

Ökologische & ökonomische Bewertung eines konkreten Geothermieprojektes in Gmunden

Masterarbeit
von
Peter Keglovic, Bsc.



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 15.10. 2010

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Ort, Datum

Peter Keglovic

Danksagung

Herrn O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Hubert Biedermann, dem Leiter des Lehrstuhls für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften an der Montanuniversität Leoben, gilt mein besonderer Dank für die Betrauung mit dieser Arbeit und die Betreuung derselben.

Seitens der Stadt Gmunden bedanke ich mich stellvertretend bei Herrn Stadtrat Wolfgang Sageder und Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont Christian Schmid, für das Zustandekommen der Masterarbeit sowie für die Hilfe bei der Durchführung der Planungsarbeiten.

Seitens der Energie AG und der Kelag möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. Dr. Josef Füreder, Herrn Ing. Gerhard Burgstaller und Herrn Dipl.-Ing. Josef Postl für die tatkräftige Unterstützung sowie für das zurverfügunggestellte Datenmaterial, herzlich bedanken.

Meinem Betreuer Dipl.-Ing. Alexander Rabengruber gilt ebenfalls mein Dank für die zahlreichen Anregungen und Denkanstöße während stundenlanger Telefonate sowie seiner Kompetenz in allen Belangen.

Schließlich bedanke ich mich besonders bei allen mir nahe stehenden Menschen, insbesondere meinen Eltern und meiner Freundin Lisa für Geduld und Nachsicht.

Abstract

Geothermale Energie birgt aus der Sicht des Klimaschutzes eine interessante Alternative zu den fossilen Energieträgern. Tiefe Erdwärme rückt dadurch immer stärker in das Interesse der europäischen Energiestrategie.

Die vorliegende Masterarbeit hat zum Ziel eine ökologische und ökonomische Bewertung eines konkreten kommunalen Geothermieprojektes in der oberösterreichischen Stadt Gmunden durchzuführen. Dabei ist auch auf das Geothermiepotential und deren Nutzungsmöglichkeiten einzugehen. Die Ergebnisse dieser Analyse sollen in Form eines Businessplans dargestellt werden.

Der erste Teil der Arbeit umfasst eine Literaturrecherche zu den Themen tiefe Geothermie und Businesspläne. Hierbei wird einerseits auf die technischen, geologischen, ökologischen sowie gesetzlichen Aspekte der tiefen Geothermie und andererseits den allgemein gültigen Aufbau bzw. die Planung und Aspekte eines Businessplans eingegangen.

Im zweiten, dem empirischen Teil der Masterarbeit wird der Businessplan des Geothermieprojektes Gmunden präsentiert. Es wird dabei auf die Grundbausteine eines erfolgreichen Geothermieprojektes eingegangen und anhand des Geothermieprojektes Gmunden erläutert. Das Ergebnis ist ein speziell auf ein kommunales hydrothermales Geothermieprojekt ausgerichteter Businessplan.

Die Ergebnisse der ökologischen Bewertung zeigen vor allem ein großes Einsparungspotential bei den CO₂-Emissionen, da in Gmunden die Wärmeversorgung im Wesentlichen über Erdgas erfolgt. Die ökonomische Bewertung erfolgte mit großen Sicherheiten auf der Kostenseite und einer minimalen Abnehmerstruktur auf der Einnahmeseite. Somit wurde im Rahmen der Wärmebedarfsermittlung der Stadt nur eine erste Ausbaustufe mit überwiegend Großabnehmer berücksichtigt.

Aus derzeitiger Sicht erscheint eine Umsetzung des Projektes noch nicht sinnvoll, aber unter geänderten Rahmenbedingungen, die in den kommenden Jahren durchaus zu erwarten sind, stellt die Geothermie eine interessante Alternative für Gmunden dar.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	v
Abkürzungsverzeichnis	vi
1 Einleitung	1
2 Geothermie.....	2
2.1 Grundlegendes zur Geothermie.....	2
2.2 Erdwärmevorkommen.....	4
2.2.1 Oberflächennahe Geothermie	4
2.2.2 Tiefe Geothermie.....	4
2.3 Technische Verfahren zur Nutzung tiefer Geothermie	5
2.3.1 Hot Dry - Rock Verfahren	5
2.3.2 Tiefe Erdwärmesonden.....	5
2.3.3 Hydrothermale Geothermie	5
2.4 Geologische & chemisch - physikalische Grundlagen.....	7
2.4.1 Geologische Bedingungen.....	7
2.4.2 Chemisch - physikalische Eigenschaften	7
2.5 Systemkomponenten bzw. Thermalwasserkreislauf	9
2.5.1 Untertage Systemkomponenten	9
2.5.2 Übertage Systemkomponenten	9
2.6 Art der Nutzung von Thermalwasservorkommen	13
2.6.1 Balneologische Nutzung	13
2.6.2 Energetische Nutzung	14
2.7 Geothermie in Österreich.....	17
2.7.1 Oberösterreichische Molassezone.....	17
2.8 Ökologische Komponente der Geothermie	19
2.9 Gesetzliche Rahmenbedingungen	20
2.9.1 Wasserwirtschaftliche Grundsätze.....	21
2.9.2 Wasserwirtschaftliche Entwicklung	21
3 Businessplan	23
3.1 Allgemein.....	23
3.2 Wesentliche Aspekte eines Businessplans	24
3.2.1 Definitionen „Businessplan“	24

3.2.2	Hauptziele eines Businessplans	25
3.2.3	Nutzen eines Businessplans.....	25
3.2.4	Anwendungen eines Businessplans	26
3.2.5	Typen von Businessplänen.....	27
3.3	Aufbau eines Businessplan	29
3.3.1	Bestandteile eines Businessplans	30
3.4	Die Planung eines Businessplan	46
4	Businessplan Geothermieprojekt Gmunden.....	48
4.1	Executive Summary.....	48
4.2	Vision & Marktpotential	51
4.2.1	Versorgungssicherheit.....	51
4.2.2	Ökologischer Aspekt.....	51
4.2.3	Preisstabilität.....	52
4.2.4	Marktpotential.....	53
4.3	Versorgungsziel.....	54
4.4	Projektphasen.....	56
4.5	Geologische Machbarkeitsstudie	58
4.5.1	Geologische Machbarkeitsstudie Gmunden.....	59
4.6	Politische & gesetzliche Rahmenbedingungen	60
4.6.1	EU Energiepolitik.....	60
4.6.2	Rechtliche Grundsätze	62
4.7	Organisation & Finanzierungskonzept	63
4.7.1	Projektteam	63
4.7.2	Organisationsformen	64
4.7.3	Finanzierungskonzept - Public Private Partnership.....	64
4.7.4	Förderungen.....	65
4.8	Technische Beschreibung der Anlage	66
4.8.1	Dubletten-Bohrung Gmunden	66
4.8.2	Heizzentrale	68
4.8.3	Fernwärmenetz - erste Ausbaustufe.....	68
4.9	Wärmepotential & Wärmebedarf.....	70
4.9.1	Geothermisches Potential.....	70
4.9.2	Wärmebedarf.....	71
4.10	Dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse	74
4.10.1	Investitionsausgaben.....	74
4.10.2	Betriebs- und Instandhaltungskosten.....	76
4.10.3	Wärmeerlös	77

4.10.4 Resultate der dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse	78
4.11 Sensitivitätsanalyse des Geothermieprojektes Gmunden	81
4.12 Risikomanagement.....	85
4.12.1 Risikoanalyse Gmunden.....	86
5 Zusammenfassung und Resümee	90
6 Literaturverzeichnis.....	93
Anhang A	97
Anhang B	98
Anhang C	100

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erdwärmenutzung und Temperatur-Tiefenverteilung	3
Abbildung 2: Geothermische Dubletten	6
Abbildung 3: Poren-, Kluft- und Karstspeicher	7
Abbildung 4: Jahresganglinie eines Abnehmersystems	11
Abbildung 5: Ring-, Maschen- und Strahlennetz.....	12
Abbildung 6: Prinzipschaltbild einer ORC - Anlage	15
Abbildung 7: Karte mit Erdtemperaturen und Kraftwerken	17
Abbildung 8: Aufbau eines Businessplans.....	29
Abbildung 9: Wesentliche Elemente eines Executive Summary	31
Abbildung 10: Umsetzung von der Geschäftsidee zum Geschäftsmodell	32
Abbildung 11: Portfolioanalyse	35
Abbildung 12: Branchenstrukturmodell nach Porter.....	37
Abbildung 13: SWOT – Analyse	38
Abbildung 14: Marketing - Mix	39
Abbildung 15: Finanzplanung	43
Abbildung 16: Projektphasen bei der Erstellung eines Businessplans	46
Abbildung 17: Phasen einer Businessplanerstellung	47
Abbildung 18: Heizöl und Erdgas vs. Geothermiepreise	52
Abbildung 19: Hydrothermale Geothermie in Österreich – Bestand und Potential	53
Abbildung 20: Wertschöpfungskette eines tiefen Geothermieprojekts	57
Abbildung 21: EU Vorgaben und Ziele bzw. Strategien	61
Abbildung 22: Mögliche Teamstruktur	63
Abbildung 23: Dublettenbohrung Gmunden.....	66
Abbildung 24: Geologisch-bevorzugtes Bohrgebiet in Gmunden.....	67
Abbildung 25: Hauptleitung West-Süd und Hauptleitung Ost-Süd	68
Abbildung 26: Schematische Anlagendarstellung für Gmunden	69
Abbildung 27: Übliche geordnete Jahresganglinie.....	71
Abbildung 28: Jahresganglinie Gmunden	72
Abbildung 29: Aufteilung Investitionsausgaben	75
Abbildung 30: Aufteilung Betriebs- und Instandhaltungskosten	76
Abbildung 31: Wärmepreismodell Gmunden	77
Abbildung 32: Entwicklung Indizes	79
Abbildung 33: Spiderdiagramm 1	82
Abbildung 34: Siderdiagramm 2	83
Abbildung 35: Spiderdiagramm 3	84
Abbildung 36: Ergebnis Risikoanalyse für Kapitalwert	88
Abbildung 37: Ergebnis Risikoanalyse für internen Zinssatz.....	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation von Thermalwässern in Mitteleuropa	14
Tabelle 2: Geothermische Wärmeversorgung in Oberösterreich (Stand 2003)	18
Tabelle 3: Temperaturabhängige Nutzungsmöglichkeiten	54
Tabelle 4: Nieder- und Hochtemperaturnutzung	58
Tabelle 5: Ergebnisse der dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse	80
Tabelle 6: Risikofaktoren und Absicherungsfaktoren	86
Tabelle 7: Minimal-, Maximal und Modalwerte Risikoparameter	87

Abkürzungsverzeichnis

f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
S.	Seite
et al.	et alteri oder et alii = und andere
vgl.	Vergleiche
Zit. nach	zitiert nach
Aufl.	Auflage

1 Einleitung

Durch die allmähliche Erschöpfung der fossilen Energieträger, dem Anstieg der Energiepreise und des Energieverbrauches, des damit verbundenen CO₂ Ausstoßes und der daraus resultierenden Problematik des Klimawandels, rücken regenerative Energieformen immer stärker in den Vordergrund.

Die Geothermie gewinnt, bei der Versorgung von Gemeinden bzw. Kommunen, zukünftig mehr an Bedeutung und stellt in Oberösterreich ein großes Potential dar. Bereits in sechs Gemeinden Oberösterreichs sind geothermische Anlagen zur Energiegewinnung in Betrieb.

Aufgrund der stattfindenden Diskussion zum Aufbau eines Fernwärmenetzes in Gmunden, hat die Stadt beschlossen eine Studie hinsichtlich des Geothermiepotentials und deren Nutzungsmöglichkeiten in Gmunden im Rahmen einer Masterarbeit am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften an der Montanuniversität Leoben durchzuführen zu lassen.

Mein Interesse an alternativen Energieformen und die Tatsache, dass ich im Bezirk Gmunden aufgewachsen bin bewegten mich diese Masterarbeit anzunehmen und mich ihr mit vollem Enthusiasmus zu widmen.

Ziel der Arbeit und Ausführung des praktischen Teils, war die Erstellung eines Businessplans für das Geothermieprojekt Gmunden. Dabei sollte, aufbauend auf einer vorwiegend geologischen Machbarkeitsstudie, der ökonomische und ökologische Aspekt einer hydrothermalen Energienutzung in Gmunden im Mittelpunkt stehen. Im Businessplan wurde aber auch auf politische, finanzielle sowie organisatorische Aspekte und Rahmenbedingungen eingegangen.

Um eine wirtschaftliche Bewertung des Projektes zu ermöglichen wurde eine Abnehmerpotentialanalyse für den Raum Gmunden durchgeführt. Anschließend konnte durch die Festlegung eines Fernwärme-Netzes und eines möglichen Bohrplanes die Kostenstruktur dieses Projektes ermittelt werden. Durch eine Sensitivitäts- und Risikoanalyse wurden abschließend die kritischen Parameter des Projektes ermittelt und analysiert.

Um einen Businessplan auf ein kommunales hydrothermales Geothermieprojekt anzupassen, müssen die Bedingungen einer solchen Energieversorgung mit dem eines standardisierten Businessplans verknüpft werden. Der erste Teil der theoretischen Ausführung in der Masterarbeit beschäftigt sich deshalb mit den technischen, geologischen, ökologischen und gesetzlichen Aspekten der tiefen Geothermie. Im zweiten Teil wird der, laut Literatur, allgemein gültiger Aufbau bzw. die Planung und Aspekte eines Businessplans behandelt.

Der Businessplan bildet die Grundlage für Verhandlungsgespräche mit potentiellen Partnern und Geldgebern und auch für die interne Strategie- und Planungskonzepte der Gemeinde Gmunden.

Diese Arbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Stadt Gmunden, den Energieversorger *Energie AG* und der *Kelag* durchgeführt.

2 Geothermie

Neben der Sonnenenergie, der Windenergie, der Wasserkraft und der Biomasse stellt die in der Erde gespeicherte Wärme – Erdwärme – eine weitere Form einer regenerativen Energiequelle dar.

In dem nun folgenden Kapitel werden die Grundlagen dieses Energieangebotes dargestellt und diskutiert. Dabei wird neben den verschiedenen Arten und Anwendungsformen geothermaler Energie, auch die einzelnen Komponenten, die eine Erschließung und Nutzung dieser Vorkommen ermöglichen, beschrieben. Abschließend wird noch auf gesetzliche und ökologische Aspekte, die beim Einsatz dieser Energieform zum Tragen kommen, eingegangen.

2.1 Grundlegendes zur Geothermie

Das Regelblatt 215 des österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) definiert Geothermie bzw. Erdwärme als die Lehre von der Gesetzmäßigkeit der Wärmeverteilung und des Wärmeflusses in der Lithosphäre.¹

Umgangssprachlich wird die Geothermie als die in der Erde gespeicherte Energie verstanden. Der Wärmestrom der vom Erdinneren an die Oberfläche dringt, ist als Resultat dreier verschiedener Energiequellen zu sehen:

- Die Energie die noch von der vorhandenen Ursprungswärme vor der Entstehung der Erde stammt,
- Die im Erdinneren gespeicherte Energie, die von der Gravitationsenergie während der Erdenstehung vor 4,6 Mrd. Jahren resultiert,
Die Energiequelle, die vom Isotopenzerfall der natürlichen radioaktiven Isotopen herrührt. Sie bildet sich permanent neu.

