneider (2006), S. 6 f.

Diese fünf Machbarkeitsstudien empfehlen grundsätzlich eine Weiterführung des Projekts Geothermische Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern. Jedoch wurde die Anlage im Wesentlichen auf die technische Verwirklichbarkeit hin projiziert. Wirtschaftliche Parameter wurden nur am Rande gestreift.

Der Wiener Wirtschaftsförderungsfonds möchte das geothermische Projekt in Aspern weiter vorantreiben und zusätzliche Partner für die tatsächliche Umsetzung der Pläne bekommen. So wurde das Projekt auch der OMV AG vorgestellt, welche die Überprüfung und Sondierung von Beteiligungsmöglichkeiten zugesagt hatte. Als Voraussetzung für eine allfällige Beteiligung der OMV AG wurde eine positive Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Geothermieprojektes genannt. Zu diesem Zweck beauftragte die OMV AG eine Consulting-Firma mit der Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsrechnung der geplanten geothermischen Heiz- und Warmwasseranlage in Aspern. Zusätzlich händigte der Wiener Wirtschaftsförderungsfonds die Endberichte aller fünf Arbeitsgruppen aus. Auch diese werden auf ihre sachliche Richtigkeit hin von der Consulting-Firma der OMV überprüft.

Parallel zu den Tätigkeiten der Consulting-Firma beauftragte die OMV AG den Autor dieser Arbeit ebenfalls mit der Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsrechnung des Geothermieprojektes Aspern auf Basis der Endberichte der fünf Arbeitsgruppen. Die Berechnung solle mittels Kapitalwert-Methode erfolgen.

6.1 Ausgangsdaten „Geothermieprojekt Aspern“

Der erste Teil der Wirtschaftlichkeitsrechnung bestand aus dem Zusammentragen aller relevanten Daten und Parameter, um eine seriöse Aussage über die Wirtschaftlichkeit treffen zu können. Zu diesem Zwecke dienten in erster Linie die vorhandenen Endberichte der fünf Arbeitsgruppen und die Durchführung von Interviews mit sachkundigen Personen.

6.1.1 Interviews

Eine Vielzahl der für die Berechnung notwendigen Daten wurden im Rahmen von Interviews ermittelt. Hier eine Übersicht der Personen, mit denen ein oder mehrere Interviews geführt wurden:

1. DI Dr. Leopold Bräuer, OMV AG
2. DI Dr. Günter Maier, OMV AG
3. DI Gerhard Kerschbaumer, Asperner Flugfeld Süd Entwicklungs- und Verwertungs-GmbH
4. DI Christian Pröglhöf, OMV AG
5. Frank Nolte, OMV AG
6. Mag. Wolfgang Straka, Mitautor Endbericht Kategorie A – Geologie, Geophysik, Geohydrologie, Universität für Bodenkultur Wien
7. DI Dr. Markus Oberndorfer, OMV AG
8. Herr Fischer, Brenntag CEE GmbH
9. Dr. Godfrid Wessely, OMV AG

10. DI Stephan Staber, Montanuniversität Leoben
11. Stefan Roth, Axpo Holding AG
12. Klaus Pollmeier, Sokratherm GmbH & Co KG

Im Sinne der Übersicht werden im folgenden Kapitel die für die Berechnung notwendigen Parameter und deren Werte und Quellen einzeln aufgezählt.

6.1.2 Relevante Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

Wie bereits angesprochen, erfolgt die Wirtschaftlichkeitsrechnung mittels der Kapitalwertmethode. Die Informationen, die für die Berechnung des Kapitalwerts des Geothermieprojektes Aspern notwendig waren, sind in den nachfolgenden Tabellen angeführt. Es werden sowohl die Bezeichnung des Parameters, als auch dessen wahrscheinlichster Wert angeführt. Darüber hinaus wird die entsprechende Quelle genannt. Um die Übersichtlichkeit zu erhöhen, werden die für die Berechnung relevanten Daten in Blöcke eingeteilt. Für jeden der Blöcke wird eine eigene Tabelle der Daten angeführt.

Hauptdaten

Tabelle 1: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Hauptdaten

Parameter	Wert	Quelle
Projektierungskosten	- 1.500.000 Euro	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Zinssatz	8 Prozent	DI Dr. Bräuer
Einspeisetarif thermisch	15 Euro/MWh _{th}	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
jährliche Instandhaltungskosten	- 220.000 Euro	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Laufzeit	20 Jahre	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Sauergas	nicht vorhanden	Mag. Straka
Zirkulationsrate	80 l/sec	Mag. Straka

Laut Mag. Straka ist beim Geothermieprojekt in Aspern nicht mit Sauergas zu rechnen. Sauergas – H₂S – ist ein hoch giftiges Gas, welches Bohrungen wesentlich teurer macht. Auch andere Faktoren, wie beispielsweise der Korrosionsschutz der Rohre, müssen bei Sauergas überdacht werden. Obwohl H₂S bei diesem Projekt nicht vorkommt, wurden schon im Hinblick auf die Sensitivitätsanalyse, die relevanten Daten erhoben, wenn Sauergas vorhanden wäre.

Indices

Tabelle 2: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Indices

Parameter	Wert	Quelle
Index für Erlöse	2 Prozent	DI Dr. Bräuer
Index für Personalkosten	2 Prozent	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Index für Inhibierungskosten	2 Prozent	DI Dr. Bräuer
Index für Pumpenstromkosten	1 Prozent	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Index für Instandhaltungskosten	2 Prozent	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer

Investitionssumme 1

Tabelle 3: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Investitionssumme 1

Parameter	Wert	Quelle
Office (Gründung, Fuhrpark, Maschinen)	- 330.000 Euro	DI Kerschbaumer
Infrastruktur Heizzentrale	- 300.000 Euro	Endbericht Kat. E - Materialwahl
Thermalwasserpumpen (Verpresspumpen)	- 200.000 Euro	Endbericht Kat. E - Materialwahl
BHKW	- 500.000 Euro	Endbericht Kat. E – Materialwahl, Herr Pollmeier, DI Dr. Bräuer
Gasseperator (inkl. Regulierung)	- 500.000 Euro	Endbericht Kat. E – Materialwahl, DI Dr. Bräuer
Apparate Heizzentrale	- 140.000 Euro	Endbericht Kat. E - Materialwahl
Anzeigen, Messungen Heizzentrale	- 80.000 Euro	Endbericht Kat. E - Materialwahl
Armaturen Heizzentrale	- 250.000 Euro	Endbericht Kat. E - Materialwahl
MSRE Heizzentrale	- 350.000 Euro	Endbericht Kat. E - Materialwahl
Unvorhergesehenes und Nebenkosten Heizzentrale	- 200.000 Euro	Endbericht Kat. E - Materialwahl
Messprogramm zur Befundung des Aquifers	- 400.000 Euro	Endbericht Kat. D - Bohrtechnik
Bohranlagenkosten für Messprogramm	- 107.000 Euro	Endbericht Kat. D - Bohrtechnik
Bohranlagenzeitkosten für Einbau Inhibierungsleitungen	- 37.000 Euro	Endbericht Kat. D - Bohrtechnik
Materialkosten für Inhibierungsleitungen	- 48.500 Euro	Endbericht Kat. D - Bohrtechnik

sonstige Investitionen	- 100.000 Euro	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
------------------------	----------------	--------------------------------

Investitionssumme 2

Tabelle 4: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Investitionssumme 2

Parameter	Wert	Quelle
Abstand Produktions- und Reinjektionssonde	1.000 Meter	DI Kerschbaumer
Rohrleitungsausgaben	900 Euro / Meter	DI Kerschbaumer
Bohrtiefe Produktionsbohrung	3.650 Meter	Mag. Straka
Bohrtiefe Reinjektionsbohrung	3.650 Meter	Mag. Straka
Kostensteigerung seit 2005 bezüglich Bohrungskostentabelle	20 Prozent	DI Pröglhöf
Kostensteigerung für Bohrungen bei H ₂ S	40 Prozent	DI Pröglhöf
Open Hole Sektion Produktion	550 Meter	Mag. Straka
Open Hole Sektion Reinjektion	550 Meter	Mag. Straka
zusätzliche Kosten bei Verwendung von 13 % Cr-Stahl, statt Kohlenstoff-Stahl	112 Euro / Meter Casingverrohrung	Dr. Oberndorfer

Die Berechnung der Bohrkosten erfolgt mittels einer Kostenapproximation, welche die OMV AG im Jahr 2005 angefertigt hat. Diese Approximation beruht auf den Erfahrungen der OMV AG mit Bohrkosten. In nachfolgender Tabelle wird diese Bohrkostenapproximation dargestellt. Als Ausgangsbasis bei der Ermittlung der Bohrkosten dient die Bohrtiefe, mit welcher man in der Tabelle die entsprechenden Kosten pro Bohrmeter ablesen kann. Mit dieser können die Gesamtbohrkosten berechnet werden. Diese Vorgehensweise wurde von DI Pröglhöf empfohlen.

Tabelle 5: Kostenapproximation bei Bohrungen¹⁴⁵

Kostenapproximation OMV-Gasbohrungen (2005):	
Tiefe [m]	€/m
500	647
1000	595
1500	633
2000	708
2500	810
3000	941
3500	1106
4000	1311
4500	1565
5000	1879
5500	2270
6000	2755
6500	3358
7000	4110
7500	5050
8000	6224
8500	7696
9000	9543

Da diese Tabelle bereits aus dem Jahr 2005 stammt, und laut DI Pröglhöf sich die Preise in der Zwischenzeit nicht unwesentlich veränderten, schlug er eine entsprechende Kostenanpassung in der Höhe von 20 Prozent vor.

Für dieses Geothermieprojekt ist eine Casingverrohrung die beste Variante. Auch sind laut Dr. Oberndorfer die Kosten der Casingverrohrung in der obigen Kostenapproximation enthalten, allerdings nur für eine Verrohrung mit Kohlenstoff-Stahl. Auf Grund der Korrosionsprobleme bei einem derart langlebigen Projekt empfiehlt Dr. Oberndorfer die Verwendung von 13-prozentigem Chrom-Stahl für die Verrohrung. Die Mehrkosten zum normalen Kohlenstoff-Stahl betragen in etwa 112 Euro pro Meter Casingverrohrung. Für die Berechnung ist die von der Bohrtiefe die Länge der Open-Hole-Sektion abzuziehen, bei welcher keine Verrohrung gemacht wird.

Jährlicher Energieumsatz

Tabelle 6: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Jährlicher Energieumsatz

Parameter	Wert	Quelle
Loadfaktor der thermischen Anlage	6.000 Stunden / Jahr	DI Dr. Bräuer
spez. Wärmekapazität von Wasser	4,183 kJ / (kg*K)	Endbericht Kat. A – Geologie, Geophysik, Geohydrologie
Austrittstemperatur	110 °C	Mag. Straka
Reinjektionstemperatur	55 °C	DI Kerschbaumer

¹⁴⁵ Vgl. Schneider (2006), Beilage P1.

Der Loadfaktor gibt an, auf wie viele Volllaststunden die Anlage im Jahr kommt. Dabei werden die Teillaststunden auch auf Volllaststunden umgerechnet und dazugezählt. Durch Reparaturen und Standzeiten wird der Loadfaktor herabgesetzt. Aber auch durch Zeiten, in denen nicht die gesamte Energie verkauft werden kann, beispielsweise im Sommer.

Mitproduziertes CH₄

Tabelle 7: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Mitproduziertes CH₄

Parameter	Wert	Quelle
Brauchbarkeit des mitproduzierten Gases	Gas ist für Verstromung brauchbar	Mag. Straka
Einspeisetarif elektrisch	35 Euro / MWh _{el}	DI Kerschbaumer, www.exaa.at , DI Dr. Bräuer
Entgasungswert	0,7 Nm ³ Gas / m ³ Sole	Mag. Straka
Gasanteil von Methan	90 Prozent	Endbericht Kat. A – Geologie, Geophysik, Geohydrologie
Heizwert von Methan	35,9 MJ / m ³	Endbericht Kat. A – Geologie, Geophysik, Geohydrologie
Loadfaktor der elektrischen Anlage	8000 Stunden / Jahr	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Wirkungsgrad BHKW	40 Prozent	Herr Roth

Restliche Parameter

Tabelle 8: Daten für die Wirtschaftlichkeitsrechnung – Restliche Parameter

Parameter	Wert	Quelle
Förderungen in Prozent der Investitionssumme	18 Prozent	DI Kerschbaumer
Betriebspersonal	2 Mitarbeiter	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Kosten pro Mitarbeiter	- 70.000 Euro	DI Kerschbaumer
Menge HCl als Inhibierung bei 100 Liter / Sekunde	228 Tonnen HCl pro Jahr	Endbericht Kat. B – Chemie
Preis für technische HCl	90 Euro / Tonne	Herr Fischer
Korrosionsinhibitorkosten bei H ₂ S	- 50.000 Euro / Jahr	Dr. Oberndorfer
Pumpenleistung	750 kW _{el}	DI Kerschbaumer, Endbericht Kat. E - Materialwahl
Stromzukaufspreis	102 Euro / MWh _{el}	DI Kerschbaumer

Für den Fall, dass Sauer gas vorkommt, würde sich laut Dr. Oberndorfer der 13-prozentige Chrom-Stahl nicht mehr für die Casingverrohrung eignen. Man müsste wieder auf Kohlenstoff-Stahl zurückgreifen und, um Korrosion zu verhindern, Inhibitoren verwenden, welche wieder jährliche Kosten verursachen. Die notwendige Pumpenleistung ergibt sich aus dem notwendigen Verpressdruck, um das Thermalwasser wieder reinzuziehen zu können. Mit all diesen Daten und den entsprechenden Verknüpfungen in einer Excel-Datei lässt sich das Geothermieprojekt Aspern auf dessen Wirtschaftlichkeit hin überprüfen.

6.2 Investitionsrechnungsmodell „Geothermieprojekt Aspern“

Mittels der ermittelten Daten wurde ein Modell aufgestellt, welches den Kapitalwert der Geothermieanlage in Aspern berechnet. Im Modell – mittels Excel aufgesetzt – werden alle relevanten Daten verarbeitet und entsprechend verknüpft.

Bei der Kapitalwertrechnung werden alle Einnahmen und Ausgaben auf den Zeitpunkt Null abgezinst. Der Zeitpunkt Null wird in dieser Arbeit als der Zeitpunkt verstanden, in dem der Baubeginn der Anlage stattfindet. Aus diesem Grund werden wie gewohnt alle Einnahmen und Ausgaben auf diesen Zeitpunkt abgezinst. Alle Einnahmen, oder wie in diesem Fall alle Ausgaben vor diesem Zeitpunkt müssen abgezinst werden. Das betrifft in dieser Rechnung lediglich die Projektierungskosten. Es wurde angenommen, dass sie gleich verteilt in den drei Jahren vor dem Baubeginn anfallen.

Die folgende Tabelle bietet einen Ausschnitt aus dem Excel-Modell, mit welchem auf Basis oben beschriebener Daten und Parameter der Kapitalwert der geothermischen Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern, berechnet werden kann. Die gelb oder türkis unterlegten Eingabebereiche sind erst für die nachfolgenden Kapitel interessant und haben für die Berechnung des Kapitalwertes derzeit keine Bedeutung. Was in dieser Tabelle nicht erkannt werden kann, sind die umfangreichen Verknüpfungen die bei den Zellen hinterlegt sind. So setzen sich beispielsweise die jährlichen Gesamterlöse aus dem Produkt von Einspeisetarif thermisch und jährlicher Energieumsatz plus die jährlichen Stromerlöse aus CH_4 zusammen.

Tabelle 9: Ausschnitt aus dem Modell zur Berechnung des Kapitalwerts der Anlage

Hauptdaten		
Investitionssumme:	-€ 16.622.012	
Projektierungskosten:	-€ 1.500.000	
Zinssatz:	8,00%	
Einspeisetarif:	15	€/MWh _{th}
jährlicher Energieumsatz:	110.431	MWh _{th}
jährliche Stromerlöse aus CH4:	€ 0	
jährliche Gesamterlöse:	€ 1.656.468	
einmaliger Zuschuss:	€ 3.261.962	
jährliche Personalkosten:	-€ 140.000	
jährliche Inhibierungskosten:	-€ 16.416	
jährliche Pumpenstromkosten:	-€ 79.565	
jährliche Instandhaltungskosten:	-€ 220.000	
Laufzeit:	20	Jahre
Sauergas:	0	0(N) / 1(J)
Zirkulationsrate:	80	l/sec

Die gesamte Berechnungsübersicht des Modells befindet sich im Anhang dieser Arbeit (Anhang 10).

Um einen besseren Einblick in den Aufbau des Modells zu bekommen, wurde es Visualisiert. Die folgende Abbildung stellt einen Ausschnitt dieser Visualisierung dar.

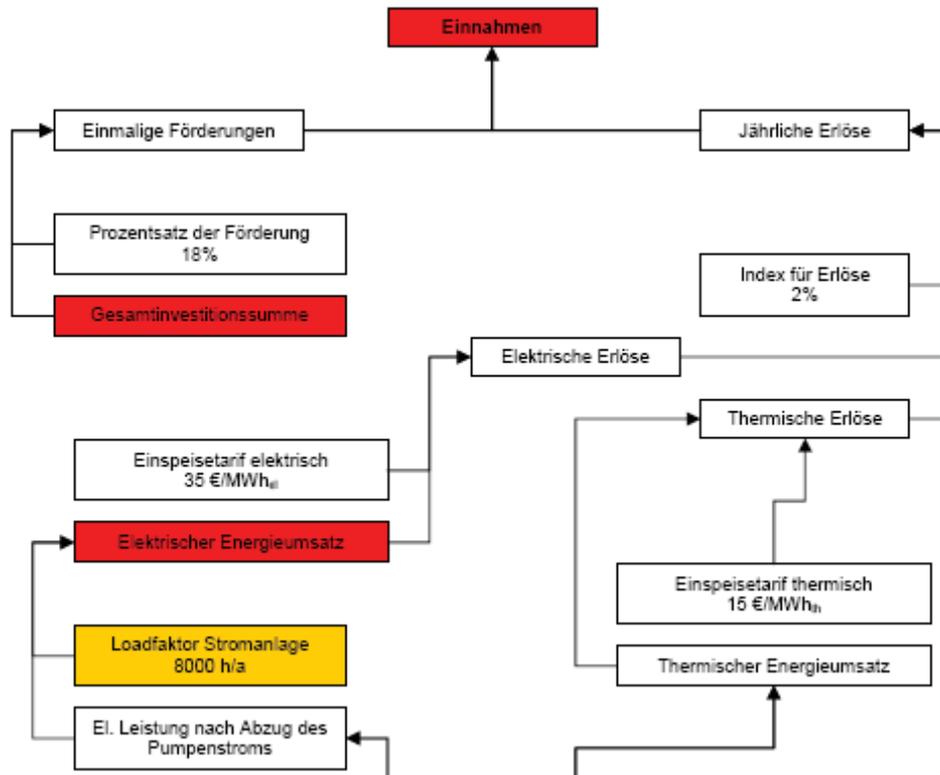


Abbildung 20: Ausschnitt aus der Visualisierung des Modells zur Berechnung des Kapitalwerts

Diese Aufschlüsselung des Modells dient dem besseren Verständnis. Rot unterlegte Angaben werden auf einer anderen Seite der Visualisierung genauer aufgeschlüsselt. Gelb unterlegte Angaben kennzeichnen Inputgrößen, die auf mehreren Seiten der Darstellung verwendet werden. Die vollständige Visualisierung befindet sich im Anhang dieser Arbeit (Anhang 11).

Ergebnis der Kapitalwertrechnung

Mittels beschriebenen Excel-Modells und genannter Daten lässt sich der Kapitalwert der Geothermieanlage berechnen. Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der geothermischen Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern, brachte folgendes Ergebnis:

Kapitalwert: 63.265 Euro

Angesichts des beachtlichen Investitionsvolumens von über 16 Millionen Euro kann die Höhe des errechneten Kapitalwerts nahezu vernachlässigt werden. Man könnte sagen, dass das geothermische Projekt fast einen Kapitalwert von Null hat. Das bedeutet, dass zwar über die Laufzeit kein – oder kaum ein – Überschuss erwirtschaftet werden kann, aber der Investor sein investiertes Kapital über Rückflüsse zurückbekommt. Zusätzlich erhält der Investor eine Verzinsung auf das investierte Kapital in der Höhe des Zinssatzes. In diesem Fall entspricht das einer Verzinsung von 8 Prozent.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht alle in der Berechnung berücksichtigten Geldflüsse.

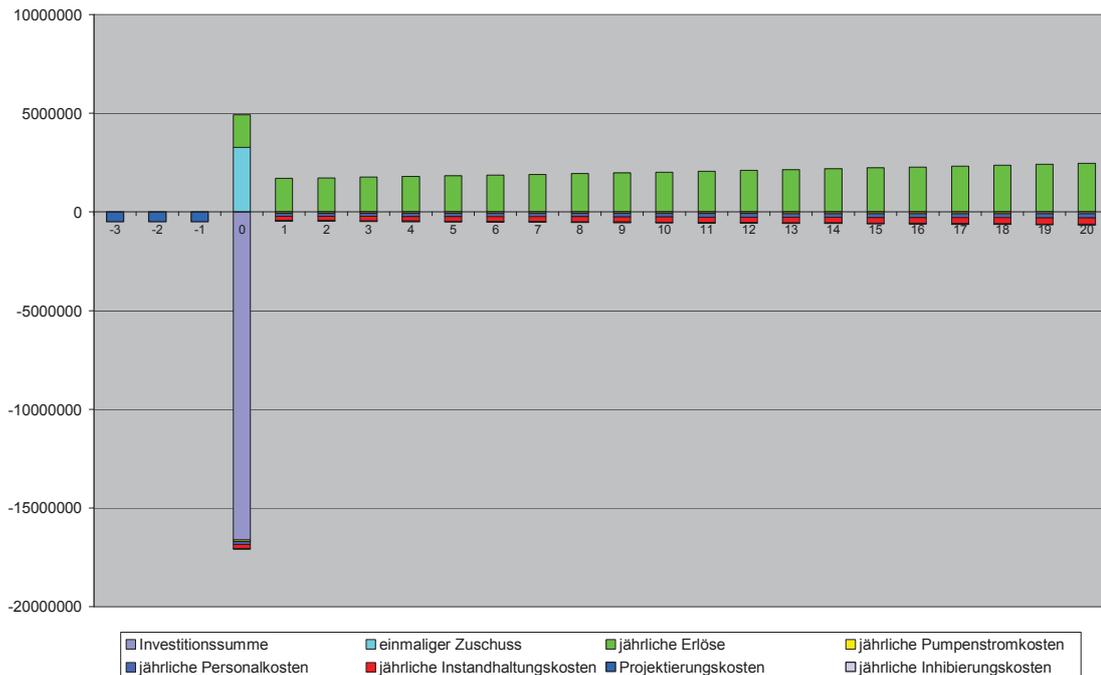


Abbildung 21: Übersicht aller Geldflüsse – Geothermieprojekt Aspern

In den Jahren -3 bis -1 werden wie bereits angesprochen die Projektierungskosten aufgeteilt. Im Jahr Null fällt die Investition der gesamten Anlage an. Im gleichen Jahr kann aber auch der einmalige Zuschuss verbucht werden. In jedem Jahr – von Jahr 0 bis 20 – fallen Pumpenkosten, Personalkosten, Instandhaltungskosten und Inhibierungskosten an. Allerdings werden auch in jedem dieser Jahre Erlöse erzielt. Sowohl die Erlöse, als auch die Kosten nehmen im Lauf der Jahre zu. Der Grund dafür liegt in der jeweiligen Indexanpassung. Wichtig ist, dass in dieser Graphik die ursprünglichen Geldflüsse zum jeweiligen Zeitpunkt dargestellt werden. Das bedeutet, dass Ab- oder Aufzinsungen nicht berücksichtigt wurden.

Dies ändert sich in der folgenden Abbildung, in welcher zum einen die Gesamtsumme des jeweiligen Jahres und zum anderen der Barwert der Zahlungsströme des jeweiligen Jahres dargestellt wird. Der Barwert ist die ab- oder aufgezinste Gesamtsumme jeden Jahres auf den Zeitpunkt Null. Zusätzlich wird die Summe der Barwerte aller Jahre, nämlich der Kapitalwert abgebildet.

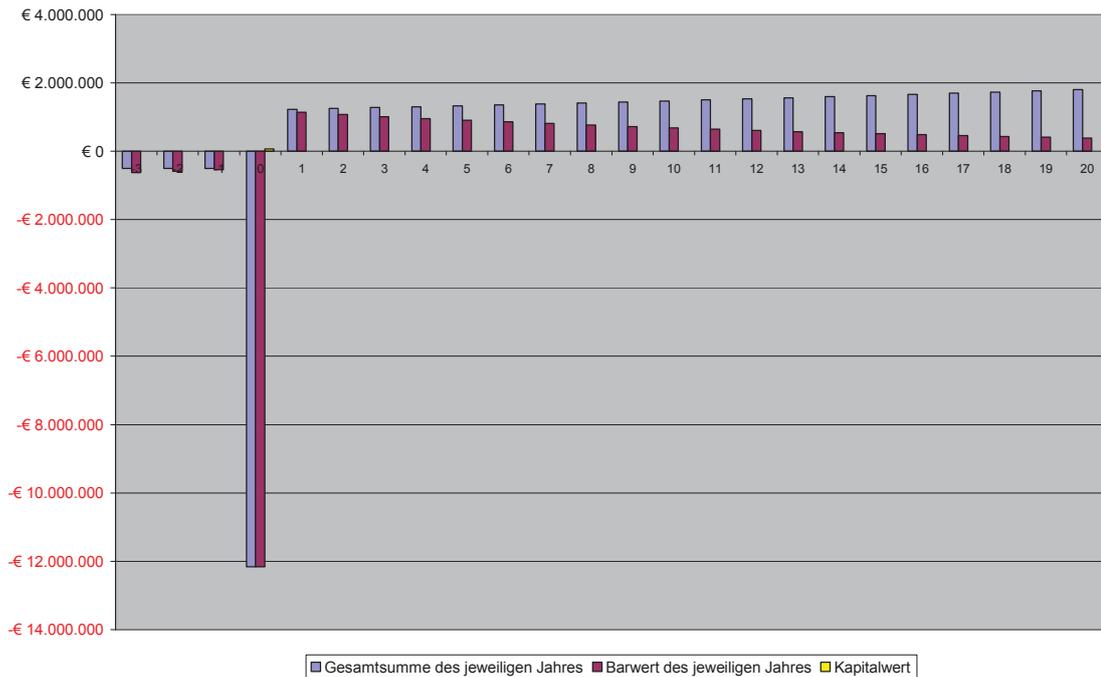


Abbildung 22: Darstellung der Kapitalwertmethode – Geothermieprojekt Aspern

Auf Grund des niedrigen Zahlenwerts kann der Kapitalwert in der Abbildung kaum erkannt werden. Man kann aber deutlich die Verkleinerung der Barwerte mit zunehmender Entfernung zum Zeitpunkt Null erkennen. Dies tritt durch die Abzinsung mittels kalkulatorischen Zinssatzes ein, und das obwohl die Gesamtsumme der einzelnen Jahre durch die Indexanpassungen mit zunehmender Entfernung größer wird. Der Zinssatz schlägt sich mit acht Prozent klarerweise stärker nieder, als die Indexanpassung mit ein bis zwei Prozent.

Eine zusätzlich interessante Darstellungsart bietet die nächste Abbildung. Wie in der eben beschriebenen Abbildung werden auch hier die Gesamtsumme und die Barwerte der Zahlungsströme der jeweiligen Jahre aufgetragen. Allerdings diesmal nicht mittels eines Säulen-Diagramms, sondern mittels eines Linien-Diagramms. Als zusätzliche Information werden in diesem Graphen die Barwerte der Jahre kumuliert dargestellt.

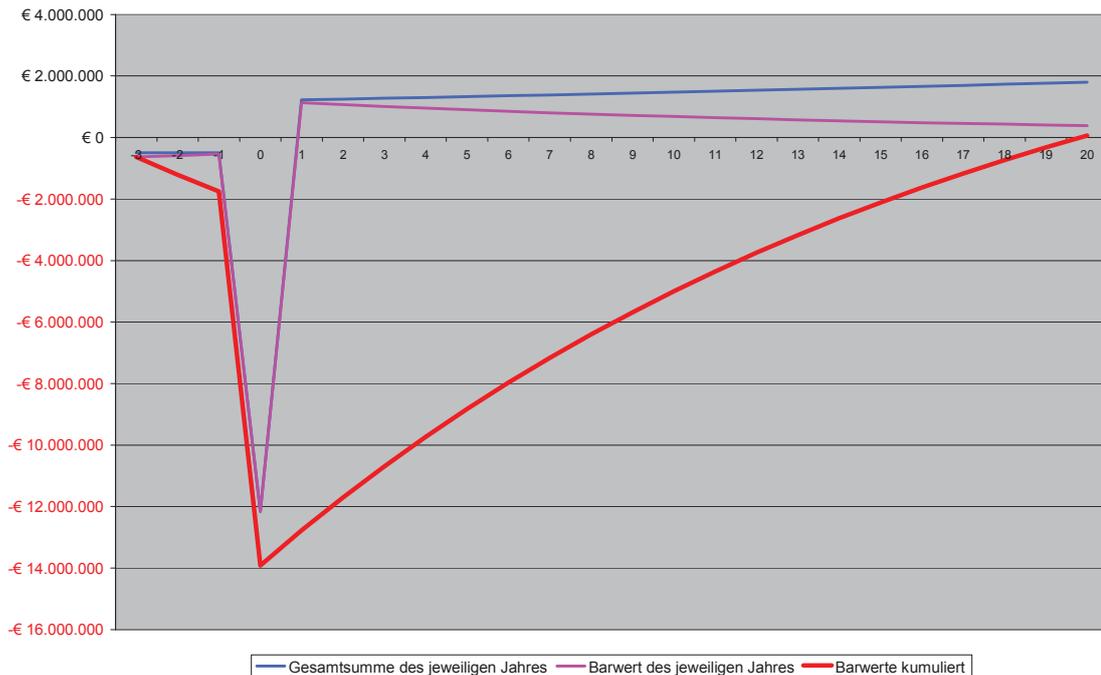


Abbildung 23: Darstellung der Amortisationszeit – Geothermieprojekt Aspern

Die kumulierte Darstellung der Barwerte spiegelt sozusagen die Entwicklung des Kapitalwertes über die Jahre hinweg wider. Der Zeitraum bis der Kapitalwert die x-Achse schneidet und somit erstmals Null ist, wird Amortisationszeit genannt. Das ist die Zeit, nach der das eingesetzte Kapital unter Berücksichtigung der kalkulatorischen Zinsen wieder zurückgeflossen ist. Das Geothermieprojekt Aspern hat sich nach dieser Berechnung nach ca. 20 Jahren amortisiert.

Mittels der beschriebenen Daten wurde der Kapitalwert der geplanten geothermischen Anlage in Aspern errechnet. Dies geschah mittels eines Modells, welches in Excel aufgesetzt wurde. Das Ergebnis des Kapitalwertes ermöglicht die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit dieser Investition.

Jedoch möchte man das erstellte Modell weiter nützen, um Schlüsse auf den Einfluss der einzelnen Parameter und Daten auf den Kapitalwert ziehen zu können. Welche Parameter beeinflussen das Ergebnis stärker? Welche Parameter beeinflussen das Ergebnis schwächer? Zur Beantwortung dieser Fragen bietet sich die Methode der Sensitivitätsanalyse an.

Zuvor wird allerdings ein kleiner Exkurs bezüglich der Bedeutung anfallender Bohrkosten unternommen.

6.3 Fallstudie: Berechnung der Anlage ohne Bohrkosten

Das Excel-Modell und die dafür verwendeten Daten wurden bereits beschrieben. Dabei war es Ziel, das geplante Geothermieprojekt in Aspern so realistisch wie möglich auf dessen Kapitalwert hin zu untersuchen. In diesem Unterkapitel verlässt man den Boden der Realität und der wahrscheinlichsten Daten hin zu einem theoretischen Ansatz. Ausgehend

vom beschriebenen Modell berechnet man den Kapitalwert unter der Annahme, dass keine Bohrkosten anfallen.

Die Daten und das Modell zur Berechnung des Kapitalwertes werden nahezu vollständig von der Wirtschaftlichkeitsrechnung „Geothermieprojekt Aspern“ übernommen. Die einzige Ausnahme bilden die Bohrkosten. Diese werden sowohl für die Produktionsbohrung, als auch für die Injektionsbohrung auf Null gesetzt. Dadurch ergibt sich eine Veränderung des Kapitalwertes, welche untersucht wird.

Diese Berechnung dient nicht der Beurteilung des „Geothermieprojektes Aspern“. Dass diese konkrete Anlage ohne Bohrungen nicht verwirklicht werden kann, ist unbestritten. Vielmehr soll durch diese Fallstudie die Bedeutung der Bohrkosten für ein generelles hydrothermales Geothermieprojekt herausgestrichen werden. Auch die Nachnutzung nicht mehr benötigter Sonden für geothermische Zwecke gewinnt dadurch an Bedeutung. Die OMV AG hat viele alte Sonden, die sich potentiell dafür eignen würden.

Ergebnis der Kapitalwertrechnung ohne Bohrkosten

Ausgehend von der Wirtschaftlichkeitsrechnung des „Geothermieprojektes Aspern“ mittels des beschriebenen Modells und den angeführten Daten, wird ein rein theoretischer Fall berechnet. Dabei werden die Bohrkosten mit Null angesetzt und bleiben somit unberücksichtigt. Dieses Fallbeispiel brachte folgendes Ergebnis:

Kapitalwert: 10.050.464 Euro

Verglichen mit dem Kapitalwert des „Geothermieprojektes Aspern“ von 63.265 Euro wird der Unterschied deutlich. Die Bohrkosten schlagen sich also gewaltig im Wert der Anlage nieder.

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht alle Zahlungsströme dieses theoretischen Falls.

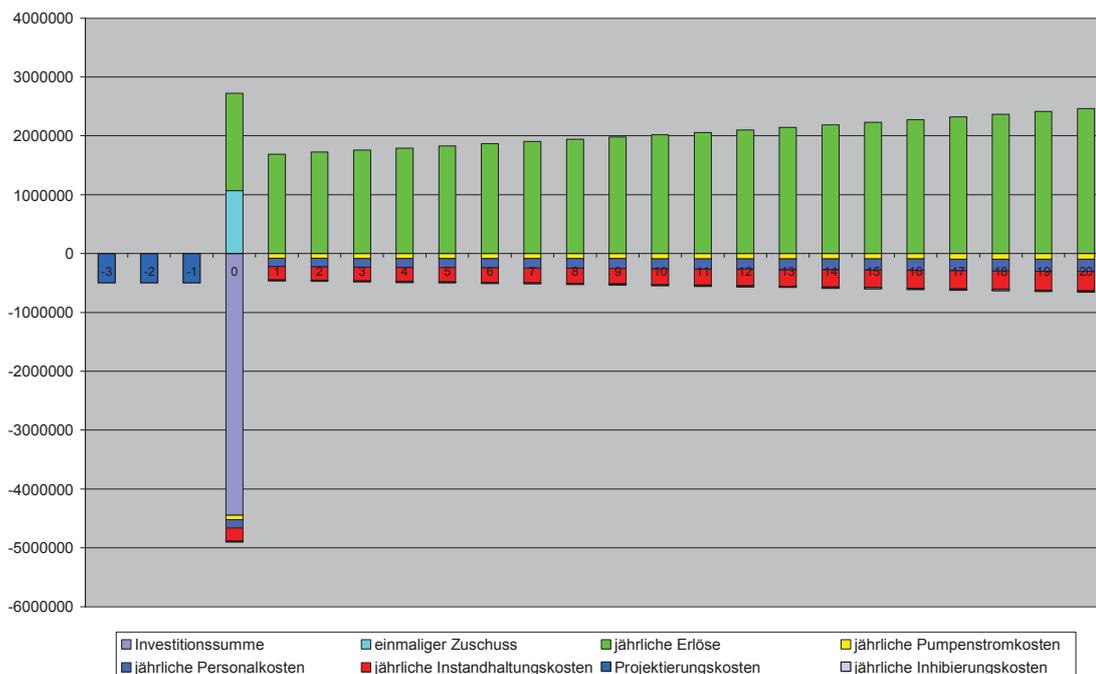


Abbildung 24: Übersicht aller Geldflüsse – Fallbeispiel ohne Bohrkosten

Deutlich lassen sich in dieser Abbildung die verringerten Investitionskosten erkennen. Die Gesamtinvestitionssumme beläuft sich auf Grund des Fehlens der Bohrkosten auf unter fünf Millionen Euro. Dadurch verringert sich aber auch der Anteil der Subventionen - dargestellt als einmalige Zuschüsse. Die jährlichen Erlöse steigen durch die Indexsicherung auch in dieser Darstellung an.