Die Temperatur der Erdoberfläche ist abhängig von der Sonneneinstrahlung und ist bis zu einer Tiefe von ca. 20 m begrenzt. Da der Boden allgemein eine schlechte Wärmeleitungseigenschaft besitzt ist in dieser Tiefe kein Einfluss der Sonne mehr nachzuweisen.²

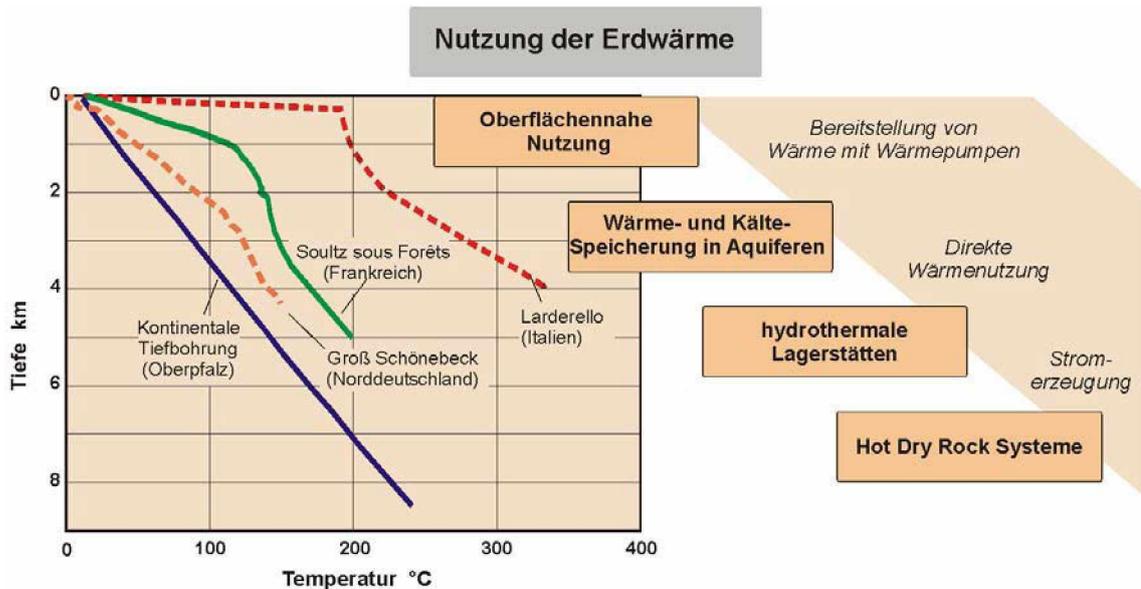
Unterhalb der beschriebenen Grenze nimmt die Temperatur mit der Tiefe im Normalfall stetig zu. Aufgrund verschiedener geologischer Parameter, wie Gesteinseigenschaften und Geodynamik, kann sie je nach Region stark variieren (siehe Abbildung 1).

Der gleichmäßige Anstieg der Temperatur in der äußeren Erdkruste beträgt durchschnittlich 30° C/km. Dies wird als der geothermische Temperaturgradient bezeichnet und kann als grober Richtwert für Mitteleuropa angesetzt werden.³

¹ Vgl. ÖWAV 215, S. 74

² Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S.9 ff.

³ Vgl. Kaltschmitt et al. (1997), S. 102

Abbildung 1: Erdwärmennutzung und Temperatur-Tiefenverteilung⁴

Wie bereits erwähnt, ergibt sich die Gesamtwärme der Erde aus der Summe der Wärme die sich vor bzw. während der Entstehung der Erde gebildet hat und durch den Zerfall radioaktiver Elemente. Sie beträgt gegenwärtig zwischen 12 und 24×10^{30} Joule und übersteigt damit den jährlichen Energiebedarf der Erde um ca. ein 30-millardenfaches ($38,2 \cdot 10^{19}$ /a Weltprimärenergieverbrauch im Jahr 2001/BP 2002).

In der äußeren Erdkruste, bis in eine Tiefe von 10 km befinden sich ca. 10^{26} Joule. Bei einer durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeit des Gesteins lässt sich daraus ein an die Erdoberfläche dringender Wärmestrom von rund 65 mW/m^2 bestimmen.⁵

Die Verwendung von Erdwärme hat bereits eine lange Geschichte. Die älteste und wahrscheinlich am meist verbreitete Anwendung, ist die in Bädern und Kurorten. Die Erzeugung von Strom aus Erdwärme, unter der Verwendung von Dampf wurde das erste Mal am Anfang des 20. Jahrhunderts erfolgreich durchgeführt.⁶

Die Erdwärme – die gesamte unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Wärme – kann auf unterschiedliche Art und Weise genutzt werden.

In der nun folgenden Ausführung werden die verschiedenen Arten geothermaler Vorkommen beschrieben.

⁴ Quelle: Herzog (2005), S. 5

⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 10

⁶ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 15 ff.

2.2 Erdwärmevorkommen

Grundsätzlich lassen sich die technisch nutzbaren Erdwärmevorkommen in oberflächennahe Vorkommen und in Vorkommen des tiefen Untergrunds unterscheiden.⁷

Auf die oberflächennahe Geothermie wird in dieser Diplomarbeit nur kurz eingegangen, da für den betrachteten Standort Gmunden ausschließlich tiefe, insbesondere die hydrothermale Geothermie von Bedeutung ist.

2.2.1 Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie erstreckt sich über die oberen wenigen von hundert Metern und kann bis zu maximal 20° erreichen.⁸

Dem ÖWAV ist zu entnehmen, dass zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie grundsätzlich verschiedene Anwendungsformen zur Verfügung stehen:

- Thermische Nutzung des Grundwassers z.B. mittels Wärmepumpe
- Erdwärmekollektoren
- Erdwärmesonden
- Sonderformen wie z.B. Erdwärmekörbe⁹

2.2.2 Tiefe Geothermie

Bei der Geothermie des tiefen Untergrunds kann man folgende verschiedene Energievorkommen unterscheiden:

- Hydrothermale Vorkommen
- Heiße, trockene Gesteine
- Magmavorkommen

Heiße bzw. trockene Gesteine umfassen ein weites Spektrum an Formationen. Zu ihnen zählen bereits Gesteinsschichten, die nicht über genügend natürlich vorhandenes Wasser verfügen. Diese Vorkommen, mit unterschiedlichen Wasseranteilen und Durchlässigkeiten, zählen heute zu dem größten Potential geothermischer Energie.

Hydrothermale Energievorkommen zeichnen sich durch das Vorhandensein einer stark wasser- bzw. dampfführenden Gesteinsschicht aus. Diese Art von Lagerstätten lassen sich weiters in hydrothermale Nieder- und Hochdrucklagerstätten unterteilen.

Niederdrucklagerstätten weisen Warmwasservorkommen (Temperaturen bis 100° C) und Heißwasservorkommen (Temperaturen über 100° C) sowie Nassdampf und Heiß- oder Trockendampfvorkommen (Temperaturen von 150 bis 250° C) auf. Hydrothermale Hochdrucklagerstätten enthalten im Gegensatz dazu Heißwasser vermischt mit Gas (Methan). Hierbei werden durch tektonische Bewegungen Gesteinspakete in die Tiefe abgesenkt. Das in dem porösen Gestein befindliche Wasser und Gas wird dabei den Temperatur- und Druckverhältnissen, die in der Tiefe herrschen, ausgesetzt.

⁷ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 41

⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. (1997), S. 105

⁹ Vgl. ÖWAV Regelblatt 207 (2008), S. 5

Magmavorkommen findet man in der Nähe von tektonischen aktiven Zonen, und befinden sich in Tiefen von 3 bis 10 km. Die Erschließung derartiger Systeme ist jedoch technologisch anspruchsvoll.¹⁰

2.3 Technische Verfahren zur Nutzung tiefer Geothermie

Die thermische Nutzung von tiefer Geothermie unterscheidet sich von der oberflächennahen Erdwärme neben der Tiefe auch hinsichtlich des deutlich höheren Temperaturniveaus. Die Nutzbarmachung hängt neben den geothermischen auch von den geologischen, hydrogeologischen und geophysikalischen Bedingungen im Untergrund ab und kann dabei mit einer Vielzahl unterschiedlicher Techniken erschlossen werden.¹¹

Im Folgenden wird detailliert auf die Möglichkeit einer Nutzung hydrothermalen Erdwärmes, eine Nutzung mittels der Hilfe einer tiefen Erdwärmesonde und einer Nutzung trockener Formationen durch das *Hot Dry-Rock* Verfahren eingegangen.

2.3.1 Hot Dry - Rock Verfahren

Beim Hot Dry – Rock (HDR) - Verfahren werden mittels hohem Wasserdruck künstliche Risse im Gestein geschaffen („gefract“). Über diese Verbindung zwischen den Bohrungen wird Wasser erwärmt und über die Produktionsbohrung zu Tage gefördert. Der Untergrund fungiert somit als riesiger Wärmetauscher. Das HDR - Verfahren eignet sich aufgrund der hohen Temperaturen und der großen thermischen Leistung zur geothermischen Stromerzeugung.¹²

2.3.2 Tiefe Erdwärmesonden

Tiefe Erdwärmesonden sind in Tiefbohrungen eingebrachte Rohrbündel, in denen flüssiges bzw. gasförmiges Wärmeträgermedium durch ein äußeres Rohr in die Tiefe geleitet, dort durch die Umgebung erhitzt und über ein inneres isoliertes Rohr wieder an die Oberfläche gefördert wird. Sie werden zur Wärmegewinnung eingesetzt und können nahezu überall installiert werden. Großen Anklang findet diese Art von thermischer Energiegewinnung in Projekten, in denen auf ein mittleres Temperaturniveau bis ca. 60° C Vorlauf Wert gelegt wird.¹³

2.3.3 Hydrothermale Geothermie

Bei der hydrothermalen Geothermienutzung werden warm- oder heißwasserführende Aquifere direkt angebohrt. Das ÖWAV Regelblatt 215 definiert Aquifer als ein Teil einer Schichtfolge, die ausreichend durchlässiges Material enthält, um Grundwasser leiten und speichern zu können (zu dt. Grundwasserleiter).¹⁴

¹⁰ Vgl. Kaltschmitt et al. (1997), S. 46 f.

¹¹ Vgl. Kaltschmitt et al. (1997), S. 47

¹² Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 22

¹³ Vgl. Werner (2009), S. 63

¹⁴ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 70

Das heiße Thermalwasser wird dann weiters mittels einer Sonde (Produktionsbohrung) an die Oberfläche gefördert und über einen Wärmetauscher geleitet um die im Wasser gespeicherte Wärme zu entziehen. Anschließend wird das abgekühlte Wasser wieder über eine Injektionsbohrung in den Aquifer zurück verpresst.¹⁵

Die Förderung und Rückführung von Thermalwasser (Produktionsbohrung und Injektionsbohrung) und die Verwendung des Wassers als Speicher- und Transportmedium wird als geothermische Dublette bezeichnet (siehe Abbildung 2).

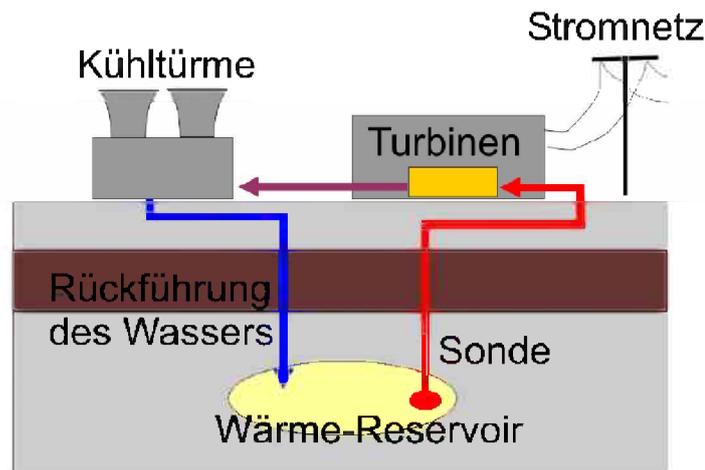


Abbildung 2: Geothermische Dubletten¹⁶

Diese aus der Tiefe gewonnene Energie kann ins Nah- und Fernwärmenetz eingespeist oder zur Stromproduktion genutzt werden.

¹⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 129

¹⁶ Quelle: URL:<http://www.geothermie.de/wissenswelt/glossar-lexikon/d/dublette-geothermische.html> (01.11.2009)

2.4 Geologische & chemisch - physikalische Grundlagen

Ziel der folgenden Ausführung ist eine Darstellung der geologischen und chemisch-physikalischen Grundlagen von tiefen geothermalen Vorkommen.

2.4.1 Geologische Bedingungen

Eine geologische Voraussetzung für die effiziente Nutzung von Thermalwasservorkommen ist das Vorhandensein einer ergiebigen wasserführenden Gesteinsschicht. Diese so genannten Nutzhorizonte sind Gesteinstypen, die sich in ihrer strukturellen Eigenschaft, in der zeitlichen Anlage des Speicherraums und in der regionalen Verbreitung unterscheiden. Dabei handelt es sich grundsätzlich um (siehe Abbildung 3):

- Porenspeicher
- Kluftspeicher
- Karstspeicher¹⁷



Abbildung 3: Poren-, Kluft- und Karstspeicher¹⁸

Porenspeicher sind in der Regel primär poröse und mit Schichtwasser gefüllte Gesteine in denen das Wasser in den Poren zirkuliert. Sie zeichnen sich durch beträchtliche intergranulare Porenräume aus.

Im Gegensatz dazu sind Kluft- und Karstspeicher in der Regel sekundär geklüftete und/oder kavernöse Speichergesteine, die primär kleine Hohlräume aufweisen und in denen erst in sekundär gebildeten Hohlräumen größere Thermalwassermengen akkumulieren konnten.¹⁹

Das Wasser zirkuliert dabei in Kluftgrundwasserleitern auf Trennfugen und in Karstgrundwasserleitern in zusammenhängenden Hohlräumen.²⁰

2.4.2 Chemisch - physikalische Eigenschaften

Die Existenz eines Aquifer mit einer annähernd großen Wasserführung ist die Voraussetzung für die technische Nutzbarmachung von geothermalen Vorkommen. Dabei sind die Porosität, die Permeabilität (Wasser-Durchlässigkeit) und die Nettomächtigkeit des Trärgesteins maßgebliche Faktoren.²¹

¹⁷ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 48

¹⁸ Quelle: Kaltschmitt et al. (1999), S. 42

¹⁹ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 48 f.

²⁰ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 42

²¹ Vgl. Kaltschmitt et al. (1997), S. 108

Unter Porosität wird das Verhältnis von Hohlraumvolumen zu Gesamtvolumen des Gesteins verstanden. Jene Hohlraumanteile die untereinander verbunden sind werden als effektive Porosität bezeichnet.

Für einen hohen Volumenstrom und die Gewährleistung einer langfristig stabilen Förderung benötigt man ausreichend mächtige, hochporöse und sehr gut permeable Speichergesteine. Eindeutige Grenzwerte für diese Parameter lassen sich jedoch immer nur für konkrete standortspezifische Bedingungen ableiten.²²

Abgesehen von diesen Parametern ist für eine direkte Nutzung des Thermalwasservorkommens eine ausreichende Schüttung der Förderbohrung zu gewährleisten. Als Richtwert für die zur Verfügung stehenden Wassermenge wird eine Menge von minimal zehn Liter pro Sekunde definiert. Förderraten unter dieser Grenze werden als kaum wirtschaftlich angesehen.

Neben der zur Verfügung stehenden Fördermenge, sind die Temperatur, die Mineralisation und die Temperaturspreizung für die wirtschaftliche Verwendung von Thermalwasservorkommen wesentlich. Hinsichtlich der Temperatur liegt die Untergrenze bei ca. 40 ° Celsius.²³

Temperatur und Mineralisation sind im Gegensatz zur Temperaturspreizung bereits durch das Vorkommen gegeben. Nach dem ÖWAV Regelblatt 215 wird die Temperaturspreizung als das genutzte Temperaturintervall bei der geothermischen Nutzung verstanden und hängt im Wesentlichen von der Verwendung der Ressource ab.²⁴

Um die maximal mögliche Temperaturspreizung zu erreichen und dabei dem Thermalwasser die größtmögliche Energie zu entziehen wird eine vollständige Kaskadennutzung eingesetzt. Es lassen sich hierbei wirtschaftliche Kriterien definieren:

- Stromerzeugung über Dampfturbine > 150° C
- Stromerzeugung mit Hilfe von Niedertemperaturprozessen 95 – 120° C
- Fernwärme für Altbestand 85 – 110° C
- Fernwärme bei Niedertemperaureauslegungen 55 – 85° C
- Industrielle Trocknungsprozesse 45 – 70° C
- Wärmenutzung für Fischerei, Landwirtschaft 15 – 25° C
- Eisfreihaltung von öffentlichen Flächen, punktuelle Wärmenutzungen unter Verwendung von Wärmepumpen 10 – 25° C²⁵

Es ist anzumerken, dass die hier angeführten Temperaturbereiche nicht als absolute Grenzen anzusehen sind. Sie können den entsprechend Anforderungen sowohl nach oben als auch nach unten verschoben werden.

Um die größtmögliche Energiemenge pro Kubikmeter geförderten Thermalwassers zu gewinnen muss die Anlage so ausgelegt werden, dass eine größtmögliche Temperaturspreizung erreicht wird. Dadurch wird die Menge des zu produzierenden Thermalwassers reduziert und der notwendige Energieeinsatz (Pumpenergie) für den Betrieb der Anlage minimiert.²⁶

²² Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 42

²³ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 14 f.

²⁴ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 78

²⁵ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 16

²⁶ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 34

Neben den Investitionsausgaben für die Bohrung und anderweitiger Infrastruktur entscheiden die Temperatur, die Mineralisation und die Menge des geförderten Thermalwassers über die Wirtschaftlichkeit geothermischer Projekte.²⁷

2.5 Systemkomponenten bzw. Thermalwasserkreislauf

Die Erschließung und die Gewinnung von geothermalen Vorkommen erfordert ebenso wie ihre Verteilung eine spezielle Systemtechnik, die im Folgenden getrennt als untertage und übertage Systemkomponenten beschrieben werden.