In der nachfolgenden Abbildung werden alle Zahlungsströme aufsummiert dargestellt. Weiters werden diese Zahlungsströme auf- bzw. abgezinst veranschaulicht und deren Barwerte kumuliert abgebildet.

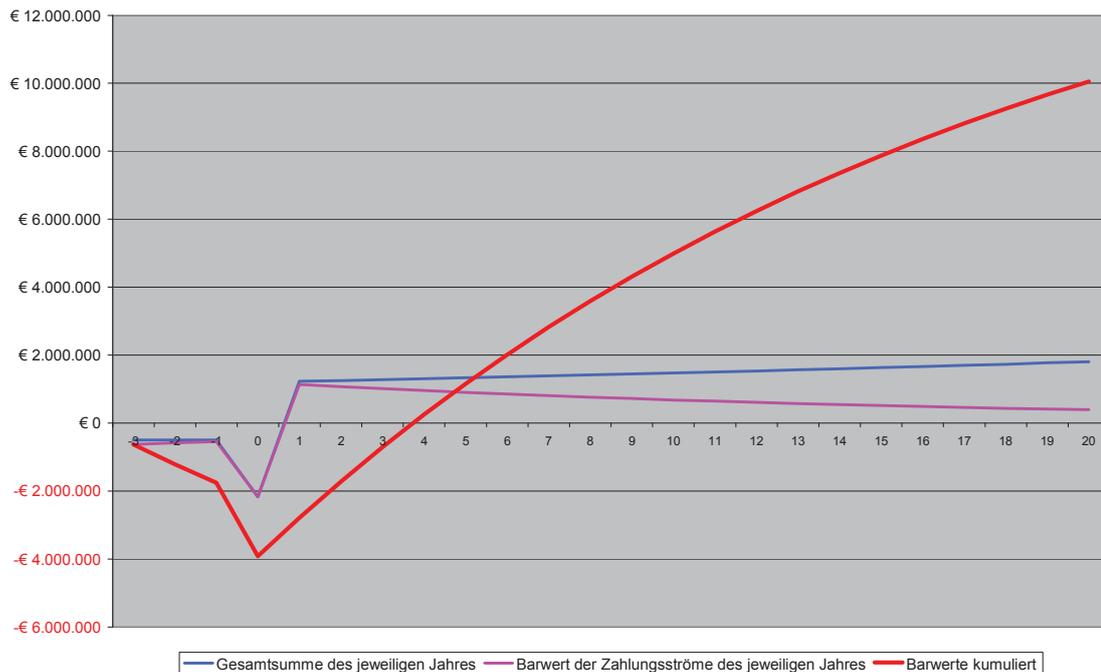


Abbildung 25: Darstellung der Amortisationszeit – Fallbeispiel ohne Bohrkosten

Die Gesamtsumme des jeweiligen Jahres ist die Summierung aller Geldflüsse in diesem Jahr. Dies – dann unter Berücksichtigung des kalkulatorischen Zinssatzes auf den Zeitpunkt Null auf- oder abgezinst – ergibt den Barwert des jeweiligen Jahres. Der rote Graph veranschaulicht die Kumulierung dieser Barwerte. Der Zeitraum, nach welchem der rote Graph die x-Achse schneidet ist die Amortisationszeit. Diese gibt an, nach wie vielen Jahren das investierte Kapital zurückverdient wurde – unter Berücksichtigung des kalkulatorischen Zinssatzes. Im konkreten Fall wurden die Investitionen nach weniger als vier Jahren zurückverdient. Beim Geothermieprojekt Aspern floss die Investitionssumme erst nach 20 Jahren wieder vollständig zurück. Der enorme Unterschied aufgrund der Bohrkosten wird also deutlich.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Bohrkosten einen sehr wesentlichen Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg eines hydrothermalen Geothermieprojektes im Generellen haben. Jedoch sind entsprechende Produktions- bzw. Reinjektionsbohrungen für eine derartige Anlage unverzichtbar. Die einzige Möglichkeit sich die entsprechenden Bohrkosten zu sparen, liegt in der Verwendung bereits bestehender Sonden. Beispielsweise verfügen Erdöl- und Erdgaskonzerne über eine Vielzahl von nicht mehr benötigten Sonden. Ob diese existierenden Bohrungen für eine entsprechende Nutzung geeignet sind,

ist ebenfalls zu prüfen. Die Möglichkeit der Nutzung bereits bestehender Bohrungen spielt also eine nicht unwesentliche Rolle bei „geothermalen Überlegungen“.

7 Sensitivitätsanalysen „Geothermieprojekt Aspern“

Mittels Sensitivitätsanalysen lassen sich der Einfluss von Daten und Parametern auf das Ergebnis einer Rechnung ermitteln. Wie bereits beschrieben kennt man Input- und Outputparameter. Beim Modell zur Kapitalwertberechnung des Geothermieprojektes Aspern können grundsätzlich alle oben beschriebenen Daten und Parameter als Inputs bezeichnet werden. Der Output bei diesem Modell ist der Kapitalwert. Es soll der Einfluss der einzelnen Daten auf den Kapitalwert der Anlage ermittelt werden.

Es wurden allerdings nicht alle oben beschriebenen Daten als Inputs für die Sensitivitätsanalyse betrachtet. Prinzipiell geht es bei dieser Methode um die Betrachtung von mit Unsicherheiten behafteten Faktoren. So sollen die Auswirkungen von allfälligen Parameteränderungen der Inputs auf den Output betrachtet werden. Dabei macht es keinen Sinn, Parameter zu betrachten, die mit Sicherheit beschriebene Werte annehmen. Beispielsweise unterliegt der Heizwert von Methan keinen Schwankungen. Eine Modellierung dieser folgenden Parameter wurde als nicht sinnvoll beurteilt:

1. spezifische Wärmekapazität von Wasser
2. Heizwert von Methan

Darüber hinaus wurden einzelne Parameter, obwohl mit leichten Unsicherheiten behaftet, als fixe Werte angenommen und nicht in die Betrachtung der Sensitivitätsanalyse aufgenommen. Der Grund dafür lag darin, dass bei diesen Daten die Unsicherheit entsprechend niedrig eingeschätzt wurde und man daher von keinen relevanten Veränderungen für die Sensitivitätsanalyse ausging. Beispielsweise besteht bei den Parametern Austrittstemperatur, Sauerstoff und Brauchbarkeit des mitproduzierten Gases wenig Risiko, sodass diese Faktoren als nahezu fix angesehen werden können. Diese Parameter sind folgende:

1. Sauerstoff (vorhanden / nicht vorhanden)
2. Office (Gründung, Fuhrpark, Maschinen)
3. Infrastruktur Heizzentrale
4. Thermalwasserpumpen (Verpresspumpen)
5. Apparate Heizzentrale
6. Anzeigen, Messungen Heizzentrale
7. Armaturen Heizzentrale
8. MSRE Heizzentrale
9. Unvorhergesehenes und Nebenkosten Heizzentrale
10. Messprogramm zur Befundung des Aquifers
11. Bohranlagenkosten für Messprogramm
12. Bohranlagenzeitkosten für Einbau Inhibierungsleitungen
13. Materialkosten für Inhibierungsleitungen
14. Abstand Produktions- und Reinjektionssonde
15. Rohrleitungsausgaben

16. Open Hole Sektion Produktion
17. Open Hole Sektion Reinjektion
18. zusätzliche Kosten bei Verwendung von 13-prozentigem Cr-Stahl, statt Kohlenstoff-Stahl
19. Austrittstemperatur
20. Brauchbarkeit des mitproduzierten Gases
21. Kosten pro Mitarbeiter

Wie bereits erwähnt, ist das Berechnungsmodell im Anhang dieser Arbeit abgebildet (Anhang 10). Inputparameter, welche für die Analysen von Interesse sind, wurden gelb unterlegt. Türkis unterlegte Parameter sind solche, die zwar mit leichten Unsicherheiten behaftet sind, aber bei der Analyse nicht als relevante Inputs betrachtet werden. Zusammenfassend werden folgende Parameter bezüglich deren Sensitivität auf den Kapitalwert der Anlage hin untersucht:

1. Projektierungskosten
2. Zinssatz
3. Einspeisetarif thermisch
4. jährliche Instandhaltungskosten
5. Laufzeit
6. Zirkulationsrate
7. Index für Erlöse
8. Index für Personalkosten
9. Index für Inhibierungskosten
10. Index für Pumpenstromkosten
11. Index für Instandhaltungskosten
12. BHKW
13. Gasseparator (inkl. Regulierung)
14. sonstige Investitionen
15. Bohrtiefe Produktionsbohrung
16. Bohrtiefe Reinjektionsbohrung
17. Kostensteigerung seit 2005 bezüglich Bohrenskostentabelle
18. Kostensteigerung für Bohrungen bei H₂S
19. Loadfaktor der thermischen Anlage
20. Reinjektionstemperatur
21. Einspeisetarif elektrisch
22. Entgasungswert
23. Gasanteil von Methan

24. Loadfaktor der elektrischen Anlage
25. Wirkungsgrad BHKW
26. Förderungen in Prozent der Investitionssumme
27. Betriebspersonal
28. Menge HCl als Inhibierung bei 100 Liter / Sekunde
29. Preis für technische HCl
30. Korrosionsinhibitorkosten bei H₂S
31. Pumpenleistung
32. Stromzukaufspreis

Bezüglich der Durchführung der Sensitivitätsanalysen gibt es zwei Herangehensweisen: eine deterministische und eine probabilistische Sensitivitätsanalyse. In den nächsten zwei Unterkapiteln sollen die Analysen betrachtet und die Ergebnisse dargestellt werden.

7.1 Deterministische Sensitivitätsanalyse

Bei der deterministischen Sensitivitätsanalyse wird ein Input-Parameter nach dem anderen betrachtet. Dabei werden die Auswirkungen dieses Parameters auf den Kapitalwert der Anlage untersucht. Hierzu wird jeder Input nacheinander um vorher definierte Prozentsätze verändert. Die sich dadurch ergebenden Veränderungen des Outputs werden aufgezeichnet und schließlich in graphischer Form veranschaulicht. Bei der Graphik, einem so genannten Spider-Diagramm, wird auf der x-Achse die jeweilige Veränderung in Prozent aufgetragen. Mittels der y-Achse wird der entsprechende Outputwert – der Kapitalwert – dargestellt.

7.1.1 Berechnungen der deterministischen Sensitivitätsanalyse

Der ursprüngliche Outputwert, der Kapitalwert, beträgt wie im letzten Kapitel berechnet 63.265 Euro. Die zu betrachtenden Inputs werden um die Prozentsätze -10%, -5%, +5% und +10% verändert und der entsprechende Kapitalwert wird festgehalten.

In der nachfolgenden Tabelle werden ein Teil der zu betrachtenden Inputs bzw. Parameter des Modells angeführt. Ebenfalls sind die entsprechenden Outputwerte – Kapitalwerte – bei entsprechender prozentueller Veränderung der Inputs angeführt. Die vollständige Übersicht der Daten für die deterministische Sensitivitätsanalyse befindet sich im Anhang (Anhang 12).

Tabelle 10: Ausschnitt aus den Daten für die deterministische Sensitivitätsanalyse

	-10%	-5%	0%	5%	10%
Projektierungskosten	1350000	1425000	1500000	1575000	1650000
Kapitalwert	€ 211.570	€ 137.417	€ 63.265	-€ 10.888	-€ 85.041
Zinssatz	0,072	0,076	0,08	0,084	0,088
Kapitalwert	€ 1.031.900	€ 535.949	€ 63.265	-€ 387.464	-€ 817.517
Einspeisetarif thermisch	13,5	14,25	15	15,75	16,5
Kapitalwert	-€ 2.020.618	-€ 978.677	€ 63.265	€ 1.105.208	€ 2.147.147
jährliche Instandhaltungskosten	198000	209000	220000	231000	242000
Kapitalwert	€ 340.031	€ 201.648	€ 63.265	-€ 75.118	-€ 213.501
Laufzeit	18	19	20	21	22
Kapitalwert	-€ 733.819	-€ 323.996	€ 63.265	€ 429.204	€ 774.993
Zirkulationsrate	72	76	80	84	88
Kapitalwert	-€ 2.688.064	-€ 1.312.400	€ 63.265	€ 1.379.491	€ 2.538.574

In der Tabelle werden in der linken Spalte die entsprechenden Parameter angeführt. In den rechten Spalten können die prozentuell veränderten Daten für die Inputs und die daraus resultierenden Kapitalwerte abgelesen werden.

Mittels dieser Ergebnisse können so genannte Spider-Diagramme erstellt werden.

7.1.2 Ergebnisse der deterministischen Sensitivitätsanalyse

Die errechneten Werte werden nun in graphischer Form dargestellt. Das dabei entstehende Spider-Diagramm ermöglicht die rasche optische Identifikation jener Parameter, welche den Kapitalwert am stärksten beeinflussen. Da auf der x-Achse die entsprechende prozentuelle Veränderung des Inputs und auf der y-Achse der sich daraus ergebende Kapitalwert aufgetragen sind, können folgende Aussagen bezüglich der Interpretation eines Spider-Diagramms getroffen werden:

1. Je flacher der Graph eines Input-Parameters ist, umso kleiner ist dessen Einfluss auf den Output.
2. Je steiler der Graph eines Inputs ist, umso stärker ist dessen Einfluss auf den Kapitalwert.
3. Ein Input-Graph, welcher von links unten nach rechts oben geht lässt einen positiven Zusammenhang erkennen. Eine Zunahme des Input-Wertes führt zu einer Zunahme des Output-Wertes.
4. Ein Input-Graph, welcher von links oben nach rechts unten geht spricht für einen negativen Zusammenhang. Eine Vergrößerung dieses Inputs führt zu einer Verminderung des Kapitalwerts, und umgekehrt.

In nachfolgender Abbildung werden die Ergebnisse sämtlicher verwendeter Inputparameter mittels Spider-Diagramm dargestellt.

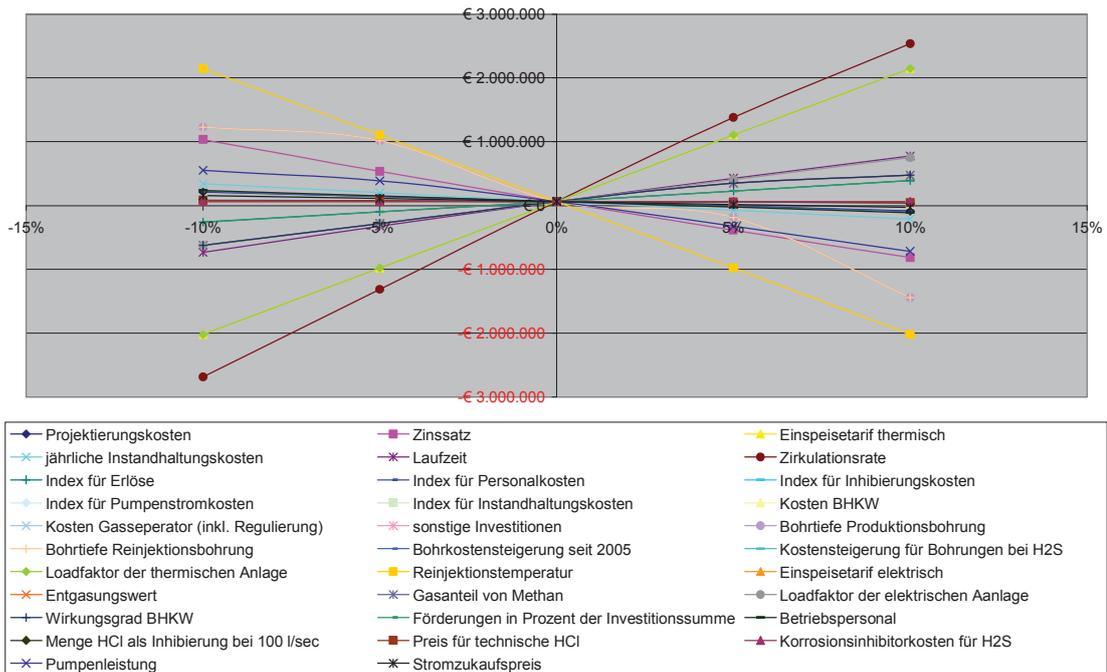


Abbildung 26: Spider-Diagramm aller untersuchten Parameter

Auf Grund der Tatsache, dass 32 Input-Parameter in einem Diagramm dargestellt wurden, erscheint die Abbildung etwas unübersichtlich. Trotzdem lässt sich schon erkennen, welche Parameter durch die „steilsten Graphen“ dargestellt werden und somit die größte Auswirkung auf den Kapitalwert haben. Auf der x-Achse können die prozentuellen Variationen der Inputs, -10, -5, 0, +5 und +10 Prozent, erkannt werden. Auf der y-Achse ist der Kapitalwert aufgetragen. Alle Graphen schneiden sich bei dem ursprünglichen Kapitalwert von 63.265 Euro, da hier die Veränderung aller Inputs null Prozent beträgt.

Als die „einflussreichsten Parameter“ auf den Kapitalwert können die folgenden identifiziert werden:

1. Zirkulationsrate
2. Einspeisetarif thermisch
3. Loadfaktor der thermischen Anlage
4. Reinjektionstemperatur
5. Bohrtiefe Produktionsbohrung
6. Bohrtiefe Reinjektionsbohrung
7. Zinssatz

Zur besseren Darstellung werden diese sieben Inputs in einem eigenen Spider-Diagramm dargestellt.

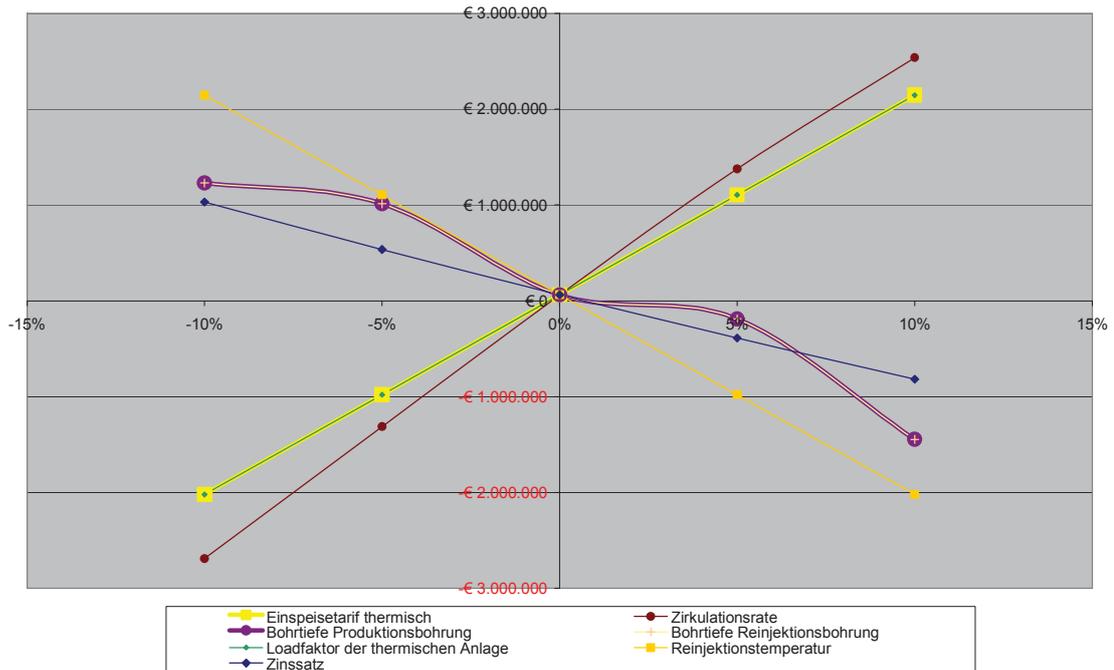


Abbildung 27: Spider-Diagramm der wichtigsten Parameter

Diese Darstellung ermöglicht eine genauere Interpretation der Ergebnisse. Die größte Hebelwirkung bezüglich des Kapitalwerts hat die Zirkulationsrate. Der Zusammenhang zwischen Zirkulationsrate und Kapitalwert ist positiv. Darauf folgen die Parameter Einspeisetarif thermisch und Loadfaktor der thermischen Anlage (beide positive Zusammenhänge), sowie Reinjektionstemperatur (negativer Zusammenhang). Nun folgen die Inputs Bohrtiefe Produktions- und Reinjektionsbohrung (beide negativer Zusammenhang). Der letzte Parameter ist der Zinssatz, welcher ebenfalls einen negativen Zusammenhang aufweist.

Auffallend ist, dass alle Faktoren bis auf Bohrtiefe Produktionsbohrung und Bohrtiefe Reinjektionsbohrung linear verlaufen. Nur bei diesen zwei Inputs ist die Steigerung nicht konstant. Der Grund dafür liegt in der Art der Berechnung der Bohrkosten mittels Kostenapproximationstabelle (siehe Tabelle 5). Durch diese Tabelle geht die Linearität der Graphen verloren, da die Bohrkosten nicht linear mit der Bohrtiefe steigen.

In der nächsten Abbildung werden alle Indices der Inputs mittels Spider-Diagramm dargestellt.

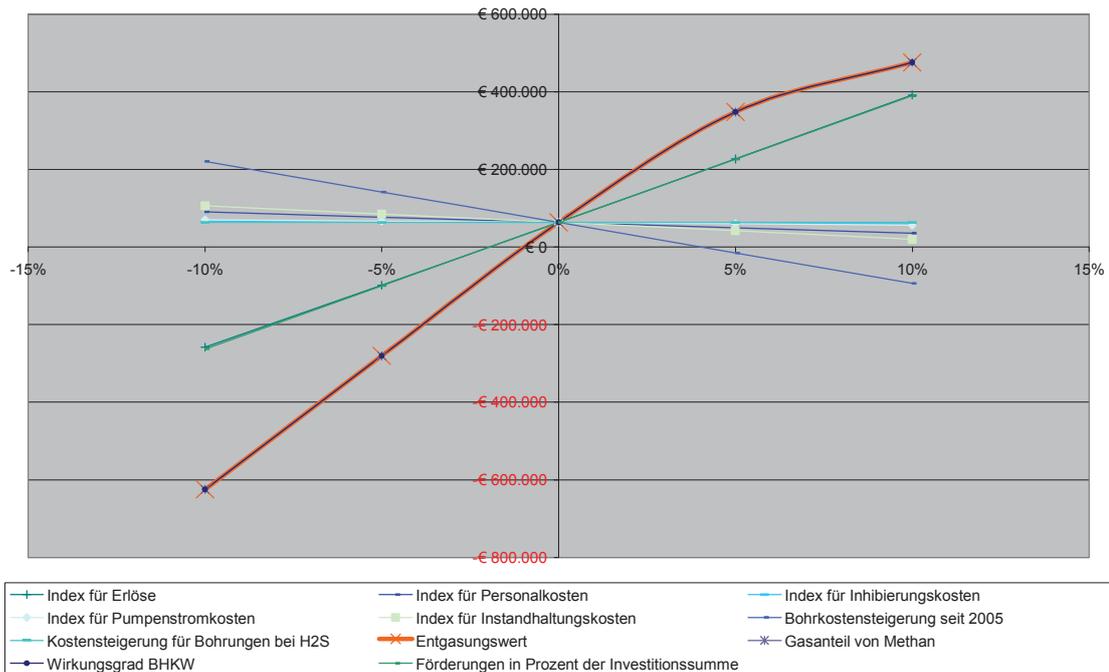


Abbildung 28: Spider-Diagramm der Indices

Verglichen mit den in der vorhergehenden Abbildung dargestellten Parametern, sind diese Inputs bei weitem nicht so bedeutend für den Kapitalwert. Der Entgasungswert, der Gasanteil von Methan und der Wirkungsgrad des BHKWs stechen ein wenig, verglichen mit den anderen Parametern, hervor. Alle drei Inputs haben einen positiven Zusammenhang zum Kapitalwert. Interessant ist, dass sich die Kurven aller drei Parameter im rechten oberen Bereich etwas abflachen und nicht linear weiter gehen. Der Grund dafür liegt im Modell der Kapitalwertrechnung: Eine Verringerung eines dieser Parameter führt zu einer geringeren Stromproduktion des BHKWs. Wenn dies eintritt, muss, um die Pumpen weiter betreiben zu können, mehr Strom zum üblichen Einkaufspreis zugekauft werden. Hingegen bedeutet eine Erhöhung eines dieser Parameter eine erhöhte Stromproduktion des BHKWs. Ab einem gewissen Punkt wird mehr Strom produziert, als durch die Pumpen verbraucht wird. Dieser überschüssige Strom kann zum üblichen Verkaufspreis verkauft werden. Da der Verkaufspreis wesentlich niedriger, als der Einkaufspreis ist, geht die Linearität bei diesem Graphen verloren und er flacht etwas ab.

Die Inputs Index für Erlöse und Förderungen in Prozent der Investitionssumme, welche beide einen positiven Zusammenhang aufweisen, sollen noch zusätzlich als relevant erwähnt werden. Die restlichen Parameter dieser Abbildung sind eher vernachlässigbar in deren Bedeutung.

In einer letzten Abbildung werden alle übrigen Parameter in Form eines Spider-Diagramms graphisch veranschaulicht.

Allerdings wurde bei der deterministischen Sensitivitätsanalyse jeder Parameter einzeln betrachtet. Eine weitere Steigerung der Qualität der Aussagen kann gemacht werden, indem die Variation mehrerer Inputs gleichzeitig mittels probabilistischer Sensitivitätsanalyse durchgeführt wird.

7.2 Probabilistische Sensitivitätsanalyse

Die probabilistische Sensitivitätsanalyse baut ebenfalls auf das bereits bestehende Modell zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Geothermieprojektes Aspern auf. Wichtiges Kennzeichen dieser Analyse ist die gleichzeitige Untersuchung aller eingestellten Inputs mittels eines Computerprogramms. Für diese Arbeit wurde das Excel-Add-In @Risk von Palisade Corporation verwendet. Für jeden Parameter, welcher bezüglich seines Einflusses auf den Output untersucht werden soll, muss eine Verteilung definiert werden. Diese Verteilungen werden von @Risk verwendet, um mittels Monte Carlo Simulation eine Wahrscheinlichkeitsverteilung des Outputs zu erstellen. Zusätzlich kann das Programm ein so genanntes Tornado-Diagramm erstellen, welches den Einfluss eines jeden Parameters auf den Output darstellt.

7.2.1 Parameter

Für die probabilistische Sensitivitätsanalyse werden die gleichen Parameter als Input verwendet wie bei der deterministischen Sensitivitätsanalyse. Zusätzlich ist es aber notwendig, für jeden Parameter eine Verteilung festzulegen. Die Daten für die einzelnen Verteilungen wurden ebenfalls aus den Machbarkeitsstudien des Geothermieprojektes Aspern genommen oder ergaben sich auf Grund von Interviews.

Für 30 der 32 Input-Parameter wurde eine Dreiecksverteilung gewählt. Das bedeutet, dass bei dieser Verteilungsart ein minimaler, ein maximaler und ein wahrscheinlichster Wert definiert werden.

Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht welche Parameter bei der Sensitivitätsanalyse als Inputs mit Unsicherheit betrachtet werden und für die eine Dreiecksverteilung gewählt wurde. Zusätzlich finden sich in dieser Tabelle die entsprechenden Werte und die Quelle, auf die sich diese Werte zurückführen lassen.

Tabelle 11: Daten für die probabilistische Sensitivitätsanalyse - Dreiecksverteilung

Parameter	min. Wert	wahrsch. Wert	max. Wert	Quelle
Projektierungskosten	- 1.000.000 Euro	- 1.500.000 Euro	- 2.000.000 Euro	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Zinssatz	3 Prozent	8 Prozent	12 Prozent	DI Dr. Bräuer
Einspeisetarif thermisch	12 Euro / MWh _{th}	15 Euro / MWh _{th}	30 Euro / MWh _{th}	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
jährliche Instandhaltungskosten	- 160.000 Euro	- 220.000 Euro	- 300.000 Euro	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Zirkulationsrate	60 l/sec	80 l/sec	100 l/sec	Mag. Straka

7 Sensitivitätsanalysen „Geothermieprojekt Asperrn“

Index für Erlöse	1 Prozent	2 Prozent	4 Prozent	DI Dr. Bräuer
Index für Personalkosten	1 Prozent	2 Prozent	4 Prozent	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Index für Inhibierungskosten	1 Prozent	2 Prozent	4 Prozent	DI Dr. Bräuer
Index für Pumpenstromkosten	0,5 Prozent	1 Prozent	3 Prozent	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Index für Instandhaltungskosten	1 Prozent	2 Prozent	4 Prozent	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
BHKW	- 400.000 Euro	- 500.000 Euro	- 600.000 Euro	Endbericht Kat. E – Materialwahl, Herr Pollmeier, DI Dr. Bräuer
Gasseperator (inkl. Regulierung)	- 400.000 Euro	- 500.000 Euro	- 600.000 Euro	Endbericht Kat. E – Materialwahl, DI Dr. Bräuer
sonstige Investitionen	0 Euro	- 100.000 Euro	- 200.000 Euro	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Bohrtiefe Produktionsbohrung	3.600 Meter	3.650 Meter	3.700 Meter	Mag. Straka, DI Staber
Bohrtiefe Reinjektionsbohrung	3.600 Meter	3.650 Meter	3.700 Meter	Mag. Straka, DI Staber
Kostensteigerung seit 2005 bezüglich Bohrungskostentabelle	10 Prozent	20 Prozent	30 Prozent	DI Pröglhöf
Kostensteigerung für Bohrungen bei H2S	30 Prozent	40 Prozent	50 Prozent	DI Pröglhöf
Loadfaktor der thermischen Anlage	5.000 Stunden / Jahr	6.000 Stunden / Jahr	8.000 Stunden / Jahr	DI Dr. Bräuer
Reinjektionstemperatur	40 °C	55 °C	65 °C	DI Kerschbaumer
Einspeisetarif elektrisch	20 Euro / MWh _{el}	35 Euro / MWh _{el}	60 Euro / MWh _{el}	DI Kerschbaumer, www.exaa.at , DI Dr. Bräuer
Entgasungswert	0,5 Nm ³ Gas / m ³ Sole	0,7 Nm ³ Gas / m ³ Sole	0,8 Nm ³ Gas / m ³ Sole	Mag. Straka
Gasanteil von Methan	80 Prozent	90 Prozent	95 Prozent	Endbericht Kat. A – Geologie, Geophysik, Geohydrologie, DI Dr. Bräuer
Loadfaktor der elektrischen Anlage	7.000 Stunden / Jahr	8.000 Stunden / Jahr	8.760 Stunden / Jahr	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer
Wirkungsgrad BHKW	30 Prozent	40 Prozent	45 Prozent	Herr Roth, DI Dr. Bräuer

Förderungen in Prozent der Investitionssumme	0 Prozent	18 Prozent	30 Prozent	DI Kerschbaumer
Menge HCl als Inhibierung bei 100 Liter / Sekunde	210 Tonnen HCl pro Jahr	228 Tonnen HCl pro Jahr	246 Tonnen HCl pro Jahr	Endbericht Kat. B – Chemie, DI Dr. Bräuer
Preis für technische HCl	80 Euro / Tonne	90 Euro / Tonne	100 Euro / Tonne	Herr Fischer
Korrosionsinhibitorkosten bei H ₂ S	- 40.000 Euro / Jahr	- 50.000 Euro / Jahr	- 60.000 Euro / Jahr	Dr. Oberndorfer
Pumpenleistung	650 kW _{el}	750 kW _{el}	850 kW _{el}	DI Kerschbaumer, Endbericht Kat. E – Materialwahl, DI Dr. Bräuer
Stromzukaufspreis	80 Euro / MWh _{el}	102 Euro / MWh _{el}	150 Euro / MWh _{el}	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer

Die Werte mit der höchsten Wahrscheinlichkeit bei der Dreiecksverteilung decken sich mit den verwendeten Werten bei der Berechnung des Kapitalwerts der Geothermieanlage Aspern im oberen Kapitel.

Für einen einzigen Parameter wurde eine diskrete Verteilung verwendet. Dabei kann dieser Input nur bestimmte Werte annehmen, welchen jeweils Wahrscheinlichkeitswerte zugeordnet wurden. Im konkreten Fall könne drei verschiedene Werte angenommen werden. In nachfolgender Tabelle werden die entsprechenden Daten aufgezählt.

Tabelle 12: Daten für die probabilistische Sensitivitätsanalyse – diskrete Verteilung

Parameter	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Quelle
Betriebspersonal	1 Mitarbeiter: 25 Prozent Wahrscheinlichkeit	2 Mitarbeiter: 50 Prozent Wahrscheinlichkeit	3 Mitarbeiter: 25 Prozent Wahrscheinlichkeit	DI Kerschbaumer, DI Dr. Bräuer

Auch hier wurde der Wert mit der höchsten Wahrscheinlichkeit bei der vorangegangenen Berechnung des Kapitalwerts verwendet.

Der einzige Parameter, welcher im Vergleich zur deterministischen Sensitivitätsanalyse noch nicht verwendet wurde, ist die Laufzeit. Bei der probabilistischen Analyse wird dieser Parameter nicht mehr sensitiv gerechnet, sondern vorerst mit 20 Jahren fixiert.

Diese Daten wurden in das Modell zur Berechnung des Kapitalwerts hineingearbeitet.

7.2.2 Berechnungsmodell mit Verteilungen

Wie bereits erwähnt bedient sich die probabilistische Sensitivitätsanalyse dem gleichen Modell wie die Kapitalwertrechnung. Der einzige Unterschied besteht darin, dass 31 Parametern Verteilungen zugewiesen wurden. Diese Verteilungen können mittels des @Risk-Programms direkt in Excel definiert werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus der Visualisierung des Modells. In dieser Visualisierung sind ebenfalls die definierten Verteilungen enthalten. Die gesamte Darstellung des Modells samt Verteilungen befindet sich im Anhang (Anhang 13).

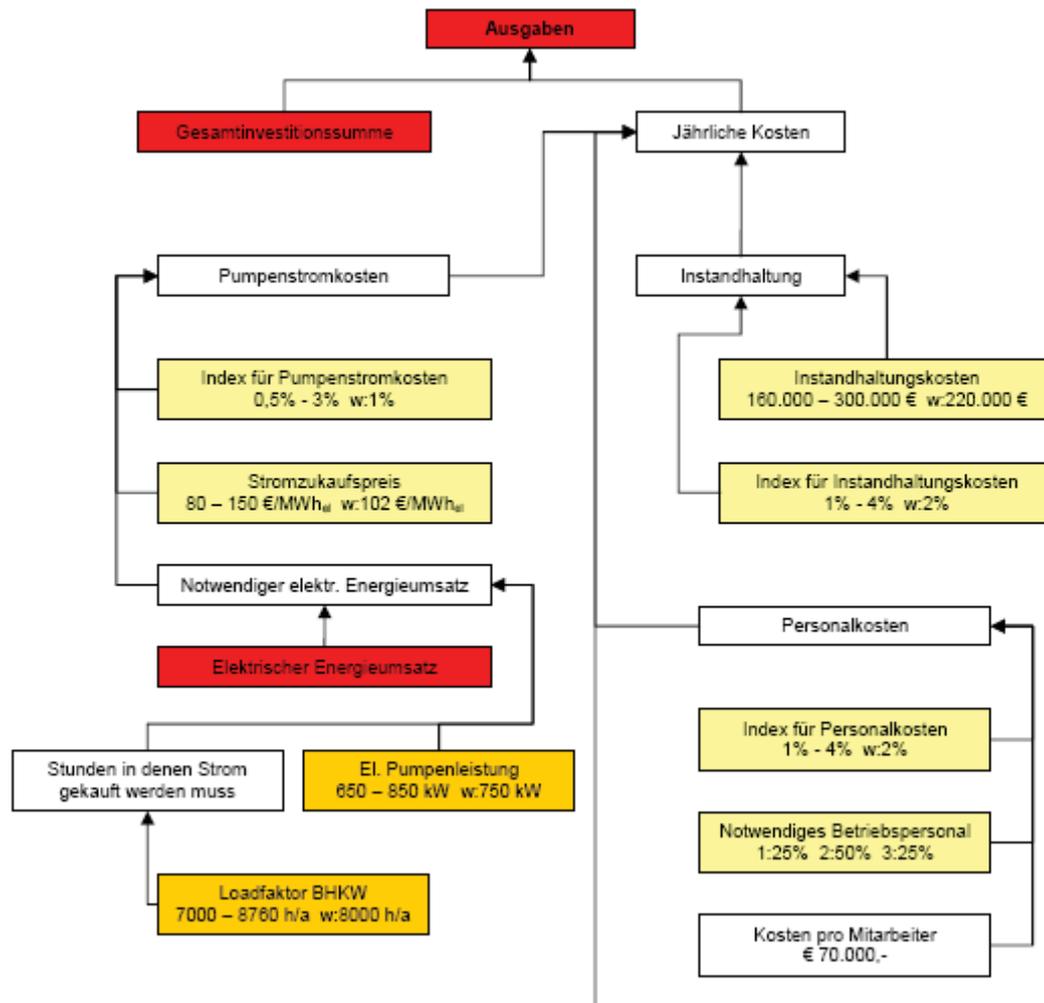


Abbildung 30: Ausschnitt aus der Visualisierung des Modells

Diese Visualisierung bietet einen Überblick bezüglich des Aufbaus des Modells und der den Inputs zugewiesenen Verteilungen. Gelb unterlegte Parameter haben eine Verteilung zugewiesen bekommen und sind für die Sensitivitätsanalyse als Input definiert. Gleiches gilt für orange unterlegte Parameter, welche lediglich auf mehreren Seiten der Visualisierung vorkommen. Die rot unterlegten Parameter werden auf einer anderen Seite noch genauer aufgeschlüsselt. Allen Inputs bis auf den Parameter notwendiges Betriebspersonal wurden Dreiecksverteilungen zugeordnet. In der Abbildung lässt sich dies durch den angeführten Wertebereich und den Wert mit der höchsten Wahrscheinlichkeit – gekennzeichnet mittels eines w – erkennen. Bei der diskreten Verteilung des Betriebspersonals steht neben den möglichen Werten die entsprechende Wahrscheinlichkeit.

Nach der Definierung der Verteilungen und deren Implementierung in das Kapitalwert-Modell erfolgt die Simulation mittels @Risk.

7.2.3 Simulation

Die Simulation baut auf das vorhandene Modell auf. Die einzelnen Inputs wurden bereits definiert und es wurde ihnen eine Verteilung zugeteilt. Auch der Output, nämlich der Kapitalwert, muss festgelegt werden. Für die Simulation wird in @Risk die gewünschte Anzahl an Iterationen festgelegt. Auch das Verfahren der Zufallszahlenermittlung muss eingestellt werden. Für diese Arbeit entschied man sich für 10.000 Iterationen und die Latin Hypercube Sampling Methode.

Nach diesen Einstellungen startet die Simulation. @Risk bietet eine Vielzahl von Auswertungen an. Allerdings richtet sich das Interesse bei dieser Arbeit auf die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts und auf das Tornado-Diagramm.

7.2.4 Ergebnisse der probabilistischen Sensitivitätsanalyse

Die Simulation der oben beschriebenen Daten stellt den wichtigsten Berechnungslauf dar. Darüber hinaus lassen sich mittels der zur Verfügung stehenden Daten viele weitere verschiedene Simulationsläufe durchführen. Besonderes Interesse liegt dabei auf der Durchführung zusätzlicher Läufe mit der Variation der Laufzeit, der Brauchbarkeit des mitproduzierten Gases, der Sauerstoff-Komponente und der Bohrtiefe.

Ergebnisse der Basissimulation

In einem ersten Simulationslauf werden die Daten ganz genauso verarbeitet, wie sie oben beschrieben wurden. Diese Simulation spiegelt das Geothermieprojekt Aspern in seiner eigentlichen Form wider und ist Kern dieses Kapitels.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwertes beim Geothermieprojekt Aspern dargestellt. Diese Input-Parameter beruhen auf oben beschriebenen Daten.

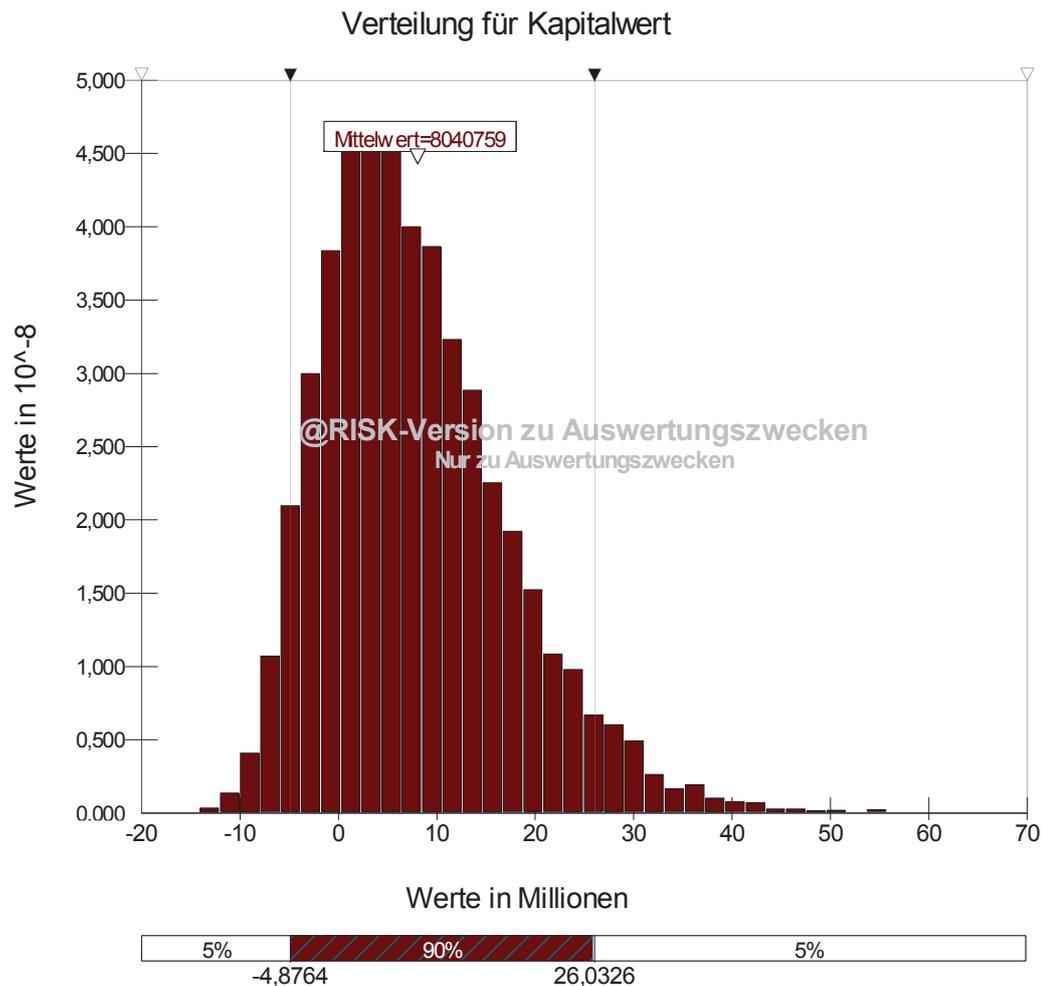


Abbildung 31: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts beim Geothermieprojekt Aspern

Diese Abbildung veranschaulicht die zu erwartende Verteilung des Kapitalwerts. Auf der x-Achse ist die Höhe des Kapitalwerts in Millionen Euro aufgetragen. Der Mittelwert der Verteilung liegt bei 8.040.759 Euro. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 Prozent ist der Kapitalwert niedriger, als - 4,88 Millionen Euro und mit einer ebenfalls 5-prozentigen Wahrscheinlichkeit ist der Kapitalwert höher als 26,03 Millionen Euro. Zu 90 Prozent liegt der zu erwartende Kapitalwert zwischen diesen Grenzen. Im Vergleich zum Kapitalwert, welcher in der deterministischen Wirtschaftlichkeitsrechnung ermittelt wurde, ist dieser Kapitalwert wesentlich höher. Der Grund dafür liegt in den definierten Verteilungen. Schon eine kleine Verbesserung – im Sinne eines höheren Kapitalwertes – des Erwartungswertes gegenüber dem ursprünglichen wahrscheinlichsten Wert verändert das Ergebnis. Der Erwartungswert ist der Mittelwert einer Häufigkeitsverteilung und ergibt sich aufgrund der zugewiesenen Verteilungen.¹⁴⁶ Gerade bei den Parametern Einspeisetarif thermisch und Zinssatz schlägt sich eine kleine Abweichung vom oben beschriebenen wahrscheinlichsten Wert relativ stark im Ergebnis nieder.

¹⁴⁶ Vgl. Athen/Bruhn (1974), S. 358.

Die nächste Abbildung veranschaulicht mittels Tornado-Diagramms die Abhängigkeit des Kapitalwerts von den einzelnen Inputs. Die Darstellung erfolgt durch die Berechnung von Regressionskoeffizienten.

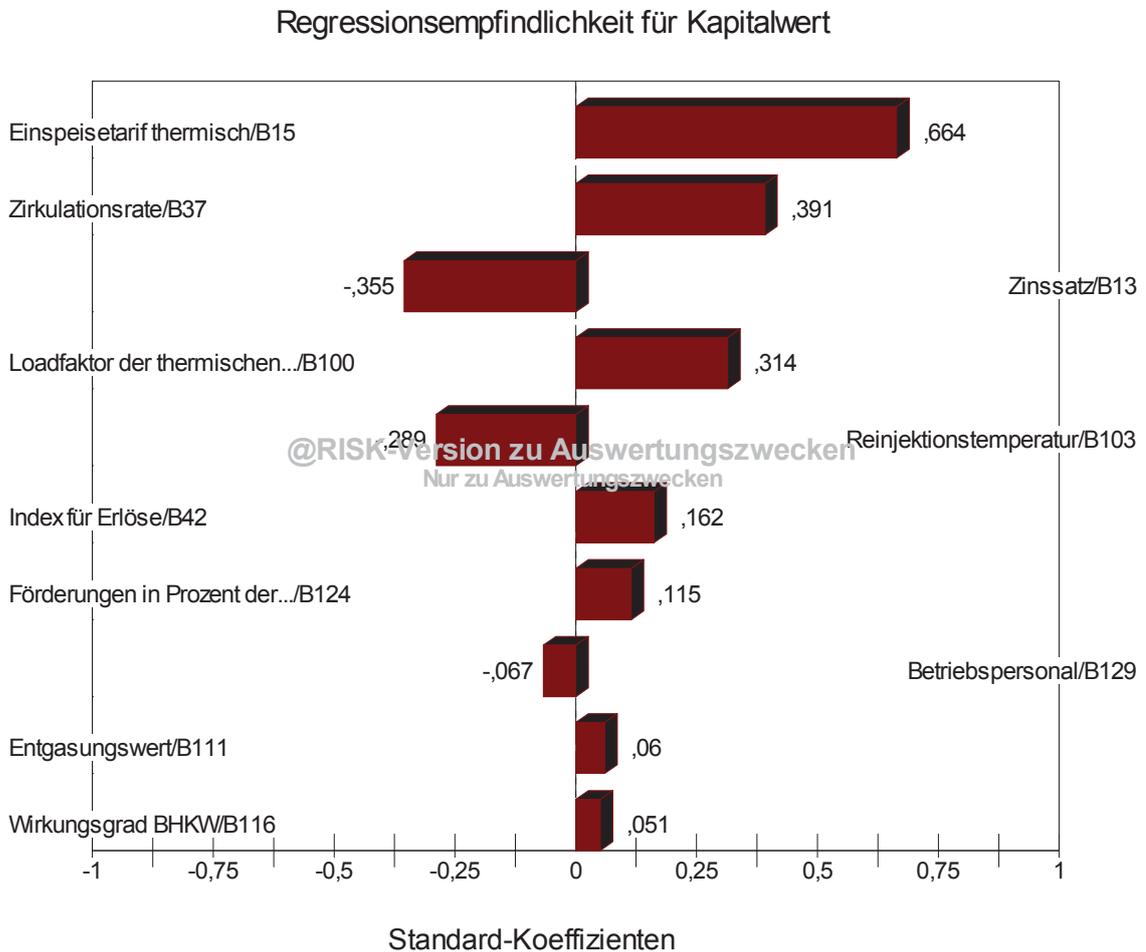


Abbildung 32: Tornado-Diagramm der Inputdaten des Geothermieprojektes Aspern

In der Abbildung können die wesentlichen Inputparameter des Geothermieprojektes Aspern abgelesen werden. Es werden Regressionskoeffizienten errechnet, welche einen Bereich von -1 bis +1 annehmen können. Der wichtigste Parameter ist der Einspeisetarif thermisch. Mit einem Koeffizienten von 0,664 besteht ein positiver Zusammenhang zum Kapitalwert. Eine Erhöhung des Einspeisetarifs führt zu einer Erhöhung des Kapitalwerts. Der zweitwichtigste Parameter ist die Zirkulationsrate. Auch sie steht in positivem Zusammenhang zum Kapitalwert. Der drittwichtigste Input ist der Zinssatz. Dieser hat einen negativen Zusammenhang zum Kapitalwert. Eine Erhöhung des Zinssatzes führt zu einer Verringerung des Kapitalwerts. Danach folgen die Parameter Loadfaktor der thermischen Anlage, Reinjektionstemperatur, Index für Erlöse und Förderungen in Prozent der Investitionssumme. Die weiteren Parameter haben nicht so großen Einfluss auf den Kapitalwert der Geothermieanlage Aspern.

Zusammenfassend werden die kritischen Erfolgsfaktoren, welche mittels einer probabilistischen Sensitivitätsanalyse auf Basis der Daten des geothermischen Projekts in Aspern ermittelt wurden, noch einmal in richtiger Reihenfolge aufgezählt:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
3. Zinssatz – negativer Zusammenhang
4. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
5. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang
6. Index für Erlöse – positiver Zusammenhang
7. Förderungen in Prozent der Investitionssumme – positiver Zusammenhang

Simulation mit Laufzeit von 10 Jahren

Hier wird ein weiterer Simulationslauf durchgeführt. Die oben für das Projekt Aspern beschriebenen Daten werden bis auf eine Ausnahme weiter verwendet: Statt der bisherigen 20 Jahre wird nun eine Laufzeit von 10 Jahren in das Modell eingetragen.

Die nachfolgende Abbildung stellt die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts des geothermischen Projekts in Aspern mit einer Laufzeit von 10 Jahren dar.

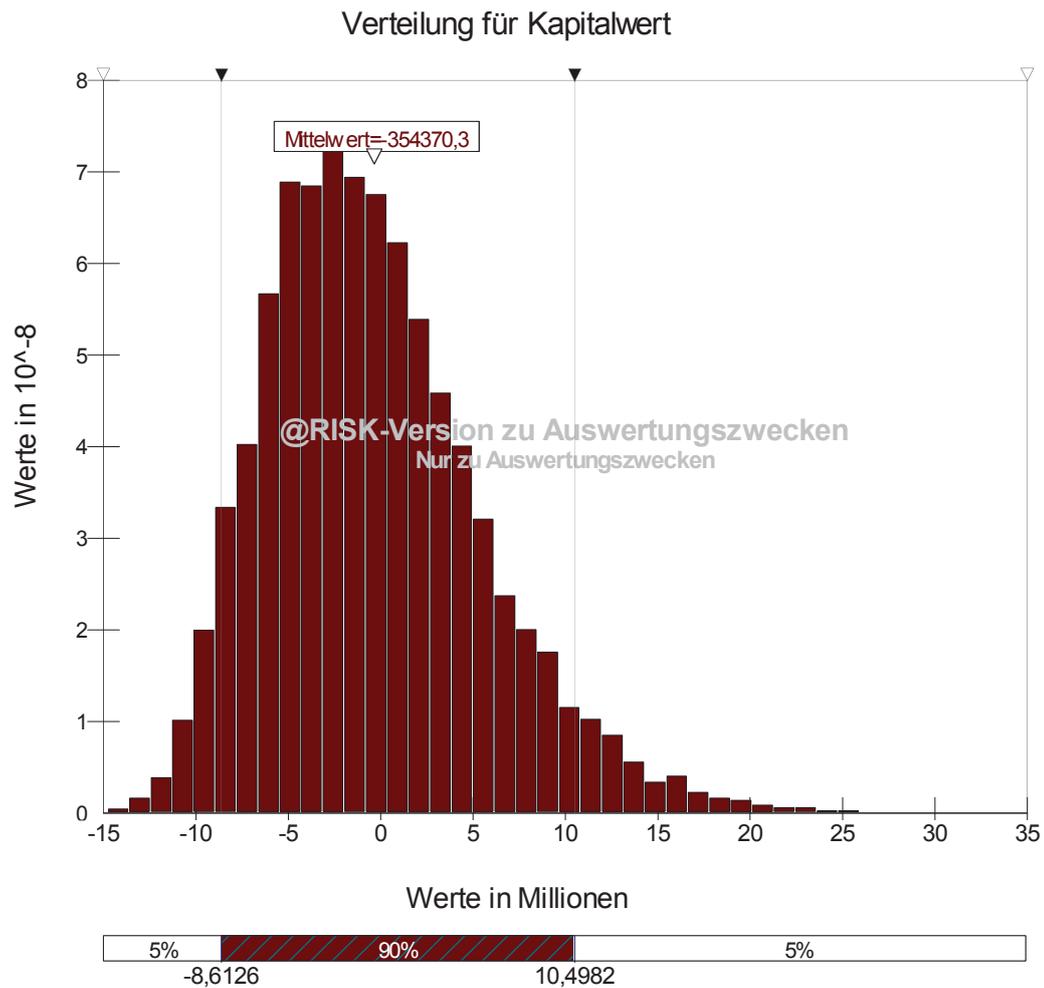


Abbildung 33: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts bei einer Laufzeit von 10 Jahren

Die Abbildung der Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts bei einer Laufzeit von 10 Jahren weist einen Mittelwert von -354.370 Euro aus. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent liegt der Kapitalwert zwischen -8,6 und 10,5 Millionen Euro.

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Tornado-Diagramm, in welchem eine Reihung der wichtigsten Inputparameter auf den Kapitalwert dargestellt ist.

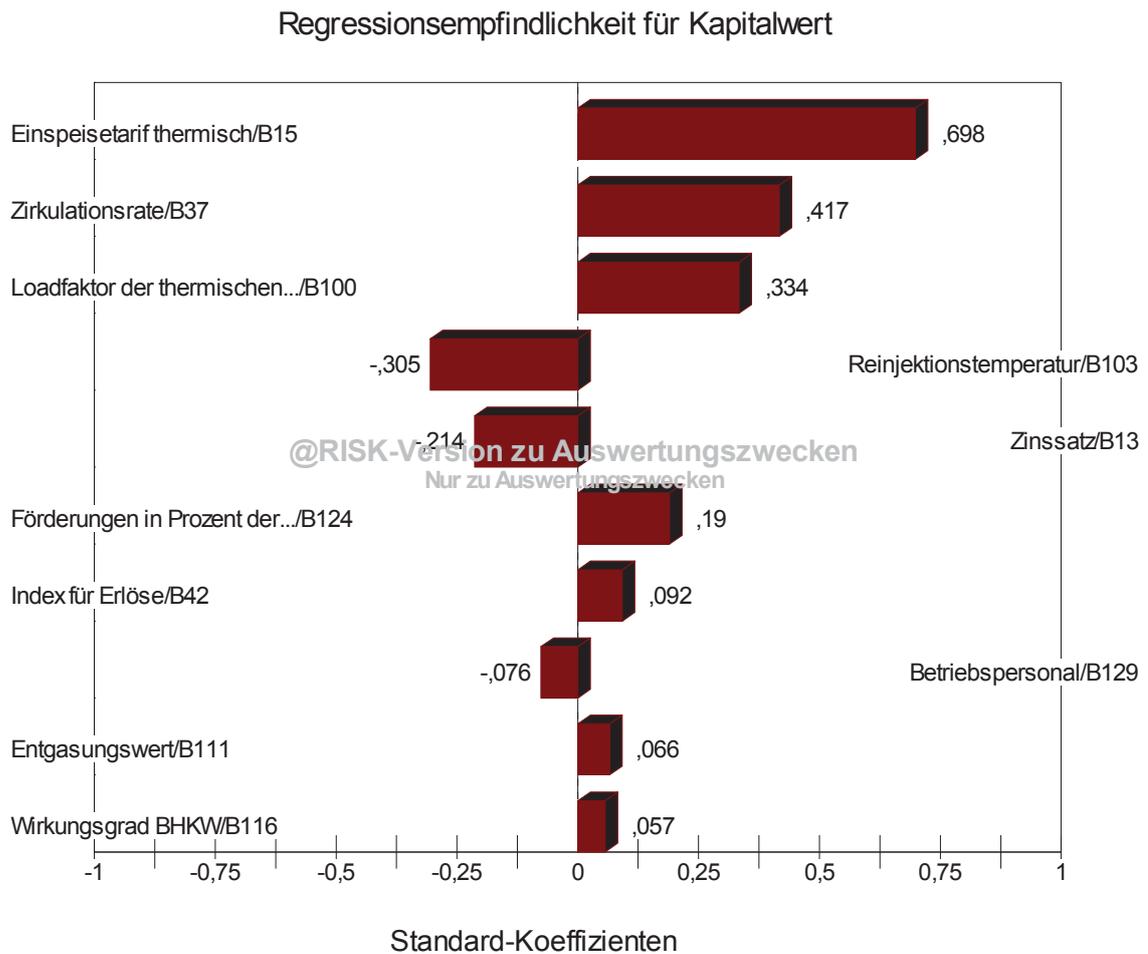


Abbildung 34: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei einer Laufzeit von 10 Jahren

Die wichtigsten Parameter bezüglich des Kapitalwerts der geothermischen Anlage Aspern bei einer Laufzeit von 10 Jahren sind:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
3. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
4. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang
5. Zinssatz – negativer Zusammenhang
6. Förderungen in Prozent der Investitionssumme – positiver Zusammenhang

Alle weiteren Parameter sind von vernachlässigbarer Bedeutung.

Simulation mit Laufzeit von 40 Jahren

Es erfolgt ein neuerlicher Simulationsdurchgang, bei welchem lediglich die Laufzeit auf 40 Jahre verändert wird. Die restlichen Daten sind weiterhin unverändert.

In der folgenden Abbildung wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Outputs mit einer Laufzeit von 40 Jahren dargestellt.

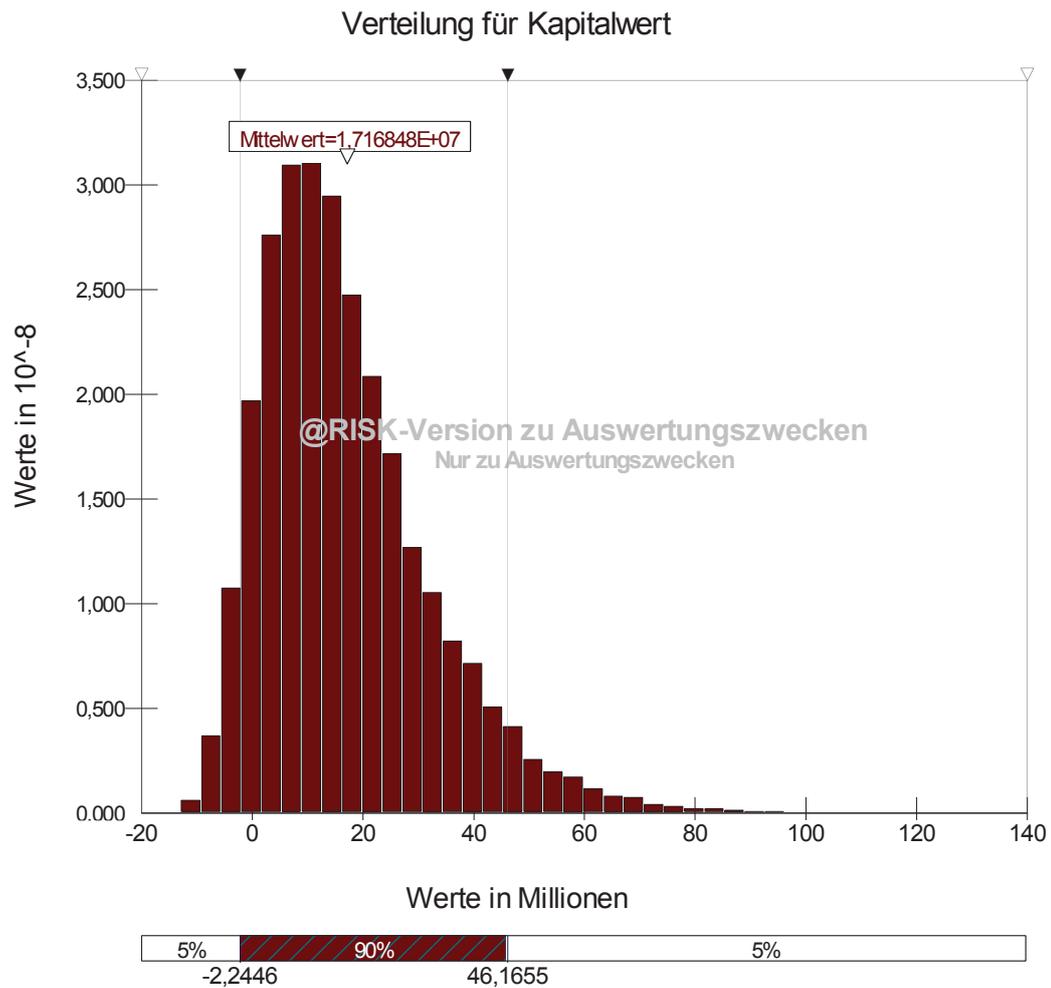


Abbildung 35: Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts bei einer Laufzeit von 40 Jahren

Bei einer Laufzeit von 40 Jahren ergibt sich ein Mittelwert von 17,17 Millionen Euro. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent liegt der Kapitalwert zwischen -2,24 und 46,17 Millionen Euro.

In der nachfolgenden Abbildung wird ein Tornado-Diagramm bei einer Laufzeit von 40 Jahren gezeigt.

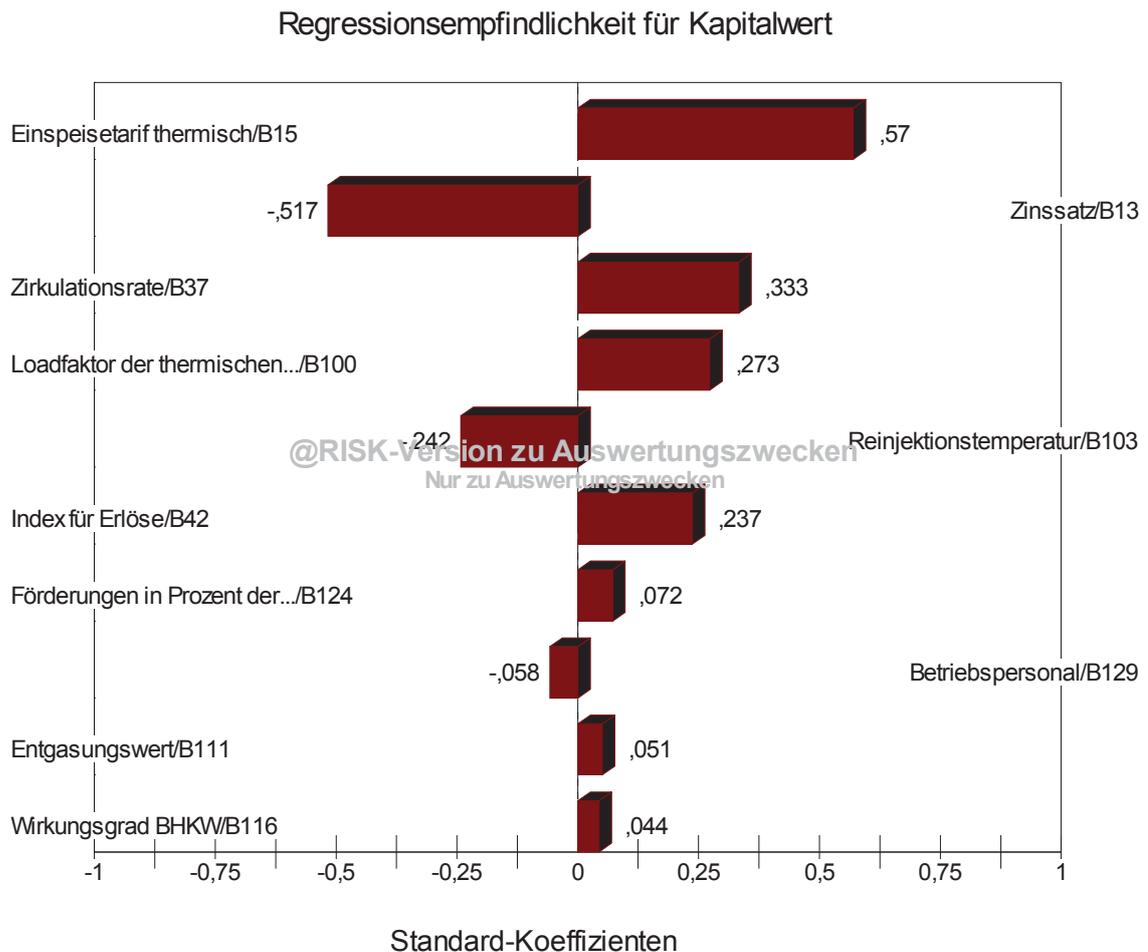


Abbildung 36: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei einer Laufzeit von 40 Jahren

Bei einer Laufzeit von 40 Jahren haben folgende Parameter den größten Einfluss auf den Kapitalwert:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zinssatz – negativer Zusammenhang
3. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
4. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
5. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang
6. Index für Erlöse – positiver Zusammenhang

Die nächste Abbildung gibt eine Übersicht bezüglich der Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Kapitalwerte bei allen drei Laufzeitvarianten. Dabei wurden die Verteilungen aus den vorgegangenen Simulationen in einer Graphik zusammengefügt.

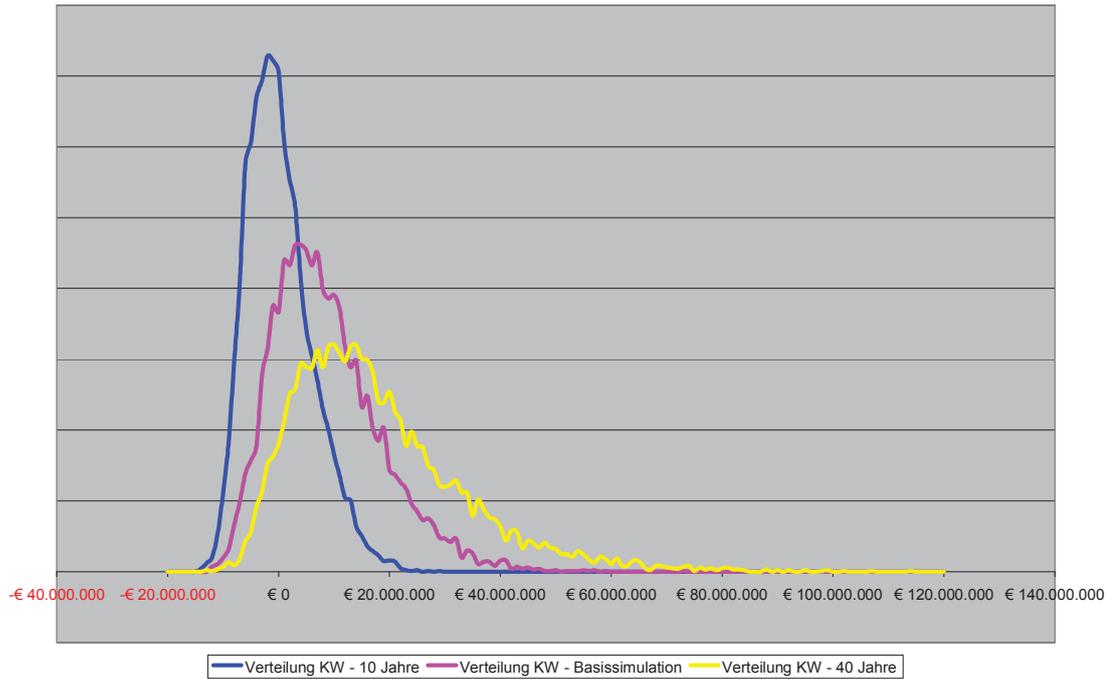


Abbildung 37: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei unterschiedlichen Laufzeiten

Bei dieser Abbildung ist eindeutig erkennbar, dass je kürzer die Laufzeit, umso eher wandert der Mittelwert der Verteilung in den negativen Bereich. Auffallend ist auch, dass bei Abnahme der Laufzeit, die Verteilung immer spitzer wird. Das bedeutet, dass bei kurzen Laufzeiten der Bereich, in welchem sich der Kapitalwert befindet, wesentlich kleiner wird.

Simulation mit Unbrauchbarkeit des mitproduzierten Gases

Es werden abermals die ursprünglichen Daten der Simulation vom Asperner Projekt verwendet. Lediglich beim Parameter Brauchbarkeit des mitproduzierten Gases wurde im Berechnungsmodell unbrauchbar eingestellt. Die Einstellung Laufzeit wurde wieder auf den ursprünglichen Wert von 20 Jahren zurückgesetzt.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts für den Fall, dass das mitproduzierte Gas nicht brauchbar für die Verstromung ist.

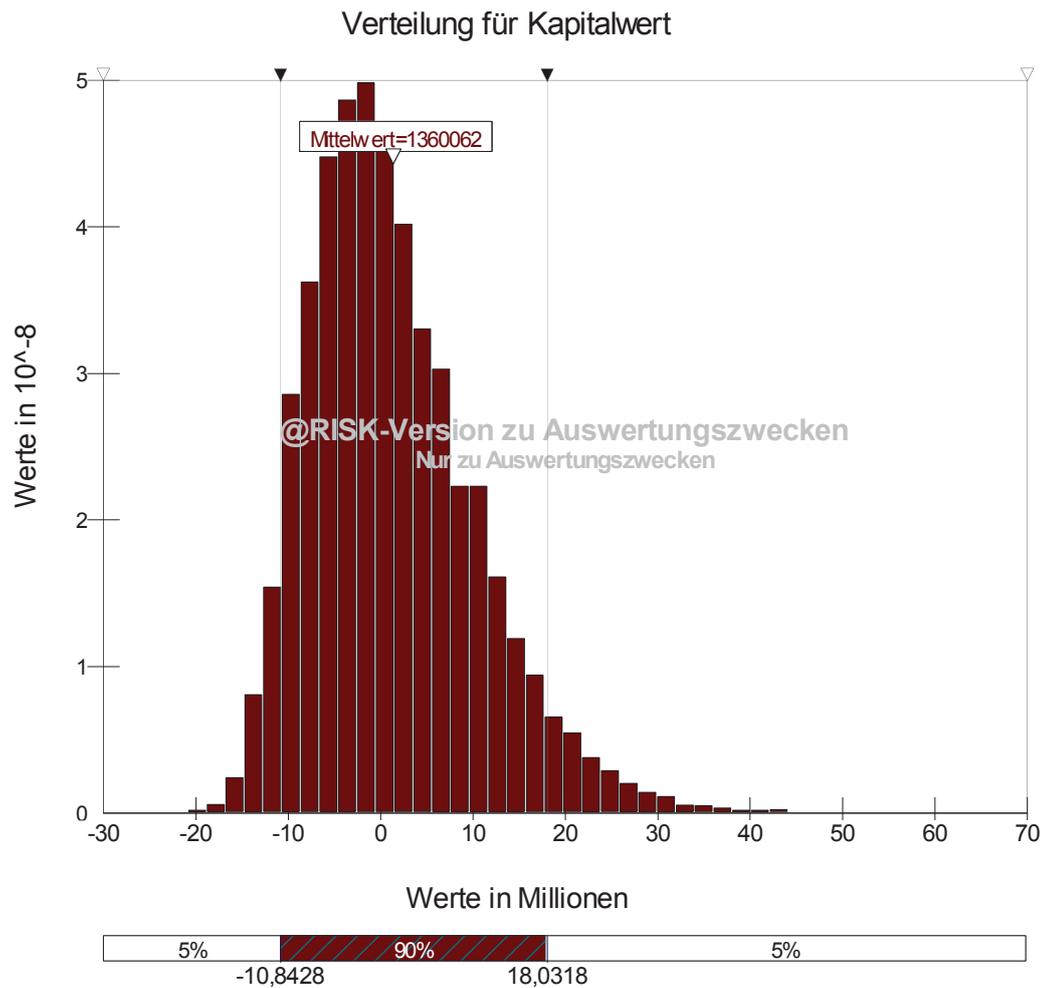


Abbildung 38: Verteilung des Kapitalwerts bei der Unbrauchbarkeit des mitproduzierten Gases

Für den Fall, dass das mitproduzierte Gas für eine allfällige Verstromung oder andere Zwecke unbrauchbar ist, ergibt sich die entsprechende Verteilung des Kapitalwertes. Dabei liegt der Mittelwert bei 1,36 Millionen Euro. Zu 90 Prozent liegt der Kapitalwert zwischen -10,8 und 18,0 Millionen Euro.