2.5.1 Untertage Systemkomponenten

Durch den Untertageteil des Thermalwasserkreislaufs wird dem Speichergestein das Thermalwasser entzogen um dadurch eine energetische Nutzung zu ermöglichen.²⁸

Die untertage Systemkomponenten setzen sich hauptsächlich aus den Bohrungen einschließlich Komplettierung und der Produktionspumpe zusammen.

Die Herstellung der Produktions- und Reinjektionssonden beruht grundsätzlich auf den gleichen Bohrtechniken die in der Erdöl-, Erdgas- und der Wassergewinnung eingesetzt werden. Als Komplettierung wird hierbei die Verrohrung, Zementierung und der übertage Abschluss des Bohrlochs verstanden.²⁹

Herrschen nach Aufschluss des Untergrunds durch die Bohrung keine arthesischen Verhältnisse (d.h. Druck im Speichergestein ist geringer als hydrostatischer Druck), ist der Einsatz von Tiefpumpen zur Förderung des Thermalwassers notwendig. Die Einbautiefe der Pumpe hängt vom dynamischen Wasserspiegel ab, der sich durch den Pumpvorgang ergibt. Neben Unterwasserpumpen, Gestängepumpen oder Turbopumpen kann eine Förderung auch mit dem *Air Lift* Verfahren, unter Verwendung von Gas, das unterhalb des Wasserspiegels injiziert wird, durchgeführt werden.³⁰

2.5.2 Übertage Systemkomponenten

Die übertage Systemkomponenten dienen dem Entziehen und der Verteilung bzw. Einkopplung ins Versorgungssystem der aus dem Thermalwassers gewonnenen Energie. Dazu ist eine Vielzahl verschiedener Systemelemente notwendig. Unterschieden wird dabei zwischen einem übertage Thermalwasserkreislauf, optionalen Systemkomponenten, wie die Spitzenlastanlage, und dem Fernwärmenetz, die im Anschluss erklärt werden.³¹

²⁷ Vgl. Rehban (2002), S. 99

²⁸ Vgl. Kaltschmitt (1997), S. 371

²⁹ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 109 f.

³⁰ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 129 f.

³¹ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 131

Übertage Thermalwasserkreislauf

Der übertage Thermalwasserkreislauf hat die Aufgabe die zeitliche und örtliche Wärmenachfrage für Heizung, Warmwasser und Prozesswärme zu stillen. Dabei müssen folgende Forderungen erfüllt werden:

- Thermalwasserförderung und Weiterleitung
- Wärmeübertragung an ein Sekundärsystem
- Wasseraufbereitung zur Sicherung der Injektionswasserqualität
- Druckerhöhung vor der Injektion
- Injektion des Thermalwassers
- Gewährleistung der Verfahrenssicherheit³²

Dieser Kreislauf besteht grundsätzlich aus der geothermischen Heizzentrale und den Rohrleitungen für den Thermalwassertransport. Diese größtenteils erdverlegten Leitungen bilden das Bindeglied zwischen der Produktionsbohrung und der Heizzentrale, bzw. zwischen der Injektionsbohrung und der Heizzentrale.

Das Thermalwasser kann aufgrund seiner chemischen Beschaffenheit nicht direkt ins Fernwärmenetz eingespeist werden. Aus diesem Grund muss eine Trennung des Thermalwassersystems vom Heizsystem erfolgen. Diese stoffliche und hydraulische Separation wird in der geothermischen Heizzentrale durch den Wärmetauscher erzielt.³³

Spitzenlastanlagen

Fernwärmenetze haben typische Auslastungen ihrer Spitzenleistungen. Kommt es im Falle einer erhöhten Wärmenachfrage – wie z.B. bei tiefen Temperaturen im Winter - zu einer Überauslastung, die von der geothermischen Anlage nicht mehr ausreichend gedeckt werden kann, kommen hauptsächlich mit fossilen Brennstoffen gefeuerte Spitzenlastanlagen zum Einsatz.

Um feststellen zu können wann Bedarfsspitzen bzw. Leistungsspitzen eintreten, sind Jahreganglinien des Abnehmernetzes erforderlich. Sie stellen den Leistungsbedarf der Abnehmer auf Basis der jeweiligen Nutzungszeit dar. Somit ist ersichtlich wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Energiemenge nachgefragt wird.³⁴

In Abbildung 4 ist die Jahreganglinie für ein Abnehmersystem (Vor-/Rücklauftemperatur: 110/35) zusehen.

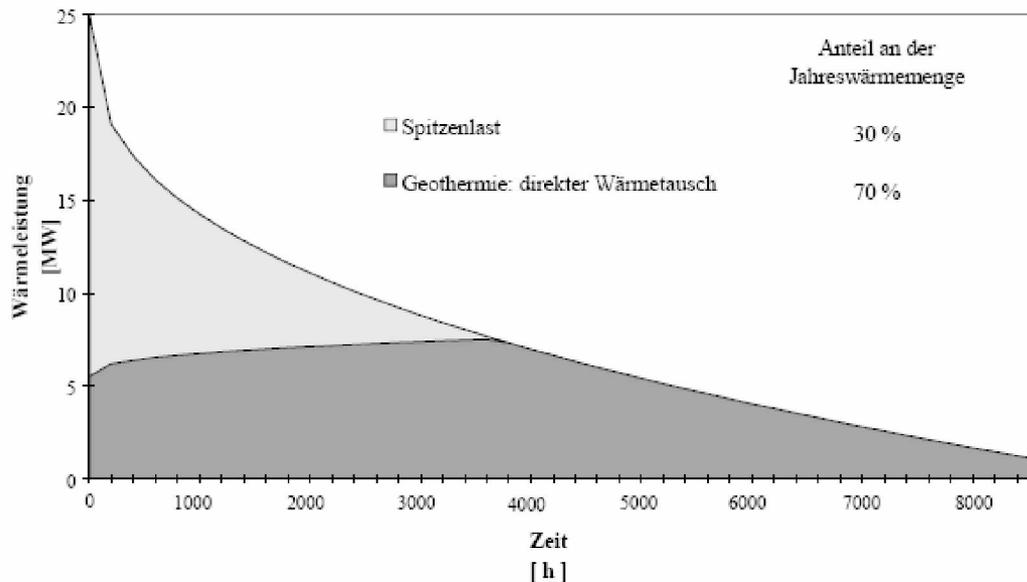
Neben der Verwendung zur Abdeckung der saisonalen und täglichen Spitzenlast werden Zufeuerungsanlagen auch bei Ausfällen der Versorgung durch Geothermie eingesetzt. Diese sogenannten Back-up Systeme stellen somit die Versorgung mit Wärme sicher.³⁵

³² Vgl. Kaltschmitt (1997), S. 375

³³ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 132 f.

³⁴ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 144 f.

³⁵ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 135

Abbildung 4: Jahresganglinie eines Abnehmersystems³⁶

Fernwärmenetz

Fernwärme ist allgemein eine leitungsgebundene Energie. Als Wärmemedien fungieren hierbei Heizwasser oder Dampf. Unter Fernwärmenetz versteht man das Verbindungsglied zwischen Erzeugeranlage und Abnehmer.³⁷

Die Versorgung mittels geothermischer Energie ist aufgrund der beträchtlichen Kosten für die Erschließung des Vorkommens und der übertage Verfahrenstechnik hauptsächlich an Abnehmer mit einer hohen Wärmenachfrage gebunden.

Neben der Versorgung von Großabnehmern ist auch eine Anbindung an das Nah- bzw. Fernwärmenetz möglich. Hierbei werden für den Transport der Wärmemenge Fernwärmeleitungen eingesetzt.³⁸

Auslegung eines Fernwärmenetzes

Grundsätzlich basiert eine Netzauslegung immer auf der Ermittlung des Wärmebedarfs der Abnehmer.

Bei einer Leitungsauslegung muss weiters von der maximalen bereitzustellenden Wärmemenge ausgegangen werden. Diese lässt sich durch die maximalen Anschlussnennleistungen der Verbraucher am kältesten Tag unter Rücksichtnahme der auftretenden Netzverluste bei maximaler Wärmeabnahme berechnen.

Neben der Wärmebedarfserhebung ist der optimale Rohrdurchmesser ein weiteres wesentliches Kriterium der Netzplanung. Bestimmen lässt sich dieser aus dem Leitungsdruckverlust und aus der zu übertragenden Wärmemenge einschließlich des Netzwärmeverlustes.

³⁶ Quelle: URL:<http://bib.gfz-potsdam.de/pub/str9809/9809-6.pdf> (10.01.2010), S. 7

³⁷ Vgl. Röttsch (1999), S. 45

³⁸ Vgl. Kaltschmitt (1997), S. 381

Für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes von Fernwärmenetzen sind die Wärmeverluste von erheblicher Bedeutung. Sie werden durch Parameter wie die Vor- und Rücklauftemperaturen, die Dämmeigenschaften des Erdreichs und des Rohrmantels, die Verlegetiefe der Rohre sowie die spezifische Netzlänge, welche durch die Siedlungsstrukturen definiert ist, bestimmt.³⁹

Verlegung eines Fernwärmenetzes

Die Verlegung eines Wärmeverteilungsnetzes wird vor allem durch städtebauliche Gegebenheiten wie die Straßenführung, die Anordnung der Häuser und die Anzahl der geothermischen Heizzentralen, definiert.⁴⁰

In Abbildung 5 sind die drei typischen Netzformen Ring-, Maschen- und Strahlennetz, die für die Fernwärmeversorgung angewendet werden, zu sehen.

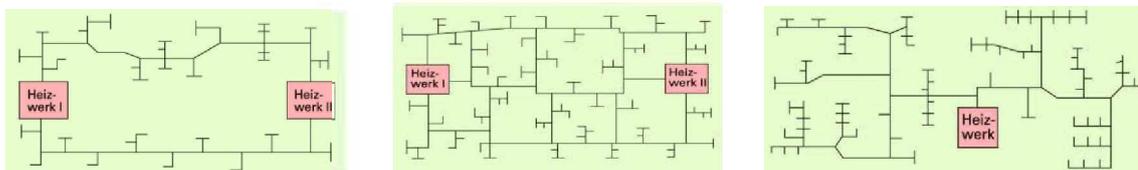


Abbildung 5: Ring-, Maschen- und Strahlennetz⁴¹

Ring- sowie Maschennetze stehen einerseits für eine hohe Versorgungssicherheit und gute Erweiterungsmöglichkeiten, andererseits eignen sie sich jedoch aufgrund ihrer hohen Investitionskosten nur für große Wärmeverteilungsnetze. Im Gegensatz dazu finden Strahlennetze bei kleinen und mittleren Fernwärmenetzen, wegen ihrer geringen Trassenlänge und daraus resultierenden niedrigen Kosten, Verwendung.⁴²

Die weitere Verteilung und der Hausanschluss bzw. die Trassierung kann ebenfalls auf verschiedene Arten erfolgen. Es besteht dabei die Möglichkeit jeden Haushalt separat an das Hauptverteilungsnetz anzuschließen, oder eine Verlegung von Haus zu Haus anzustreben, bei der Häusergruppen gebildet werden und nur ein Haus an das Hauptverteilungsnetz angeschlossen wird. Letzteres Verfahren wird hauptsächlich in dicht verbauten Gebieten angewendet. Der direkte Anschluss an die hauseigene Heizungsanlage erfolgt schließlich durch die Hausübergabestation.⁴³

Fernwärmeleitungen lassen sich grundsätzlich nach der Art der Verlegung in freie, kanalgebundenen und kanalfreie Leitungen unterscheiden. Frei an der Oberfläche verlegte Leitungen werden wegen Sichtbelästigung und einer eingeschränkten Nutzung des Grundstückes kaum verwendet. Die direkte Erdverlegung (kanalfreie Leitung) wird aufgrund des Platzbedarfs, der kürzeren Bauzeit und den geringeren Kosten dem kanalgebundenen Verfahren bevorzugt.⁴⁴

³⁹ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 145 f.

⁴⁰ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 138

⁴¹ Quelle: URL:<http://www.bosy-online.de/Fernwaerme.htm> (10.01.2010)

⁴² Vgl. Recknagel et al. (2007/08), S. 639 f.

⁴³ Vgl. Röttsch (1999), S. 124

⁴⁴ Vgl. Recknagel et al. (2007/08), S. 641

Die Auslegung eines Fernwärmenetz ist somit vorrangig abhängig von Parametern wie:

- die Vor-und Rücklauftemperaturen,
- die zu transportierende Wärmemenge,
- die Größe und Gestaltung des Netzes,
- das Verlegeverfahren ,
- der Rohrdurchmesser, der Rohrwerkstoff, die Dämmdicke und
- der Pumpendruck

Diese Einflussgrößen sind dabei bestmöglich zu wählen, um ein Fernwärmenetz zu erstellen, das den wirtschaftlichen Kriterien entspricht.⁴⁵

Im Folgenden werden die verschiedenen Arten der Nutzung geothermaler Vorkommen, sowie die Gewinnung von elektrischer Energie aus Erdwärme beschrieben.

2.6 Art der Nutzung von Thermalwasservorkommen

Aufgrund von ökonomischen und wasserwirtschaftlichen Überlegungen, wie Druck- und Qualitätsverhältnisse, sind der Möglichkeit Thermalwasservorkommen zu nutzen Grenzen gesetzt.

Grundsätzlich ist zwischen zwei Nutzungsformen zu unterscheiden:

- balneologische Nutzungen
- energetische Nutzung⁴⁶

2.6.1 Balneologische Nutzung

Unter balneologischer Nutzung versteht man die Anwendung zu Heil- und Badezwecken.

Generell werden folgende Anwendungsbereiche unterschieden:

- Kur- und Therapiebereich – Thermalwasseranwendung über kurärztliche Zuweisung.
- Wellnessbereich – Thermalwasseranwendung dient der Gesundheitsvorsorge und der Erholung.
- Freizeit- und Erlebnisbereich – Thermalwassernutzung erfolgt im Rahmen von Freizeitgestaltung und sportlicher Betätigung.
- Externer Kur- und Therapiebereich – Sanatorien, Kurkliniken, Hotels und dgl., die Thermalwasser über Leitungen oder Tankwägen vom Wasserberechtigten beziehen.⁴⁷

Der Bedarf richtet sich je nach Art der Anwendung und in welcher Weise Anlagen zur balneologischen Nutzung von Thermalwasser betrieben werden.

⁴⁵ Vgl. Röttsch (1999), S. 153

⁴⁶ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 8

⁴⁷ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 30

Der Vorteil gegenüber der energetischen Nutzung besteht darin, dass nur ein relativ niedriges Temperaturniveau vorhanden sein muss. Aus diesem Grund kann die balneologische Verwendung von Thermalwasser anderen Nutzungsarten nachgeschaltet werden, um dadurch eine optimale Mehrfachnutzung (Kaskadennutzung) zu erzielen.

2.6.2 Energetische Nutzung

Bei der energetischen Nutzung fungiert das Thermalwasser lediglich als Trägermedium für die zu entnehmende Wärmemenge. Es stellt sich dabei die Frage, ob die gewonnene Energie unmittelbar als Wärme oder in der umgewandelten Form als elektrische Energie genutzt werden soll.⁴⁸

Dies hängt einerseits von der Temperatur des geförderten Thermalwassers ab, da die Erzeugung von Strom üblicherweise erst bei Temperaturen von deutlich über 100° Celsius aufgenommen wird. Andererseits ist wiederum die Verwendung der Wärme von der vorhandenen Infrastruktur abhängig.⁴⁹

Wärme

Unter energetischer Nutzung von Thermalwasser versteht man grundsätzlich das Beheizen von Gebäuden, wie private Haushalte und öffentliche Gebäude. Des Weiteren können auch Siedlungen und ganze Ortschaften sowie auch Industrie- und Gewerbebetriebe, die einen hohen Wärmebedarf aufweisen (z.B. öffentliche Frei- und Hallenbäder und Molkereien), mit thermischer Energie versorgt werden. Dabei muss grundsätzlich zwischen Niedertemperatur- und Hochtemperaturnutzungen unterschieden werden (siehe Tabelle 1).⁵⁰

Tabelle 1: Klassifikation von Thermalwässern in Mitteleuropa⁵¹

Thermalwässer		Temperatur
Niedrig thermal	Warm	20 – 37° C
Thermal	Heiß	37 – 70° C
Hochthermal	Sehr heiß	70 – 100° C
Dampfthermal	Überhitzt	> 100° C

Für eine Niedertemperaturnutzung reichen relativ geringe Vorlauftemperaturen. Im Gegensatz dazu ist bei Hochtemperaturnutzungen eine Temperatur des Thermalwassers von mehr als etwa 80° Celsius von Nöten.