In der folgenden Abbildung wurde die Verteilung der Basissimulation neben der Verteilung der Simulation mit unbrauchbarem Gas aufgetragen.

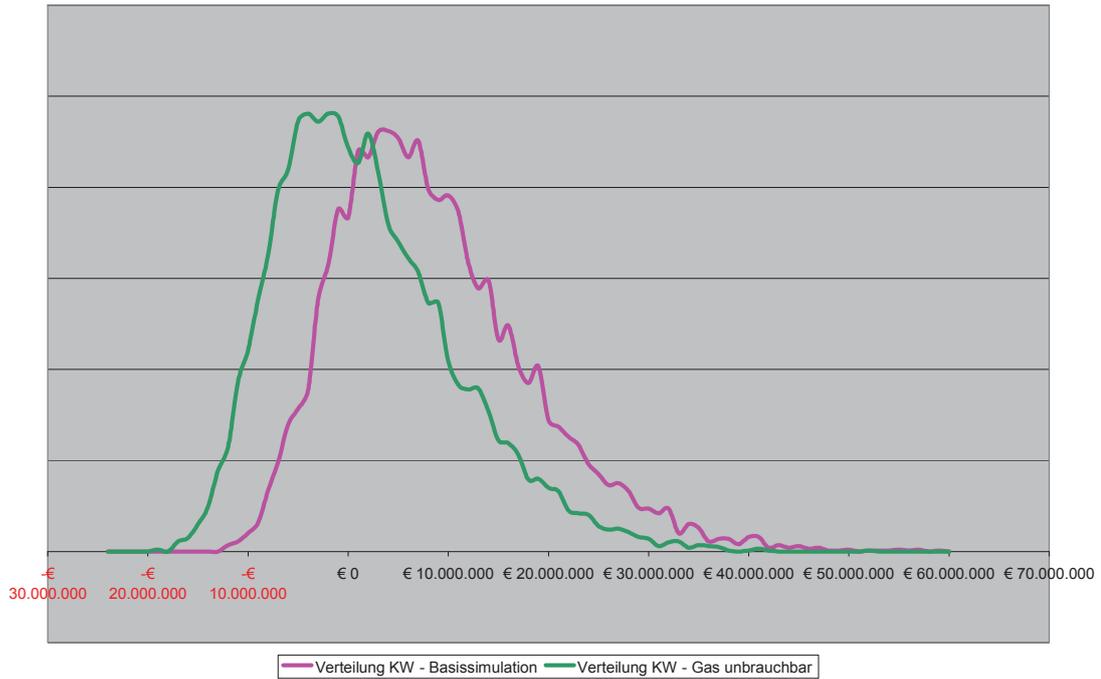


Abbildung 39: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei unbrauchbarem Gas

Auffallend bei dieser Abbildung ist, dass sich die zwei Graphen sehr ähnlich sind. Lediglich der Graph mit unbrauchbarem Gas ist etwas nach links in den „roten Bereich“ versetzt.

In der nachfolgenden Abbildung wird das entsprechende Tornado-Diagramm dargestellt, welches die wichtigen Einflussparameter auf den Kapitalwert bei der Unbrauchbarkeit des Gases abbildet.

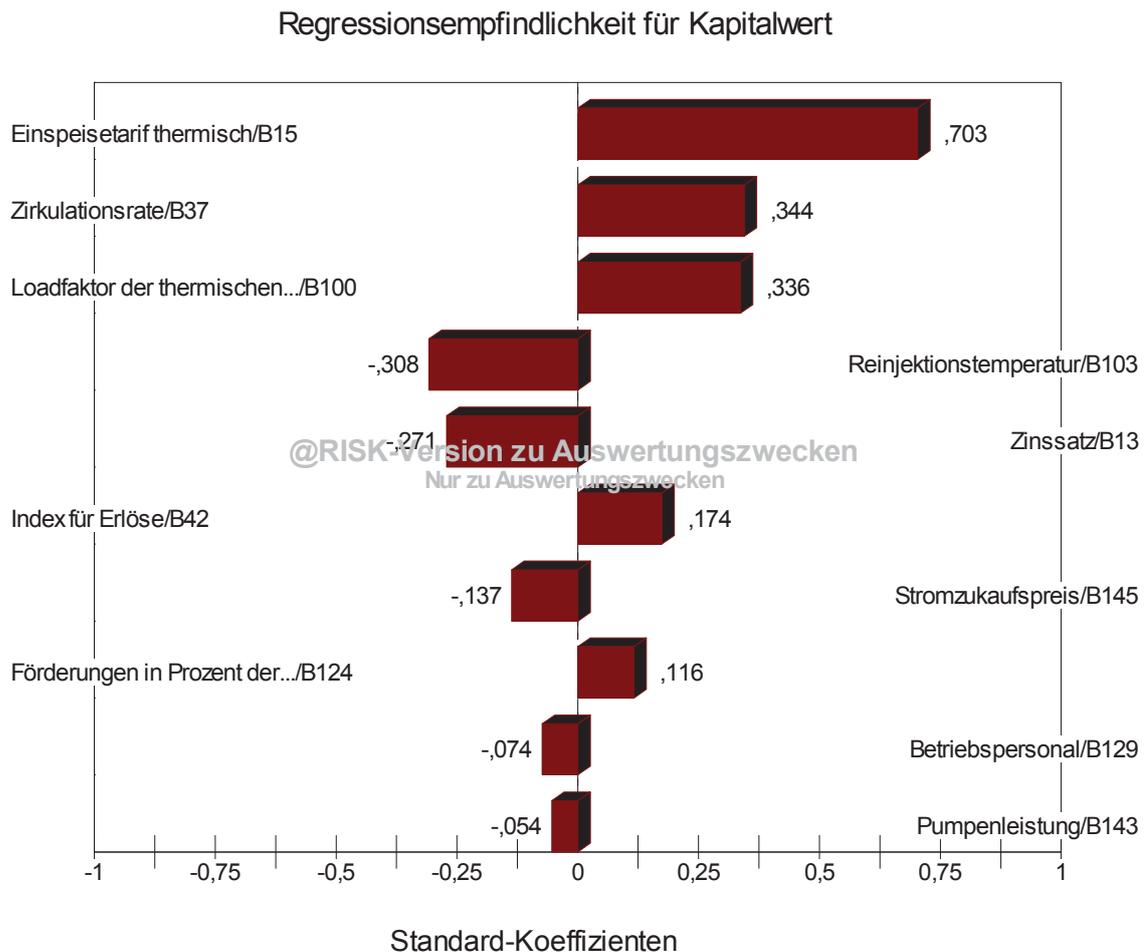


Abbildung 40: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei Unbrauchbarkeit des mitproduzierten Gases

Mittels Tornado-Diagramm lassen sich die relevantesten Input-Parameter für den Fall, dass das mitproduzierte Gas nicht brauchbar ist, darstellen:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
3. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
4. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang
5. Zinssatz – negativer Zusammenhang
6. Index für Erlöse – positiver Zusammenhang
7. Stromzukaufspreis – negativer Zusammenhang

Simulation mit Sauergas

Ein zusätzlicher Simulationslauf wird für den Fall, dass Sauergas vorhanden ist, durchgeführt. Alle anderen Eingabeparameter entsprechen wieder den ursprünglichen Werten. Auch der Faktor Brauchbarkeit des mitproduzierten Gases wurde wieder auf den ursprünglichen Wert – nämlich 1 für ja – zurückgesetzt.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Verteilung der Kapitalwerte beim Vorhandensein von Sauerogas dargestellt.

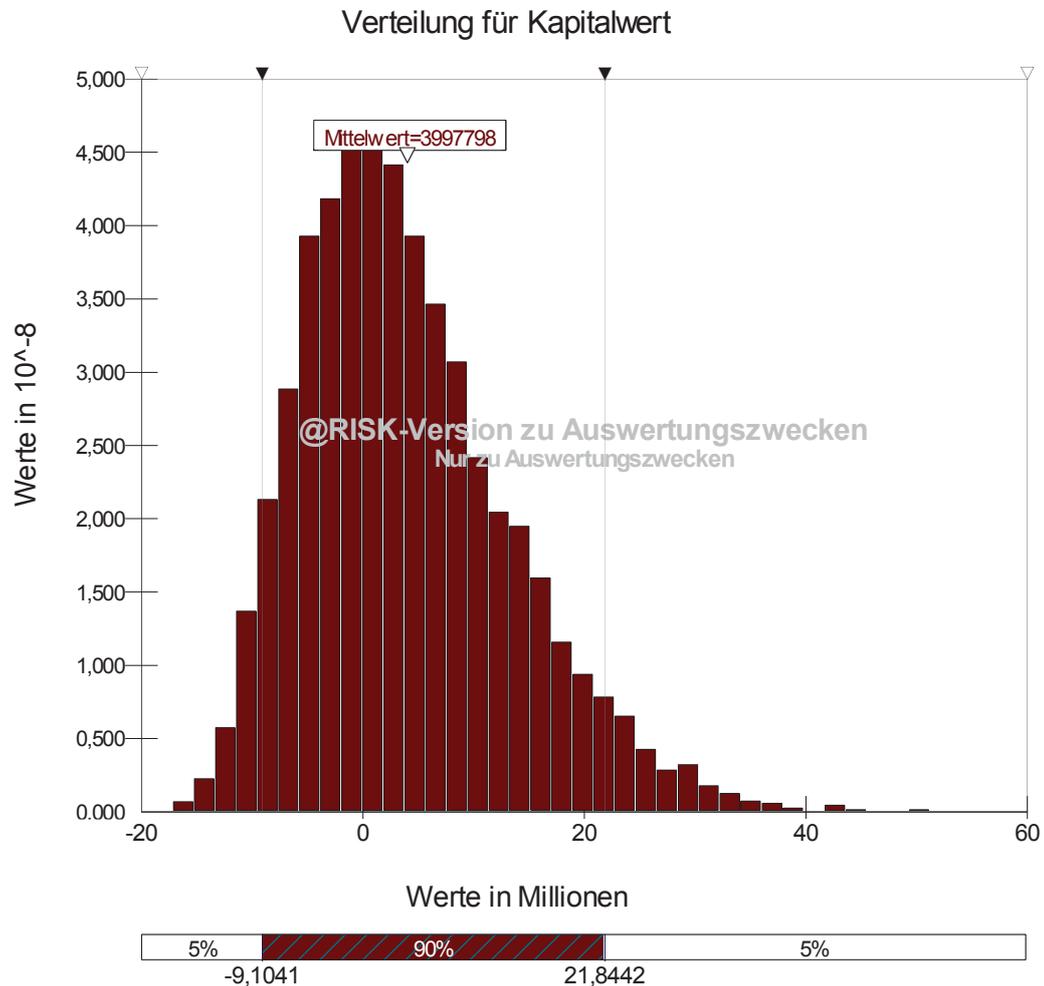


Abbildung 41: Verteilung des Kapitalwerts wenn Sauerogas vorhanden ist

Der Mittelwert der Verteilung des Kapitalwerts beim Vorhandensein von Sauerogas beträgt 4,0 Millionen Euro. Zu 90 Prozent befindet sich der Kapitalwert zwischen -9,1 und 21,8 Millionen Euro.

In der folgenden Abbildung ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts bei Sauerogas neben der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Basisvariante aufgetragen.

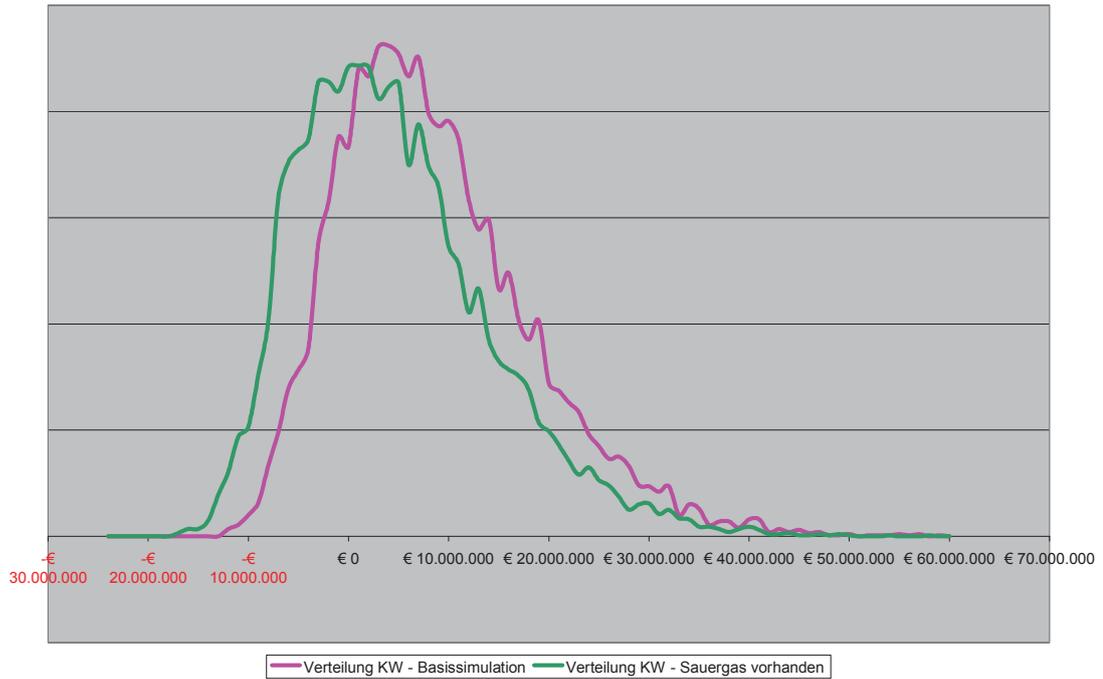


Abbildung 42: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei Sauergas

Diese Abbildung lässt erkennen, dass das Sauergas kaum eine Veränderung auf die Form der Verteilung hat. Die Sauergas-Verteilung ist nur etwas nach links verschoben.

Die nächste Abbildung ist ein Tornado-Diagramm, welches die wichtigsten Inputs bei Sauergas darstellt.

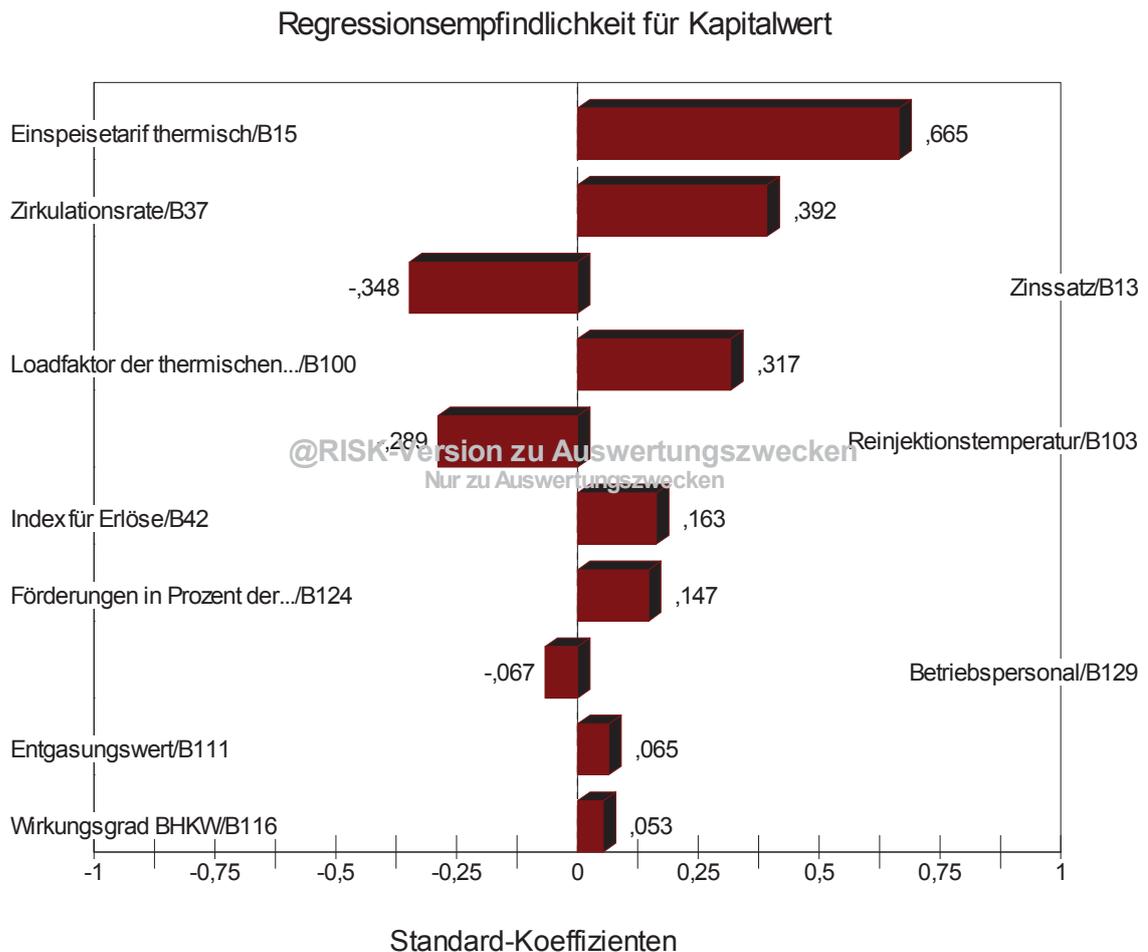


Abbildung 43: Tornado-Diagramm der Inputdaten wenn Sauer gas vorhanden ist

Das Tornado-Diagramm bringt, wenn Sauer gas vorhanden ist, folgende Ergebnisse der relevanten Inputs:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
3. Zinssatz – negativer Zusammenhang
4. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
5. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang
6. Index für Erlöse – positiver Zusammenhang
7. Förderungen in Prozent der Investitionssumme – positiver Zusammenhang

Simulation mit einer Veränderung der Bohrtiefe

Bis auf die Bohrtiefe und die Austrittstemperatur werden alle ursprünglichen Daten verwendet. Für die Bohrtiefe wird ein Wert von 6.000 Meter angenommen. Dies gilt sowohl für die Produktions- als auch für die Reinjektionsbohrung. Die Austrittstemperatur wurde dem geothermischen Gradienten entsprechend auf 180 °C erhöht.

In nachfolgender Abbildung wird die neu berechnete Verteilung des Kapitalwerts dargestellt:

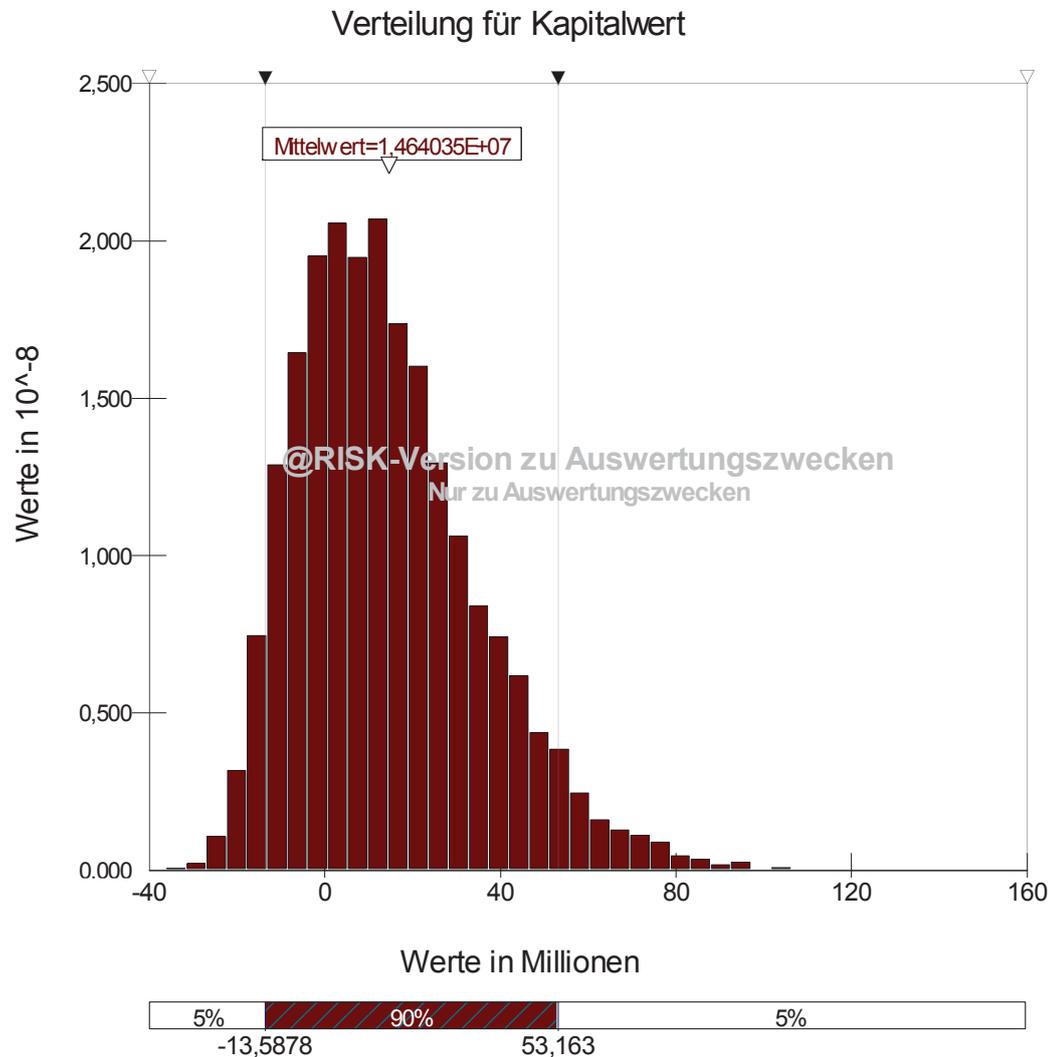


Abbildung 44: Verteilung des Kapitalwerts bei einer Bohrtiefe von 6.000 m und einer Austrittstemperatur von 180 °C

Bei dieser Verteilung des Kapitalwerts beträgt der Mittelwert 14,6 Millionen Euro. Zu 90 Prozent nimmt der Kapitalwert einen Wert zwischen -13,59 und 53,16 Millionen Euro an.

Die nächste Abbildung stellt die eben beschriebene Verteilung neben der Basisverteilung dar.

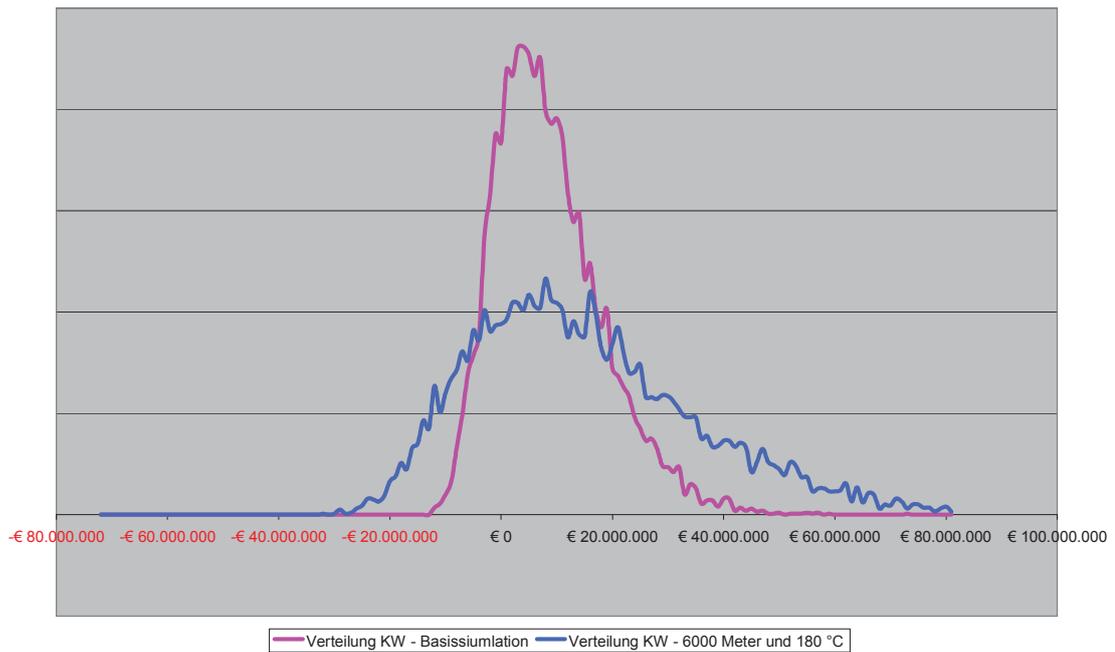


Abbildung 45: Übersicht bezüglich Verteilungen der Kapitalwerte bei unterschiedlichen Bohrtiefen

Bei näherer Betrachtung kann erkannt werden, dass die Zunahme der Bohrtiefe eine deutliche Verbreiterung der Verteilung mit sich bringt.

In der nächsten Abbildung werden die relevanten Inputs mittels Tornado-Diagramms dargestellt.

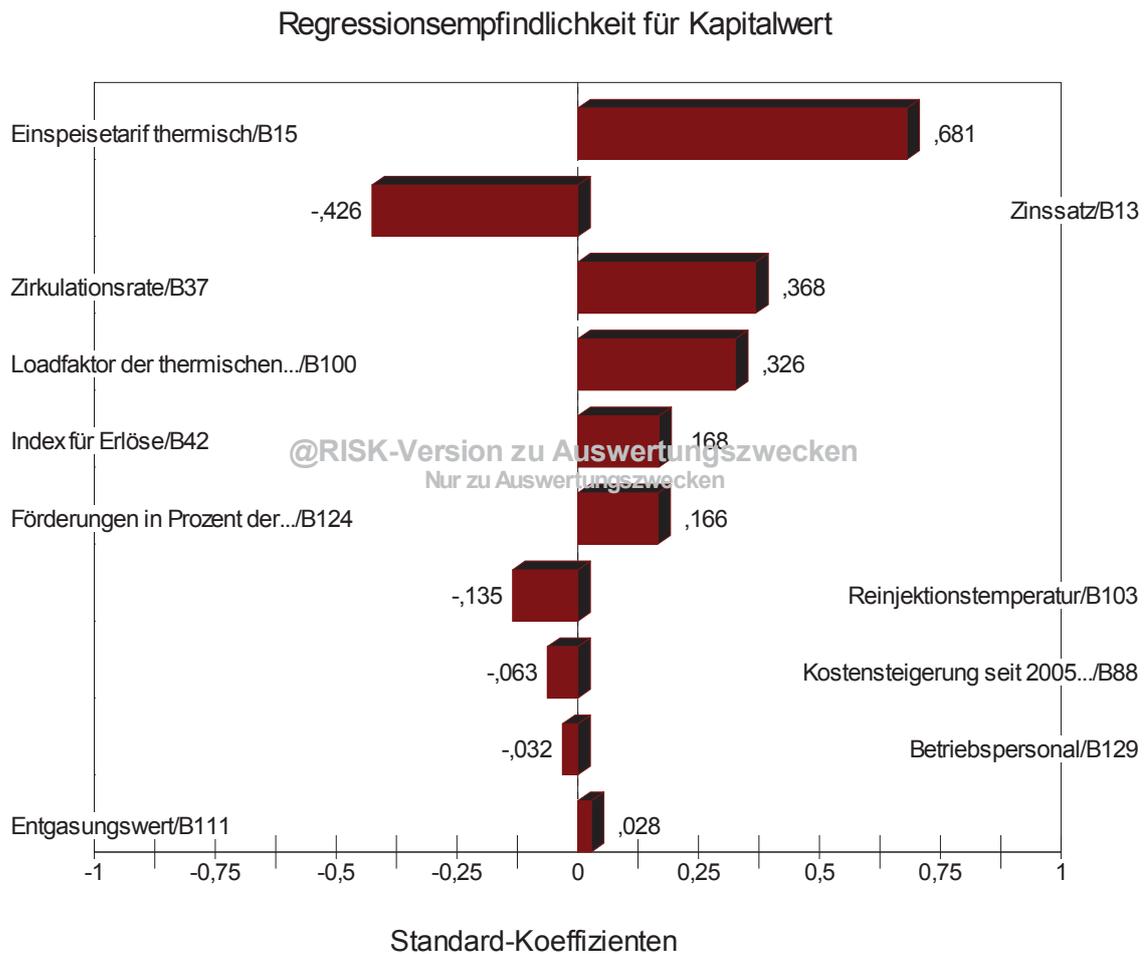


Abbildung 46: Tornado-Diagramm der Inputdaten bei einer Bohrtiefe von 6.000 m und einer Austrittstemperatur von 180 °C

Das Tornado-Diagramm weist folgende Inputs als relevant aus:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zinssatz – negativer Zusammenhang
3. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
4. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
5. Index für Erlöse – positiver Zusammenhang
6. Förderungen in Prozent der Investitionssumme – positiver Zusammenhang
7. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang

7.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Mittels der probabilistischer Sensitivitätsanalyse konnten sehr gute Aussagen bezüglich des zu erwartenden Kapitalwerts der Anlage getroffen werden. Auch konnten mit Hilfe der Tornado-Diagramme die kritischen Erfolgsfaktoren sehr gut abgebildet werden. Sämtliche

zusätzlich durchgeführten Simulationen bestätigten nahezu die Ergebnisse der Simulation mit den ursprünglichen Aspern-Daten.

Zusammenfassend können mittels probabilistischer Sensitivitätsanalyse folgende Parameter als kritische Erfolgsfaktoren für das Geothermieprojekt Aspern bezeichnet werden:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
3. Zinssatz – negativer Zusammenhang
4. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
5. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang
6. Index für Erlöse – positiver Zusammenhang
7. Förderungen in Prozent der Investitionssumme – positiver Zusammenhang

Der große Vorteil der probabilistischen Sensitivitätsanalyse besteht darin, dass die Betrachtung aller eingestellten Input-Parameter gleichzeitig erfolgen kann. Dies führt zur Beurteilung, dass die probabilistischen Daten fundierter sind, als die deterministischen Ergebnisse.

7.3 Kritische Erfolgsfaktoren des „Geothermieprojektes Aspern“

Auf Basis der Ergebnisse der deterministischen und der probabilistischen Sensitivitätsanalyse können für das Geothermieprojekt Aspern die kritischen Erfolgsfaktoren definiert werden. Dabei muss man sich vor Augen halten, dass die Ergebnisse spezifisch für das Asperner Projekt gelten, da sämtliche Daten und Informationen in Verbindung mit dieser geplanten Anlage stehen. Erst im folgenden Kapitel wird der Versuch unternommen auf Basis der Ergebnisse von Aspern und dem erstellten Modell eine Verallgemeinerung der kritischen Erfolgsfaktoren durchzuführen.

Grundsätzlich kommt den Ergebnissen der probabilistischen Sensitivitätsanalyse mehr Gewicht zu, als den Ergebnissen der deterministischen Analyse. Der Grund dafür, wie bereits angesprochen, liegt in der umfassenderen Betrachtung und der aufwendigeren Simulation beim probabilistischen Ansatz. Aber auch die deterministischen Ergebnisse liefern wertvolle Informationen.

Aus Basis beider Analysen wurden die Parameter Einspeisetarif thermisch und Zirkulationsrate eindeutig als die kritischsten Erfolgsfaktoren identifiziert. Beide stehen in einem positiven Zusammenhang zum Kapitalwert der Anlage.

Auch wurden die Faktoren Loadfaktor der thermischen Anlage, Zinssatz und Reinjektionstemperatur von beiden Verfahren als kritische Erfolgsfaktoren ausgewiesen. Der Loadfaktor der thermischen Anlage hat einen positiven Zusammenhang, der Zinssatz und die Reinjektionstemperatur haben einen negativen Zusammenhang zum Kapitalwert.

Diese fünf Faktoren können eindeutig als die kritischen Erfolgsfaktoren des Geothermieprojektes Aspern bezeichnet werden.

Die probabilistische Analyse beschreibt zusätzlich die Faktoren Index für Erlöse und Förderungen in Prozent der Investitionssumme als kritisch. Die deterministische

Sensitivitätsanalyse weist die Faktoren der Bohrtiefe von Produktions- und Reinjektionsbohrung zusätzlich als kritisch aus. Der Grund, warum die Bohrkosten in der probabilistischen Analyse kaum einen Niederschlag finden, obwohl sie einen sehr großen Anteil an der Gesamtinvestitionssumme haben, liegt darin, dass die Bohrtiefe beim Asperner Projekt relativ gut und präzise abgeklärt ist. Dadurch ergibt sich bei der Analyse kaum eine Schwankungsbreite was die Bohrkosten betrifft, was zur Folge hat, dass die Schwankungsbreite des Kapitalwerts kaum beeinflusst wird.

Zusammenfassend lassen sich für das Geothermieprojekt Aspern folgende kritische Erfolgsfaktoren beschreiben:

1. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
2. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
3. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
4. Zinssatz – negativer Zusammenhang
5. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang

In den folgenden Abbildungen werden die Zusammenhänge zwischen den einzelnen kritischen Erfolgsfaktoren und dem Kapitalwert des Geothermieprojekts Aspern betrachtet. Die Werte dieser Graphen beruhen auf den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitsrechnung des Projekts mittels der Daten mit der größten Wahrscheinlichkeit. Es wird in einem deterministischen Ansatz die Auswirkung der Veränderung eines einzigen Erfolgsfaktors auf den Kapitalwert veranschaulicht.

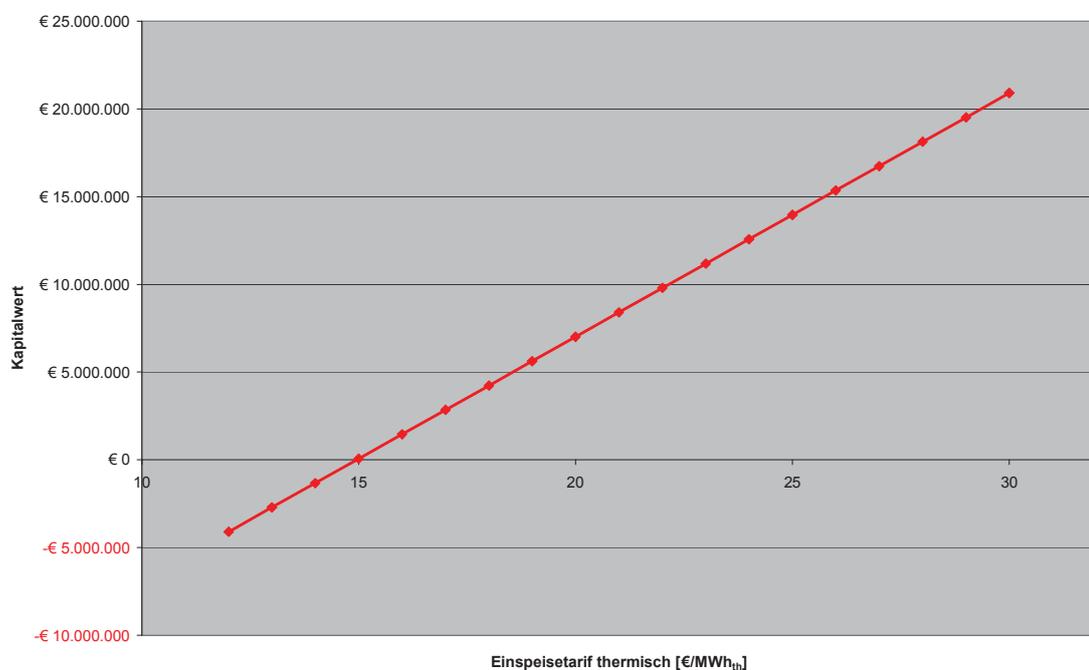


Abbildung 47: Auswirkung des Einspeisetarifs thermisch auf den Kapitalwert der Anlage

Die Abbildung veranschaulicht wie stark sich eine Zunahme des Einspeisetarifs thermisch auf den Kapitalwert der Anlage auswirkt. Gerade unter der Voraussetzung, dass dieser

Parameter nicht technisch gegeben ist, sondern Ergebnis von Verhandlungen ist, kann damit großer Einfluss auf den Erfolg der gesamten Anlage genommen werden.

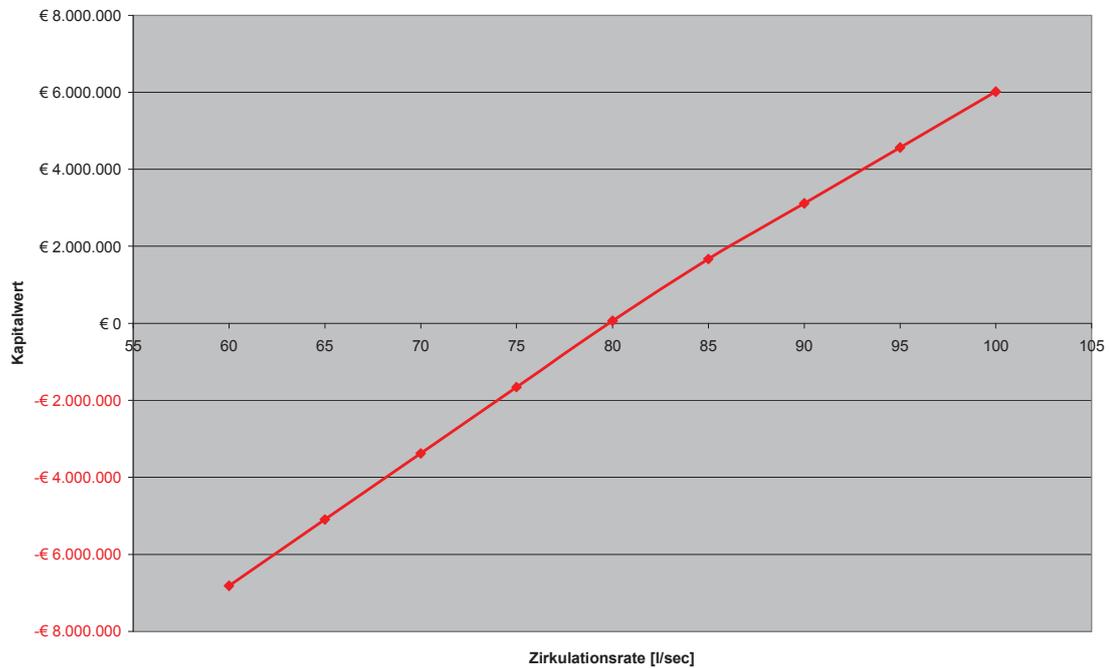


Abbildung 48: Auswirkung der Zirkulationsrate auf den Kapitalwert der Anlage

Auch die Zirkulationsrate, die in Abbildung 45 graphisch veranschaulicht wird, schlägt sich stark im Ergebnis der Kapitalwertrechnung nieder. Jedoch kann diese leider nicht verhandelt werden, sondern ist Ergebnis technischer und geologischer Realität.

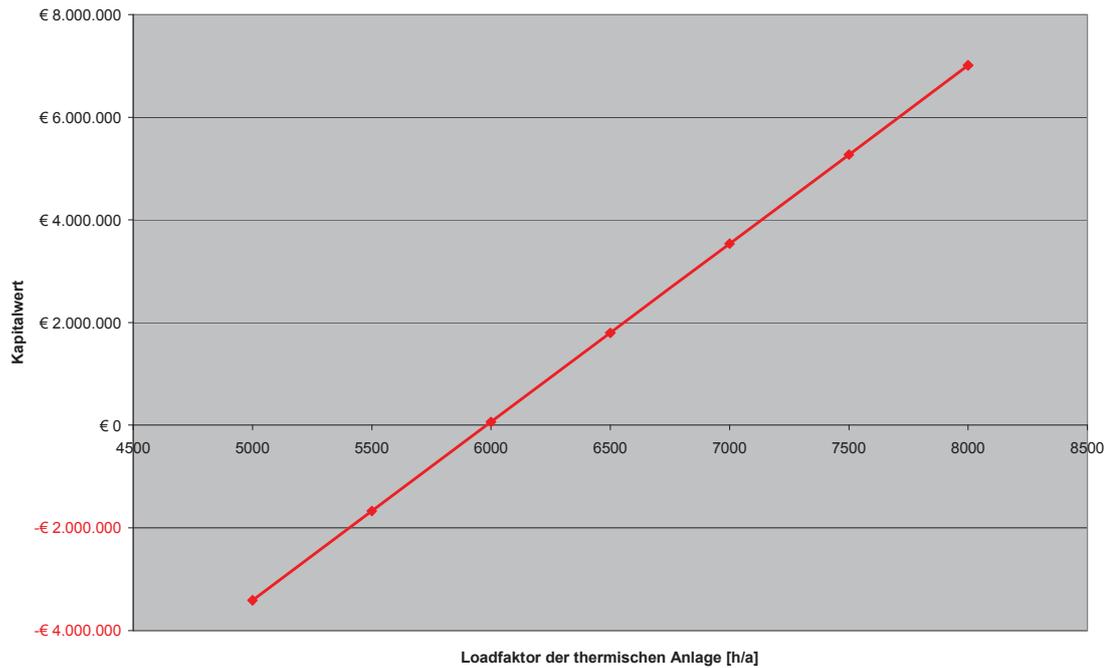


Abbildung 49: Auswirkung des Loadfaktors der thermischen Anlage auf den Kapitalwert der Anlage

In der Abbildung wird der Einfluss des Loadfaktors auf den Kapitalwert der Anlage veranschaulicht. Der Wert entspricht der Volllaststundenanzahl pro Jahr; d.h. wie viele Stunden im Jahr die Leistung der Anlage vollkommen ausgeschöpft wird. Dies kann durch Stand- oder Reparaturzeiten, als auch durch Verkaufsprobleme der Energie verschlechtert werden. Das bedeutet, dass dieser Wert einerseits von technischen Faktoren, als auch von Verhandlungsfaktoren abhängt. Somit besteht in gewisser Weise Einfluss auf diesen Erfolgsfaktor.

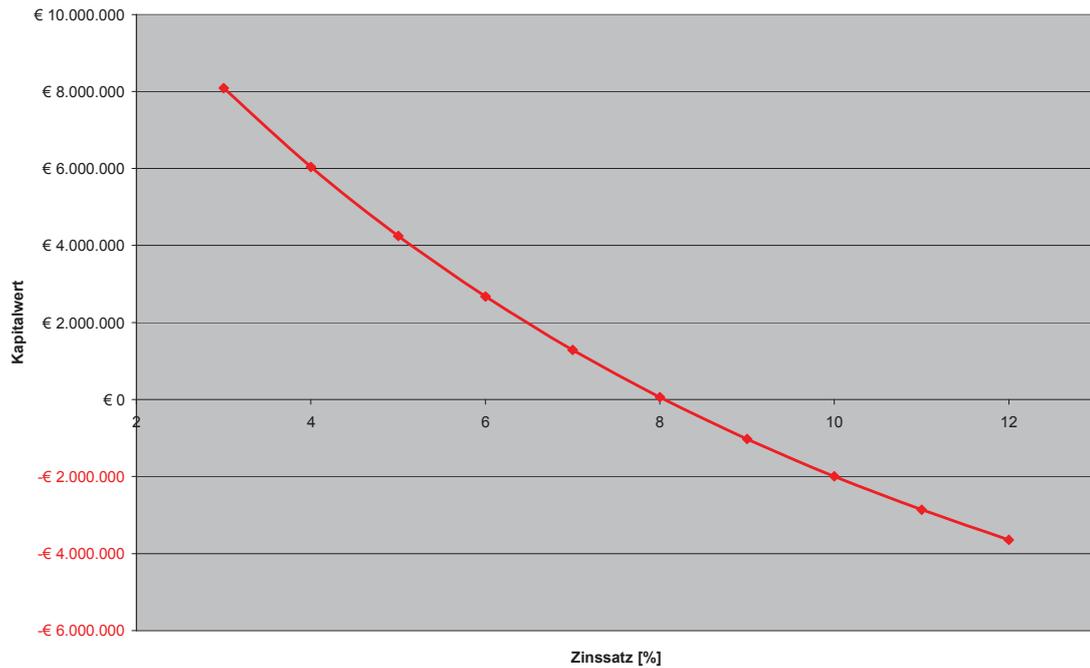


Abbildung 50: Auswirkung des Zinssatzes auf den Kapitalwert der Anlage

Die Abbildung zeigt den negativen Zusammenhang des Zinssatzes auf den Kapitalwert. Grundsätzlich ist die Höhe des Zinssatzes frei wählbar. Durch eine Veränderung des Zinssatzes wird aber weder mehr noch weniger verkauft oder verdient. Er dient lediglich dazu ein Projekt bewerten zu können. Daher ist es sinnvoll sich bei der Wahl des Zinssatzes an betriebsinterne Vorgaben und Konventionen zu halten.

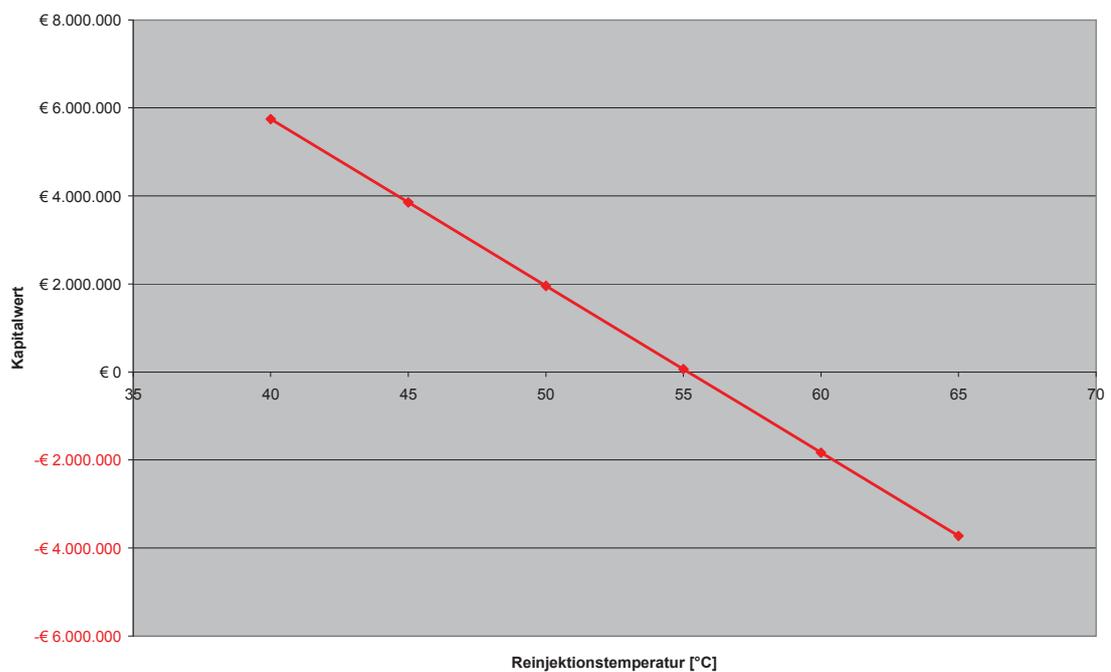


Abbildung 51: Auswirkung der Reinjektionstemperatur auf den Kapitalwert der Anlage

Die Abbildung zeigt, dass mit einer Zunahme der Reinjektionstemperatur der Kapitalwert der Anlage sinkt. Die Begründung dafür liegt darin, dass wenn das Heizwasser mit einer höheren Temperatur wieder verpresst wird, die Energieausbeute geringer ist. Die Rücklauftemperatur, welche die Basis dieser Überlegungen ist, ist nicht immer fix vorgegeben. Es hängt von den angeschlossenen Verbrauchern ab, ob auch Energie für den Niedrigtemperaturbereich gebraucht wird. Beispielsweise können Glashäuser oder Passivhäuser auch einen niedrigeren Temperaturbereich noch nützen. Daher liegt es in gewisser Weise auch an Verhandlungen auf eine entsprechend niedrige Rücklauftemperatur zu kommen, um die Anlageneffektivität und somit den Kapitalwert zu erhöhen.

Wie bereits angesprochen, basieren diese Aussagen auf den Zahlen und Informationen des Geothermieprojektes Aspern und haben daher in erster Linie nur für dieses Gültigkeit. Den Versuch auf Basis der ermittelten Ergebnisse allgemeinere Aussagen treffen zu können, unternimmt das nächste Kapitel.

8 Quantitative Bewertung von KPIs bei Geothermieprojekten

Grundsätzlich waren alle bisherigen Bewertungen der Sensitivitätsanalysen auf das Geothermieprojekt Aspern zugeschnitten. Schließlich baute das Modell zur Berechnung des Kapitalwerts der Anlage auf entsprechende Informationen und Daten dieser geplanten Anlage auf.

In diesem Kapitel wird versucht, aufbauend auf die entsprechenden Ergebnisse des Geothermieprojektes Aspern allgemeinere Aussagen bezüglich der kritischen Erfolgsfaktoren bei hydrothermalen Geothermieprojekten treffen zu können. Dazu wird mit dem erstellten Modell zur Wirtschaftlichkeitsrechnung der Asperner Anlage eine neuerliche probabilistische Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Für diesen Lauf werden die Eingabeparameter in entsprechender Art und Weise abgeändert, um eine Verallgemeinerung der Ergebnisse zu ermöglichen. Das Modell und seine Daten werden so zusagen auf eine breitere und allgemeinere Basis gestellt.

8.1 Parameter

Um kritische Erfolgsfaktoren ermitteln zu können, die auch für andere hydrothermale Geothermieprojekte Gültigkeit haben, müssen die Inputdaten der probabilistischen Sensitivitätsanalyse entsprechend angepasst und generalisiert werden.

Diese Modifizierung und Anpassung der entsprechenden Inputdaten wurde in Zusammenarbeit mit DI Dr. Bräuer, OMV AG, durchgeführt. Dabei wurde von den für das Geothermieprojekt Aspern festgelegten Verteilungen der Inputs für die deterministische Sensitivitätsanalyse ausgegangen. Folgende Inputdaten wurden entsprechend einer Verallgemeinerung abgeändert.

Tabelle 13: Veränderte Daten für eine verallgemeinerte probabilistische Sensitivitätsanalyse

Parameter	min. Wert	wahrsch. Wert	max. Wert
Zirkulationsrate	30 l/sec	80 l/sec	130 l/sec
Bohrtiefe Produktionsbohrung	1.000 Meter	3.500 Meter	6.000 Meter
Bohrtiefe Reinjektionsbohrung	1.000 Meter	3.500 Meter	6.000 Meter
Kostensteigerung seit 2005 bezüglich Bohrungskostentabelle	10 Prozent	30 Prozent	50 Prozent
Austrittstemperatur	50 °C	110 °C	180 °C
Pumpenleistung	500 kWel	750 kWel	1.000 kWel
Sonstige Investitionen	0 Euro	250.000 Euro	500.000 Euro

In der Tabelle sind die Input-Parameter angegeben, welche für die allgemeine Simulation verändert wurden. Ebenfalls sind die entsprechend definierten minimalen, maximalen und wahrscheinlichsten Werte abgebildet. Bei all diesen Parametern wird ebenfalls eine Dreiecksverteilung verwendet.

Alle weiteren Input-Parameter und Modelleinstellungen blieben unverändert, wie bei der probabilistischen Sensitivitätsanalyse für das Geothermieprojekt Aspern.

8.2 Simulation und Ergebnisse

Mit den eben beschriebenen Daten und dem Modell für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde eine probabilistischen Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dazu wurde, wie schon im vorherigen Kapitel, das Simulationsprogramm @Risk verwendet.

Für die Simulation mussten die veränderten Input-Parameter-Verteilungen in das bereits bekannte Modell eingegeben werden. Nach Definierung der Iterationszahl von 10.000 Iterationen und der Einstellung der Latin Hypercube Sampling Methode zur Zufallszahlenermittlung wurde die Simulation gestartet.

Für die Zwecke dieses Kapitels ist lediglich die Darstellung des Tornado-Diagramms von Bedeutung, um die kritischen Erfolgsfaktoren feststellen zu können. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts ist hierfür nicht von Interesse.

In nachfolgender Abbildung ist das Ergebnis der probabilistischen Sensitivitätsanalyse in Form des Tornado-Diagramms dargestellt.

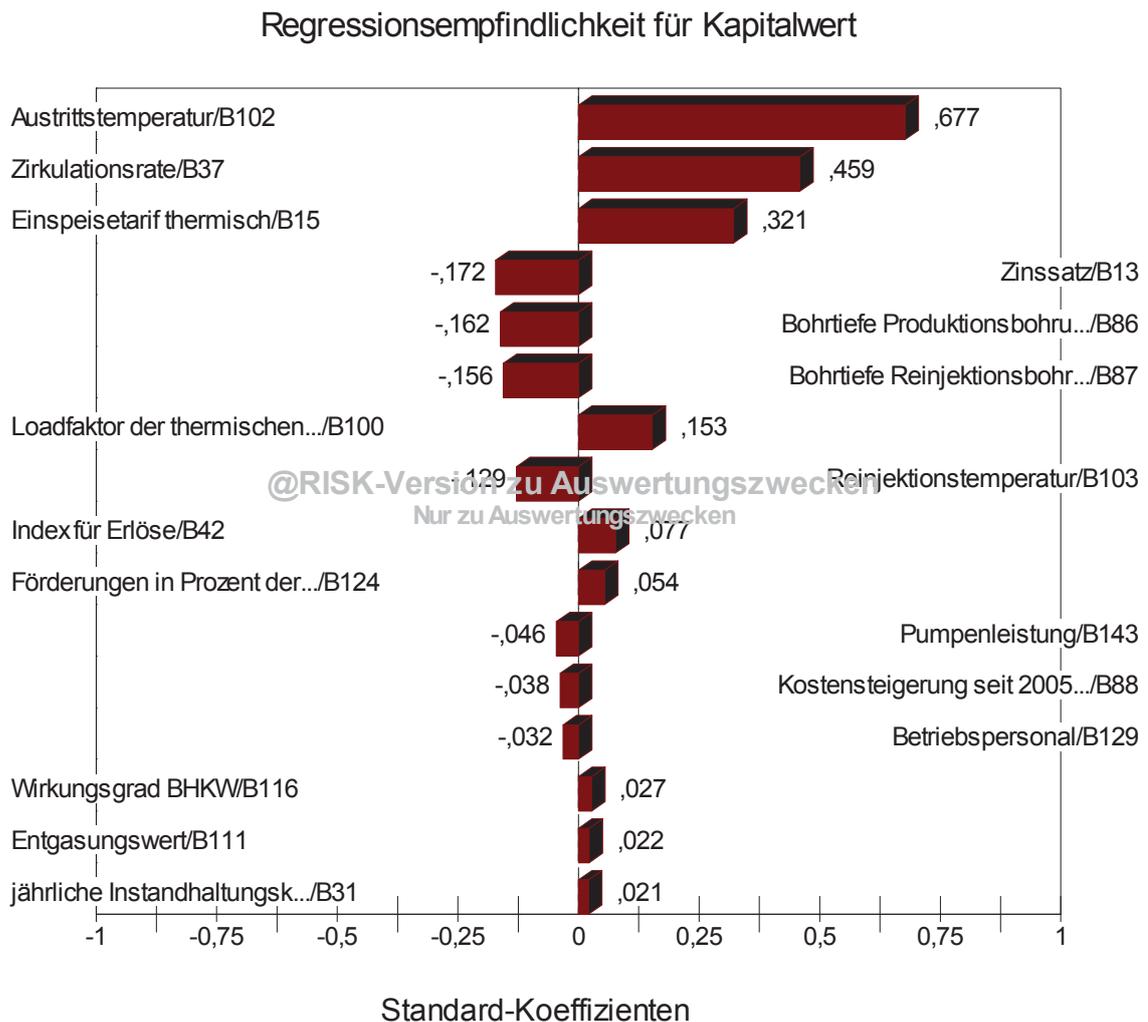


Abbildung 52: Tornado-Diagramm einer verallgemeinerten probabilistischen Sensitivitätsanalyse

Für diese Darstellung wurden wieder die entsprechenden Regressionskoeffizienten von @Risk berechnet. Als wichtigster Parameter stellt sich die Austrittstemperatur mit einem Koeffizienten von 0,677 heraus. Ein positiver Wert bedeutet einen positiven Zusammenhang zum Kapitalwert. Die nachfolgenden Parameter lauten Zirkulationsrate, Einspeisetarif thermisch, Zinssatz, Bohrtiefe Produktionsbohrung, Bohrtiefe Reinjektionsbohrung, Loadfaktor der thermischen Anlage, Reinjektionstemperatur, Index für Erlöse und Förderungen in Prozent der Investitionssumme. Da die Bohrtiefe der Produktions- und der Reinjektionsbohrung einander sehr ähnlich sind, werden beide Faktoren zum Parameter Bohrtiefe zusammengefasst.

Für die ermittelten Ergebnisse muss gesagt werden, dass diese nicht für sämtliche Geothermieprojekte gelten, sondern für jene, die dem Geothermieprojekt Aspern ähnlich sind. Das sind also all jene Projekte, die auf hydrothermale Vorkommen zurückgreifen und sich in einem Temperaturbereich von 50 bis 180 °C bewegen.

8.3 KPIs aufgrund quantitativer Bewertung

Die quantitative Bewertung von kritischen Erfolgsfaktoren bei geothermischen Projekten erfolgte mittels probabilistischer Sensitivitätsanalyse. Ausgehend von einem Modell zur Berechnung des Kapitalwerts des Geothermieprojekts Aspern, wurde eine verallgemeinerte Simulation durchgeführt.

Zusammenfassend konnten folgende Parameter als kritische Erfolgsfaktoren für die Umsetzung eines hydrothermalen Erdwärmeprojekts ermittelt werden:

1. Austrittstemperatur – positiver Zusammenhang
2. Zirkulationsrate – positiver Zusammenhang
3. Einspeisetarif thermisch – positiver Zusammenhang
4. Zinssatz – negativer Zusammenhang
5. Bohrtiefe – negativer Zusammenhang
6. Loadfaktor der thermischen Anlage – positiver Zusammenhang
7. Reinjektionstemperatur – negativer Zusammenhang

Dazu muss festgehalten werden, dass die kritischen Erfolgsfaktoren Austrittstemperatur, Zirkulationsrate und Einspeisetarif thermisch mit Abstand den größten Einfluss auf den Erfolg des Projekts haben.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Diplomarbeit war es, die kritischen Erfolgsfaktoren bei der Gewinnung von geothermischer Energie aus Tiefenwässern herauszuarbeiten. Dabei wurde in einem ersten Schritt ein Fragebogen erstellt, welcher an Betreiber von Geothermieprojekten versendet wurde. Vor allem den praktischen Erfahrungen galt das Interesse. Auf Grund der relativ geringen Rücklaufquote blieb das Ergebnis dieser qualitativen Bewertung aber überschaubar.

In einem zweiten Schritt wurde ein geplantes Geothermieprojekt in Wien, Aspern untersucht. Dabei wurde ein Excel-Modell zur Errechnung des Kapitalwerts der Anlage erstellt. Dieses Modell zeigte, dass auf Basis der Ausgangswerte mit den höchsten Wahrscheinlichkeiten die Anlage einen Kapitalwert von etwas mehr als null aufweist. Für den rein theoretischen Fall, dass die Bohrungen bereits vorhanden wären, würde sich ein Kapitalwert von über zehn Millionen Euro ergeben. Daraus lässt sich die Bedeutung der Bohrkosten für das Projekt ableiten.

Darauf hin wurde jeder mit Unsicherheit behaftete Eingangs-Parameter einzeln bezüglich dessen Einfluss auf den Kapitalwert untersucht. Diese so genannte deterministische Sensitivitätsanalyse wies die Parameter Zirkulationsrate, Einspeisetarif thermisch, Loadfaktor der thermischen Anlage, Reinjektionstemperatur, Bohrtiefe und Zinssatz als die kritischen Erfolgsfaktoren für dieses Projekt aus.

Dieser Methode folgte eine probabilistische Sensitivitätsanalyse. Dabei wurde die Schwankungsbreite eines jeden Eingabeparameters definiert und in ein Simulationsprogramm eingegeben. Dieses errechnete dann eine Wahrscheinlichkeitsverteilung des Kapitalwerts der Anlage und eine Übersicht bezüglich des Einflusses der einzelnen Parameter auf den Kapitalwert. Dabei stellte sich heraus, dass genau die gleichen Parameter wie bei der deterministischen Sensitivitätsanalyse die kritischen Erfolgsfaktoren für dieses Projekt sind.

Folgende Parameter haben den größten Einfluss auf den Erfolg des Geothermieprojekts Aspern:

1. Einspeisetarif thermisch
2. Zirkulationsrate
3. Zinssatz der Kapitalwertrechnung
4. Loadfaktor der thermischen Anlage
5. Reinjektionstemperatur

Den mit Abstand größten Einfluss auf den Wert der Anlage hat der thermische Einspeisetarif. Für den Investor sind das gute Nachrichten. Im Gegensatz zu anderen kritischen Erfolgsfaktoren wie Zirkulationsrate, Loadfaktor der thermischen Anlage oder Reinjektionstemperatur, ist der Einspeisetarif einzig und allein das Ergebnis von Verhandlungen. Daher ist es sinnvoll, die Frage nach der Höhe des Einspeisetarifs so früh wie möglich mit dem zukünftigen Energiekunden abzuklären.

Wie bereits angedeutet hat der Investor nur teilweise Einfluss auf den letztendlichen Wert des Loadfaktors der thermischen Anlage oder die Reinjektionstemperatur. Durch eine ganzjährige Abnahmegarantie der vollen Leistung kann der Loadfaktor verbessert werden.

Eine hohe Reinjektionstemperatur dämpft die Leistung der Anlage. Je niedriger die Rücklauftemperaturen, umso höher die Leistung der Anlage. Doch lässt sich die Rücklauftemperatur nicht beliebig senken, sondern unterliegt gewissen technischen Grenzen. Keinen Einfluss kann der Investor auf die Zirkulationsrate nehmen, welche technischen und geologischen Bedingungen unterliegt. Der Zinssatz der Kapitalwertrechnung ist nicht von Interesse, da er gemeinsam mit dem Kapitalwert der Beurteilung des Projektes dient.

Im letzten Kapitel dieser Arbeit wurde, auf Basis des Berechnungsmodells von Aspern, versucht, allgemeine kritische Erfolgsfaktoren für hydrothermale Erdwärmeprojekte aufzustellen. Die dazu durchgeführte probabilistische Sensitivitätsanalyse führte zu folgenden kritischen Erfolgsfaktoren:

1. Austrittstemperatur
2. Zirkulationsrate
3. Einspeisetarif thermisch
4. Zinssatz der Kapitalwertrechnung
5. Bohrtiefe
6. Loadfaktor der thermischen Anlage
7. Reinjektionstemperatur

Zur Aufzählung der kritischen Erfolgsfaktoren beim Geothermieprojekt Aspern kamen nun die Parameter Austrittstemperatur und Bohrtiefe hinzu. Beim Asperner Projekt sind diese Faktoren nahezu vollständig abgeklärt, weshalb deren Sensitivität auf den Kapitalwert nicht untersucht wurde und sie daher nicht in der Liste der kritischen Erfolgsfaktoren aufscheinen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der starke Einfluss des Einspeisetarifs auf den Erfolg eines geothermischen Projekts sehr positiv ist. Durch entsprechende Verhandlungen kann sehr viel punkto Wirtschaftlichkeit herausgeholt werden.

Literaturverzeichnis

Athen, H.; Bruhn, J. (1974): Rechnen und Mathematik. München: Verlagsgruppe Bertelsmann.

Baier, P. (1993): Investitionen an bewährten Verfahren prüfen – Methoden und Beispiele zur Auswahl und Bewertung der Vorteilhaftigkeit von Investitionsentscheidungen. Wien: WEKA-Verlag.

Bächtold, R. (1975): Investitionsrechnung – Grundlagen und Tabellen. Bern: Paul Haupt Verlag.

Blohm, H.; Lüder, K. (1995): Investition – Schwachstellen im Investitionsbereich des Industriebetriebs und Wege zu ihrer Beseitigung. München: Vahlen Verlag.

Braunschweig, C. (1998): Investitionsrechnung – Einführung mit einer Darstellung der Unternehmensbewertung. München: Oldenbourg Verlag.

Bußmann, W. et al. (1991): Geothermie – Wärme aus der Erde: Technologie – Konzepte – Projekte. Karlsruhe: C.F. Müller-Verlag.

Campbell, J. et al. (2007): Analyzing and Managing – Risky Investments. South Berry, Oklahoma, USA.

Däumler, K. (1996): Investitionsrechnung – Leitfaden für Praktiker. Berlin: Verlag Neue Wirtschafts-Briefe.

Däumler, K. (2000): Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. Berlin: Verlag Neue Wirtschafts-Briefe.

Frey, H.; Nießen, G. (2001): Monte Carlo Simulation – Quantitative Risikoanalyse für die Versicherungsindustrie. München: Gerling Akademie Verlag.

Geowatt AG (2006): Geothermische Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern – Kat. C – Geothermische Simulation. Machbarkeitsstudie, Geowatt AG, Zürich.

Gleißner, W. (2004): Auf nach Monte Carlo – Simulationsverfahren zur Risiko-Aggregation. In: Risknews, 2004, Nr. 1, S. 31-37.

Götze, U.; Bloech, J. (2004): Investitionsrechnung – Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. Berlin: Springer-Verlag.

Grob, H. (2001): Einführung in die Investitionsrechnung – Eine Fallstudiengeschichte. München: Verlag Franz Vahlen.

Heinhold, M. (1989): Investitionsrechnung – Studienbuch. München: Oldenbourg Verlag.

Hofmann, T. (2006): Geothermische Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern – Kat. B – Chemie. Machbarkeitsstudie, Universität Wien.

Hopfenbeck, W. (1997): Allgemeine Betriebswirtschafts- und Managementlehre: das Unternehmen im Spannungsfeld zwischen ökonomischen, sozialen und ökologischen Interessen. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie.

Kaltschmitt, M.; Wiese, A. (1995): Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Berlin: Springer-Verlag.

Kaltschmitt, M. et al. (1999): Energie aus Erdwärme – Geologie, Technik und Energiewirtschaft. Stuttgart: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Kruschwitz, L. (2005): Investitionsrechnung. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Müller, G. et al. (1993): Anlagen zur Gewinnung von Erdwärme (AGE) – Regeln des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes. Wien: Selbstverlag des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes.

Newendorp, P.; Schuyler, J. (2000): Decision Analysis for Petroleum Exploration. Aurora, CO, USA.

Palisade Corporation (2002): @RISK – Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft® Excel. Newfield, NY, USA.

Press, F.; Siever, R. (1995): Allgemeine Geologie – Eine Einführung. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Schädle, K. (2006): Geothermische Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern – Kat. E – Materialwahl. Machbarkeitsstudie, Gruneko AG, Basel.

Schäfer, H. (2004): Monte – Carlo – Simulationen zur systematischen Bewertung der Risiken einer strukturierten Beschaffung. In: e m w, 2004, Nr. 4, S. 56-60.

Schmid, C.; Gollob, K. (2006): Geothermische Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern – Kat. D – Bohrtechnik. Machbarkeitsstudie, ARGE ZT DI Dr. Ch. Schmid & Technisches Büro Karl Gollob KEG.

Schneider, J. (2006): Geothermische Heiz- und Warmwasseranlage in Wien, Aspern – Kat. A – Geologie, Geophysik und Geohydrologie. Machbarkeitsstudie, Universität für Bodenkultur Wien.

Schulz, R. et al. (1992): Geothermische Energie – Forschung und Anwendung in Deutschland. Karlsruhe: C.F. Müller-Verlag.

Staber, S. (2007): System Dynamik und Simulation – Einführung in die Monte Carlo Simulation. Skriptum, Montanuniversität Leoben.

Starck, P. (1989): Untersuchungen über die Möglichkeiten der Nutzung geothermischer Energie in Vorarlberg. Studie, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung.

Stracke, M. et al. (2003): Studie zur Nutzung der Erdwärme aus ehemaligen Fördersonden zur Rohöl- und Erdgasgewinnung. Studie, OMV Proterra.

ANHANG 1

Fragebogen deutsch

FRAGEBOGEN

In Zusammenarbeit mit dem Department Wirtschafts- und Betriebswissenschaften der Montanuniversität Leoben verfasste ich eine Diplomarbeit zum Thema "Kritische Erfolgsfaktoren für den Bezug geothermer Energie aus Tiefenwässern". Ziel dieser Arbeit ist es, die bei der Verwirklichung eines Geothermieprojektes entscheidenden Parameter bezüglich Wirtschaftlichkeit herauszufiltern. Mit Ihrer Teilnahme tragen Sie wesentlich zur Qualität dieser Arbeit bei! Danke!

Paul Frühling im Februar 2007

Allgemeine Informationen	
Projektname:	
Ort / Land:	
Wie klassifizieren Sie das Speichersystem Ihres Projekts?	
<input type="checkbox"/>	Flaches geothermisches System (Temperaturbereich bis 25°C, max. bis 400 m)
<input type="checkbox"/>	Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C)
<input type="checkbox"/>	Hydrothermales System mit hoher Enthalpie (Aquifer > 150°C)
<input type="checkbox"/>	Hot-Dry-Rock-System
<input type="checkbox"/>	Tiefe Erdwärmesonde
<input type="checkbox"/>	
Wie klassifizieren Sie die Nutzungsart Ihres Projekts?	
<input type="checkbox"/>	Elektrizitätsgewinnung
<input type="checkbox"/>	Direkte Nutzung zu Heizzwecken
<input type="checkbox"/>	Nutzung mit Hilfe von Wärmepumpen
<input type="checkbox"/>	Energiespeicherung
<input type="checkbox"/>	Balneologische Nutzung
<input type="checkbox"/>	
Leistung der Anlage:	
Name des Ausfüllers:	
Aufgabe beim Projekt:	
Datum:	

Erhebungsteil - wirtschaftliche Parameter

Bitte beurteilen Sie folgende Parameter im Bezug auf Wirtschaftlichkeit des Projekts anhand der vorliegenden Skala mit Werten von 1 bis 5, wobei 1 sehr wichtig, 5 überhaupt nicht wichtig und k.A. keine Angabe darstellt.

Parameter	Beurteilung
Investitionsausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bewilligungsausgaben (Behörden)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Grundstückskosten	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bohrausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ausgaben für Sondenkomplettierung	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Obertägige Anlagen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
laufende Ausgaben - Betriebskosten	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Personalausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Versicherungsausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Verwaltungsausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Instandhaltungsausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ausgaben für Fremdleistungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Steuern / Gebühren / Beiträge	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Abschreibungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Fremdkapitalzinsen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Werbeausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
spezifischer Investitionsaufwand je kWh	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
spezifische Produktionskosten je kWh	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Kosten/kWh _{el}	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Kosten/kWh _{th}	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Einspeisetarife Strom	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Einspeisetarife Wärme	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
künftige Preisentwicklungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
verkaufbare Wärmeleistung der Anlage	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Nutzungsdauer	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Preis von Konkurrenzenergien	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Kapitalwert des gesamten Projekts	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Amortisationszeit	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Rentabilität	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Art der Finanzierung	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Kalkulatorischer Zinssatz	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Inflationsrate	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
künftige Zinsentwicklungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ausgaben für die Verteilung der Wärme zum Verbraucher	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
wirtschaftliche Verwertung des mitproduzierten Gases	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Know-how der Mitarbeiter	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Schulungsausgaben	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Mitarbeiterfluktuation	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Auswirkung von Lernkurven	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Welche Parameter sind Ihrer Meinung nach weiters von Bedeutung?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Erhebungsteil - politische Parameter	
Bitte beurteilen Sie folgende Parameter im Bezug auf Wirtschaftlichkeit des Projekts anhand der vorliegenden Skala mit Werten von 1 bis 5, wobei 1 sehr wichtig, 5 überhaupt nicht wichtig und k.A. keine Angabe darstellt.	
Parameter	Beurteilung
Politische Unterstützung	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Gemeinde	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Land	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bund	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Förderungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Investitionsbeihilfen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
dauerhafte Förderungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
garantierte Einspeisetarife	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bedarf an Heizwärme aus Geothermie	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
ökologische Effekte	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Welche Parameter sind Ihrer Meinung nach weiters von Bedeutung?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Erhebungsteil - geologische Parameter	
Bitte beurteilen Sie folgende Parameter im Bezug auf Wirtschaftlichkeit des Projekts anhand der vorliegenden Skala mit Werten von 1 bis 5, wobei 1 sehr wichtig, 5 überhaupt nicht wichtig und k.A. keine Angabe darstellt.	