Aber auch im Bereich der Niedrigtemperatur bzw. Prozesswärme bei großem Wärmebedarf liegt eine weitere Leistung der Geothermie. Abnehmer hierfür könnten beispielsweise die chemische Industrie oder Schwimmbäder sein.

⁴⁸ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 30

⁴⁹ Vgl. Herzog (2005), S. 15

⁵⁰ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 33

⁵¹ Quelle: Joanneum Research (2008), S. 14

Als Pendant zur Wärme spielt aber auch die Bereitstellung von Kälte eine zunehmend wichtige Rolle. Die Erzeugung der Kälte kann über eine Kältemaschine, die beim Abnehmer zu installieren ist, erfolgen.⁵²

Strom

Bei Thermalwassertemperaturen von über 100° Celsius besteht generell die Möglichkeit der Erzeugung von elektrischem Strom.⁵³

Für die Umwandlung von Erdwärme in elektrische Energie stehen verschiedenen Prozesse zur Verfügung. In jedem dieser Verfahren wird ein Arbeitsmedium mit der dem Untergrund entzogenen Energie erhitzt. Der dabei entstandene Dampf treibt eine an einem Generator gekoppelte Turbine an und erzeugt somit Strom. Das Kreislaufmedium wird danach wieder verflüssigt und dem Prozess wieder zugeführt.⁵⁴

Zwei technisch ausgereifte Technologien zur Wandlung von Niedertemperaturwärme in elektrische Energie sind der *Organic Rankine Cycle* (ORC) und der *Kalina Prozess*. Der Unterschied zwischen den beiden Verfahren liegt in der Wahl des Arbeitsmediums.⁵⁵

Für den *Organic Rankine Cycle* werden Kohlenwasserstoffe wie Butan, Pentan oder Hexan und Gemische dieser Stoffe eingesetzt. Der *Kalina Prozess* verwendet im Gegensatz dazu ein Zweistoffgemisch, das sich aus Wasser und Ammoniak zusammensetzt.⁵⁶

In Abbildung 6 ist das Prinzip eines ORC Prozesses als Schaltbild dargestellt.

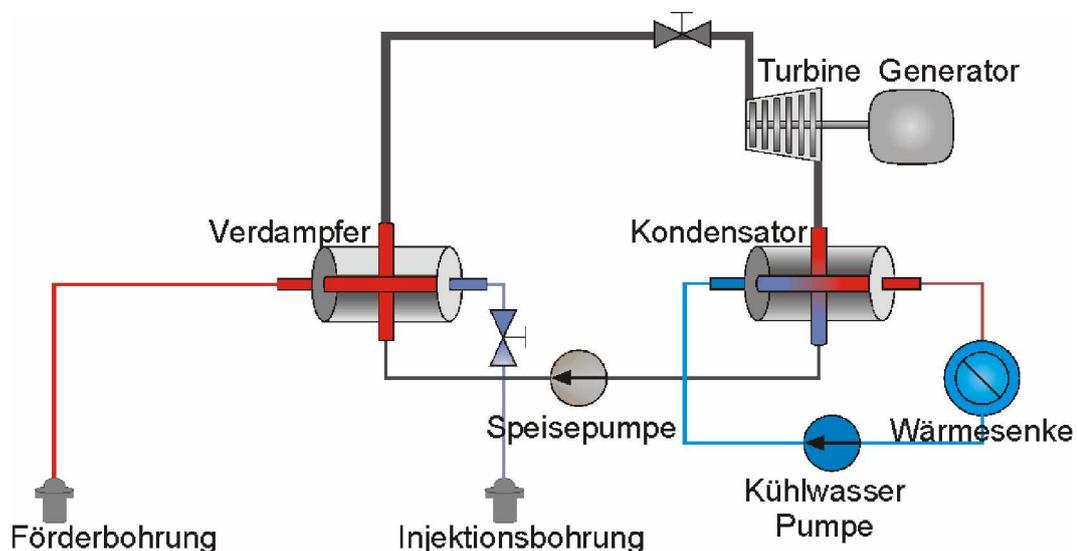


Abbildung 6: Prinzipschaltbild einer ORC - Anlage⁵⁷

⁵² Vgl. Joanneum Research (2008), S. 15

⁵³ Vgl. VDI (2002), S. 43

⁵⁴ Vgl. VDI (2002), S. 72

⁵⁵ Vgl. VDI (2002), S. 87

⁵⁶ Vgl. VDI (2002), S. 90 ff.

⁵⁷ Quelle: URL: <http://www.itas.fzk.de/deu/tadn/tadn013/image43.gif> (02.12.2009)

Es ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass der ORC Prozess im Gegensatz zum Kalina Verfahren eine bereits ausgereifte und weitverbreitete Technologie ist. Der Kalina Prozess befindet sich noch im Versuchsstadium und eignet sich besser für niedrige Temperaturen.

Die Entscheidung welche Verfahren angewendet werden um Strom aus Erdwärme zu gewinnen ist abhängig von Einflussgrößen wie:

- der Reservoirtemperatur⁵⁸
- dem Druck
- dem Dampfgehalt
- dem Gehalt an nicht kondensierbaren Gasen,
- der Mineralisation
- der Ergiebigkeit eines Geothermievorkommens⁵⁸

Herzog beschreibt in seiner Dissertation „Die Geothermiebohrung RWTH-1“, dass die Entscheidung Strom aus Geothermie zu erzeugen wesentlich auf wirtschaftlichen Überlegungen beruht. Strom wird im Gegensatz zur Wärmenutzung ganzjährig und konstant nachgefragt. Er beschreibt weiter, dass ein maßgeblicher Faktor dabei auch die Einspeisevergütung ist, bei der je nach Größe der Anlage elektrischer Strom mit bestimmten Sätzen vergütet wird.⁵⁹

„Somit entsteht bei prognostizierbaren Kosten ein kalkulierbar „Return On Invest“. Dies wiederum macht die Stromproduktion aus Geothermie auch für private Investoren oder Kapitalgesellschaften attraktiv.“⁶⁰

Zur effizienten Nutzung von thermalem Tiefengrundwasser ist eine wirtschaftliche und ökologische Optimierung des Ressourceneinsatzes erforderlich. Dies bedeutet, dass bei allen Projektumsetzungen jedenfalls Mehrfachnutzungsmöglichkeiten anzustreben sind.⁶¹

Nachdem die Einsatzmöglichkeiten hydrothermalen Geothermie erläutert wurden beschreibt die nun folgende Ausführung die geographischen Anwendungsgebiete geothermischer Energie in Österreich.

⁵⁸ Vgl. Saadat et al. (2001), S. 49

⁵⁹ Vgl. Herzog (2005), S. 15

⁶⁰ Zit. nach Herzog (2005), S. 15

⁶¹ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 5

Als Hauptthermalwasserreservoir fungiert hier der Malmkarst im niederbayerisch-oberösterreichischen Molassebecken, welcher sich von Regensburg in Bayern bis nach Linz in Oberösterreich zieht.⁶⁷

In der oberösterreichischen Molassezone sind bereits sechs geothermische Doubletten in Betrieb (siehe Tabelle 2). Die Gemeinden Braunau-Simbach, Altheim, Geinberg, Obernberg, St. Martin im Innkreis und Haag am Hausruck erreichen damit eine kumulative installierte thermische Leistung von 43 MW.⁶⁸

Tabelle 2: Geothermische Wärmeversorgung in Oberösterreich (Stand 2003)⁶⁹

Ort	Versorgung	therm. Leistung	Schüttung	Temp.	ab/seit	FW-Trasse	Betreiber
Oberösterreich							
Geinberg	3 Temp.Kaskaden versorgen: Molker-ei, öff. Gebäude, 38 Wohnungen /Therme/Gärtnerei	6,2 MW (+3,5 MW Öl)	max. 25 l/s	99,5 – 101,4°	1982, Ausbau 1998 mit Reinjektionsbohrung	6 km	WBG-Wärmebetriebe GmbH, VAMED AG
Altheim-Geothermie	700 Haushalte	10,6 MW	max. 103 l/s	max. 104°	1989/1990	14,5 km	Gemeinde
Altheim-Stromproduktion		500 kWel Leistung geplant		90°	seit 11/2001 Dauerbetrieb		Gemeinde
Braunau-Simbach	545 Abnehmer	31 MW	60 l/s	79-81°	seit 1/2001		Geothermie-Wärme GmbH
Haag	155 Abnehmer	3,9 MW	max. 18 l/s	86°	1995	12 km	FW Haag GmbH & CoKG
Obernberg	266 Gebäude (in 169 Gebäuden für Heizzwecke)	4,2 MW (5,6 MW Endausbau)	max. 28 l/s (Endausbau max. 38 l/s)	80-87°	1996/97	17 km (= 11 km Hausanschluss)	Obernberger FW GmbH (Gemeinde)
Bad Schallerbach	Kurcenter, Freizeitanlagen	3,4 MW	55 l/s	38°	1986	50 m	Schwefelbad Schallerbach GmbH
St. Martin/Innk.	125 Abnehmer, 100 weitere geplant	10 MW	38 l/s	91-92°	10/2000	25 km	Geothermie St. Martin GmbH & CoKG

Somit zählt Oberösterreich zu der Region mit der höchsten Marktdurchdringung bei der Verwendung von geothermischer Energie in Österreich.⁷⁰

Im nun folgenden Abschnitt wird eine ökologische Bewertung tiefer geothermaler Energie vorgenommen.

⁶⁷ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 7

⁶⁸ Vgl. ÖWAV 215 (2007), S. 7

⁶⁹ Quelle: Mitteilungsblatt der geothermischen Vereinigung e.V. Nr. 41 (2003), S. 10

⁷⁰ Vgl. Mitteilungsblatt der geothermischen Vereinigung e.V. Nr. 41 (2003), S. 9

2.8 Ökologische Komponente der Geothermie

Erdwärme ist eine nach menschlichem Ermessen unerschöpfliche Energiequelle. Da der stetige Wärmefluss aus größeren Tiefen unabhängig von täglichen oder jahreszeitlichen Einflussnahmen ist, besteht somit keine Veränderung des Energieangebots im menschlichen Zeitraum.⁷¹

Diese kontinuierliche und witterungsunabhängige Verfügbarkeit kann umweltfreundlich und bei günstigen Bedingungen auch vergleichsweise einfach und wirtschaftlich genutzt werden. Dadurch kann eine umweltgerechte Energieversorgung im Sinne der Nachhaltigkeit ermöglicht werden.⁷²

Bei der Durchführung einer ökologischen Analyse der tiefen Geothermie müssen folgende Bereiche betrachtet werden:

- Exploration bzw. Bohrung
- Bau und Betrieb von geothermischen Kraftwerken,
- nachhaltige Nutzung geothermischer Vorkommen
- CO₂ - Einsparungspotenzial bei der Nutzung

Die während der Bohrung herrschende Beeinflussungen der Umwelt, wie z.B. die Bohrplatzeinrichtung, der Geräteeinsatz und die Bohrspülungszwischenlagerung, sind grundsätzlich nicht von langer Dauer und örtlich begrenzt. Nach Beendigung der Bohrung wird auf dem Gelände des Bohrplatzes wieder der ursprüngliche Zustand hergestellt. Umweltbelastungen sind damit kaum gegeben.⁷³

Der Bau von geothermischen Kraftwerken ist, wie bei allen anderen Kraftwerkstypen, auch mit CO₂ - Emissionen, die durch die Herstellung der Baumaterialien sowie bei Transport- und Dienstleistungen entstehen, verbunden.

Die bei einer normalbetriebenen hydrothermalen Heizzentrale entstehenden Auswirkungen auf die Umwelt sind im Grunde gleichzusetzen mit denen einer mit fossilen Energieträgern betriebenen Anlage. Dennoch ist dabei der Anteil der Erdwärme, der ins Verteilungsnetz eingespeisten Endenergie, mit eindeutig geringeren luftgetragenen Emissionen verbunden.⁷⁴

Die Nutzung hydrothermalen Geothermie kann somit zu beachtlichen Einsparungen an fossilen Energieträgern führen. Die damit verbundenen Umweltentlastungen sind vor allem abhängig von:

- geologischen und geotechnischen Parametern (Temperatur, usw.)
- Größe, Wärmebedarf und Temperaturparameter des Abnehmersystems
- der Gestaltung der Erzeugeranlage (u.a. Art der Spitzenwärmeversorgung)⁷⁵

⁷¹ Vgl. Kaltschmitt (1997), S. 109

⁷² Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 47

⁷³ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 208 ff.

⁷⁴ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 208

⁷⁵ Vgl. Kaltschmitt (1997), S. 388

Bei der Stromerzeugung aus Erdwärme sind die Auswirkungen auf die Umwelt verglichen mit anderen Stromerzeugungstechnologien erheblich geringer. Je nach Standort, Lagerstätten- und Kraftwerkstyp können diese variieren. Vor allem bei der Emission von Treibhausgasen bietet die Geothermie große CO₂ - Substitutionspotenzial an.⁷⁶

Der geothermischen Stromerzeugung steht außerdem, im Vergleich zu anderen regenerativen Energieerzeugungsarten, ein annähernd unbegrenztes Energiepotential zur Verfügung.⁷⁷

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Möglichkeit der Wärmebereitstellung aus Erdwärme im Vergleich zu einer Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern durch eine vergleichsweise geringe Stofffreisetzung gekennzeichnet ist.

Die CO₂ - Emissionen werden dabei im Verlauf des gesamten Lebensweges im Wesentlichen während des Anlagenbetriebs freigesetzt. Sie resultieren aus denen zur Abdeckung der Spitzenlast mit fossilen Energieträgern gefeuerten Anlagen (in geothermischen Heizzentralen).⁷⁸

Von der Erschließung bis hin zur Nutzung geothermaler Vorkommen sind gesetzliche Rahmenbedingungen einzuhalten. Diese sollen nun abschließend folgende Erläuterung behandeln.

2.9 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Vorhaben zur Nutzung von geothermalen Vorkommen können durch verschiedene Rechtsvorschriften wie dem österreichische Wasserrecht, dem Mineralrohstoffgesetz, dem Forst- und Naturschutzrecht, aber auch dem Gewerberecht geregelt werden.

Bergbautechnische Anwendungen wie das Suchen und Erforschen von Vorkommen geothermischer Energie sowie Bohrvorhaben zur Erschließung dieser Energie, fallen grundsätzlich unter die Rechtsnormen die den Bohrlochbergbau in Österreich regeln. Diese Normen lassen sich im Wesentlichen im Mineralrohstoffgesetz, in der Bohrlochbergbauverordnung, der Markscheideverordnung und der Bergpolizeiverordnung auffinden.

Die Förderung und Nutzung von Thermalwässern fällt unter die Zuständigkeit der Bergbaubehörden und der Wasserrechtsbehörden. Die bergbaubehördliche Verantwortlichkeit endet mit der Errichtung der Anlagen am Förderplatz. Im Wasserrechtsgesetz finden sich die gesetzlichen Grundlagen für die Erschließung, Gewinnung, Nutzung und Schutz von Thermalwässern.

Bei einer balneologischen Anwendung kommen weitere Bestimmungen wie Kurortgesetze des Bundes und der Länder und das Bäderhygienegesetz in Betracht.⁷⁹

⁷⁶ Vgl. VDI – Bericht 1703 (2002), S. 137

⁷⁷ Vgl. Geothermische Vereinigung e.V. Jahrestagung 2005, S. 69

⁷⁸ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 239

⁷⁹ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 14 ff.

2.9.1 Wasserwirtschaftliche Grundsätze

Eine nachhaltige Nutzung, der Schutz von Thermalwasservorkommen, sowie die Erhaltung der natürlichen Druckverhältnisse sind die obersten Prioritäten zur Erfüllung wasserwirtschaftliche Ziele. Diese Ziele werden im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie und dem österreichischen Wasserrechtsgesetz umgesetzt.

„Unter nachhaltiger Nutzung ist eine zielgerichtete Verteilung des verfügbaren Dargebotes von Thermalgrundwasser zu verstehen“ und „ist nur dann gegeben, wenn die Faktoren Quantität, Qualität, Stoff- und Energieeinsatz, sowie die Gesamtkosten der Nutzung berücksichtigt werden.“⁸⁰

Sie ermöglicht auch zukünftigen Generationen eine Nutzung von Thermalwässern in gleichem Ausmaße und Qualität.⁸¹

Um festzustellen ob eine Anlage diesen Anforderungen der Nachhaltigkeit entspricht, muss somit eine Gegenüberstellung von Stoffeinsatz bzw. Energieeinsatz und der daraus gewonnen Energie stattfinden.⁸²

Reinjektion

Um eine Balance des Wasserhaushaltes gewährleisten zu können, ist das energetisch genutzte Thermalwasser aus wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten dem Aquifer, aus dem es entnommen wurde, wieder vollständig zu reinjizieren. Abgesehen von einer Temperaturänderung des Wassers soll hinsichtlich qualitativer und quantitativer Sicht keine Änderung im Wasserzyklus stattfinden.⁸³

Bei der Reinjektion des Thermalwassers spielt die Art des Speichergesteins - Porengrundwasserleiter oder Kluffgrundwasserleiter - hinsichtlich der Durchlässigkeit und die Art und Menge der Wasserinhaltsstoffe eine entscheidende Rolle.