Parameter	Beurteilung
Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geologische Parameter	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Stratigraphie	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Lithologie	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Faziesausbildung	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Genese	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geophysikalische Parameter	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperatur des Gesteins	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperaturgradient	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Nutzporosität	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Gesteinspermeabilität	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Transmissivität	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ergiebigkeit	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Druck	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geometrische Parameter	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Mächtigkeit	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Tiefe	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Wärmeleitfähigkeit der Gesteine	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Hydrogeologische Neubildungsrate	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Wärmeinhalt - Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
geothermale Anomalien	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
mögliche Fördermenge	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Produktivität (Abgabefähigkeit)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Injektivität (Aufnahmefähigkeit)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
möglicher Nutzungszeitraum (Lebensdauer)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Nutzungskonflikte mit anderen Projekten	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Salinität	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Chemismus / Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bakterien	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Welche Parameter sind Ihrer Meinung nach weiters von Bedeutung?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Erhebungsteil - technische Parameter	
Bitte beurteilen Sie folgende Parameter im Bezug auf Wirtschaftlichkeit des Projekts anhand der vorliegenden Skala mit Werten von 1 bis 5, wobei 1 sehr wichtig, 5 überhaupt nicht wichtig und k.A. keine Angabe darstellt.	
Parameter	Beurteilung
Bohrung / Sonde	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Referenzbohrungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bohrprotokolle für weitere Infos	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Eigenschaften bestehender Sonden	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Aufschlußkonzeption des Geothermiefeldes	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Grundstückszugang	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bohrplatzeinrichtung	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bohrlochlänge	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bohrteufe	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bohrlochkonstruktion	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Sondenlänge	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Sondendurchmesser	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Komplettierung der Sonden	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Wassertemperatur an Bohrlochkopf	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Wasserdruck an Bohrlochkopf	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Statischer Druck	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Dynamischer Druck	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
erforderlichen Heiznetztemperaturen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise - Anlagennutzungsgrad	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bedarf im Jahresgang	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
jährlicher Wärmebedarf	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebsdauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Möglichkeit erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Wärmeleistung der Anlage	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Primärenergienutzungsgrad	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserverbrauchern bzw. Wasserverteilungsnetz	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Abstand zw. Förder- und Verpreßfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Verkehrslage / Erreichbarkeit	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ausfälle / Lieferprobleme	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Anzahl der jährlichen Ausfälle / Lieferprobleme	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Nutzenvergleich Verkauf von Wasser <-> Reinjektion	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
notwendiger Reinjektionsdruck	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Notwendigkeit von Tiefpumpen	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Produktivität je Bohrungsdoulette	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Welche Parameter sind Ihrer Meinung nach weiters von Bedeutung?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Anmerkungen	
Welche Ihrer Meinung nach relevanten Parameter wurden noch nicht genannt?:	

Persönliche Einschätzung	
Bitte beurteilen Sie folgende Themenbereiche im Bezug auf Ihre persönliche Kompetenz anhand der vorliegenden Skala mit Werten von 1 bis 5, wobei 1 sehr kompetent, 5 überhaupt nicht kompetent und k.A. keine Angabe darstellt.	
Parameter	Beurteilung
Wirtschaftliche Kompetenz	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Politische Kompetenz	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geologische Kompetenz	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Technische Kompetenz	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

ANHANG 2

Fragebogen englisch

QUESTIONNAIRE

With the Department of Economics and Business Management at the University of Leoben / Austria I am writing my master thesis concerning "Key Success Factors of a geothermal project". My thesis should bring out, which parameters are relevant for the economical success of a geothermal project. With your participation you help me to improve the quality of this theses. Thank you!

Paul Frühling, March 2007

General Information

Name of the project: _____

Place / country: _____

How do you classify the storage of your project?

- Flat geothermal system (temperature range to 25°C, max. to 400 m)
- Hydrothermal system with low enthalpy (Aquifer < 150°C)
- Hydrothermal system with high enthalpy (Aquifer > 150°C)
- Hot-Dry-Rock-System
- Deep geothermal well
- _____

How do you classify the type of use of your project?

- Electricity production
- Direct use for heating purposes
- Use by heat pumps
- Energy storage
- Balneologic use
- _____

Power of the plant: _____

Your name: _____

Position: _____

Date: _____

Collection Part - Economic Parameters

Please judge the following parameters in reference to the economy of the project on the basis of the available scale with values from 1 to 5, whereby 1 represents very importantly, 5 not at all importantly and k.A. no indication.

Parameter	Evaluation
Capital expenditures	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for planning / project engineering / expert's assessments	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for permission (authorities)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Property costs	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for exploration (including exploration risk)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Drilling expenditures	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for well completion	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Surface plants	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for distribution network to the customer	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures of the procurement of capital	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Current expenditures - operating cost	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Personnel expenses	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for insurance	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Administrative costs	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for maintenance	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Reserves for renewal of the pipe work system	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for foreign achievements	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for auxiliary energy (fuel costs, cost of electricity etc.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Taxes / fees / contributions	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Writings-off	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Interests	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for advertising	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Specific expenditure on capital assets per kWh	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Specific production costs per kWh	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Costs/kWh _{el}	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Costs/kWh _{th}	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Tariffs electricity	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Tariffs heat	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Future price history	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Saleable thermal output of the plant	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Service life	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Price of competition energies	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Present value of the entire project	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Amortization period	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Profitability	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Kind of the financing	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Calculatory interest rate	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Inflation rate	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Future interest developments	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Expenditures for the distribution of the warmth to the consumer	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Economic utilization of the along-produced gas	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Know-how of the employees	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Training course expenditures	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Employee fluctuation	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Effect of learning curves	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Which parameters are according to your opinion further of importance?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Collection Part - Political Parameters	
Please judge the following parameters in reference to the economy of the project on the basis of the available scale with values from 1 to 5, whereby 1 represents very importantly, 5 not at all importantly and k.A. no indication.	
Parameter	Evaluation
Political support	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Village	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Country	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
State	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Promotions	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Investment help	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Durable promotions	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Guaranteed tariffs	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Need of heating warmth from geothermal projects	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Ecological effects	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Which parameters are according to your opinion further of importance?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Collection Part - Geological Parameters	
Please judge the following parameters in reference to the economy of the project on the basis of the available scale with values from 1 to 5, whereby 1 represents very importantly, 5 not at all importantly and k.A. no indication.	

Parameter	Evaluation
Suitability of the sedimentary rock layer (utilizable horizon)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geological parameters	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Stratigraphic sequence	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Lithology	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Facies section	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Genesis	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geophysical parameters	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperature of the rock	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperature gradient	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Utilizable porosity	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Rock permeability	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Transmissivity	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Productivity	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Pressure	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geometrical parameters	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Extents	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Depth	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Volume of the utilizable horizon (utilizable reservoir)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Heat conductivity of the rocks	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Heat transport by liquid circulation	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Hydraulic-geological developing rate	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Heat capacity - from utilizable horizon profitable	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geothermal anomalies	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperature of the water (middle reservoir temperature)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Possible production rate	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Productivity (delivery ability)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Injektivity (swallow ability)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Possible period of use (life span)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Use conflicts with other projects	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Suitability of the thermal water for the technological process-cycles	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Salinity	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Chemistry / mineralization (regarding corrosion, precipitations, incrustations)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Gas content (regarding corrosion, precipitations, incrustations)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Bacteria	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Possibility of the material-economical use (production of trace elements) from geothermal water	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Possibility of the use of thermal water as drinking or industrial water	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Which parameters are according to your opinion further of importance?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Collection Part - Technical Parameters

Please judge the following parameters in reference to the economy of the project on the basis of the available scale with values from 1 to 5, whereby 1 represents very importantly, 5 not at all importantly and k.A. no indication.

Parameter	Evaluation
Drilling / well	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Reference wells	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Drilling minutes for further information	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Characteristics of existing wells	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Explanation conception of the geothermal field	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Property entrance	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Drilling rig	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Borehole length	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Depth of the borehole	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Construction of the borehole	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Length of the well	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Diameter of the well	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Completion of the well	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Sinking and rising of the water level in the well	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Water temperature at the wellhead	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Water pressure at the wellhead	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Static pressure	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Dynamic pressure	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Infrastructural-warms-technical factors	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Necessary heating net temperatures	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Size of the heating net for the achievement of the basic load driving fashion - efficiency of the plant utilization	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Need over the year	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Annual heat requirement	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Full use hour number (theoretically necessary actual working time with max. achievement, in order to produce yearly warmth)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Possibility to sell produced warmth all year round	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Coupling with central and basic load consumers	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Integration of low-temperature heating systems	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Thermal output of the plant	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Primary energy efficiency	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Technically usable productivity of the wells	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Distance between wells and warming and water consumers and / or water distribution net	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Distance between production and injection field (water break-through vs. electrical power requirement)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Traffic conditions / accessibility	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Standing times / delivery problems	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Number of annual standing times / delivery problems	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Average repair time with standing times	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Temperature difference between advance and return	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Use comparison sales of water <-> reinjection	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Necessary injection pressure	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Necessity for pumps	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Productivity ever drilling pair	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Which parameters are according to your opinion further of importance?:	
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Additional Information	
Which parameters are according to your opinion further of importance?:	

Personal Estimation	
Please judge the following topics in reference to your personal authority on the basis of the available scale with values from 1 to 5, whereby 1 represents very competently, 5 not at all competently and k.A. no indication.	
Parameter	Evaluation
Economical competence	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Political competence	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Geological competence	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.
Technical competence	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> k.A.

Thank you for your cooperation!

ANHANG 3
eingegangene Fragebögen

FRAGEBOGEN - AUSWERTUNG

Eingegangene Fragebögen

Geothermiekraftwerk Neustadt-Glewe

Neustadt-Glewe, Mecklenburg Vorpommern, Deutschland; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Elektrizitätsgewinnung, Direkte Nutzung zu Heizzwecken, KWK-Anlage Strom- und Wärmeerzeugung; Leistung: 210 kW_{el}; DI Thomas Funke / Techn. Geschäftsführer Erdwärme Kraft GbR; Kompetenz: w:2, p:2, g:4, t:1; 01.03.2007;

Geothermieanlage Altheim

Altheim, Oberösterreich; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Elektrizitätsgewinnung, Direkte Nutzung zu Heizzwecken; Leistung: 11 MW_{th}, 1 MW_{el}; Gerhard Pernecker / Projektkoordinator; 01.03.2007;

Geothermieprojekt Wörth

Wörth am Rhein, Rheinland-Pfalz, Deutschland; Speichersystem: Hydrothermales System mit hoher Enthalpie (Aquifer > 150°C); Nutzungsart: Elektrizitätsgewinnung; Leistung: 5,2 MW_{el}; Christian Scholz / Projektleiter; Kompetenz: w:2, p:4, g:3, t:2; 02.03.2007;

Geothermie und Fernwärme Fürstenfeld GmbH

Fürstenfeld, Steiermark; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Direkte Nutzung zu Heizzwecken; Leistung: 1 MW; Dr. Bernhard Edelsbrunner / Geschäftsführer; Kompetenz: w:1, p:3, g:4, t:4; 04.03.2007;

Obernberger Geo-Fernwärme GmbH

Obernberg am Inn, Oberösterreich; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Direkte Nutzung zu Heizzwecken, Balneologische Nutzung (vorgesehen); Leistung: 6 MW; Kurt Atzgerstorfer / Geschäftsführer; Kompetenz: w:2, p:6, g:4, t:1; 05.03.2007;

Geothermie St.Martin im Innkreis

St.Martin im Innkreis, Oberösterreich; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Direkte Nutzung zu Heizzwecken; Leistung: 8,5 MW; DI Karl Weidlinger / Geschäftsführer und Projektkoordinator; Kompetenz: w:1, p:3, g:5, t:1; 06.03.2007;

Fernwärme Haag am Hausruck

Haag am Hausruck, Oberösterreich; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Direkte Nutzung zu Heizzwecken, Balneologische Nutzung; Leistung: 5 MW; DI Alexander Lutz / Planer und Geschäftsführer; Kompetenz: w:2, p:2, g:4, t:2; 10.03.2007;

Geothermie Waren

Waren (Müritz), Deutschland; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C), Tiefe Erdwärmesonde; Nutzungsart: Direkte Nutzung zu Heizzwecken, Nutzung mit Hilfe von Wärmepumpen; Leistung: ca. 1 MW; Hr. Reimer; Kompetenz: w:1, p:3, g:2, t:1; 20.03.2007;

Los Humeros II

Los Humeros Geothermal Field, Mexiko; Speichersystem: Hydrothermales System mit hoher Enthalpie (Aquifer > 150°C); Nutzungsart: Elektrizitätsgewinnung; Leistung: 25 MW; Luis C.A. Gutiérrez-Negrín / Technischer Assistent; Kompetenz: w:3, p:2, g:1, t:1; 26.03.2007;

Tiefes Explorationsprogramm - Italien

Italien; Speichersystem: Tiefe Erdwärmesonde; Nutzungsart: Elektrizitätsgewinnung; Paolo Romagnoli / Head Mining Engineer, Enel Renewable Energy Business Area; Kompetenz: w:2, p:3, g:2, t:1; 16.04.2007;

Wärmeverbund Riehen

Riehen, Schweiz; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Direkte Nutzung zu Heizzwecken, Nutzung mit Hilfe von Wärmepumpen; Leistung: 3 MW; Karl-Heinz Schädle / Generalplaner und techn. Betriebsführung; Kompetenz: w:2, p:3, g:2, t:2; 19.04.2007;

Geowärmeprojekt Erding

Erding, Bayern, Deutschland; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150 °C); Nutzungsart: Direkte Nutzung zu Heizzwecken, Nutzung mit Hilfe von Wärmepumpen, Balneologische Nutzung; Leistung: 4 bis 5 MW; Alois Gabauer / Geschäftsleiter; Kompetenz: w:2, p:2, g:4, t:4; 23.04.2007;

Aquifer-Wärmespeicher Neubrandenburg

Neubrandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Energiespeicherung; Leistung: ca. 4 MW; Dr. Frank Kabus / Planung, Baubetreuung, Consulting; Kompetenz: w:4, p:3, g:5, t:5; 06.05.2007;

Geothermieprojekt Straubing

Straubing, Deutschland; Speichersystem: Hydrothermales System mit niedriger Enthalpie (Aquifer < 150°C); Nutzungsart: Nutzung mit Hilfe von Wärmepumpen; Leistung: ca. 4 MW; DI Rolf Eibl; Kompetenz: w:2, p:6, g:4, t:2; 08.05.2007;

ANHANG 4

Auswertungsvariante 1 – alle Fragebögen

FRAGEBOGEN - AUSWERTUNG 1

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Investitionsausgaben	1,8	1,09	9
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	3,1	1,19	13
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,2	1,14	13
Grundstückskosten	3,6	1,02	14
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	2,2	1,37	14
Bohrausgaben	1,6	1,15	14
Ausgaben für Sondenkomplettierung	2,6	1,16	14
Obertägige Anlagen	2,1	1,23	14
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	2,0	1,11	14
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	2,9	1,38	14
laufende Ausgaben - Betriebskosten	2,5	0,76	8
Personalausgaben	3,1	1,41	14
Versicherungsausgaben	3,6	1,08	14
Verwaltungsausgaben	3,9	1,00	14
Instandhaltungsausgaben	2,4	0,76	14
Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung	2,7	0,83	14
Ausgaben für Fremdleistungen	2,9	1,04	13
Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)	2,7	1,38	14
Steuern / Gebühren / Beiträge	3,9	0,95	14
Abschreibungen	3,2	1,53	14
Fremdkapitalzinsen	2,4	1,39	14
Werbeausgaben	4,5	1,05	13
spezifischer Investitionsaufwand je kWh	2,2	1,47	12
spezifische Produktionskosten je kWh	2,0	1,54	12
Kosten/kWh _{el}	1,9	0,99	10
Kosten/kWh _{th}	2,3	1,30	12
Einspeisetarife Strom	1,6	1,06	8
Einspeisetarife Wärme	1,7	0,71	9
künftige Preisentwicklungen	2,3	0,99	14
verkaufbare Wärmeleistung der Anlage	2,4	1,44	12
Nutzungsdauer	1,9	1,07	14
Preis von Konkurrenzenergien	2,3	0,95	13
Kapitalwert des gesamten Projekts	2,7	1,15	12

Amortisationszeit	2,5	1,09	14
Rentabilität	2,2	1,31	14
Art der Finanzierung	3,2	1,25	14
Kalkulatorischer Zinssatz	2,7	0,85	13
Inflationsrate	3,4	1,01	14
künftige Zinsentwicklungen	3,1	1,07	14
Ausgaben für die Verteilung der Wärme zum Verbraucher	2,4	1,35	10
wirtschaftliche Verwertung des mitproduzierten Gases	5,0	0,00	5
Know-how der Mitarbeiter	1,8	0,83	13
Schulungsausgaben	3,6	1,12	13
Mitarbeiterfluktuation	3,2	0,90	13
Auswirkung von Lernkurven	3,2	0,87	11
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Stimulation und Ertüchtigung der Bohrungen	1,0	0,00	1
Verfügbarkeit der Stromerzeugungsanlage	1,0	0,00	1
dyn. Wasserspiegel (-> Pumpenleistung)	1,0	0,00	1
Anschlussleistung in kW je km Leitungstrasse	1,0	0,00	1
Anteil an Gewerbebetrieben mit Bedarf an Sommerenergie	1,0	0,00	1
Großabnehmer mit Spitzenabschaltmöglichkeit	1,0	0,00	1
Betriebsführung	1,0	0,00	1
Wartung	1,0	0,00	1
innovative Technik	1,0	0,00	1
Availability of tax exemptions for green energy	2,0	0,00	1

Auswertungsteil - politische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Politische Unterstützung	1,9	0,94	11
Gemeinde	1,8	1,03	12
Land	2,8	1,28	13
Bund	3,0	1,41	13
Förderungen	1,6	0,70	10
Investitionsbeihilfen	2,0	0,91	13
dauerhafte Förderungen	2,8	1,24	13
garantierte Einspeisetarife	2,1	0,76	13
Bedarf an Heizwärme aus Geothermie	2,2	1,34	13
ökologische Effekte	2,4	1,28	14

Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Abnahmeverpflichtung für den Strom	1,0	0,00	1
Importunabhängigkeit	2,0	0,00	1
Dauerhafte Verfügbarkeit	2,0	0,00	1
Anschlussverpflichtung / Motivation	1,0	0,00	1
Support (or at least non-opposition) of NGOs	2,0	0,00	1
Incorporation of local labor-force during construction	2,0	0,00	1

Auswertungsteil - geologische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont)	1,4	0,52	8
Geologische Parameter	1,6	0,79	7
Stratigraphie	2,6	1,14	5
Lithologie	2,2	1,30	5
Faziesausbildung	3,4	1,52	5
Genese	2,8	1,26	4
Geophysikalische Parameter	1,8	0,71	8
Temperatur des Gesteins	1,7	1,19	11
Temperaturgradient	2,2	1,23	10
Nutzporosität	1,8	1,27	12
Gesteinspermeabilität	1,1	0,33	9
Transmissivität	1,1	0,33	9
Ergiebigkeit	1,2	0,40	11
Druck	1,5	0,69	11
Geometrische Parameter	1,9	0,60	9
Mächtigkeit	1,9	0,83	11
Tiefe	1,6	0,67	11
Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)	1,5	0,69	11
Wärmeleitfähigkeit der Gesteine	2,6	0,84	10
Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation	1,8	0,79	10
Hydrogeologische Neubildungsrate	2,7	1,37	12
Wärmeinhalt - Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)	1,5	0,52	13
geothermale Anomalien	2,3	1,14	12
Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)	1,7	0,98	12
mögliche Fördermenge	1,6	0,79	12
Produktivität (Abgabefähigkeit)	1,7	0,95	13

Injektivität (Aufnahmefähigkeit)	1,8	1,34	13
möglicher Nutzungszeitraum (Lebensdauer)	1,9	0,90	12
Nutzungskonflikte mit anderen Projekten	3,1	1,31	12
Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe	2,3	0,71	8
Salinität	2,5	1,13	11
Chemismus / Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	2,2	1,08	11
Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	2,6	1,21	11
Bakterien	3,6	1,12	11
Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser	4,3	0,95	10
Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser	4,4	0,88	9
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Behördliche Kontrollmechanismen	2,0	0,00	1
Auswertungen / Aufzeichnungen	2,0	0,00	1
Presence of Quaternary volcanic rocks or activity	1,0	0,00	1
Active or important seismicity	1,0	0,00	1
Regional and local geological structures (faults & fractures)	1,0	0,00	1
Anomalies from magnetotelluric surveys	2,0	0,00	1

Auswertungsteil - technische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Bohrung / Sonde	1,9	1,07	7
Referenzbohrungen	2,3	1,42	10
Bohrprotokolle für weitere Infos	2,2	0,92	10
Eigenschaften bestehender Sonden	2,2	1,20	9
Aufschlußkonzeption des Geothermiefeldes	2,2	0,97	9
Grundstückszugang	2,1	0,70	11
Bohrplatzeinrichtung	2,4	1,03	11
Bohrlochlänge	2,4	1,29	11
Bohrteufe	2,3	1,19	11
Bohrlochkonstruktion	2,3	1,19	11
Sondenlänge	2,0	0,87	9
Sondendurchmesser	2,4	1,33	9

Komplettierung der Sonden	2,3	1,16	10
Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden	2,0	1,18	11
Wassertemperatur an Bohrlochkopf	1,7	1,25	10
Wasserdruck an Bohrlochkopf	1,8	0,92	10
Statischer Druck	2,2	1,32	10
Dynamischer Druck	2,0	1,15	10
infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren	1,9	0,69	7
erforderlichen Heiznetztemperaturen	1,9	1,04	13
Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise - Anlagennutzungsgrad	1,8	1,14	13
Bedarf im Jahresgang	2,1	1,04	13
jährlicher Wärmebedarf	1,9	0,67	12
Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebs- dauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen)	2,1	1,26	13
Möglichkeit erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln	2,0	0,91	13
Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern	2,0	1,41	13
Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen	2,8	1,30	13
Wärmeleistung der Anlage	1,9	0,95	13
Primärenergienutzungsgrad	2,0	0,82	13
technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen	1,8	1,17	13
Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserver- brauchern bzw. Wasserverteilungsnetz	2,4	1,24	12
Abstand zw. Förder- und Verpreßfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf)	2,5	1,13	13
Verkehrslage / Erreichbarkeit	3,2	1,01	13
Ausfälle / Lieferprobleme	2,5	1,20	8
Anzahl der jährlichen Ausfälle / Lieferprobleme	2,4	1,19	13
durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen	2,3	1,25	13
Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf	2,0	0,82	13
Nutzenvergleich Verkauf von Wasser <-> Reinjektion	3,4	1,57	11
notwendiger Reinjektionsdruck	2,4	1,26	13
Notwendigkeit von Tiefpumpen	1,6	0,79	12
Produktivität je Bohrungsdoulette	1,8	1,12	14
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Characteristic curves of the production wells	2,0	0,00	1
Capacity of acceptance of the injection wells	2,0	0,00	1

ANHANG 5

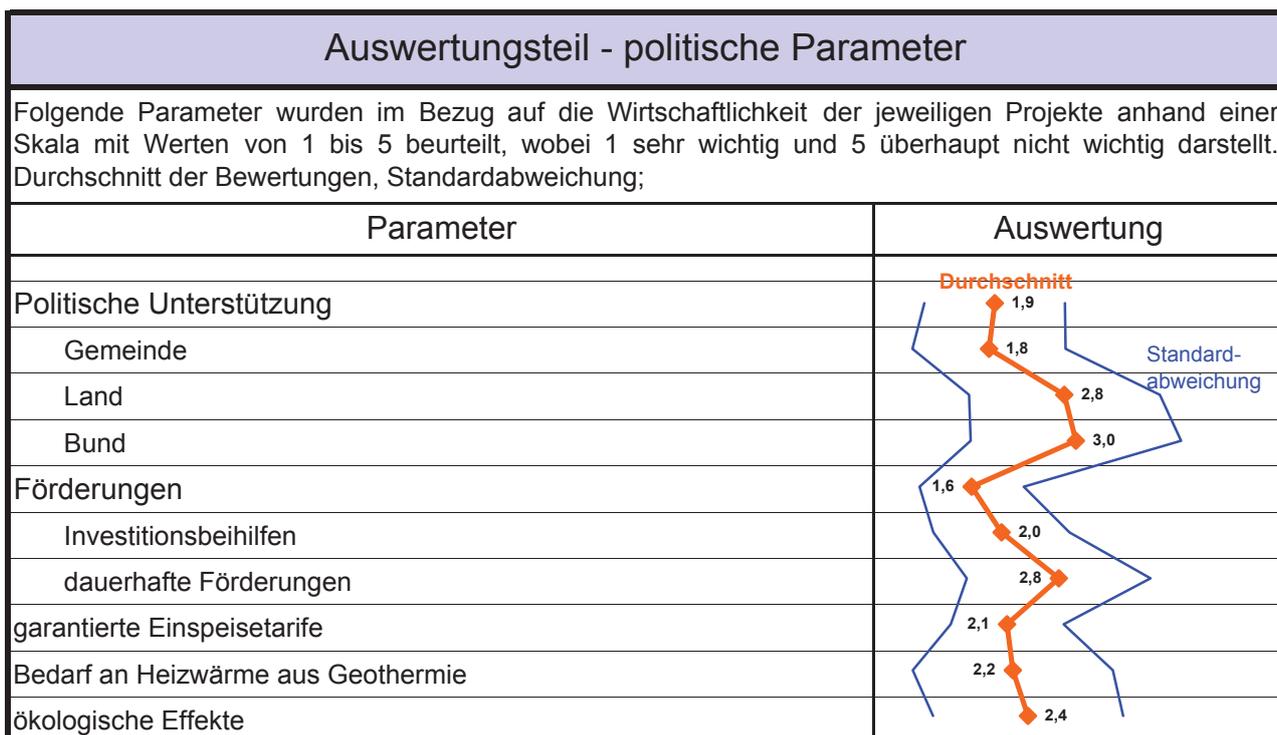
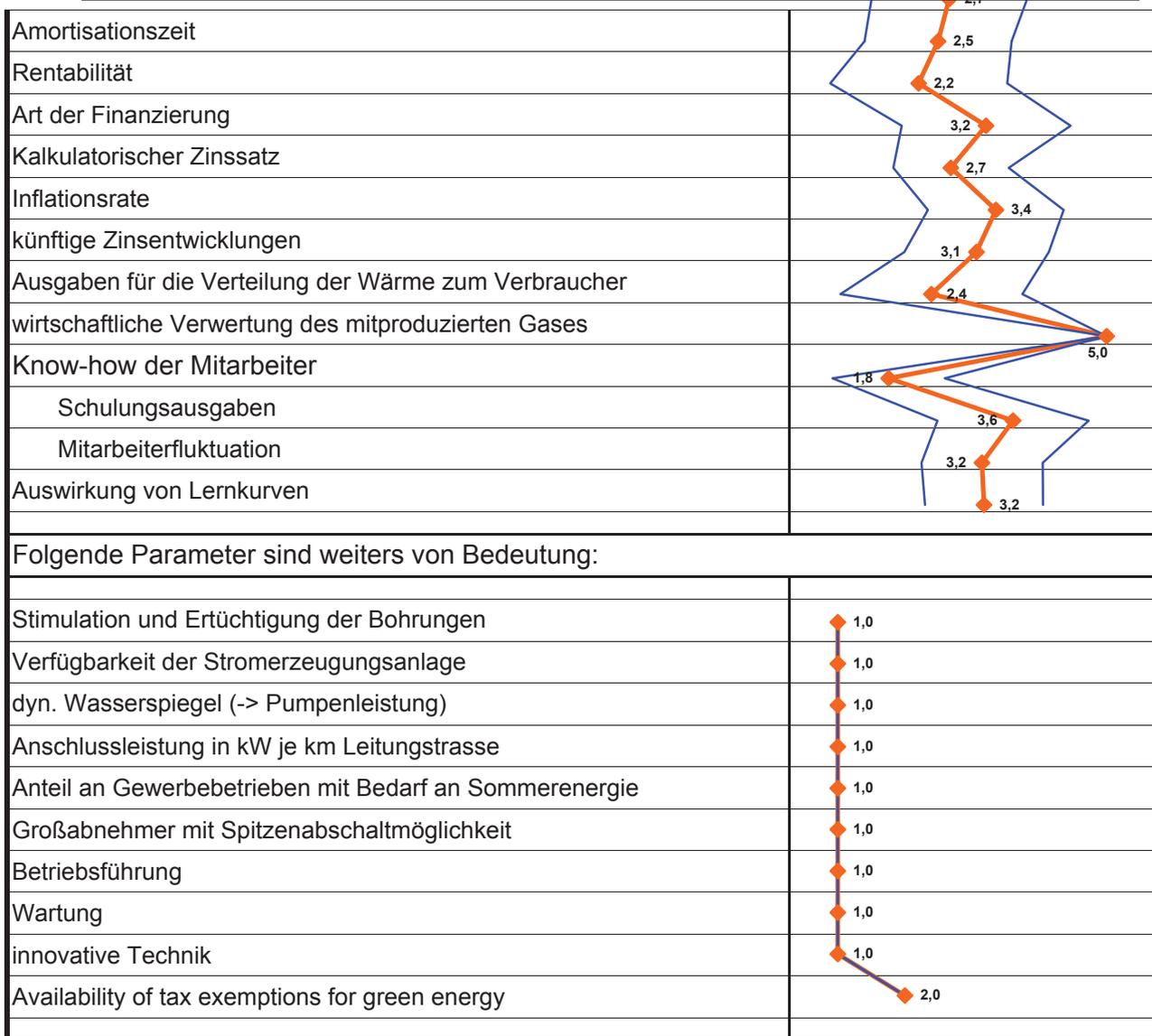
Auswertungsvariante 2 – Standardabweichung

FRAGEBOGEN - AUSWERTUNG 2

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung;

Parameter	Auswertung
Investitionsausgaben	<p style="font-size: small; margin: 0;"> Durchschnitt 1,8 Standard- abweichung </p>
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	
Bewilligungsausgaben (Behörden)	
Grundstückskosten	
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	
Bohrausgaben	
Ausgaben für Sondenkomplettierung	
Obertägige Anlagen	
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	
laufende Ausgaben - Betriebskosten	
Personalausgaben	
Versicherungsausgaben	
Verwaltungsausgaben	
Instandhaltungsausgaben	
Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung	
Ausgaben für Fremdleistungen	
Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)	
Steuern / Gebühren / Beiträge	
Abschreibungen	
Fremdkapitalzinsen	
Werbeausgaben	
spezifischer Investitionsaufwand je kWh	
spezifische Produktionskosten je kWh	
Kosten/kWh _{el}	
Kosten/kWh _{th}	
Einspeisetarife Strom	
Einspeisetarife Wärme	
künftige Preisentwicklungen	
verkaufbare Wärmeleistung der Anlage	
Nutzungsdauer	
Preis von Konkurrenzenergien	
Kapitalwert des gesamten Projekts	



Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:	
Abnahmeverpflichtung für den Strom	1,0
Importunabhängigkeit	2,0
Dauerhafte Verfügbarkeit	2,0
Anschlussverpflichtung / Motivation	1,0
Support (or at least non-opposition) of NGOs	2,0
Incorporation of local labor-force during construction	2,0

Auswertungsteil - geologische Parameter	
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung;	
Parameter	Auswertung
Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont)	Durchschnitt 1,4
Geologische Parameter	
Stratigraphie	1,6
Lithologie	2,2
Faziesausbildung	3,4
Genese	2,8
Geophysikalische Parameter	
Temperatur des Gesteins	1,8
Temperaturgradient	1,7
Nutzporosität	2,2
Gesteinspermeabilität	1,8
Transmissivität	1,1
Ergiebigkeit	1,1
Druck	1,2
Geometrische Parameter	1,5
Mächtigkeit	1,9
Tiefe	1,9
Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)	1,6
Wärmeleitfähigkeit der Gesteine	1,5
Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation	2,6
Hydrogeologische Neubildungsrate	1,8
Wärmeinhalt - Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)	2,7
geothermale Anomalien	1,5
Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)	2,3
mögliche Fördermenge	1,7
Produktivität (Abgabefähigkeit)	1,6
	1,7

Injektivität (Aufnahmefähigkeit)	
möglicher Nutzungszeitraum (Lebensdauer)	
Nutzungskonflikte mit anderen Projekten	
Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe	
Salinität	
Chemismus / Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	
Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	
Bakterien	
Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser	
Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser	
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:	
Behördliche Kontrollmechanismen	
Auswertungen / Aufzeichnungen	
Presence of Quaternary volcanic rocks or activity	
Active or important seismicity	
Regional and local geological structures (faults & fractures)	
Anomalies from magnetotelluric surveys	

Auswertungsteil - technische Parameter	
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung;	
Parameter	Auswertung
Bohrung / Sonde	
Referenzbohrungen	
Bohrprotokolle für weitere Infos	
Eigenschaften bestehender Sonden	
Aufschlußkonzeption des Geothermiefeldes	
Grundstückszugang	
Bohrplatzeinrichtung	
Bohrlochlänge	
Bohrteufe	
Bohrlochkonstruktion	
Sondenlänge	
Sondendurchmesser	

Komplettierung der Sonden	
Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden	
Wassertemperatur an Bohrlochkopf	
Wasserdruck an Bohrlochkopf	
Statischer Druck	
Dynamischer Druck	
infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren	
erforderlichen Heiznetztemperaturen	
Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise - Anlagennutzungsgrad	
Bedarf im Jahresgang	
jährlicher Wärmebedarf	
Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebsdauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen)	
Möglichkeit erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln	
Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern	
Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen	
Wärmeleistung der Anlage	
Primärenergienutzungsgrad	
technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen	
Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserverbrauchern bzw. Wasserverteilungsnetz	
Abstand zw. Förder- und Verpreßfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf)	
Verkehrslage / Erreichbarkeit	
Ausfälle / Lieferprobleme	
Anzahl der jährlichen Ausfälle / Lieferprobleme	
durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen	
Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf	
Nutzenvergleich Verkauf von Wasser <-> Reinjektion	
notwendiger Reinjektionsdruck	
Notwendigkeit von Tiefpumpen	
Notwendigkeit von Tiefpumpen	
Produktivität je Bohrungsdoulette	
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:	
Characteristic curves of the production wells	
Capacity of acceptance of the injection wells	