Bei der balneologischen Nutzung kann man eine Reinjektion aufgrund der Änderung der Beschaffenheit des Wassers, einer möglichen hygienischen Belastung und vor allem der geringen Entnahmemenge, ausschließen.

Um eine bestmögliche Nutzung sicherzustellen, sollte das balneologisch genutzte Wasser vorher auch energetisch verwendet werden. Um eine effiziente Nutzung anstreben zu können geht im Allgemeinen die Verwendung von Thermalwasser für Heil- und Badzwecke mit einer energetischen Verwendung einher. In diesem Fall ist nur der energetisch Teil des geförderten Thermalwassers vollständig zu reinjizieren.⁸⁴

2.9.2 Wasserwirtschaftliche Entwicklung

Die wasserwirtschaftliche Planung wird laut EU-Wasserrahmenrichtlinie bei der Bewirtschaftung der Thermalwasservorkommen zukünftig eine wesentliche Rolle spielen.

Dabei wird bei der Erteilung von Rechten für die Nutzung von Vorkommen näher auf die Befristung für die Nutzung des Vorkommens eingegangen. Durch diese Maßnahme soll die Erhaltung eines mengenmäßigen guten Thermalgrundwasserzustandes im Sinne der Nachhaltigkeit bewirkt werden.

⁸⁰ Zit. nach ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 5

⁸¹ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 5 ff.

⁸² Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 12

⁸³ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 30

⁸⁴ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 5

Eine Befristung bzw. Bewilligungsdauer soll folgende Zeitspannen nicht überschreiten:

- maximal 20 Jahre bei einer balneologischen Nutzung ohne Reinjektion
- maximal 30 Jahre bei einer energetischen Nutzung mit Reinjektion

Es ist hierbei anzumerken, dass trotz der erwähnten Zeiträume bei wasserrechtlichen Bewilligungen, dieser Zeitrahmen durch fachliche Gegebenheiten eingeschränkt werden könnte. Bei einer Verlängerung könnte realistisch ein Zeitraum von 50 Jahren erreicht werden. Dies ist vorwiegend abhängig vom Zustand der Anlagenkomponenten sowie der Förder- und Reinjektionssonde.⁸⁵

⁸⁵ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 19

3 Businessplan

Um einen Businessplan für ein Geothermieprojekt erfolgreich umzusetzen, zählt neben dem vor allem technischen Fachwissen über die Geothermie auch die Fähigkeit einen Businessplan zu erstellen.

Nachdem im vorhergegangenen Kapitel technische und ökologische Aspekte einer Nutzung tiefer Erdwärme erläutert wurden behandelt nun dieses Kapitel die wirtschaftliche Planung bzw. Umsetzung einer unternehmerischen Initiative in Form eines Businessplans.

In der folgenden Ausführung werden die wesentlichen Aspekte für die Verfassung eines solchen Plans erläutert. Weiters wird der Aufbau bzw. die Bestandteile eines herkömmlichen Businessplans erklärt und abschließend die Planung und Vorgehensweise bei der Verfassung beschrieben.

3.1 Allgemein

Ein Businessplan, auch Geschäftsplan bzw. Unternehmensplan genannt, ist ein schriftliches Konzept das die Strategie zur Erreichung der Unternehmensziele bzw. Projektziele für einen Planungszeitraum beschreibt. Er schafft die Basis für Verhandlungsgespräche mit möglichen Partnern, Gesellschaftern und Finanzinstituten sowie für interne Planungs- und Strategiekonzepte.⁸⁶

Der Plan kann als ein Dokument verstanden werden, welches das unternehmerische Vorhaben als Ganzes vermarktet und stellt somit eine wichtige Entscheidungsgrundlage für potentielle Geschäftspartner und das Management dar. Er hilft weiters die Chancen auf Erfolg für ein unternehmerisches Vorhaben zu prüfen und dadurch Risiken zu minimieren.⁸⁷

Allgemein kann der Geschäftsplan als eine Art Visitenkarte im Wirtschaftsleben gesehen werden. Er hilft dabei neue Kontakte zu knüpfen.

„Ursprünglich diente der Businessplan in den USA als Hilfsmittel zur Kapitalakquisition bei privaten Investor(inn)en und Venture Capitalists (Wagniskapitalgeber[inne]n), die sich an einem Unternehmen als Miteigentümer/-innen beteiligen und dafür haftendes Eigenkapital beisteuern.“⁸⁸

Die Erstellung eines Businessplans gehört zu den wichtigsten Schritten bei der Unternehmensgründung, -reorganisation und -neuausrichtung, aber auch bei der Marktpositionierung von Produkten sowie der Eröffnung von Geschäftsstellen spielt er eine wesentliche Rolle.⁸⁹

Ein Unternehmensplan ist erfolgreich wenn er die wichtigsten Chancen und Wachstumsmöglichkeit aufzeigt und dem Adressaten in einer realistischen Weise übermittelt.⁹⁰

⁸⁶ Vgl. Nagl (2006), S. 13

⁸⁷ Vgl. Lutz (2008), S.81

⁸⁸ Zit. nach Wirtschaftsförderung Dortmund (2006), S. 5

⁸⁹ Vgl. Herzberg (2009), S. 8

⁹⁰ Vgl. Schwetje et al. (2004), S. 1

Allgemein lässt sich festhalten, dass die Erstellung eines Businessplan für folgende Vorhaben von Bedeutung ist:

- bei der Unternehmensgründung
- bei der Investorensuche
- bei der Fremdkapitalbeschaffung
- beim Verkauf bzw. Kauf von Unternehmen
- für die Strategische Planung im Unternehmen
- zur Bewertung verschiedenster Vorhaben im Unternehmen⁹¹

Anhand des Businessplans wird der Unternehmer einerseits gezwungen die verschiedenen Anforderungen an die Unternehmensgründung und –führung verständlich darzustellen. Andererseits hilft der Plan die Geschäftsidee von allen Blickwinkeln systematisch zu durchleuchten. Weiters ist er ein Leitfaden und dient zur Erreichung der gesetzten Ziele.⁹²

3.2 Wesentliche Aspekte eines Businessplans

Um ein besseres Verständnis für die zu beachtenden Aspekte bei der Erstellung eines Businessplans zu bekommen, werden auf den folgenden Seiten die wesentlichen Merkmale eines Geschäftsplans erläutert.

3.2.1 Definitionen „Businessplan“

Richard Stutely, Investmentbanker und Autor des Buches „Der professionelle Businessplan“ bedient sich zur Definition des Begriffs an einer Begriffsbestimmung aus einem Wörterbuch:

„Ein Unternehmensplan legt die Methode fest, eine bestimmte Tätigkeit über einem bestimmten künftigen Zeitraum vorzunehmen.“⁹³

Der Begriff „bestimmte Tätigkeiten“ kann hier Maßnahmen eines Einmannbetriebes aber auch die eines Konzerns umfassen. Weiters können sie sich auf das ganzen Unternehmen beziehen oder nur auf einzelne Unternehmensbereiche.

Der „künftige Zeitraum“ kann unterschiedlich festgelegt werden und erstreckt sich von der gesamten Dauer eines Projektes bzw. den ersten Monaten bis hin zu drei oder vier Betriebsjahren.⁹⁴

Eine weitere Definition nach Nagl lautet wie folgt:

„Der Businessplan-/Geschäftsplan ist das entscheidende Instrument, um die Unternehmensleitung und/oder zukünftige Geschäftspartner, Gesellschafter oder Kapitalgeber von einer Geschäftsidee zu überzeugen und darzulegen, wie vertrauenswürdig, rentabel und perspektivenreich ein Vorhaben ist.“⁹⁵

⁹¹ Vgl. Nagl (2006), S. 14

⁹² Vgl. Wirtschaftsförderung Dortmund (2006), S. 5

⁹³ Zit. nach Stutely (2002), S.34

⁹⁴ Vgl. Stutely (2002), S. 34

⁹⁵ Zit. nach Nagl (2006), S. 13

Der Plan spiegelt im Allgemeinen den gegenwärtigen Stand des Unternehmens und legt weiters eine Strategie für das gesamte Unternehmen fest. Er bildet somit die Voraussetzung für das Erhalten von Förderungen wie Bankkrediten, Einstiegsgelder oder Gründungszuschüsse.

3.2.2 Hauptziele eines Businessplans

Businesspläne können verschiedenen Zielvorstellungen dienen. Im Wesentlichen sollten folgende Maßnahmen durch den Plan erreicht werden:

- **Dokumentation eines Planungsprozesses**
Die Dokumentation eines Plans ist hilfreich um die wesentlichen Bestandteile herauszuarbeiten um dadurch Chancen und Risiken zu erkennen und etwaige Schwierigkeiten sichtbar zu machen. Weiters dient das schriftliche Festhalten des Plans zum Handeln und Reagieren auf das, was tatsächlich passiert.
- **Beschaffung von finanziellen Mitteln**
Der Unternehmensplan sollte die Aufbringung von Eigenkapital, Fremdkapital und Risikokapital für aktuelle oder zukünftige Vorhaben bzw. für neue Projekte und Kredite beinhalten.
- **Erlangen von Zustimmungen**
Zustimmung und Finanzierungsprozess stehen in enger Verbindung. Gleichzeitig liefert ein gut dokumentierter Plan die Voraussetzung für eine Zustimmung.
- **Schaffung eines Unternehmensführungsinstrumentes**
Ein Plan bietet die Grundlage für die Unternehmensführung und umfasst von der Gesamtstrategie bis zu den Abläufen des täglichen Geschäfts wesentliche Handhabungen. Er bietet Orientierung und zeigt Grenzen und Ziele, an denen das tatsächliche Vorankommen zu sehen ist.⁹⁶

3.2.3 Nutzen eines Businessplans

Die Formulierung bzw. die Erstellung eines Geschäftsplans weist eine Vielzahl von Vorteilen für den Verfasser einerseits aber auch für die Adressaten auf:

- Der Plan könnte dem Unternehmer hilfreich sein, Vertrauen bezüglich der Geschäftsführungsfähigkeiten zu erweitern.
- Potentielle Fehler fallen bereits beim Erstellen des Plans auf und nicht erst bei der Realisierung des Projekts.
- Der Unternehmensplan beinhaltet Überlegungen bezüglich des Kapitals – wieviel Kapital wofür, wie lange und warum benötigt wird.
- Um eine langfristige Entwicklung des Unternehmens gewährleisten zu können, nützt die Erarbeitung eines Businessplans den Planungsprozess überschaubar und nachvollziehbar zu machen.⁹⁷

⁹⁶ Vgl. Stutely (2002), S. 66

⁹⁷ Vgl. Kußmaul (2008), S. 527

3.2.4 Anwendungen eines Businessplans

Geschäftspläne können aus verschiedenen Zielsetzungen bzw. Anlässen erstellt werden. Grundsätzlich unterscheidet man dabei zwischen einer

- interne Anwendung und
- externen Anwendung

des Businessplans.⁹⁸

Im Folgenden wird näher auf die zwei Verwendungsmöglichkeiten eingegangen.

Externer Businessplan

Die externe Anwendung des Businessplans umfasst neben der zentralen Aufgabe der Kapitalbeschaffung auch die Sicherung der bereits vorhandenen oder noch aufzubauenden Geschäftsbeziehungen (Stakeholder-Beziehung) zwischen dem Unternehmen und seinen Stakeholdern.⁹⁹

Sind externe Interessenten die Adressaten des Businessplans, so sollten folgende Sachverhalte explizit und überzeugend dargestellt werden:

- Wer sind die Anteilseigner?
- Wie viel Kapital wird benötigt?
- Für welchen Zweck und in welcher Art und Weise werden die Finanzmittel eingesetzt?
- Welche Art der Finanzierung wird gewählt?
- In welcher Zeitspanne lässt sich eine angemessene Rendite erzielen?¹⁰⁰

Je nach Art der Kapitalbeschaffung unterscheidet man zwischen zwei Formen:

- Finanzierung durch Venture-Capital
- Finanzierung durch Kredite der Banken

Bei der Finanzierung durch ein so genanntes Venture-Capital liegt das Interesse der Investoren vor allem an dem Wachstumspotenzial des Unternehmens und in welcher Zeitspanne eine adäquate Rendite realisiert werden kann.

Im Gegensatz dazu liegt, bei der Vergabe eines Kredites durch eine Bank, das Augenmerk am Zeitpunkt der Rückzahlung des Kredites und der dadurch resultierenden Zinsen.¹⁰¹

Beim Verfassen eines externen Businessplans sollten daher die unterschiedlichen Interessen der Investoren berücksichtigt und die Inhalte auf deren Bedürfnisse abgestimmt werden.

⁹⁸ Vgl. Schwetje et al. (2004), S. 2

⁹⁹ Vgl. Schwetje et al. (2004), S. 2

¹⁰⁰ Vgl. Schwetje et al. (2004), S. 11

¹⁰¹ Vgl. Schwetje et al. (2004), S. 2 ff.

Interner Businessplan

Dem Unternehmen selber dient der Geschäftsplan zur Ausrichtung und Fokussierung auf langfristige Ziele in der operativen Ebene. Dadurch können Ideen durchleuchtet, Schwerpunkte gesetzt und Ziele konkretisiert werden.¹⁰²

Somit stellt der Businessplan ein wichtiges Management-Instrument dar, welches der Unternehmensführung hilft die Entwicklung des Unternehmens zu planen und zu gestalten.

Durch die regelmäßige Aktualisierung kann der Plan sowohl zur täglichen Findung von Entscheidungen als auch als Kontrollinstrument im täglichen Geschäft genutzt werden. Durch die gemeinsame Umsetzung verpflichtet sich das Management zur Einigung auf Unternehmensziele sowie auf alle entscheidenden Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele.¹⁰³

Der Geschäftsplan hilft somit der Unternehmensführung bei der

- Analyse der Entwicklung des Unternehmens,
- der frühen Erkennung von Kapital/ sowie Personalbedarf bei Engpässen,
- der Durchführungen von Soll-Ist-Vergleichen und
- der Hinterfragung und Durchleuchtung von eigenen Ideen¹⁰⁴

Die Anlässe für die Erstellung eines Businessplans reichen somit von der Unternehmensgründung, der Unternehmenserweiterung bis hin zum Einsatz als Planungs- und Kontrollinstrument für das Management. Der Inhalt des Unternehmensplans geht einher mit dem Anlass der Erstellung.

3.2.5 Typen von Businessplänen

Bei der Verfassung des Businessplans stellen sich die Fragen:

„Wie ausführlich bzw. wie detailliert soll der Plan sein?“

„Welchen Umfang soll der Plan haben?“

Obwohl Unternehmenspläne in ihrer Gestaltung und Umfang sehr individuell sind, verbindet sie jedoch alle eine bestimmte Gemeinsamkeit. Es werden grundsätzlich die Produkte sowie Dienstleistungen, die verkauft werden sollen, deren charakteristischen Märkte und das Verfahren bei der Herstellung der Produkte, beschrieben.¹⁰⁵

Die Länge des Geschäftsplans hängt grundsätzlich vom Zweck und der Notwendigkeit sowie der Komplexität des Geschäftes ab. Grundlegend unterscheidet man drei Arten von Ausarbeitungen von Plänen:

- Der kurze Businessplan besteht in der Regel aus ca. 10 – 15 Seiten und ist am besten geeignet für junge Unternehmen, die sich noch im Entwicklungsstadium befinden. Es sollte allerdings darauf geachtet werden, dass alle notwendigen Informationen angemessen und vollständig präsentiert werden.