ANHANG 6

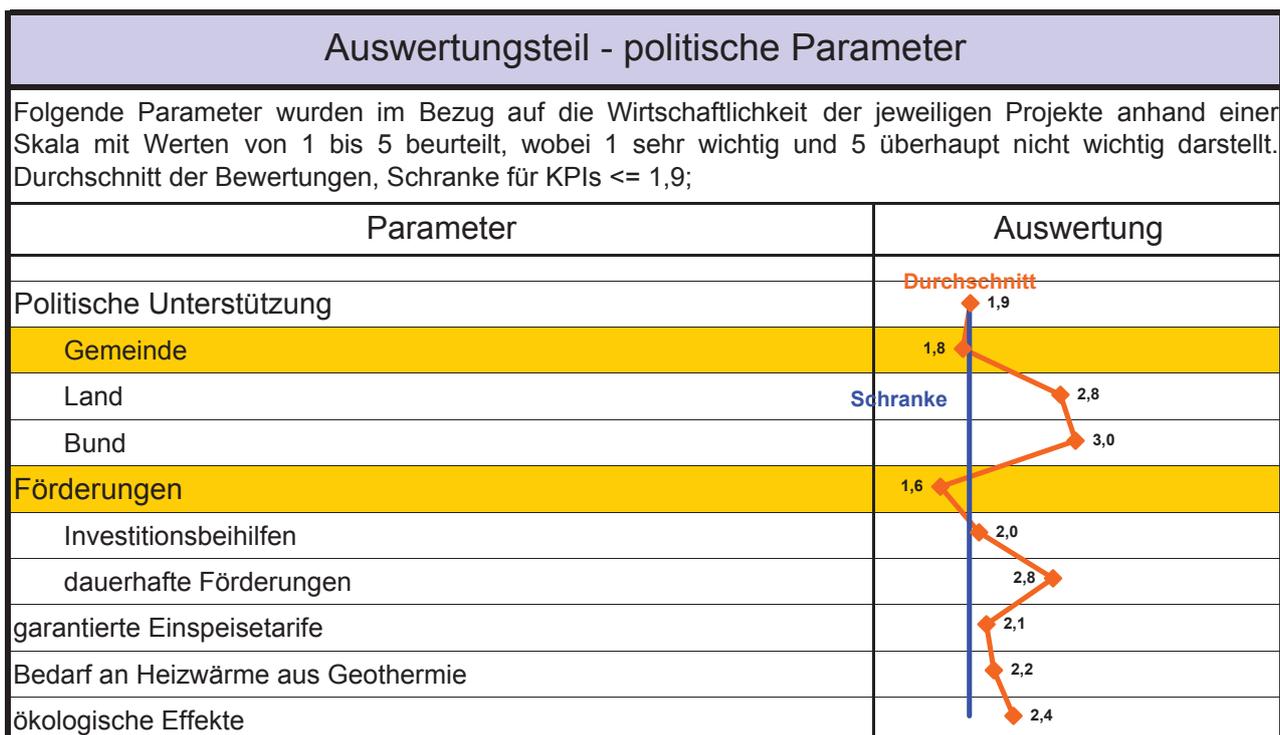
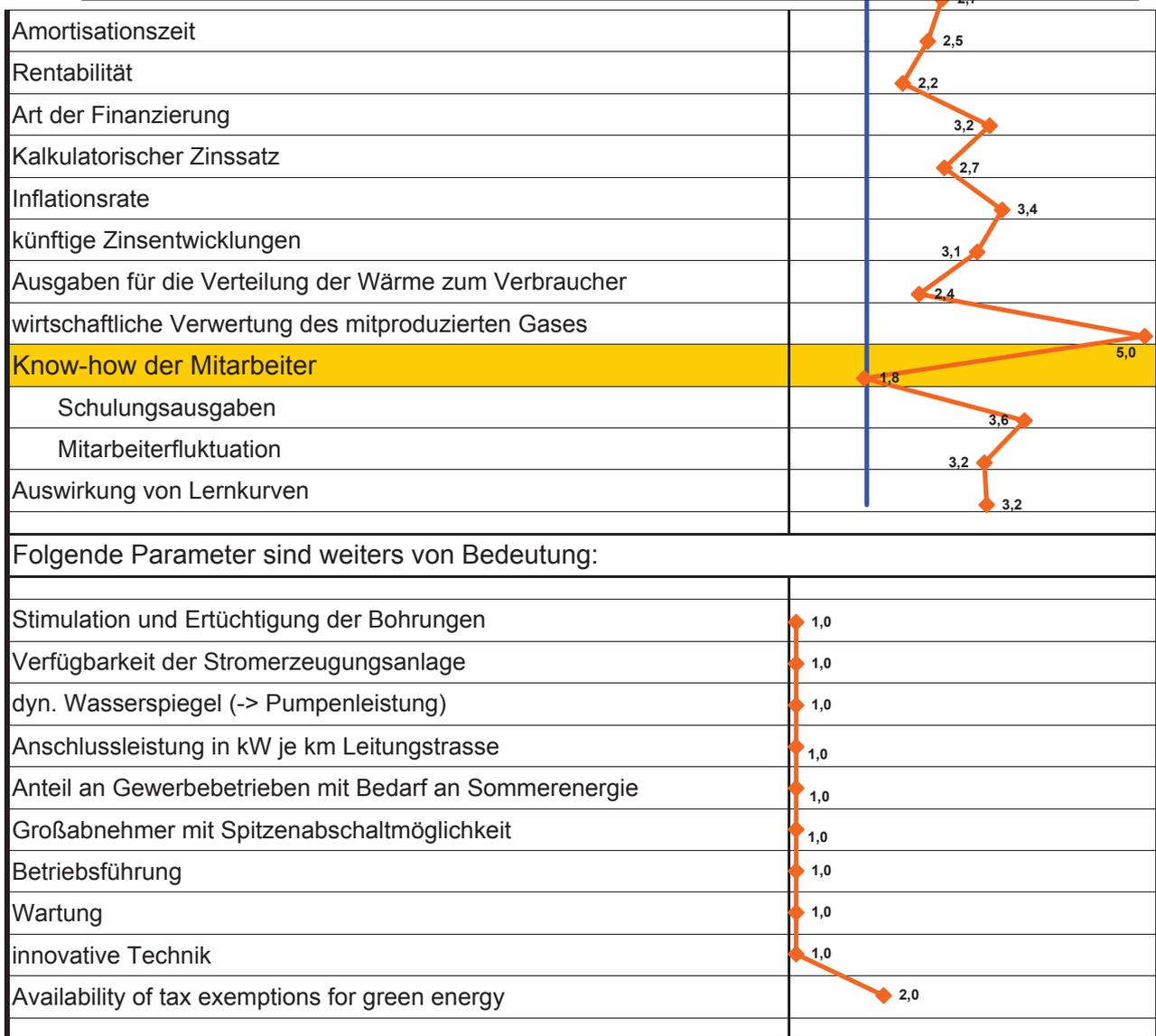
Auswertungsvariante 3 – Schranke

FRAGEBOGEN - AUSWERTUNG 3

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Schranke für KPIs $\leq 1,8$;

Parameter	Auswertung
Investitionsausgaben	1,8
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	3,1
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,2
Grundstückskosten	3,6
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	2,2
Bohrausgaben	1,6
Ausgaben für Sondenkomplettierung	2,6
Obertägige Anlagen	2,1
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	2,0
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	2,9
laufende Ausgaben - Betriebskosten	2,5
Personalausgaben	3,1
Versicherungsausgaben	3,6
Verwaltungsausgaben	3,9
Instandhaltungsausgaben	2,4
Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung	2,7
Ausgaben für Fremdleistungen	2,9
Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)	2,7
Steuern / Gebühren / Beiträge	3,9
Abschreibungen	3,2
Fremdkapitalzinsen	2,4
Werbeausgaben	4,5
spezifischer Investitionsaufwand je kWh	2,2
spezifische Produktionskosten je kWh	2,0
Kosten/kWh _{el}	1,9
Kosten/kWh _{th}	2,3
Einspeisetarife Strom	1,6
Einspeisetarife Wärme	1,7
künftige Preisentwicklungen	2,3
verkaufbare Wärmeleistung der Anlage	2,4
Nutzungsdauer	1,9
Preis von Konkurrenzenergien	2,3
Kapitalwert des gesamten Projekts	2,7



Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:	
Abnahmeverpflichtung für den Strom	1,0
Importunabhängigkeit	2,0
Dauerhafte Verfügbarkeit	2,0
Anschlussverpflichtung / Motivation	1,0
Support (or at least non-opposition) of NGOs	2,0
Incorporation of local labor-force during construction	2,0

Auswertungsteil - geologische Parameter	
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Schranke für KPIs <= 1,55;	
Parameter	Auswertung
Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont)	1,4
Geologische Parameter	1,6 Durchschnitt
Stratigraphie	2,6
Lithologie	2,2
Faziesausbildung	3,4
Genese	2,8
Geophysikalische Parameter	1,8
Temperatur des Gesteins	1,7
Temperaturgradient	2,2
Nutzporosität	1,8
Gesteinspermeabilität	1,1
Transmissivität	1,1
Ergiebigkeit	1,2
Druck	1,5
Geometrische Parameter	1,9
Mächtigkeit	1,9
Tiefe	1,6
Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)	1,5
Wärmeleitfähigkeit der Gesteine	2,6
Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation	1,8
Hydrogeologische Neubildungsrate	2,7
Wärmeinhalt - Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)	1,5
geothermale Anomalien	2,3
Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)	1,7
mögliche Fördermenge	1,6
Produktivität (Abgabefähigkeit)	1,7

Injektivität (Aufnahmefähigkeit)	1,8
möglicher Nutzungszeitraum (Lebensdauer)	1,9
Nutzungskonflikte mit anderen Projekten	3,1
Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe	2,3
Salinität	2,5
Chemismus / Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	2,2
Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	2,6
Bakterien	3,6
Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser	4,3
Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser	4,4
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:	
Behördliche Kontrollmechanismen	2,0
Auswertungen / Aufzeichnungen	2,0
Presence of Quaternary volcanic rocks or activity	1,0
Active or important seismicity	1,0
Regional and local geological structures (faults & fractures)	1,0
Anomalies from magnetotelluric surveys	2,0

Auswertungsteil - technische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Schranke für KPIs <= 1,8;

Parameter	Auswertung
Bohrung / Sonde	Durchschnitt 1,9
Referenzbohrungen	Schranke 2,3
Bohrprotokolle für weitere Infos	2,2
Eigenschaften bestehender Sonden	2,2
Aufschlußkonzeption des Geothermiefeldes	2,2
Grundstückszugang	2,1
Bohrplatzeinrichtung	2,4
Bohrlochlänge	2,4
Bohrteufe	2,3
Bohrlochkonstruktion	2,3
Sondenlänge	2,0
Sondendurchmesser	2,4

Komplettierung der Sonden	2,3
Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden	2,0
Wassertemperatur an Bohrlochkopf	1,7
Wasserdruck an Bohrlochkopf	1,8
Statischer Druck	2,2
Dynamischer Druck	2,0
infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren	1,9
erforderlichen Heiznetztemperaturen	1,9
Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise - Anlagennutzungsgrad	1,8
Bedarf im Jahresgang	2,1
jährlicher Wärmebedarf	1,9
Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebs- dauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen)	2,1
Möglichkeit erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln	2,0
Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern	2,0
Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen	2,8
Wärmeleistung der Anlage	1,9
Primärenergienutzungsgrad	2,0
technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen	1,8
Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserver- brauchern bzw. Wasserverteilungsnetz	2,4
Abstand zw. Förder- und Verpreßfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf)	2,5
Verkehrslage / Erreichbarkeit	3,2
Ausfälle / Lieferprobleme	2,5
Anzahl der jährlichen Ausfälle / Lieferprobleme	2,4
durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen	2,3
Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf	2,0
Nutzenvergleich Verkauf von Wasser <-> Reinjektion	3,4
notwendiger Reinjektionsdruck	2,4
Notwendigkeit von Tiefpumpen	1,6
Produktivität je Bohrungsdoulette	1,8
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:	
Characteristic curves of the production wells	2,0
Capacity of acceptance of the injection wells	2,0

ANHANG 7

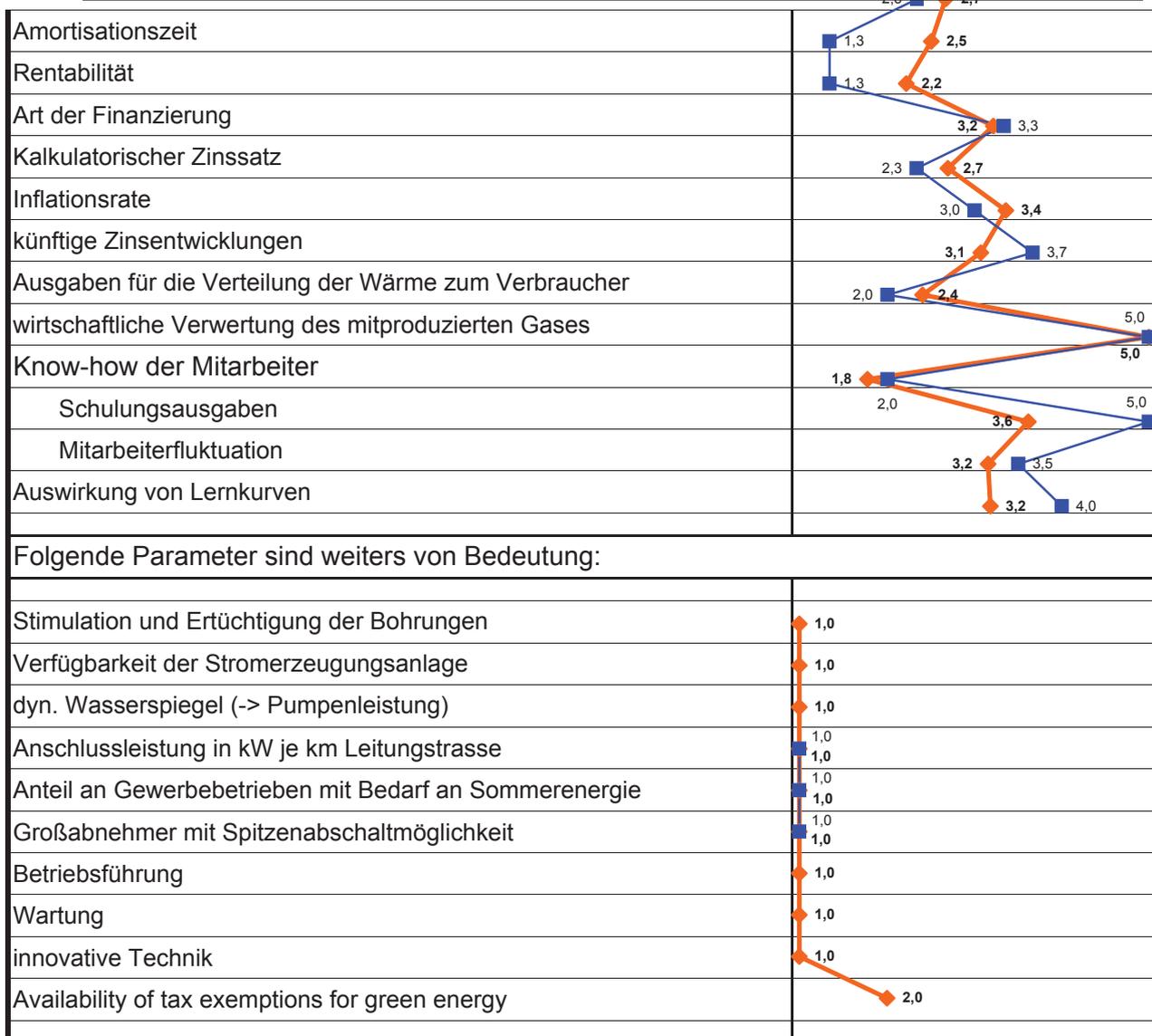
Auswertungsvariante 4 – Kompetenzbewertung

FRAGEBOGEN - AUSWERTUNG 4

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter

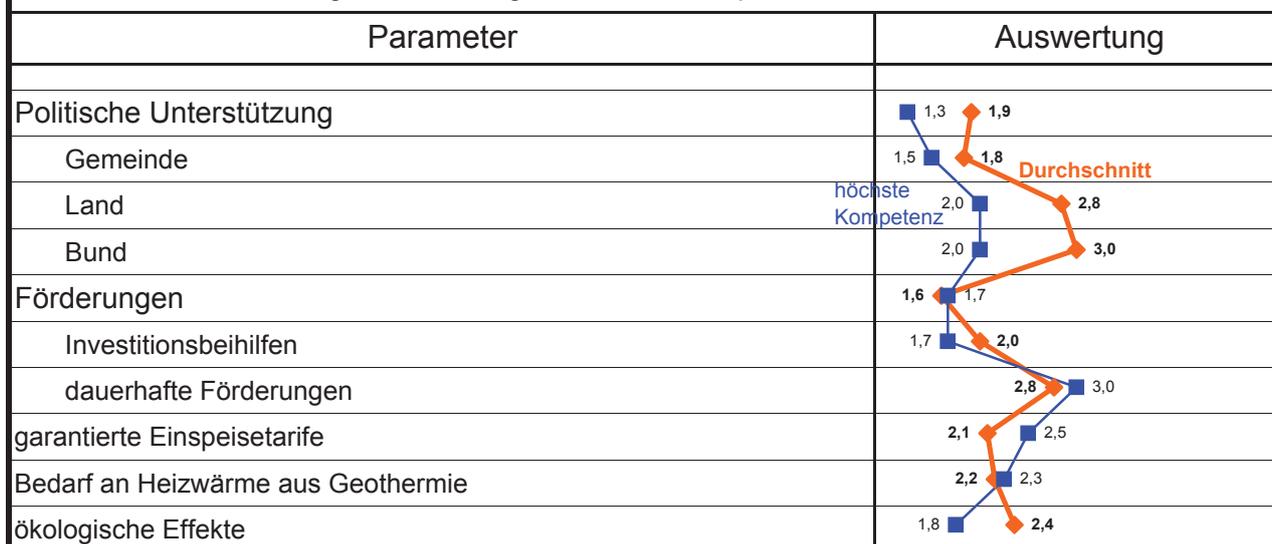
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Beurteilung mit höchster Kompetenz;

Parameter	Auswertung
Investitionsausgaben	1,5 Durchschnitt
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	höchste Kompetenz 3,0 3,1
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,2 5,0
Grundstückskosten	3,6 4,0
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	1,7 2,2
Bohrausgaben	1,3 1,6
Ausgaben für Sondenkomplettierung	2,3 2,6
Obertägige Anlagen	2,0 2,1
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	1,7 2,0
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	2,9 3,3
laufende Ausgaben - Betriebskosten	2,0 2,5
Personalausgaben	3,1 3,3
Versicherungsausgaben	3,6 4,0
Verwaltungsausgaben	3,9 4,0
Instandhaltungsausgaben	2,3 2,4
Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung	2,7 2,7
Ausgaben für Fremdleistungen	2,0 2,9
Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)	2,7 3,0
Steuern / Gebühren / Beiträge	3,9 4,7
Abschreibungen	3,0 3,2
Fremdkapitalzinsen	1,7 2,4
Werbeausgaben	4,3 4,5
spezifischer Investitionsaufwand je kWh	1,0 2,2
spezifische Produktionskosten je kWh	1,0 2,0
Kosten/kWh _{el}	1,9
Kosten/kWh _{th}	1,0 2,3
Einspeisetarife Strom	1,6
Einspeisetarife Wärme	1,0 1,7
künftige Preisentwicklungen	2,0 2,3
verkaufbare Wärmeleistung der Anlage	1,0 2,4
Nutzungsdauer	1,0 1,9
Preis von Konkurrenzenergien	2,3 2,3
Kapitalwert des gesamten Projekts	2,3 2,7



Auswertungsteil - politische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Beurteilung mit höchster Kompetenz;



Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:	
Abnahmeverpflichtung für den Strom	1,0
Importunabhängigkeit	2,0
Dauerhafte Verfügbarkeit	2,0
Anschlussverpflichtung / Motivation	1,0
Support (or at least non-opposition) of NGOs	2,0
Incorporation of local labor-force during construction	2,0

Auswertungsteil - geologische Parameter	
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Beurteilung mit höchster Kompetenz;	
Parameter	Auswertung
Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont)	1,0
Geologische Parameter	1,0
Stratigraphie	1,4
Lithologie	1,6
Faziesausbildung	2,6
Genese	2,2
Geophysikalische Parameter	1,0
Temperatur des Gesteins	3,4
Temperaturgradient	2,8
Nutzporosität	1,8
Gesteinspermeabilität	2,0
Transmissivität	1,1
Ergiebigkeit	1,1
Druck	1,2
Geometrische Parameter	1,5
Mächtigkeit	1,9
Tiefe	2,0
Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)	1,5
Wärmeleitfähigkeit der Gesteine	2,6
Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation	3,0
Hydrogeologische Neubildungsrate	1,8
Wärmeinhalt - Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)	2,7
geothermale Anomalien	2,0
Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)	2,3
mögliche Fördermenge	1,7
Produktivität (Abgabefähigkeit)	1,6

Injektivität (Aufnahmefähigkeit)	1,8	2,0
möglicher Nutzungszeitraum (Lebensdauer)	1,9	2,0
Nutzungskonflikte mit anderen Projekten	1,0	3,1
Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe	1,0	2,3
Salinität	2,5	3,0
Chemismus / Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	2,0	2,2
Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	2,6	3,0
Bakterien	3,0	3,6
Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser	3,0	4,3
Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser	3,0	4,4
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:		
Behördliche Kontrollmechanismen		2,0
Auswertungen / Aufzeichnungen		2,0
Presence of Quaternary volcanic rocks or activity	1,0	1,0
Active or important seismicity	1,0	1,0
Regional and local geological structures (faults & fractures)	1,0	1,0
Anomalies from magnetotelluric surveys	1,0	2,0

Auswertungsteil - technische Parameter	
Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Beurteilung mit höchster Kompetenz;	
Parameter	Auswertung
Bohrung / Sonde	1,3
Referenzbohrungen	1,9
Bohrprotokolle für weitere Infos	2,2
Eigenschaften bestehender Sonden	1,8
Aufschlußkonzeption des Geothermiefeldes	2,2
Grundstückszugang	1,8
Bohrplatzeinrichtung	2,2
Bohrlochlänge	2,3
Bohrteufe	2,0
Bohrlochkonstruktion	1,8
Sondenlänge	1,8
Sondendurchmesser	2,4

Komplettierung der Sonden	2,0	2,3
Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden	1,2	2,0
Wassertemperatur an Bohrlochkopf	1,8	1,7
Wasserdruck an Bohrlochkopf	1,6	1,8
Statischer Druck	1,8	2,2
Dynamischer Druck	2,0	2,2
infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren	1,9	2,0
erforderlichen Heiznetztemperaturen	1,7	1,9
Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise - Anlagennutzungsgrad	1,5	1,8
Bedarf im Jahresgang	2,0	2,1
jährlicher Wärmebedarf	1,9	2,0
Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebsdauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen)	2,1	2,2
Möglichkeit erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln	2,0	2,0
Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern	2,0	2,0
Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen	2,7	2,8
Wärmeleistung der Anlage	1,3	1,9
Primärenergienutzungsgrad	2,0	2,0
technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen	1,4	1,8
Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserverbrauchern bzw. Wasserverteilungsnetz	1,8	2,4
Abstand zw. Förder- und Verpreßfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf)	2,4	2,5
Verkehrslage / Erreichbarkeit	3,2	3,6
Ausfälle / Lieferprobleme	2,3	2,5
Anzahl der jährlichen Ausfälle / Lieferprobleme	2,4	2,4
durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen	2,3	2,3
Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf	2,0	2,3
Nutzenvergleich Verkauf von Wasser <-> Reinjektion	3,2	3,4
notwendiger Reinjektionsdruck	2,3	2,4
Notwendigkeit von Tiefpumpen	1,0	1,6
Produktivität je Bohrungsdoulette	1,4	1,8
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:		
Characteristic curves of the production wells	2,0	2,0
Capacity of acceptance of the injection wells	2,0	2,0

ANHANG 8

Auswertungsvariante 5 – Systeme mit hoher Enthalpie

FRAGEBOGEN - AUSWERTUNG 5

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Investitionsausgaben	1,7	1,15	3
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	4,3	0,58	3
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,7	0,58	3
Grundstückskosten	3,7	0,58	3
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	2,7	1,53	3
Bohrausgaben	1,3	0,58	3
Ausgaben für Sondenkomplettierung	2,7	1,53	3
Obertägige Anlagen	1,0	0,00	3
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	2,3	0,58	3
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	4,0	0,00	3
laufende Ausgaben - Betriebskosten	3,0	0,00	3
Personalausgaben	3,3	1,53	3
Versicherungsausgaben	3,7	0,58	3
Verwaltungsausgaben	3,7	1,15	3
Instandhaltungsausgaben	2,7	0,58	3
Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung	2,7	1,15	3
Ausgaben für Fremdleistungen	3,5	0,71	2
Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)	3,0	1,73	3
Steuern / Gebühren / Beiträge	3,3	1,15	3
Abschreibungen	4,0	1,00	3
Fremdkapitalzinsen	3,7	1,53	3
Werbeausgaben	5,0	0,00	2
spezifischer Investitionsaufwand je kWh	2,0	0,00	2
spezifische Produktionskosten je kWh	1,3	0,58	3
Kosten/kWh _{el}	1,3	0,58	3
Kosten/kWh _{th}	3,0	0,00	2
Einspeisetarife Strom	1,0	0,00	3
Einspeisetarife Wärme	3,0	0,00	1
künftige Preisentwicklungen	2,0	0,00	3
verkaufbare Wärmeleistung der Anlage	4,5	0,71	2
Nutzungsdauer	1,7	0,58	3
Preis von Konkurrenzenergien	2,0	1,00	3
Kapitalwert des gesamten Projekts	2,0	1,00	3

Amortisationszeit	2,3	0,58	3
Rentabilität	2,0	1,73	3
Art der Finanzierung	4,3	0,58	3
Kalkulatorischer Zinssatz	3,0	1,00	3
Inflationsrate	3,3	1,53	3
künftige Zinsentwicklungen	3,7	1,15	3
Ausgaben für die Verteilung der Wärme zum Verbraucher			0
wirtschaftliche Verwertung des mitproduzierten Gases			0
Know-how der Mitarbeiter	1,3	0,58	3
Schulungsausgaben	3,7	1,53	3
Mitarbeiterfluktuation	3,0	1,00	3
Auswirkung von Lernkurven	2,7	1,15	3
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Stimulation und Ertüchtigung der Bohrungen	1,0	0,00	1
Verfügbarkeit der Stromerzeugungsanlage	1,0	0,00	1
dyn. Wasserspiegel (-> Pumpenleistung)	1,0	0,00	1
Anschlussleistung in kW je km Leitungstrasse			0
Anteil an Gewerbebetrieben mit Bedarf an Sommerenergie			0
Großabnehmer mit Spitzenabschaltmöglichkeit			0
Betriebsführung			0
Wartung			0
innovative Technik			0
Availability of tax exemptions for green energy	2,0	0,00	1

Auswertungsteil - politische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Politische Unterstützung	1,3	0,58	3
Gemeinde	1,3	0,58	3
Land	2,3	1,15	3
Bund	2,0	1,00	3
Förderungen	3,0	0,00	1
Investitionsbeihilfen	2,5	0,71	2
dauerhafte Förderungen	4,0	1,41	2
garantierte Einspeisetarife	1,7	0,58	3
Bedarf an Heizwärme aus Geothermie	4,0	0,00	2
ökologische Effekte	2,0	1,73	3

Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Abnahmeverpflichtung für den Strom			0
Importunabhängigkeit			0
Dauerhafte Verfügbarkeit			0
Anschlussverpflichtung / Motivation			0
Support (or at least non-opposition) of NGOs	◆ 2,0	0,00	1
Incorporation of local labor-force during construction	◆ 2,0	0,00	1

Auswertungsteil - geologische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont)	◆ 1,3	0,58	3
Geologische Parameter	◆ 2,0	1,41	2
Stratigraphie	◆ 3,0	0,00	2
Lithologie	◆ 1,5	0,71	2
Faziesausbildung	◆ 4,0	0,00	2
Genese	◆ 2,0	1,41	2
Geophysikalische Parameter	◆ 1,5	0,71	2
Temperatur des Gesteins	◆ 1,7	0,58	3
Temperaturgradient	◆ 2,7	1,53	3
Nutzporosität	◆ 2,3	1,15	3
Gesteinspermeabilität	◆ 1,0	0,00	3
Transmissivität	◆ 1,0	0,00	3
Ergiebigkeit	◆ 1,0	0,00	3
Druck	◆ 1,3	0,58	3
Geometrische Parameter	◆ 2,0	1,00	3
Mächtigkeit	◆ 2,0	1,00	3
Tiefe	◆ 1,7	0,58	3
Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)	◆ 1,3	0,58	3
Wärmeleitfähigkeit der Gesteine	◆ 3,3	0,58	3
Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation	◆ 1,3	0,58	3
Hydrogeologische Neubildungsrate	◆ 3,0	1,73	3
Wärmeinhalt - Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)	◆ 2,0	0,00	3
geothermale Anomalien	◆ 1,7	0,58	3
Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)	◆ 1,0	0,00	2
mögliche Fördermenge	◆ 1,3	0,58	3
Produktivität (Abgabefähigkeit)	◆ 1,3	0,58	3

Injektivität (Aufnahmefähigkeit)	1,3	0,58	3
möglicher Nutzungszeitraum (Lebensdauer)	2,0	0,00	2
Nutzungskonflikte mit anderen Projekten	3,5	2,12	2
Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe	1,5	0,71	2
Salinität	2,7	0,58	3
Chemismus / Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	1,3	0,58	3
Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	2,3	1,15	3
Bakterien	4,7	0,58	3
Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser	4,3	1,15	3
Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser	4,0	1,41	2
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Behördliche Kontrollmechanismen			0
Auswertungen / Aufzeichnungen			0
Presence of Quaternary volcanic rocks or activity	1,0	0,00	1
Active or important seismicity	1,0	0,00	1
Regional and local geological structures (faults & fractures)	1,0	0,00	1
Anomalies from magnetotelluric surveys	2,0	0,00	1

Auswertungsteil - technische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Bohrung / Sonde	1,7	0,58	3
Referenzbohrungen	1,7	1,15	3
Bohrprotokolle für weitere Infos	1,7	0,58	3
Eigenschaften bestehender Sonden	2,0	1,73	3
Aufschlußkonzeption des Geothermiefeldes	1,7	0,58	3
Grundstückszugang	2,3	0,58	3
Bohrplatzeinrichtung	3,0	1,00	3
Bohrlochlänge	2,3	0,58	3
Bohrteufe	1,7	0,58	3
Bohrlochkonstruktion	2,7	1,53	3
Sondenlänge	2,0	0,00	2
Sondendurchmesser	3,0	0,00	1

Komplettierung der Sonden	2,0	0,00	2
Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden	1,7	0,58	3
Wassertemperatur an Bohrlochkopf	1,3	0,58	3
Wasserdruck an Bohrlochkopf	1,0	0,00	3
Statischer Druck	2,3	2,31	3
Dynamischer Druck	1,7	1,15	3
infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren	2,0	0,00	1
erforderlichen Heiznetztemperaturen	2,0	0,00	2
Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise - Anlagennutzungsgrad	2,0	1,41	2
Bedarf im Jahresgang	2,0	0,00	2
jährlicher Wärmebedarf	2,0	0,00	1
Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebs- dauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen)	3,0	1,41	2
Möglichkeit erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln	2,0	0,00	2
Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern	1,5	0,71	2
Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen	4,0	1,41	2
Wärmeleistung der Anlage	2,0	1,41	2
Primärenergienutzungsgrad	2,0	0,00	2
technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen	1,0	0,00	3
Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserver- brauchern bzw. Wasserverteilungsnetz	2,0	0,00	1
Abstand zw. Förder- und Verpreßfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf)	2,0	0,00	2
Verkehrslage / Erreichbarkeit	4,0	0,00	2
Ausfälle / Lieferprobleme	2,0	0,00	2
Anzahl der jährlichen Ausfälle / Lieferprobleme	2,0	1,00	3
durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen	1,7	0,58	3
Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf	2,0	0,00	2
Nutzenvergleich Verkauf von Wasser <-> Reinjektion	3,5	2,12	2
notwendiger Reinjektionsdruck	2,0	0,00	2
Notwendigkeit von Tiefpumpen	1,0	0,00	2
Produktivität je Bohrungsdoulette	1,7	0,58	3
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Characteristic curves of the production wells	2,0	0,00	1
Capacity of acceptance of the injection wells	2,0	0,00	1

ANHANG 9

Auswertungsvariante 6 – Systeme mit niedriger Enthalpie

FRAGEBOGEN - AUSWERTUNG 6

Auswertungsteil - wirtschaftliche Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Investitionsausgaben	1,8	1,17	6
Planungsausgaben / Projektierung / Expertisen	2,7	1,06	10
Bewilligungsausgaben (Behörden)	4,0	1,25	10
Grundstückskosten	3,5	1,13	11
Explorationsausgaben (samt Explorationsrisiko)	2,1	1,38	11
Bohrausgaben	1,7	1,27	11
Ausgaben für Sondenkomplettierung	2,5	1,13	11
Obertägige Anlagen	2,5	1,21	11
Ausgaben für Verteilungsnetz zum Kunden	1,9	1,22	11
Ausgaben der Kapitalbeschaffung	2,6	1,43	11
laufende Ausgaben - Betriebskosten	2,2	0,84	5
Personalausgaben	3,1	1,45	11
Versicherungsausgaben	3,6	1,21	11
Verwaltungsausgaben	4,0	1,00	11
Instandhaltungsausgaben	2,4	0,81	11
Rücklagen für Erneuerung der Verrohrung	2,7	0,79	11
Ausgaben für Fremdleistungen	2,8	1,08	11
Hilfsenergieausgaben (Brennstoffkosten, Stromkosten etc.)	2,6	1,36	11
Steuern / Gebühren / Beiträge	4,0	0,89	11
Abschreibungen	3,0	1,61	11
Fremdkapitalzinsen	2,0	1,18	11
Werbeausgaben	4,4	1,12	11
spezifischer Investitionsaufwand je kWh	2,2	1,62	10
spezifische Produktionskosten je kWh	2,2	1,72	9
Kosten/kWh _{el}	2,1	1,07	7
Kosten/kWh _{th}	2,2	1,40	10
Einspeisetarife Strom	2,0	1,22	5
Einspeisetarife Wärme	1,5	0,53	8
künftige Preisentwicklungen	2,4	1,12	11
verkaufbare Wärmeleistung der Anlage	2,0	1,15	10
Nutzungsdauer	2,0	1,18	11
Preis von Konkurrenzenergien	2,4	0,97	10
Kapitalwert des gesamten Projekts	2,9	1,17	9

Amortisationszeit	2,5	1,21	11
Rentabilität	2,3	1,27	11
Art der Finanzierung	2,9	1,22	11
Kalkulatorischer Zinssatz	2,6	0,84	10
Inflationsrate	3,4	0,92	11
künftige Zinsentwicklungen	2,9	1,04	11
Ausgaben für die Verteilung der Wärme zum Verbraucher	2,4	1,35	10
wirtschaftliche Verwertung des mitproduzierten Gases	5,0	0,00	5
Know-how der Mitarbeiter	1,9	0,88	10
Schulungsausgaben	3,6	1,07	10
Mitarbeiterfluktuation	3,2	0,92	10
Auswirkung von Lernkurven	3,4	0,74	8
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Stimulation und Ertüchtigung der Bohrungen			0
Verfügbarkeit der Stromerzeugungsanlage			0
dyn. Wasserspiegel (-> Pumpenleistung)			0
Anschlussleistung in kW je km Leitungstrasse	1,0	0,00	1
Anteil an Gewerbebetrieben mit Bedarf an Sommerenergie	1,0	0,00	1
Großabnehmer mit Spitzenabschaltmöglichkeit	1,0	0,00	1
Betriebsführung	1,0	0,00	1
Wartung	1,0	0,00	1
innovative Technik	1,0	0,00	1
Availability of tax exemptions for green energy			0

Auswertungsteil - politische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Politische Unterstützung	2,1	0,99	8
Gemeinde	2,0	1,12	9
Land	3,0	1,33	10
Bund	3,3	1,42	10
Förderungen	1,4	0,53	9
Investitionsbeihilfen	1,9	0,94	11
dauerhafte Förderungen	2,5	1,13	11
garantierte Einspeisetarife	2,2	0,79	10
Bedarf an Heizwärme aus Geothermie	1,8	1,17	11
ökologische Effekte	2,5	1,21	11

Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Abnahmeverpflichtung für den Strom	1,0	0,00	1
Importunabhängigkeit	2,0	0,00	1
Dauerhafte Verfügbarkeit	2,0	0,00	1
Anschlussverpflichtung / Motivation	1,0	0,00	1
Support (or at least non-opposition) of NGOs			0
Incorporation of local labor-force during construction			0

Auswertungsteil - geologische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Eignung der Sedimentgesteinsschicht (Nutzhorizont)	1,4	0,55	5
Geologische Parameter	1,4	0,55	5
Stratigraphie	2,3	1,53	3
Lithologie	2,7	1,53	3
Faziesausbildung	3,0	2,00	3
Genese	3,5	0,71	2
Geophysikalische Parameter	1,8	0,75	6
Temperatur des Gesteins	1,8	1,39	8
Temperaturgradient	2,0	1,15	7
Nutzporosität	1,7	1,32	9
Gesteinspermeabilität	1,2	0,41	6
Transmissivität	1,2	0,41	6
Ergiebigkeit	1,3	0,46	8
Druck	1,6	0,74	8
Geometrische Parameter	1,8	0,41	6
Mächtigkeit	1,9	0,83	8
Tiefe	1,6	0,74	8
Verbreitung/Volumen des Nutzhorizontes (Nutzreservoir)	1,6	0,74	8
Wärmeleitfähigkeit der Gesteine	2,3	0,76	7
Wärmetransport durch Flüssigkeitszirkulation	2,0	0,82	7
Hydrogeologische Neubildungsrate	2,6	1,33	9
Wärmeinhalt - Nutzenergie (aus Nutzhorizont gewinnbar)	1,4	0,52	10
geothermale Anomalien	2,4	1,24	9
Temperatur des Thermalwassers (mittlere Reservoirtemperatur)	1,8	1,03	10
mögliche Fördermenge	1,7	0,87	9
Produktivität (Abgabefähigkeit)	1,8	1,03	10

Injektivität (Aufnahmefähigkeit)	◆ 2,0	1,49	10
möglicher Nutzungszeitraum (Lebensdauer)	◆ 1,9	0,99	10
Nutzungskonflikte mit anderen Projekten	◆ 3,0	1,25	10
Eignung des Thermalwassers für die technologischen Prozessabläufe	◆ 2,5	0,55	6
Salinität	◆ 2,5	1,31	8
Chemismus / Mineralisation (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	◆ 2,5	1,07	8
Gasgehalt (hinsichtlich Korrosion, Ausfällungen, Inkrustationen)	◆ 2,8	1,28	8
Bakterien	◆ 3,3	1,04	8
Möglichkeit der stoffwirtschaftlichen Nutzung (Gewinnung von Spurenelementen) aus Geothermalwasser	◆ 4,3	0,95	7
Möglichkeit der Verwendung von Thermalwasser als Trink- oder Brauchwasser	◆ 4,6	0,79	7
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Behördliche Kontrollmechanismen	◆ 2,0	0,00	1
Auswertungen / Aufzeichnungen	◆ 2,0	0,00	1
Presence of Quaternary volcanic rocks or activity			0
Active or important seismicity			0
Regional and local geological structures (faults & fractures)			0
Anomalies from magnetotelluric surveys			0

Auswertungsteil - technische Parameter

Folgende Parameter wurden im Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Projekte anhand einer Skala mit Werten von 1 bis 5 beurteilt, wobei 1 sehr wichtig und 5 überhaupt nicht wichtig darstellt. Durchschnitt der Bewertungen, Standardabweichung, Anzahl der Bewertungen;

Parameter	Durchschnitt	St.abw.	Anzahl
Bohrung / Sonde	◆ 2,0	1,41	4
Referenzbohrungen	◆ 2,6	1,51	7
Bohrprotokolle für weitere Infos	◆ 2,4	0,98	7
Eigenschaften bestehender Sonden	◆ 2,3	1,03	6
Aufschlußkonzeption des Geothermiefeldes	◆ 2,5	1,05	6
Grundstückszugang	◆ 2,0	0,76	8
Bohrplatzeinrichtung	◆ 2,1	0,99	8
Bohrlochlänge	◆ 2,4	1,51	8
Bohrteufe	◆ 2,5	1,31	8
Bohrlochkonstruktion	◆ 2,1	1,13	8
Sondenlänge	◆ 2,0	1,00	7
Sondendurchmesser	◆ 2,4	1,41	8

Komplettierung der Sonden	2,4	1,30	8
Spiegelabsenkungen und -aufhöhungen in den Sonden	2,1	1,36	8
Wassertemperatur an Bohrlochkopf	1,9	1,46	7
Wasserdruck an Bohrlochkopf	2,1	0,90	7
Statischer Druck	2,1	0,90	7
Dynamischer Druck	2,1	1,21	7
infrastrukturell-wärmetechnische Faktoren	1,8	0,75	6
erforderlichen Heiznetztemperaturen	1,9	1,14	11
Größe des Heiznetzes zur Erzielung der Grundlastfahrweise - Anlagennutzungsgrad	1,8	1,17	11
Bedarf im Jahresgang	2,1	1,14	11
jährlicher Wärmebedarf	1,9	0,70	11
Vollbenutzungsstundenzahl (theoretisch notwendige Betriebs- dauer mit max. Leistung, um Jahreswärme zu erzeugen)	1,9	1,22	11
Möglichkeit erzeugte Wärme ganzjährig einzukoppeln	2,0	1,00	11
Kopplung mit Mittel- und Grundlastverbrauchern	2,1	1,51	11
Einbindung von Niedertemperaturheizsystemen	2,5	1,21	11
Wärmeleistung der Anlage	1,9	0,94	11
Primärenergienutzungsgrad	2,0	0,89	11
technisch nutzbare Produktivität der Bohrungen	2,0	1,25	10
Entfernung zw. Thermalbrunnen sowie Wärme- und Wasserver- brauchern bzw. Wasserverteilungsnetz	2,5	1,29	11
Abstand zw. Förder- und Verpreßfeld (Kaltwasserdurchbruch vs. Elektroenergiebedarf)	2,6	1,21	11
Verkehrslage / Erreichbarkeit	3,1	1,04	11
Ausfälle / Lieferprobleme	2,7	1,37	6
Anzahl der jährlichen Ausfälle / Lieferprobleme	2,5	1,27	10
durchschnittliche Reparaturzeit bei Ausfällen	2,5	1,35	10
Temperaturdifferenz zw. Vor- und Rücklauf	2,0	0,89	11
Nutzenvergleich Verkauf von Wasser <-> Reinjektion	3,3	1,58	9
notwendiger Reinjektionsdruck	2,5	1,37	11
Notwendigkeit von Tiefpumpen	1,7	0,82	10
Produktivität je Bohrungsdoulette	1,8	1,25	11
Folgende Parameter sind weiters von Bedeutung:			
Characteristic curves of the production wells			0
Capacity of acceptance of the injection wells			0

ANHANG 10

Modell zur Berechnung des Kapitalwerts der Anlage

geothermiezentrumasperm BA1

dynamische Investitionsrechnung - Kapitalwertmethode

Hauptdaten		
Investitionssumme:	-€ 16.622.012	
Projektierungskosten:	-€ 1.500.000	
Zinssatz:	8,00%	
Einspeisetarif:	15	€/MWh _{th}
jährlicher Energieumsatz:	110.431	MWh _{th}
jährliche Stromerlöse aus CH4:	€ 0	
jährliche Gesamterlöse:	€ 1.656.468	
einmaliger Zuschuss:	€ 3.261.962	
jährliche Personalkosten:	-€ 140.000	
jährliche Inhibierungskosten:	-€ 16.416	
jährliche Pumpenstromkosten:	-€ 79.565	
jährliche Instandhaltungskosten:	-€ 220.000	
Laufzeit:	20	Jahre
Sauergas:	0	0(N) / 1(J)
Zirkulationsrate:	80	l/sec

Indices		
Index für Erlöse:	2,00%	
Index für Personalkosten:	2,00%	
Index für Inhibierungskosten:	2,00%	
Index für Pumpenstromkosten:	1,00%	
Index für Instandhaltungskosten:	2,00%	

Aufspaltung Investitionssumme		
Office (Gründung, GWG, Fuhrpark, Maschinen):	-330.000	
Heizzentrale (Gebäude, Maschinen):		
Infrastruktur (Wasser, Strom, ...):	-300.000	
Thermalwasserpumpen (Verpresspumpen):	-200.000	
BHKW (nur wenn Gas brauchbar):	-€ 500.000	
Gasseperator (inkl. Regulierung):	-€ 500.000	
Apparate:	-€ 140.000	

Anzeigen, Messungen:	-€ 80.000	
Armaturen:	-€ 250.000	
MSRE:	-€ 350.000	
Unvorhergesehenes und Nebenkosten:	-€ 200.000	
Betriebsanlagen - Netz (Rohrleitungen / Installationen):	-€ 900.000	
geothermale Dublette:		
vertikale Produktionsbohrung inkl. Komplettierung:	-€ 6.089.756	
vertikale Reinjektionsbohrung inkl. Komplettierung:	-€ 6.089.756	
Geologische und geophysikalische Befundung des Aquifers:		
Messprogramm IAG (Dr. Arndt) i. d. 8 1/2" Sektion:	-€ 400.000	
Bohranlagenkosten für Messprogramm IAG (Dr. Arndt):	-€ 107.000	
Inhibierungsleitungen im Förderstrang:		
Bohranlagenzeitkosten (Rigrate inkl. Treibstoff):	-€ 37.000	
Materialkosten (Material inkl. Servicetechniker):	-€ 48.500	
Inhibierungsleitungen im Förderstrang für H2S:		
Bohranlagenzeitkosten (Rigrate inkl. Treibstoff):	€ 0	
Materialkosten (Material inkl. Servicetechniker):	€ 0	
Sonstiges:	-€ 100.000	

Aufspaltung Rohrleitungsausgaben

Abstand Reinjektionssonde zu Heizzentrale (bei Produktionssonde):	1.000	m
Ausgaben für Leitung zu Reinjektionssonde:	900	€/m

Aufspaltung Bohrausgaben / Kompl.

Bohrtiefe Produktionsbohrung:	3.650	m
Bohrtiefe Reinjektionsbohrung:	3.650	m
angenommene Ausgabensteigerung seit 2005:	20%	
angenommene Ausgabensteigerung für Bohrung bei H2S:	40%	
Open Hole Sektion Produktion:	550	m
Open Hole Sektion Reinjektion:	550	m
zusätzliche Kosten wegen 13% Cr-Stahl Produktionssonde:	-€ 347.576	
zusätzliche Kosten wegen 13% Cr-Stahl Reinjektionssonde:	-€ 347.576	

Aufspaltung jährlicher Energieumsatz

jährlicher Energieumsatz:	110.431	MWh _{th}
thermische Leistung der Anlage:	18,41	MW _{th}
Loadfaktor der Anlage (thermische Vollbenutzungsstunden):	6000	h/a
Spezifische Wärmekapazität von Wasser (flüssig):	4,183	kJ/(kg*K)
Austrittstemperatur:	110	°C
Reinjektionstemperatur:	55	°C

Aufspaltung Stromerlöse aus CH₄

mitproduziertes Gas für Verstromung brauchbar:	1	0(N) / 1(J)
jährliche Stromerlöse:	€ 0	
Einspeisetarif:	35	€/MWh _{el}
Gesamtgasgehalt:	0,7	Nm ³ /m ³ Sole
Gasanteil von Methan (CH ₄):	90%	

Gasmenge Methan:	0,0504	Nm ³ /sec
Heizwert von Methan:	35,9	MJ/m ³
Loadfaktor der Stromanlage:	8000	h/a
Wirkungsgrad der Stromerzeugung BHKW:	40%	
elektrische Gesamtleistung BHKW:	724	kW _{el}
elektrische Leistung nach Abzug Pumpenstrom:	-26	kW _{el}
jährlicher Umsatz (elektrisch):	-210	MWh _{el}

Aufspaltung einmal. Zuschuss

einmaliger Zuschuss als Anteil an Investmentsumme:	18%	
--	-----	--

Aufspaltung Personalkosten

notwendiges Betriebspersonal:	2	Mitarbeiter
Kosten pro Mitarbeiter:	-€ 70.000	

Aufspaltung Inhibierungskosten

notwendige HCl-Menge um Ausfällungen zu verhindern bei 100 l/s:	228	t HCl
jährlich notwendige HCl-Menge gegen Ausfällungen:	182	t HCl
Preis für technische Salzsäure:	90	€/t
Korrosionsinhibitorkosten bei H ₂ S pro Jahr:	-€ 50.000	

Aufspaltung Pumpenstrom

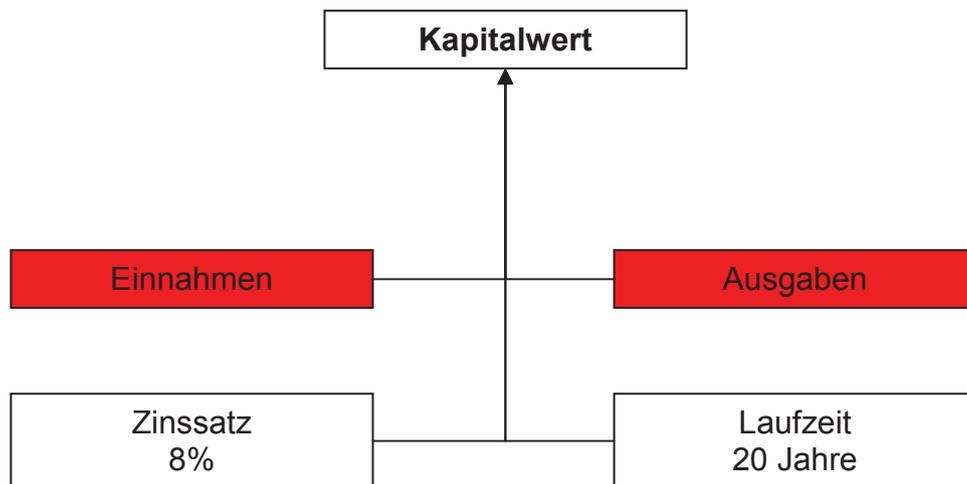
notwendige Leistung für Pumpen:	750	kW _{el}
Anzahl d. Stunden in welchen Strom gekauft werden muss:	760	h
Stromzukaufspreis:	102	€/MWh _{el}
notwendige Energie:	780	MWh _{el}

ANHANG 11

Visualisierung des Modells zur Berechnung des Kapitalwerts

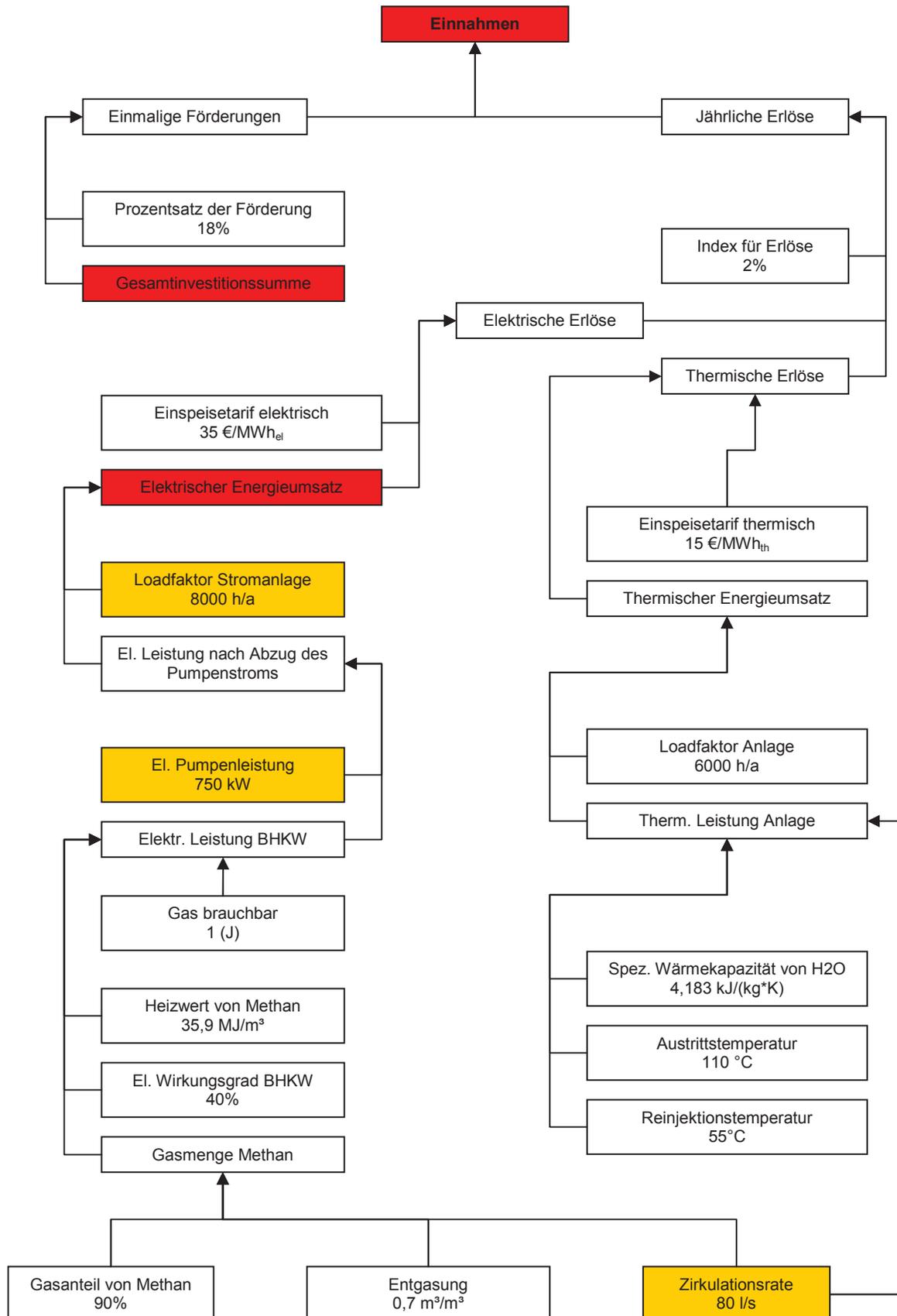
geothermiezentrumaspen BA1

Übersicht Modell Kapitalwertmethode – Teil 1



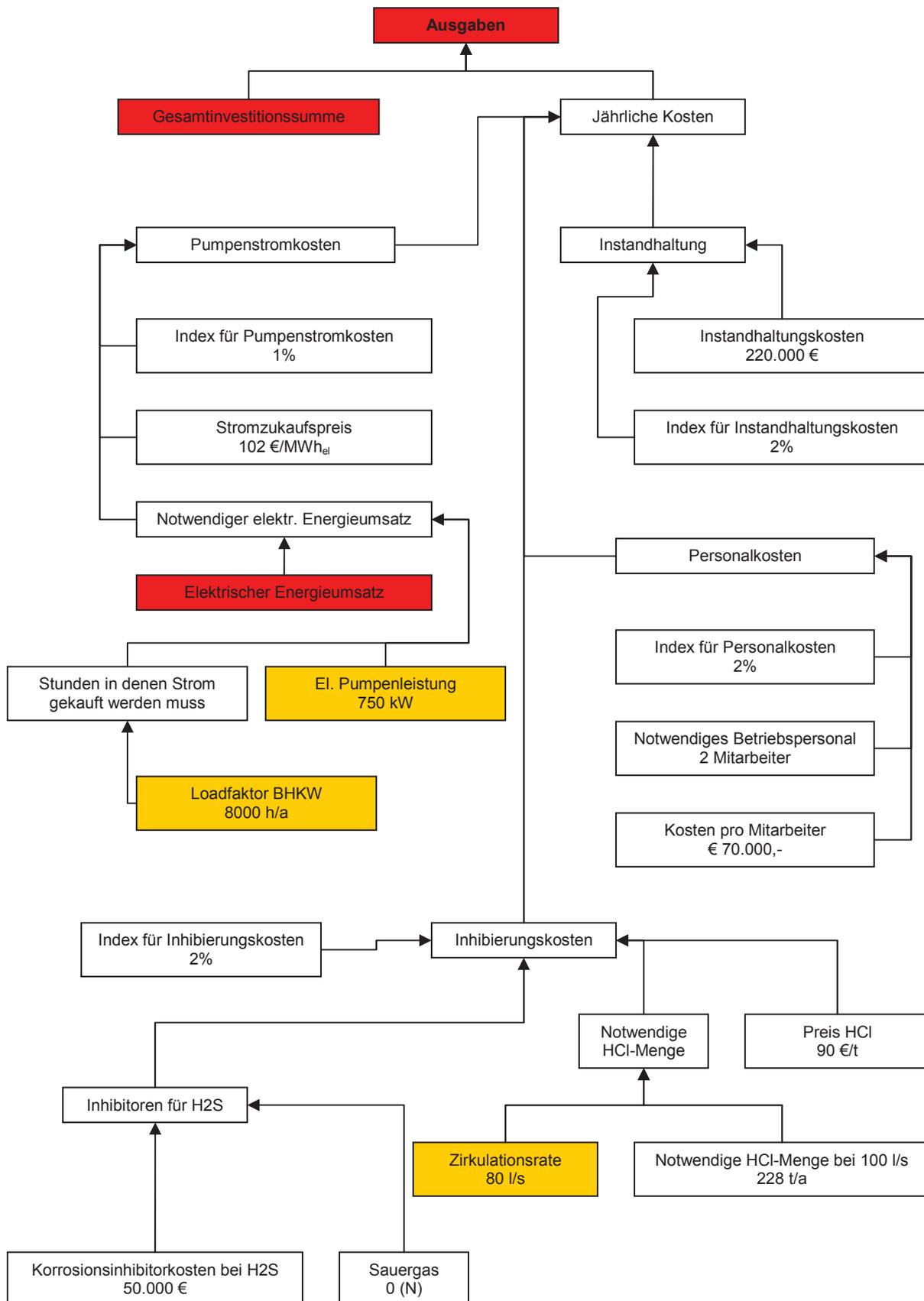
geothermiezentrumasperm BA1

Übersicht Modell Kapitalwertmethode – Teil 2



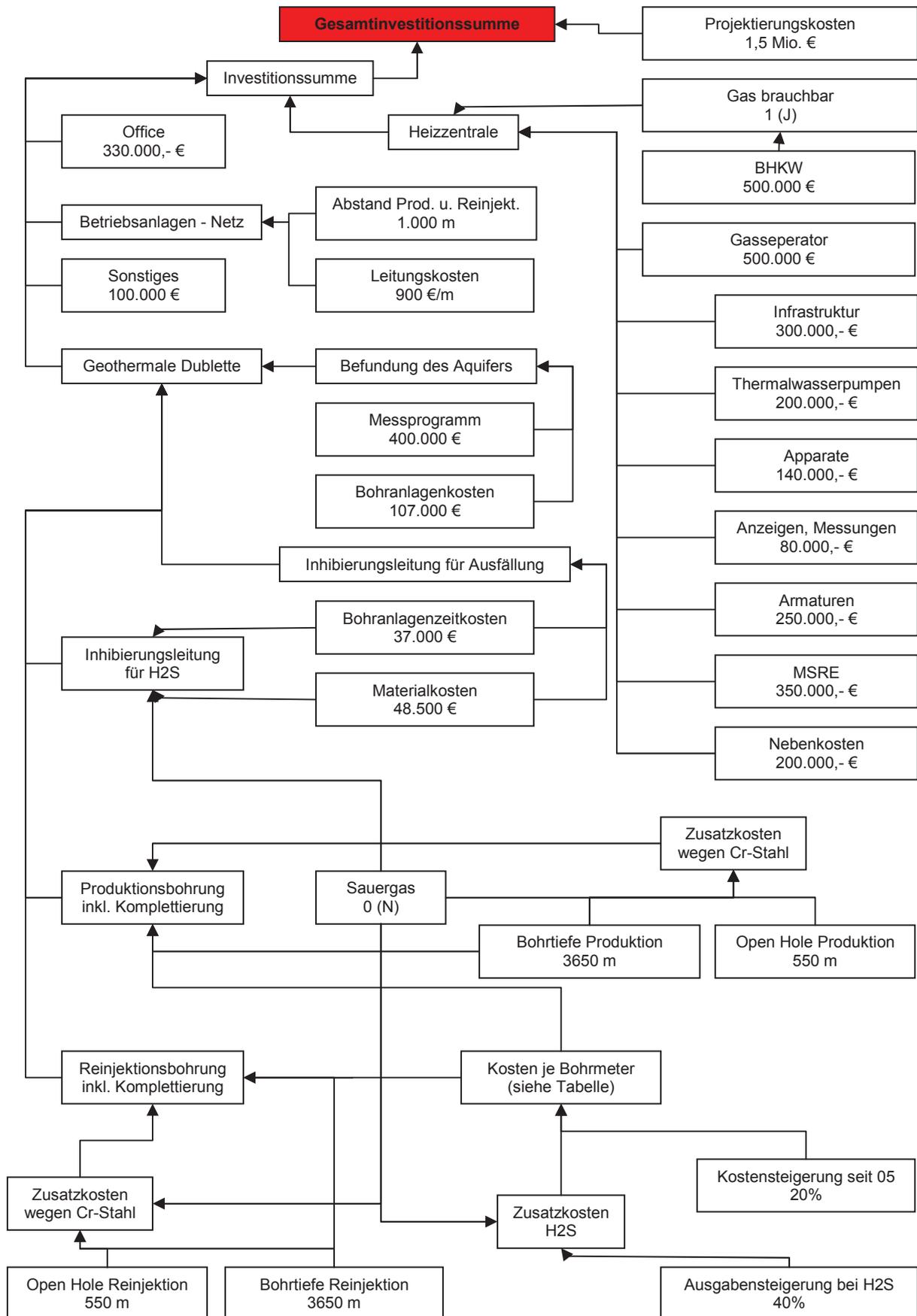
geothermiezentrumasperm BA1

Übersicht Modell Kapitalwertmethode – Teil 3



geothermiezentrumasperm BA1

Übersicht Modell Kapitalwertmethode – Teil 4



ANHANG 12

Daten für die deterministische Sensitivitätsanalyse

Deterministische Sensitivitätsanalyse

	-10%	-5%	0%	5%	10%
Projektierungskosten	1350000	1425000	1500000	1575000	1650000
Kapitalwert	€ 211.570	€ 137.417	€ 63.265	-€ 10.888	-€ 85.041
Zinssatz	0,072	0,076	0,08	0,084	0,088
Kapitalwert	€ 1.031.960	€ 535.949	€ 63.265	-€ 387.464	-€ 817.517
Einspeisetarif thermisch	13,5	14,25	15	15,75	16,5
Kapitalwert	-€ 2.020.618	-€ 978.677	€ 63.265	€ 1.105.206	€ 2.147.147
jährliche Instandhaltungskosten	198000	209000	220000	231000	242000
Kapitalwert	€ 340.031	€ 201.648	€ 63.265	-€ 75.118	-€ 213.501
Laufzeit	18	19	20	21	22
Kapitalwert	-€ 733.819	-€ 323.996	€ 63.265	€ 429.204	€ 774.993
Zirkulationsrate	72	76	80	84	88
Kapitalwert	-€ 2.688.064	-€ 1.312.400	€ 63.265	€ 1.379.491	€ 2.538.574
Index für Erlöse	0,018	0,019	0,02	0,021	0,022
Kapitalwert	-€ 258.142	-€ 98.324	€ 63.265	€ 226.645	€ 391.839
Index für Personalkosten	0,018	0,019	0,02	0,021	0,022
Kapitalwert	€ 90.429	€ 76.922	€ 63.265	€ 49.456	€ 35.494
Index für Inhibierungskosten	0,018	0,019	0,02	0,021	0,022
Kapitalwert	€ 66.450	€ 64.866	€ 63.265	€ 61.645	€ 60.008
Index für Pumpenstromkosten	0,009	0,0095	0,01	0,0105	0,011
Kapitalwert	€ 70.221	€ 66.752	€ 63.265	€ 59.758	€ 56.232
Index für Instandhaltungskosten	0,018	0,019	0,02	0,021	0,022
Kapitalwert	€ 105.952	€ 84.726	€ 63.265	€ 41.566	€ 19.626
Kosten BHKW	450000	475000	500000	525000	550000
Kapitalwert	€ 104.265	€ 83.765	€ 63.265	€ 42.765	€ 22.265
Kosten Gasseperator (inkl. Regulierung)	450000	475000	500000	525000	550000
Kapitalwert	€ 104.265	€ 83.765	€ 63.265	€ 42.765	€ 22.265
sonstige Investitionen	90000	95000	100000	105000	110000
Kapitalwert	€ 71.465	€ 67.365	€ 63.265	€ 59.165	€ 55.065
Bohrtiefe Produktionsbohrung	3285	3467,5	3650	3832,5	4015
Kapitalwert	€ 1.230.331	€ 1.014.937	€ 63.265	-€ 188.944	-€ 1.444.645
Bohrtiefe Reinjektionsbohrung	3285	3467,5	3650	3832,5	4015
Kapitalwert	€ 1.230.331	€ 1.014.937	€ 63.265	-€ 188.944	-€ 1.444.645

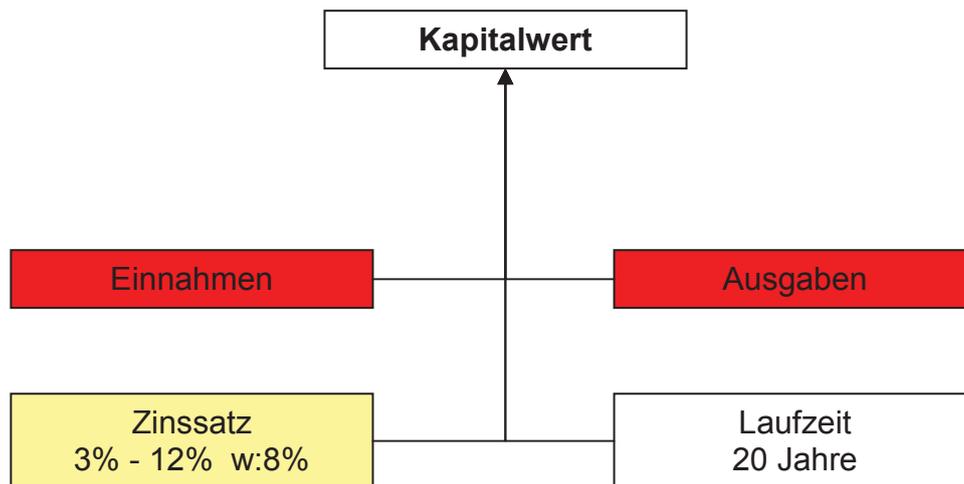
Bohrkostensteigerung seit 2005	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22
Kapitalwert	€ 220.218	€ 141.741	€ 63.265	-€ 15.212	-€ 93.688
Kostensteigerung für Bohrungen bei H2S	0,36	0,38	0,4	0,42	0,44
Kapitalwert	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265
Loadfaktor der thermischen Anlage	5400	5700	6000	6300	6600
Kapitalwert	-€ 2.020.618	-€ 978.677	€ 63.265	€ 1.105.206	€ 2.147.147
Reinjektionstemperatur	49,5	52,25	55	57,75	60,5
Kapitalwert	€ 2.147.147	€ 1.105.206	€ 63.265	-€ 978.677	-€ 2.020.618
Einspeisetarif elektrisch	31,5	33,25	35	36,75	38,5
Kapitalwert	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265
Entgasungswert	0,63	0,665	0,7	0,735	0,77
Kapitalwert	-€ 624.833	-€ 280.784	€ 63.265	€ 347.875	€ 475.344
Gasanteil von Methan	0,81	0,855	0,9	0,945	0,99
Kapitalwert	-€ 624.833	-€ 280.784	€ 63.265	€ 347.875	€ 475.344
Loadfaktor der elektrischen Anlage	7200	7600	8000	8400	8800
Kapitalwert	-€ 624.833	-€ 280.784	€ 63.265	€ 407.314	€ 751.363
Wirkungsgrad BHKW	0,36	0,38	0,4	0,42	0,44
Kapitalwert	-€ 624.833	-€ 280.784	€ 63.265	€ 347.875	€ 475.344
Förderungen in Prozent der Investitionssumme	0,162	0,171	0,18	0,189	0,198
Kapitalwert	-€ 262.932	-€ 99.834	€ 63.265	€ 226.365	€ 389.461
Betriebspersonal	1,8	1,9	2	2,1	2,2
Kapitalwert	€ 239.388	€ 151.327	€ 63.265	-€ 24.797	-€ 112.859
Menge HCl als Inhibierung bei 100 l/sec	205,2	216,6	228	239,4	250,8
Kapitalwert	€ 83.916	€ 73.590	€ 63.265	€ 52.939	€ 42.613
Preis für technische HCl	81	85,5	90	94,5	99
Kapitalwert	€ 83.916	€ 73.590	€ 63.265	€ 52.939	€ 42.613
Korrosionsinhibitorkosten für H2S	45000	47500	50000	52500	55000
Kapitalwert	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265	€ 63.265
Pumpenleistung	675	712,5	750	787,5	825
Kapitalwert	€ 552.333	€ 386.370	€ 63.265	-€ 327.136	-€ 717.537
Stromzukaufspreis	91,8	96,9	102	107,1	112,2
Kapitalwert	€ 155.968	€ 109.616	€ 63.265	€ 16.913	-€ 29.439

ANHANG 13

Visualisierung des Modells für die probabilistische Sensitivitätsanalyse

geothermiezentrumasperm BA1

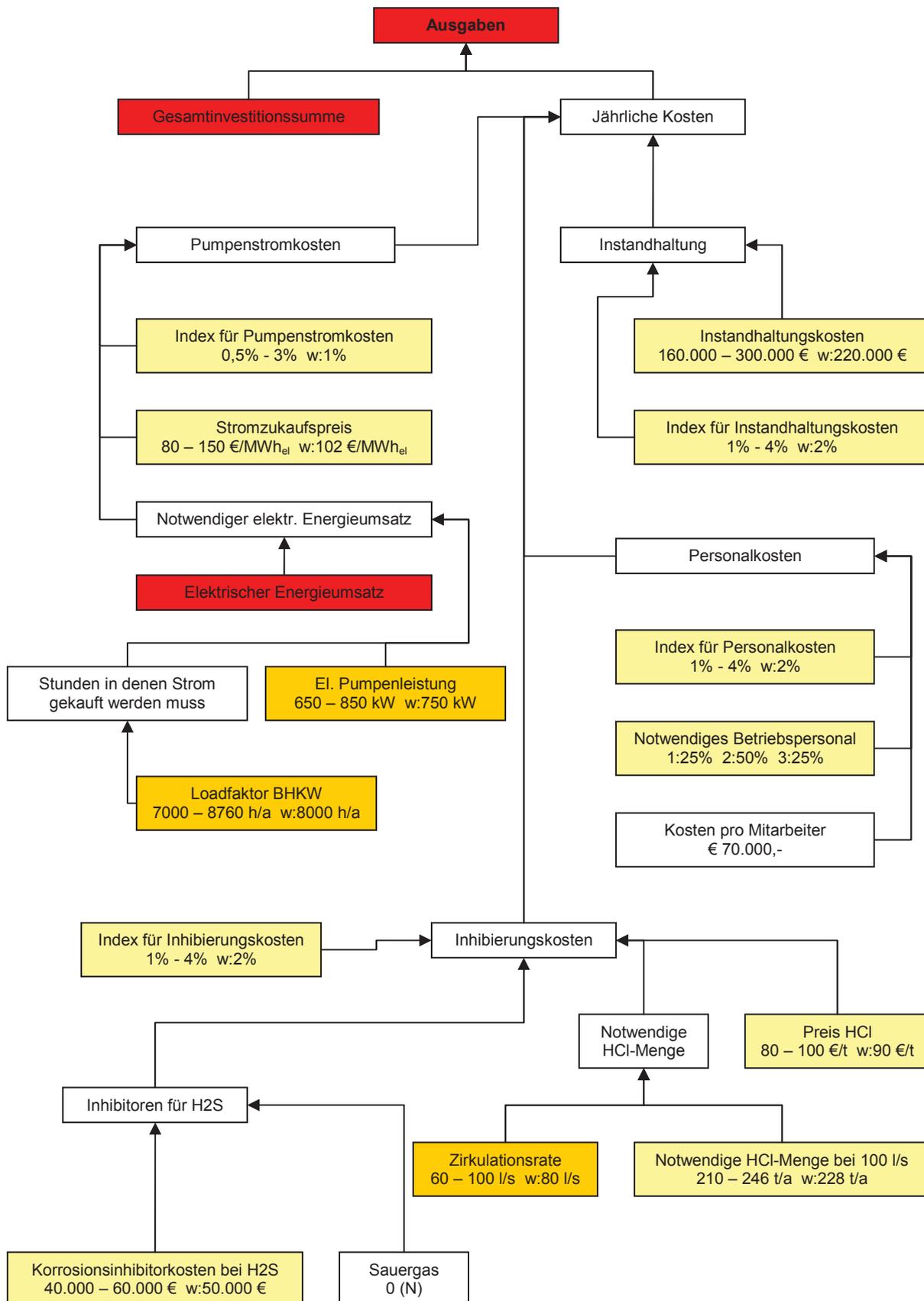
Übersicht Modell Kapitalwertmethode – Teil 1

**Erklärung:**

Rot unterlegte Angaben werden auf einer anderen Seite genauer aufgeschlüsselt. Gelb unterlegte Angaben kennzeichnen Input-Parameter für die Sensitivitätsanalyse. Orange unterlegte Angaben stehen ebenfalls für Input-Parameter, jedoch kommen sie auf mehreren Darstellungen vor.

geothermiezentrumasperm BA1

Übersicht Modell Kapitalwertmethode – Teil 3



geothermiezentrumasperm BA1

Übersicht Modell Kapitalwertmethode – Teil 4