¹⁰² Vgl. Nagl (2006), S. 13

¹⁰³ Vgl. Schwetje et. al. (2004), S. 5

¹⁰⁴ Vgl. Laumer (2007), S.7

¹⁰⁵ Vgl. Schwetje et al. (2004), S. 11

- Der ausführliche Businessplan umfasst meist 20 – 40 Seiten und beschreibt die betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkte weit detailreicher als es im kurzen Businessplan der Fall ist.
- Der operationale Businessplan ist sehr ausführlich und lang (40 – 100 Seiten) und dient gut eingeführten Unternehmen. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Arten, sorgt der operationelle Businessplan für ein einheitliches Verständnis des gesamten Managements bezugnehmend auf die Unternehmensziele und Unternehmensstrategie.¹⁰⁶

Richard Stutely empfiehlt in seinem Buch den Unternehmensplan so kurz wie möglich zu gestalten. Die Begründung dafür liegt zweifellos im Informationsüberfluss unserer Zeit. Dadurch wird kürzeren Plänen mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

Aufgrund der vielfältigen Aufgaben eines Businessplans ist zu bedenken, dass es unterschiedliche Zielgruppen gibt, deren Erwartungen es zu kennen gilt. Je nach Erfahrung und Wissenstand wird der Plan unterschiedlich gelesen und ausgelegt.¹⁰⁷

Auf die Frage wer den Businessplan erstellen sollte weist der Investmentbanker darauf hin, dass in der Regel die besten Unternehmenspläne vom gesamten Team erarbeitet werden. Manche Geschäftsführer bevorzugen es die Strategie festzulegen und überlassen den unteren Ebenen die Ausarbeitung. Andere lassen die Betriebsmanager die Pläne erstellen und an die Firmenleitung weitergeben, die eventuell dann strategische Ergänzungen vornimmt. Am effektivsten ist eine Kombination beider Vorgehensweisen. Bei der Erstellung eines Plans für das gesamte Unternehmen sollten alle Abteilungen einen Beitrag zur Planung und der abschließenden Dokumentation leisten, da so eine gute Zusammenarbeit, gegenseitiges Verständnis und Engagement gefördert wird, auch wenn es zeitintensiver wird und mehr Diskussionspotential vorhanden ist. Die Verantwortung für die Koordinierung dieser Beiträge sollte allerdings nur von einer Person übernommen werden.

Abschließend lässt sich noch erwähnen, dass ein erfolgreicher und effektiver Businessplan sich durch Klarheit und Sachlichkeit auszeichnet. Der Plan ist ein optisches Aushängeschild und sollte auch für technische Laien verständlich sein.¹⁰⁸

¹⁰⁶ Vgl. Schwetje et al. (2004), S. 6

¹⁰⁷ Vgl. Stutely (2002), S. 38

¹⁰⁸ Vgl. Wirtschaftsförderung Dortmund (2006), S. 6

3.3 Aufbau eines Businessplan

„Einen standardisierten Business-/Geschäftsplan, der für alle Unternehmen und Projekte sowie für jeden Zweck einsetzbar ist, gibt es nicht. Business-/Geschäftspläne sind so unterschiedlich wie jede unternehmerische Initiative selbst.“¹⁰⁹

Jedoch sollte im Allgemeinen ein Businessplan folgende Inhalte enthalten:

- kurz- und langfristige Unternehmensziele
- Beschreibung der Organisation
- Produkt- bzw. Dienstleistungsbeschreibung
- Situation im Markt und die Absatzmöglichkeit
- den Kapitalbedarf bzw. Investitionen
- einen Finanzplan¹¹⁰

Die nachstehende Abbildung veranschaulicht den grundlegenden Aufbau eines Businessplans. Dieser Aufbau kann als Basis für die Schaffung eines Unternehmensplans dienen, ist jedoch je nach Situation sowie Unternehmen anzugleichen.



Abbildung 8: Aufbau eines Businessplans¹¹¹

¹⁰⁹ Zit. Nach Nagl (2006), S. 17

¹¹⁰ Vgl. Kußmaul (2008), S. 530

¹¹¹ Quelle: Nagl (2006), S. 17

Wie in der oben angeführten Darstellung zu sehen ist, kann man einen Geschäftsplan grundsätzlich in einen qualitativen und einen quantitativen Teil gliedern.

Der qualitative Teil stellt den eigentlichen Plan des Vorhabens bzw. der Geschäftsidee vor. Er nimmt die konzeptionelle Rolle an und beschreibt die kritischen Erfolgsfaktoren, wie Management-Team, Wettbewerbsvorteil oder Kundennutzen.

Der quantitative Teil auf der anderen Seite entspricht der finanziellen Dimension des Plans. Dieser Bereich beschäftigt sich im Grunde mit dem Gewinn und dem Umsatz der aus der Geschäftsidee gewonnen werden kann. Weiters kann dadurch eine Übersicht über das benötigte Kapital bzw. die Investitionen gewonnen werden.¹¹²

Im Folgenden werden die einzelnen Bestandteile eines Businessplans näher erläutert.

3.3.1 Bestandteile eines Businessplans

Wie oben bereits erwähnt gibt es keinen allgemein gültigen Businessplan, so unterscheiden sich auch in der Literatur die verschiedenen Bestandteile eines Businessplans. Auch über die Reihung und Gliederung der Kapitel findet man unterschiedliche Auslegungen. Einig sind sich die Autoren jedoch über die zu behandelnden Inhalte.

„Es gibt allerdings unabhängig vom Einsatz des Business-/Geschäftsplanes und von der Art des Unternehmens wiederkehrende Bausteine.“¹¹³

- Executive Summary
- Geschäftsmodell und Ziele bzw. Strategien
- Produkte und Dienstleistungen
- Zielmarkt und Wettbewerber
- Marketing und Vertrieb
- Management und Organisation
- Finanzplanung
- Chancen und Risiken

Executive Summary

Die *Executive Summary* ist die Zusammenfassung eines Businessplans. Sie sollte kurz ausfallen und in komprimierter Form die wesentlichen Aussagen und Zielsetzungen des Plans wiedergeben. Ziel ist es dabei das Interesse des Adressaten für den Plan bzw. die Geschäftsidee zu wecken.¹¹⁴

Eine gute verfasste Executive Summary ist der Schlüssel zum Erfolg eines Businessplans. Der externe Leser des Geschäftsplans neigt grundsätzlich dazu die Zusammenfassung zu lesen und den Plan danach zu beurteilen.¹¹⁵

Ausschlaggebende Motive für das Interesse der Adressaten für die Summary sind:

- Schnellerer Einstieg in die Materie
- Überblick über das Unternehmen
- Kernaussagen über die Strategie und Erfolgsfaktoren¹¹⁶

¹¹² Vgl. Herzberg (2009), S.8

¹¹³ Zit. nach Nagl, S. 17

¹¹⁴ Vgl. Nagl (2006), S. 19

¹¹⁵ Vgl. Herzberg (2009), S. 16

¹¹⁶ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 23

Anhand dieser Zusammenfassung sollte bereits der Leser verstehen worum es im Businessplan geht. Unabhängig von den restlichen Bestandteilen des Plans sollte die Executive Summary gelesen und verstanden werden.

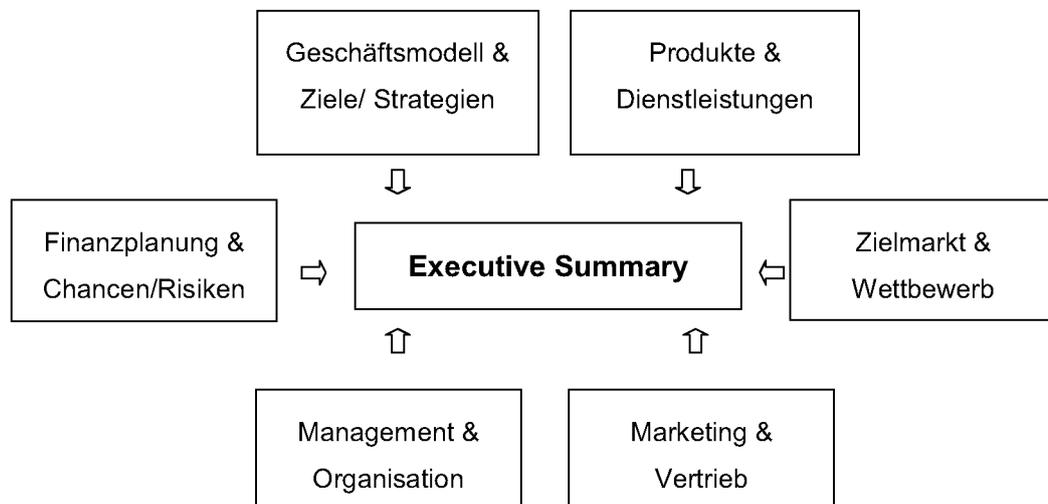


Abbildung 9: Wesentliche Elemente eines Executive Summary¹¹⁷

Eine effektive Executive Summary erläutert alle wesentlichen Elemente eines Businessplans auf ca. zwei Seiten und sollte dabei folgende Inhalte behandeln:

- Unternehmensstrategie und Erfolgsfaktoren:
Eine Übersicht über die Geschäftsidee, die strategischen Ziele und erfolgsrelevante betriebswirtschaftliche Kennzahlen (z.B. Gewinn und Umsatz).
- Schlüsselqualifikationen des Managementteams:
Organisation des Führungsteams sowie deren Beitrag zum Erfolg des Geschäftsvorhabens.
- kurze Beschreibung des Marktes:
Beschreibung des Zielmarktes und dessen Trends sowie der Mitbewerber und die Bedürfnisse der Kunden.
- kurze Beschreibung der Wettbewerbsvorteile:
Wettbewerbsfähigkeiten darstellen - durch die Erklärung der operativen Strategien (Einkauf, Fertigung, Logistik und Vertrieb).
- kurze Beschreibung der Produkte und Dienstleistungen:
Beschreibung der Produkte bzw. Dienstleistungen sowie deren wichtige Merkmale.
- kurze Beschreibung des Marketing und Vertriebes:
Maßnahmen zur Marktpositionierung und Erhöhung des Bekanntheitsgrades des Produktes.
- Bedeutende Finanzdaten:
Überblick über die ausschlaggebenden Finanzdaten, wie die jährlichen Einnahmen, Umsatz und die anfallenden Kosten über drei bis fünf Jahre.
- Benötigte Finanzmittel:
Erläuterung der benötigten Finanzmitteln, deren Verwendungszweck sowie eine Erklärung über die Rückzahlung des Fremdkapitals bzw. des Kredites.¹¹⁸

¹¹⁷ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 23

¹¹⁸ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 26

Die Gestaltung einer effektiven Executive Summary zählt zu den schwierigsten Tätigkeiten beim Verfassen eines Businessplans. Sie vermittelt den ersten Eindruck einer unternehmerischen Initiative und bildet somit einen wichtigen Bestandteil eines Businessplans.

Aufgrund der hohen Ansprüche an diese komprimierte Zusammenfassung, wird in der Literatur empfohlen, diesen Teil des Plans erst nach Fertigstellung des Businessplans zu verfassen.¹¹⁹

Geschäftsmodell und Ziele bzw. Strategien

Am Anfang jeder Entwicklung steht immer eine Idee bzw. ein Konzept. Im Geschäftsmodell wird daher die Geschäftsidee, aber auch wie damit Geld verdient wird, erläutert. Sie schafft die Grundlage eines jeden Businessplans.¹²⁰

Eine Erfolg versprechende Geschäftsidee richtet sich nach den drei folgenden Fragen. Das Interesse der Kapitalgeber soll durch die Beantwortung dieser Fragen angeregt werden:

- Welches Kundenbedürfnis wird gestillt?
 - Die Kundenzufriedenheit steht im Mittelpunkt;
- Wie sieht der Zielmarkt aus?
 - Wettbewerbsvorteil, Zielgruppen und Größe;
- Auf welche Art und Weise kann damit Geld verdient werden?
 - Umsatz- und Gewinnmöglichkeiten;¹²¹

Im nächsten Schritt muss das Geschäftsmodell, welches die Idee und den Weg zur Realisierung des unternehmerischen Vorhabens beinhaltet, erstellt werden. Dies hilft nun eine Geschäftsidee erfolgreich umzusetzen.¹²²

In Abbildung 10 ist die Umsetzung von der Geschäftsidee zum Geschäftsmodell ersichtlich. Dabei sollten folgende zwei Bedingungen überprüft werden:

- Welches Produkt bzw. Leistung begründet die Geschäftsidee?
- Gibt es Kunden, die bereit wären einen Preis für das Produkt bzw. Leistung zu zahlen?

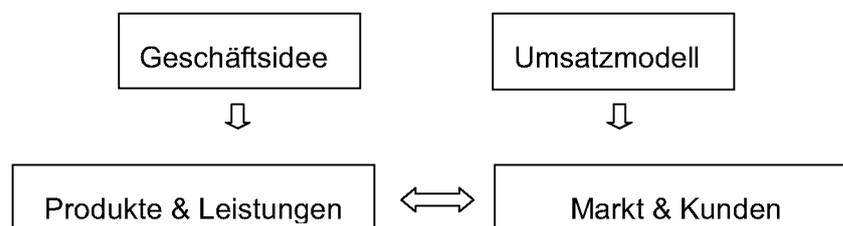


Abbildung 10: Umsetzung von der Geschäftsidee zum Geschäftsmodell¹²³

¹¹⁹ Vgl. Nagl (2006), S. 19

¹²⁰ Vgl. Herzberg (2009), S. 16

¹²¹ Vgl. Herzberg (2009), S. 29 ff.

¹²² Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 34

Im Geschäftsmodell kann dem Leser erklärt werden,

- wie man auf diese Idee gestoßen ist,
- wie die Erfolgchancen des Produktes sind und
- wie die Ziele bzw. die Zukunftspläne des Unternehmens aussehen.¹²⁴

Das Geschäftsmodell bildet das Kernelement eines jeden Businessplans und wird wie folgt definiert:

„Das Geschäftsmodell veranschaulicht die Geschäftsidee und die Mittel und Wege, wie diese Idee erfolgreich umgesetzt werden soll. Es umfasst die Leistungsprozesse, die Wertschöpfungskette und die Verbindungen zu allen relevanten Beteiligten.“¹²⁵

Bei der Erstellung eines Geschäftsmodells sollten folgende Bereiche erläutert werden:

- Geschäftsfeld des Unternehmen
- Vision, Mission und Strategie des Unternehmens
- Produktportfolio des Unternehmens
- Kernkompetenzen des Unternehmens
- Erfolgspotenzial des Unternehmens (EBIT, ROI)

Der langfristige Erfolg eines Geschäftsmodells erfordert eine wegweisende Vision, in der die Ziele des Unternehmens definiert sind. Sie beschreibt das Zukunftsbild des Unternehmens und sollte klar und einfach formuliert werden.

Die Vision drückt weiters den Kundennutzen aus und ist ausschlaggebend für die Identität des Unternehmens und die Motivation der Mitarbeiter.¹²⁶

Aus der Vision lässt sich in Folge die Mission des Unternehmens ableiten in der die greifbaren Geschäftsziele festgehalten werden, die in den nächsten Jahren erreicht werden sollen. Weiters wird die Bedeutung des Unternehmens und die Ideologie des Unternehmens beschrieben.¹²⁷

„Die Geschäftsziele setzen die Vision und Mission in Kennzahlen um. Ziele sind also konkrete Aussagen über angestrebte Zustände und Ergebnisse, die mittels unternehmerischen Maßnahmen erreicht werden sollen.“¹²⁸

Strategien sind Grundsatzdokumente, die im Unternehmen vorherrschen. Sie sind weiters Richtlinien und Vorgaben, die die allgemeine Stoßrichtung des Unternehmens festlegen. Sie vermittelt sozusagen zwischen den Unternehmenszielen und den operativen Maßnahmen.

Am Anfang jeder Strategieentwicklung ist die Analyse der Ausgangssituation. Anhand der Resultate werden die Ziele festgelegt und eine Strategie entwickelt. Die Strategie schildert folglich die Art und Weise der Erreichung der Unternehmensziele.¹²⁹

¹²³ Quelle: Schwetje et al. (2006), S. 34

¹²⁴ Vgl. Kußmaul (2008), S.535

¹²⁵ Zit. nach Nagl (2006), S. 21

¹²⁶ Vgl. Nagl (2006), S. 21

¹²⁷ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 38

¹²⁸ Zit. nach Nagl (2006), S. 32

¹²⁹ Vgl. Nagl (2006), S. 32 f.

Produkte und Dienstleistungen

In diesem Teil des Businessplans werden die Produkte und/oder Dienstleistungen des Unternehmens beschrieben. Sie bilden das Fundament des Geschäftsmodells.

Wichtig ist dabei darzustellen um welche Art von Produkt- bzw. Dienstleistung es sich handelt, welche Eigenschaften es besitzt und auf welcher Entwicklungsstufe es sich befindet.¹³⁰

Im Zentrum der Beschreibung sollten der Nutzen, der durch die Produkte und Dienstleistungen generiert werden kann, aber auch die Besonderheiten der Produkte, gegenüber denen bereits am Markt vorhandenen, angeführt sein.

Hierbei ist zu beachten, ob es sich um ein neues technisches Verfahren oder um einen deutlichen Fortschritt bereits vorhandener Produkte handelt.¹³¹

Eigenschaften, die das Produkt von vergleichbaren am Markt vorhandenen Produkten unterscheidet und es dadurch einzigartig machen, werden als Alleinstellungsmerkmale charakterisiert. Zu diesen zählen z.B. die Qualität, der Preis sowie der technologische Fortschritt des Produktes gegenüber denen der Mitbewerber.¹³²

Ein wichtiges Augenmerk ist auch auf die Erläuterung des technischen Entwicklungsstandes des Produktes zu richten. Bei innovativen Produkten ist es bedeutend darzustellen worin die Erneuerung besteht und welche Vorteile gegenüber den Wettbewerbern gegeben sind.¹³³

Nach der Bestimmung der essentiellen Merkmale kann die Beschreibung der Leistungen und Produkte in diesem Teil des Businessplans beginnen. Angaben und Erkenntnisse sind in jeder Hinsicht für die Planung ausschlaggebend.¹³⁴

Bietet ein Unternehmen eine Vielzahl von Produkten oder Dienstleistungen an so werden diese anhand eines Produktportfolios zusammengefasst. Die Untersuchung bzw. die Planung dieses Produktportfolios erfolgt in vier Etappen:

- Identifikation des relativen Marktanteils des Produktes (Marktposition) sowie des Wachstums (Attraktivität des Produktes);
- Eigenschaften der eigenen Produkte (Gegensätze, Ergänzungen, Wechselwirkungen, usw.);
- Erläuterung der Chancen und Risiken, die durch die Produkte entstehen;
- Einteilung der Produkte in (siehe Abbildung 11):
 - „Stars“ (Sterne) – gute Marktposition in einem wachsenden Markt
 - „Cash - Cows“ (Melkkühe) – etablierte Marktposition im Markt mit geringer Wachstumsrate
 - „Poor Dogs“ (arme Hunde) – schwache Marktposition bei geringem Marktwachstum
 - „Question Marks“ (Fragezeichen) – geringen Cash - Flow bei noch geringeren Marktanteil¹³⁵

¹³⁰ Vgl. Nagl (2006), S. 39

¹³¹ Vgl. Nagl (2006), S. 39

¹³² Vgl. Schwetje et al. (2006), S.65

¹³³ Vgl. Nagl (2006), S.43 ff.

¹³⁴ Vgl. Nagl (2006), S.39

¹³⁵ Vgl. Herzberg (2009), S. 82

Abbildung 11: Portfolioanalyse ¹³⁶

Bei der Darstellung der Produkte und Dienstleistungen sollte daher auf folgende Punkte eingegangen werden:

- Erklärung und Auflistung der Produkte
Detaillierte Beschreibung der Produkte und Dienstleistungen sowie den Umsatz den man von den Leistungen und Produkten erwartet;
- Marktreife:
Darstellung des Marktreifegrads der Produkte oder des Entwicklungsstatus;
- Vergleich mit Konkurrenzprodukten
Identifikation und Überprüfung konkurrierender Dienstleistungen und Produkte um die Wettbewerbsposition festzustellen;
- Einzigartigkeit und Schutz der Produkte
Verwendung entsprechender Instrumente des Urheberrechts und des gewerblichen Rechtsschutzes, wie z.B. Patent oder Urheberrecht;¹³⁷

Die Genehmigungen von neuen Produkten durch staatliche Stellen sind erforderlich um rechtliche Voraussetzungen zu schaffen. Auch Patente und Schutzrechte sind gerade bei technologieorientierten Unternehmen unerlässlich. Technologien stellen einen hohen Wettbewerbsvorteil dar.¹³⁸

Zielmarktanalyse

Die Analyse des Marktes hat zum Ziel, ein Bild des zu betretenden Marktes mit all seinen Eigenschaften zu präsentieren um dadurch geeignete Marketingziele zu definieren. Sie beinhaltet die Erfassung und Analyse von Daten potentieller Kunden und Wettbewerbern.¹³⁹

¹³⁶ Quelle: URL:<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/portfolio-analyse.html> (10.10.2010)

¹³⁷ Vgl. Kußmaul (2008), S. 540 ff.

¹³⁸ Vgl. Nagl (2006), S.41

¹³⁹ Vgl. Kußmaul (2008) zitiert nach Struck u.a. (2001), S. 544

Durch eine Marktanalyse kann auch der Umsatz und die erforderliche Absatzmenge eingeschätzt werden. Weiters dienen die Resultate der Analyse dem Leser des Geschäftsplans für ein besseres Verständnis für die Größe des Marktes und der Parameter die diesen beeinflussen.¹⁴⁰

In der Analyse des Zielmarktes sollte auf folgende Angaben und Daten im Businessplan Wert gelegt werden:

- Marktvolumen, -potenzial, und –wachstum
- Bedürfnisse der Kunden
- Analyse der Wettbewerber (z.B. Schwächen/Stärken)
- Marktstellung der Lieferanten

Vorgehensweise

Der erste Schritt einer Zielmarktanalyse erfordert eine fundierte Informationsbeschaffung. In der so genannten Marktforschung erhält man den ersten Aufschluss über Branchen, Kunden und Wettbewerber. Ob durch eigenständige Befragung oder durch das Heranziehen von z.B. wirtschaftswissenschaftlichen Instituten können schnell Informationen zusammengetragen werden.¹⁴¹

Anhand der, im vorigen Kapitel angeführten Beschreibung der Produkte, kann bereits eine Abgrenzung des Marktes vorgenommen werden. Dadurch kann der für das Geschäft relevante Markt definiert werden. Man legt sozusagen fest welche Zielgruppe von Kunden durch das Produkt bzw. die Dienstleistung angesprochen werden sollen.¹⁴²

Entscheidender Inhalt dieser Analyse ist insbesondere die Feststellung der dort gültigen Marktstrukturen und –prozesse.¹⁴³

Des Weiteren muss eine Marktsegmentierung durchgeführt werden. Dabei wird der relevante Markt in Segmente (Teilmärkte) strukturiert, um die unterschiedlichen Bedürfnisse der Kunden mit einzubeziehen. Anhand dieser Methode können auch die unterschiedlichen Zielgruppen definiert werden.¹⁴⁴

Nach der Bestimmung der Größe des Marktes und dem Geschäftspotenzial kann mit der Analyse der Marktentwicklung bzw. –wachstum begonnen werden.

Im Businessplan ist entscheidend festzuhalten, dass für die vorhandenen Produkte auch in Zukunft ein Erfolg versprechender Markt vorhanden ist.¹⁴⁵

Damit das zukünftige Geschäft abschätzbar ist, ist es notwendig das Wachstum des Marktes zu untersuchen. „Aussagen über den Markt und die Wachstumsraten von Umsatz und Gewinn sind durch sorgfältig analysierte Daten zu belegen.“¹⁴⁶

Eine weitere entscheidende Säule der Marktanalyse repräsentiert die Wettbewerbsanalyse. Um eine effektive Marktstrategie entwickeln zu können ist es erforderlich das Verhalten der Wettbewerber zu ermitteln.¹⁴⁷

¹⁴⁰ Vgl. Kußmaul (2008) zitiert nach Ford u.a. (2007), S. 544

¹⁴¹ Vgl. Nagl (2006), S. 23

¹⁴² Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 71

¹⁴³ Vgl. Kußmaul (2008) zitiert nach Bruhn u.a. (2005), S. 550

¹⁴⁴ Vgl. Kußmaul (2008) zitiert nach Kotler u.a. (2007), S. 550

¹⁴⁵ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 71

¹⁴⁶ Zit. nach Nagl (2006), S. 24

¹⁴⁷ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 77 ff.

Im Fokus stehen dabei die Stärken und Schwächen der Wettbewerber. Das Resultat einer solchen Analyse ist eine Sammlung und Bewertung der wichtigsten Informationen über die Wettbewerber, wie unter anderem die Größe, der Umsatz, die Mitarbeiter oder der Marktanteil.¹⁴⁸

An dieser Stelle ist auf das Branchenstrukturmodell nach Porter zu verweisen. Porter beschreibt in diesem Modell fünf Kräfte, die die Wettbewerbsintensität einer Branche entscheidend beeinflussen (siehe Abbildung 12).

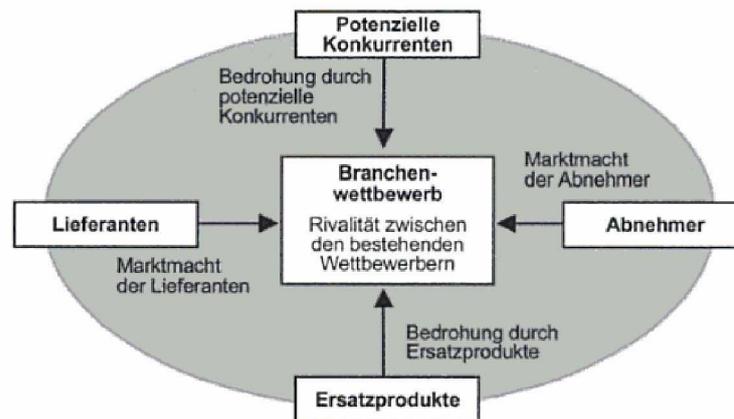


Abbildung 12: Branchenstrukturmodell nach Porter¹⁴⁹

Ein wichtiges Werkzeug des strategischen Managements, die aber auch in der Zielmarktanalyse häufig Verwendung findet, ist die SWOT - Analyse. SWOT steht für Strength (Stärken), Weakness (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Bedrohungen).

Das Resultat dieser Analyse ist eine Matrix, die die Stärken und Schwächen eines Unternehmens den Chance und Risiken seitens des Marktes gegenüberstellt. Sie bildet auch eine wesentliche Basis der Strategiefindung (siehe Abbildung 13).¹⁵⁰

¹⁴⁸ Vgl. Nagl (2006), S. 25

¹⁴⁹ Quelle: Hungenberg (2004), S. 99

¹⁵⁰ Vgl. Nagl (2006), S. 29

Abbildung 13: SWOT – Analyse ¹⁵¹

Eine tiefgründige Analyse des Marktes bildet die Grundlage für einen erfolgreichen Marktauftritt. Eine erfolgreiche Umsetzung des Geschäftsvorhabens - d.h. eine erfolgreiche Positionierung der Produkte - verlangt eine detaillierte Analyse des Zielmarktes. Nicht ausgereifte Marktanalysen führen in den meisten Fällen zu einer nicht vollkommenen Nutzung des Marktpotenziales bis hin zu Fehlinvestitionen. ¹⁵²

Marketing und Vertrieb

Dieser Bestandteil des Businessplans beschäftigt sich mit der Marketingstrategie und dem Vertriebskonzept durch die die strategischen Ziele erreicht werden sollen. Die Resultate der Zielmarkt- und Wettbewerbsbewertung bilden dabei die Grundlage für den Marketing- und Vertriebsplan. ¹⁵³

Neben der Geschäftsidee zählt das Marketingkonzept zum Kern der meisten Geschäftspläne. Darin sollte eine Beschreibung des Marktes, der Wettbewerber, der Produkte sowie Vertriebsstrategie und Absatzerwartung ersichtlich sein. ¹⁵⁴

Nagl definiert im Buch „Der Businessplan“ Marketing als die Planung, Koordination und Kontrolle aller auf die aktuellen und potenziellen Märkte ausgerichteten Unternehmensaktivitäten mit dem Ziel, die Kunden langfristig zu begeistern. ¹⁵⁵

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Marketingplanung zwischen der kurzfristigen, operativen Planung – ein Zeitraum bis zu einem Jahr – und der länger angesetzten, strategischen Planung – drei bis fünf Jahre. ¹⁵⁶

Das strategische Marketing enthält die Festsetzung der Unternehmens- sowie Marketingziele. Dabei wird die in der Zielmarktanalyse erlangte Information, z.B. durch die SWOT – Analyse, als Grundlage herangezogen. ¹⁵⁷

¹⁵¹ Quelle: Nagl (2006), S. 30

¹⁵² Vgl. Nagl (2006), S 23

¹⁵³ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 83

¹⁵⁴ Vgl. Herzberg (2009), S. 17

¹⁵⁵ Vgl. Nagl (2006), S. 45

¹⁵⁶ Nagl (2006), S. 45

¹⁵⁷ Vgl. Kußmaul (2008) zitiert nach Zentes u.a. (2001), S. 555

Im Gegensatz dazu wird im operativen Marketing die aktive Beeinflussung des Marktes geplant. Explizite Ziele sind unter anderem:

- Festlegung der kurzfristigen Absatzziele
- Fixierung der Marketinginstrumente
- kurzfristige Budgetplanung für die Durchführung der Planung
- Überprüfung der operativen Pläne unter Verwendung der strategischen Planung¹⁵⁸

Die Marketinginstrumente - auch Marketing Mix genannt – werden im operativen Marketing zur Entscheidungsfindung eingesetzt. Der Marketing – Mix setzt sich aus folgenden Aktionsinstrumenten zusammen:

- Produktpolitik (z.B. Kundendienst, Sortiment, Menge, Qualität)
- Preispolitik (z.B. Preis, Rabatt, Kredit)
- Distributionspolitik (z.B. Standort, Verkaufsorgan, Absatzweg)
- Kommunikationspolitik (z.B. Werbung, Verkaufsförderung, Public Relations)¹⁵⁹

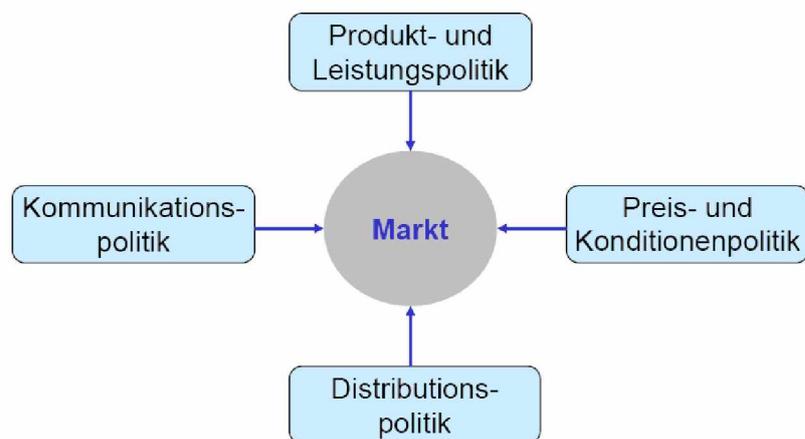


Abbildung 14: Marketing - Mix¹⁶⁰

Marketingstrategie

Generell sind in der Marketingstrategie die Markt- und Vertriebsziele für die nächsten Jahre festgelegt. Entscheidend für die Werbe- und Marketingkostenplanung ist die Darstellung des prozentuellen Wachstums das in den nächsten Jahren erzielt werden soll sowie der Marktanteil der mit dem Produkt erreicht werden soll.¹⁶¹

¹⁵⁸ Vgl. Nagl (2006), S.45

¹⁵⁹ Vgl Kussmaul (2008), S. 557 ff

¹⁶⁰ Quelle: Stahl (2009), S. 394

¹⁶¹ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 83

Jeder Businessplan sollte weiters einen Marketingplan beinhalten, in dem

- die Marketingmaßnahmen,
- die Umsatzziele nach Produkten,
- die Marketingkostenaufteilung und
- der Zeitpunkt (Zeitachse) für die Einführung der Produkte

enthalten sind. Anhand dieses Plans kann somit die Umsetzung der Marketingaktivitäten zur Erreichung der strategischen Marketingziele gesteuert werden. Des Weiteren sollten Markttrends aber auch die Entwicklung der Marktanteile bei den Wettbewerbern in die Analyse einfließen.¹⁶²

Vertriebsstrategie

Ein wichtiges Augenmerk sollte an dieser Stelle auch auf die Vertriebsstrategie gelegt werden. Diese baut auf der Marketingstrategie auf und hat die Umsetzung der operativen Vertriebsziele zum Ziel.¹⁶³

Anhand eines Vertriebsplans sollte die derzeitige Vertriebssituation sowie auch der Plan für die Erreichung der Vertriebsziele beschrieben werden. Prinzipiell sollte er folgende Planungen beinhalten:

- Kundenplanung
- Absatzmarktplanung
- Verkaufsgebietplanung¹⁶⁴

Bei der Ausarbeitung des Vertriebsplans ist dabei besonders auf die Abstimmung mit dem Marketingplan zu achten.

Management & Organisation

Dieser Teil des Businessplans setzt sich mit dem Führungsteam und der Unternehmensorganisation als ganzes auseinander. Die zentrale Frage die sich hierbei stellt ist:

*Welche Ressourcen benötige ich für die Realisierung meines geschäftlichen Vorhabens?*¹⁶⁵

Besondere Aufmerksamkeit muss diesem Bestandteil des Geschäftsplanes im Falle von Reorganisationen und Neugründungen geschenkt werden. Dabei stehen besonders die Stärken und Schwächen des Führungsteams im Vordergrund.

Management

Im Zentrum steht hier die Beschreibung des Führungsteams und welche Erfahrungen, Ausbildung bzw. Referenzen vorhanden sind. Das Engagement für das Geschäftsvorhaben und die zu erreichenden Ziele sowie die Persönlichkeit und Fähigkeiten des Teams sollten dabei zusammengefasst werden.¹⁶⁶

¹⁶² Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 84

¹⁶³ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 89

¹⁶⁴ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 92

¹⁶⁵ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 43

¹⁶⁶ Vgl. Herzberg (2009), S. 87

Die Fähigkeiten des Managementteams sowie der einzelnen Mitarbeiter tragen wesentlich zu einer erfolgreichen Umsetzung eines unternehmerischen Vorhabens bei. Nur wenn die benötigten *skills* und Fähigkeiten für die Unternehmensgründung sowie der Realisierung des Projektes vorhanden sind, werden die finanziellen Mittel seitens der Kapitalgeber zur Verfügung gestellt.

Die wichtigsten Eigenschaften, die das Management besitzen sollten, werden unter dem Fachbegriff *soft skills* eingeordnet. Zu diesen zählen:

- unternehmerisches und fachliches Know – How
- soziale Kompetenzen
- Führungs- und Kommunikationsfähigkeiten
- Markt- sowie Branchenkenntnisse
- Flexibilität
- Visionskraft
- „Networking“

Im Geschäftsplan sollten neben der Qualifikation des Führungsteams auch die Fähigkeiten der Mitarbeiter mit Schlüsselpositionen angeführt sein. Mitarbeiter sind das wichtigste Element in einem Unternehmen.

Dabei sollten Informationen wie Art der Tätigkeit, Aufgabenbereich, Umfang und Vertretung der Mitarbeiter im Businessplan zugänglich gemacht werden.¹⁶⁷

Organisation

Neben der Beschreibung der Fähigkeiten und Eigenschaften des Managementteams ist die Organisation bzw. Strukturierung dieses Führungsteams von entscheidender Bedeutung und deshalb auch im Businessplan festzuhalten.

„Unter Organisation kann man die zielgerichtete Strukturierung von Personen, Sachmitteln und Informationen in Form eines Interaktionssystems verstehen.“¹⁶⁸

Man unterscheidet dabei zwei Arten von Organisationen:

- Aufbauorganisation
Welche Person soll welche Aufgabe unter Einsatz welcher Sachmittel und Informationen bewerkstelligen?
- Ablauforganisation
In welcher Zeitabfolge und an welchen Orten sollen die Aufgaben bzw. Aufträge erfüllt werden?¹⁶⁹

Die Aufbauorganisation, auch Strukturorganisation genannt, ist die Unterteilung und Koordination von arbeitenden Einheiten eines Unternehmens. Im Zuge dieser Einteilung werden Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten definiert. Vereinfacht dargestellt und sichtbar gemacht wird dies in Form eines Organigramms.¹⁷⁰

¹⁶⁷ Vgl. Nagl (2006), S. 60 f.

¹⁶⁸ Zit. nach Kußmaul (2008) zitiert nach Macharzina (2005), S. 559

¹⁶⁹ Vgl. Kußmaul, S. 559

¹⁷⁰ Vgl. Nagl. (2006), S. 63

Die Erstellung der Ablauforganisation basiert auf den in der Geschäftsidee, des Geschäftsmodells und den strategischen Zielen beschriebenen Sachverhalten und legt die Arbeitsabläufe entlang der Wertschöpfungskette dar.

Anhand dieser Organisation werden die wichtigsten operativen Arbeitsschritte aber auch die benötigten Arbeitsmittel und Arbeitskräfte erfasst.¹⁷¹

Zur Planung, Steuerung aber auch Kontrolle dieser durch die Unternehmensführung veranlassten Aktivitäten werden Berichtswesen und Controlling eingesetzt.

Als ein Beispiel für ein Planungs-, Steuerungs- und Kontrollinstrument wäre hier die *Balanced Scorecard* zu erwähnen.¹⁷²

Finanzplanung

Der Finanzplan ist von grundlegendem Interesse für die potentiellen Kapitalgeber und Investoren. Darin werden alle in den vorhergehenden Bestandteilen des Businessplans ermittelten Daten in konkreten Zahlen umgesetzt und dadurch greifbar gemacht.

Die Erstellung eines gehaltvollen Finanzplans setzt somit eine komplette Ausarbeitung des qualitativen Teils des Unternehmensplans voraus.¹⁷³

Der Finanzplan sollte Aufschluss über die zukünftige finanzielle Entwicklung des Unternehmens geben. Betriebswirtschaftliche Instrumente helfen einen Einblick zu gewinnen. Weiters können Annahmen bezüglich der Kostenstrukturen, des Absatzes, der Investitionen und Finanzierungen getroffen werden.¹⁷⁴

Beim Lesen des Finanzplans sollte dem externen Adressaten des Businessplans ein vorstellbarer und aussagekräftiger Einblick über die Vermögens-, Finanz- und Ertragslage des Unternehmens vermittelt werden.¹⁷⁵

Bestandteile eines Finanzplans

Das Ausmaß und welche betriebswirtschaftlichen Instrumente dargestellt werden, hängt in den meisten Fällen vom Entwicklungsstadium des Unternehmens ab. Je länger ein Unternehmen bereits existiert, desto aufschlussreicher wird dieser Teil des Plans ausfallen.¹⁷⁶

Der Finanzplan sollte aus folgenden Planrechnungen bzw. Analysemethoden zusammengesetzt sein:

- Erfolgsplan (Gewinn- und Verlustrechnung)

Durch Saldierung der Erträge und Aufwendungen wird der Erfolg des Unternehmens ermittelt; die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) kann nach dem Gesamtkostenverfahren oder dem Umsatzkostenverfahren erstellt werden;

¹⁷¹ Vgl. Schwetje(2006), S. 44

¹⁷² Vgl. Nagl (2006), S. 63 ff.

¹⁷³ Vgl. Kußmaul (2008), S. 562

¹⁷⁴ Vgl. Herzberg (2009), S. 92

¹⁷⁵ Vgl. Nagl (2006), S. 71

¹⁷⁶ Vgl. Schwetje (2006), S. 117

- Liquiditätsplan (Cashflow Rechnung)
Ein- und Auszahlungen werden nach Zeitpunkt und Höhe erfasst und gegenübergestellt; dadurch kann festgestellt werden wann Liquiditätsengpässe entstehen;
- Bilanz
Gegenüberstellung von Vermögen und Kapital am Ende der jeweiligen Planungsperiode; dient zur Beurteilung der Vermögens- und Finanzlage eines Unternehmens;
- Kennzahlen (z.B.: Eigenkapitalrentabilität)
Betriebswirtschaftliche Kennzahlen die sich unter anderem aus den Angaben der Bilanz bzw. der Gewinn- und Verlustrechnung ergeben; sie dienen zur Steuerung und Beurteilung des Unternehmens.¹⁷⁷

Um die Finanzplanung durchführen zu können sind Daten in den Bereichen Absatz, Investitionsaufwendungen und Betriebskosten zu eruieren.

Anhand dieser grundlegenden Finanztransaktionsarten können dann anschließend die drei Finanzabschlüsse – Bilanz, Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) sowie die Cashflow – Rechnung abgeleitet werden (siehe Abbildung 15).¹⁷⁸

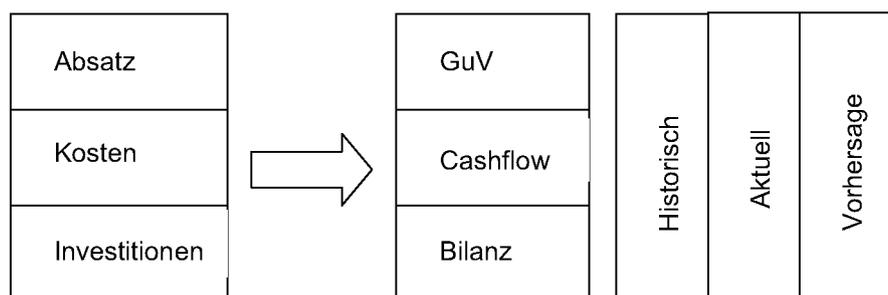


Abbildung 15: Finanzplanung¹⁷⁹

Die Bestimmung der Transaktionen und der Finanzabschlüsse erfolgt dabei unter der Berücksichtigung von drei Zeitperioden:

- Vergangenheit – historische Daten
- Gegenwart – aktuelle Daten
- Zukunft – vorhergesagte Daten

Die Ermittlung der Daten für den Absatz bzw. Umsatz basiert auf dem bereits festgelegten Vertriebsplan und geben Auskunft über mögliche Entwicklungen am Markt für die nächsten Jahre.

Im Falle der Kostenplanung sollten die schon zuvor festgelegten Marketing- und Produktionsplanungen verwendet werden. Ebenso müssten die Material-, Personal- und sonstigen Kosten ermittelt werden.

¹⁷⁷ Vgl. Kußmaul (2008), S. 563 ff.

¹⁷⁸ Vgl. Stutely (2002), S. 166 ff.

¹⁷⁹ Quelle: Stutely (2002), S. 168

Bei der Planung der Investitionen ist dabei wichtig zu unterscheiden welche Investitionsart (z.B. Sach-, Finanz-, Ersatzinvestition) zum Tragen kommt. Eine entscheidende Rolle spielt hier auch die Amortisationszeit einer solchen Investition.¹⁸⁰

Der Finanzplan ist als ein sowohl internes als auch externes Unternehmenssteuerungs- und -kommunikationsinstrument zu sehen, und bedarf genauso wie die anderen Bestandteile des Businessplans regelmäßiger Überprüfung und Anpassung.¹⁸¹

Chancen & Risiken

Jedes unternehmerische Vorhaben und Projekt ist mit Chancen und Risiken behaftet. Diese können im Unternehmen selbst oder im Umfeld des Unternehmens liegen.¹⁸²

Entscheidend bei den Chancen, die unternehmerische Initiativen bringen, ist es festzustellen welche zusätzlichen Potentiale dadurch generiert und unter welchen Voraussetzungen diese realisiert werden können.

Risiken im Gegensatz dazu richten sich negativ auf den Unternehmenswert aus. Die Kapitalkosten erhöhen sich wesentlich je höher die Risiken sind.¹⁸³

Risiken können dabei von Administrativ-, Personal und Vermögensrisiken über Markt-, Umwelt- und Finanzrisiken bis hin zu wirtschaftlichen und technischen Risiken reichen.¹⁸⁴

Generell unterscheidet man zwischen folgenden Risikoarten:

- Operative Risiken – z.B. durch technisches Versagen verursacht
- Umfeldrisiken – z.B. durch neue Gesetzgebungen verursacht
- Kreditrisiken – z.B. durch nicht beglichene Forderungen

Entscheidend ist es Risiken messbar und kontrollierbar zu machen. Dadurch können Strategien und Aktivitäten entwickelt werden um im weiteren Schritt entgegenwirken zu können.

Häufig findet in der Praxis die „Chancen - Risiken – Analyse“ Verwendung. Diese Risikoanalyse basiert auf der Festlegung von drei Szenarien:

- *Worst Case* Szenario
Ereignis mit den meisten Risiken
- *Most Likely Case* Szenario
Ereignis mit der höchsten Wahrscheinlichkeit
- *Best Case* Szenario
Ereignis mit den meisten Chancen¹⁸⁵

Schwetje hält in seinem Buch „der Businessplan“ fest, dass die Kunst der Risikoabschätzung eigentlich darin besteht, objektiv zu bleiben, sich potenziellen Gefahren bewusst zu werden und sich in mögliche Szenarien hineinzudenken.¹⁸⁶

¹⁸⁰ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 131 ff.

¹⁸¹ Vgl. Nagl (2006), S. 69

¹⁸² Vgl. Herzberg (2009), S. 101

¹⁸³ Vgl. Nagl (2006), S. 66

¹⁸⁴ Vgl. Schwetje (2006), S. 153

¹⁸⁵ Vgl. Nagl (2006), S. 66

Neben der Risikoanalyse kann auch eine Sensitivitätsanalyse förderlich sein. Diese Art der Analyse misst, im Gegensatz zur qualitativen Bewertung der Risikoanalyse, quantitativ den Einfluss von Risiken auf das Unternehmen. Im Grunde genommen wird die Reaktion des Unternehmens auf das Auftreten von Risiken betrachtet.

Die Quantifizierung kann am besten bei Kosten, Preisen und Mengen durchgeführt werden. In der Sensitivitätsanalyse kann dadurch untersucht werden ob ein Unternehmen oder Produkt mengen- bzw. preisintensiv ist.¹⁸⁷

Zusammenfassend kann man sagen, dass durch die Risikoanalyse bzw. Sensitivitätsanalyse die ausschlaggebenden Risiken einer unternehmerischen Initiative analysiert werden und gleichzeitig auch die finanziellen Konsequenzen die diese Risiken mit sich bringen dargestellt werden können.

Nachdem der Aufbau bzw. der Inhalt eines herkömmlichen Businessplans näher gebracht wurde, wird in der nachfolgenden Ausführung die zu planenden Schritte und Vorgehensweisen bei einer Businessplanerstellung erläutert.

¹⁸⁶ Schwetje et al. (2006), S. 152

¹⁸⁷ Vgl. Herzberg (2009), S. 102

3.4 Die Planung eines Businessplan

Bei der Verfassung eines Businessplans müssen eine Vielzahl von Sachverhalte erarbeitet, behandelt und überzeugend dargestellt werden. Dies setzt eine ausführliche Planung voraus.

Dabei sollten folgende Phasen behandelt werden:

- Datenerfassung
- Datenanalyse
- Planentwurf
- Planerstellung
- Präsentation ¹⁸⁸

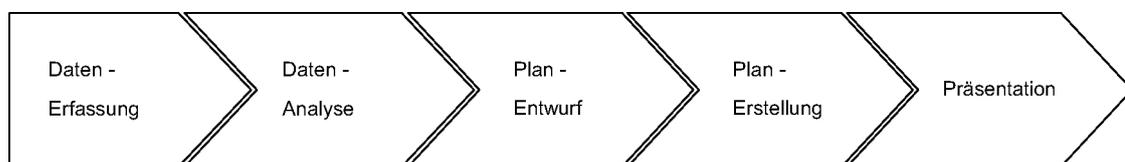


Abbildung 16: Projektphasen bei der Erstellung eines Businessplans ¹⁸⁹

Die erste Phase, bei der Gestaltung eines Unternehmensplans, beschreibt die Erfassung von qualitativ hochwertigen Daten. Sie bildet die Grundlage für einen erfolgreichen Plan.

In der darauf folgenden Analyse werden die Datensätze auf der Managementebene zusammengefasst und analysiert. Dadurch kann die Ausgangssituation bestimmt und ein wirklichkeitsnahes Bild des Unternehmens erstellt werden. ¹⁹⁰

Bei der Planung eines Geschäftsplans wäre es förderlich vorab Teilabschnitte, die die unterschiedlichen Seiten des Unternehmens bzw. des Geschäfts beleuchten, zu definieren. Diese Strukturierung kann bei der Entscheidungsfindung bereits in den frühen Phasen helfen.

Diese Teilabschnitte sollten dabei folgende Bereiche der Wirtschaftswissenschaft abdecken und über die nachstehenden Schlüsseldaten informieren:

- Unternehmensbeschreibung
Name, Rechtsnorm, Standort, usw.
- Organisation bzw. Management
Organigramm, Name & Anzahl der Geschäftsführer und der Mitarbeiter, usw.
- Dienstleistungen und Produkte
Produktliste & -beschreibung, Preisliste, geplante Produkteinführungen, usw.
- Markt und Wettbewerb
Marktgröße, Kundenstruktur, Ziele sowie Strategien der Wettbewerber, usw.
- Marketing und Vertrieb
Produktflyer, Anzahl und Aufbau des Vertriebsinnen- und Außendienstes, usw.

¹⁸⁸ Vgl. Schwetje et al. (2006), S.11 ff.

¹⁸⁹ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 12

¹⁹⁰ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 18

- Entwicklung und Produktion
Anzahl der Produktstandorte, Liste aller neuentwickelten Produkte, Fertigungsverfahren, usw.
- Einkauf und Logistik
Liste der Zulieferer & Spediteure, Lieferantenverträge, usw.
- Finanzen
Jahresabschlüsse, Finanzplanung, Kreditlinien, Darlehensverträge, usw.¹⁹¹

Anhand dieser Schlüsseldaten können folglich die zu erledigende Aufgaben definiert und deren Verantwortlichkeit bzw. Zuständigkeit festgelegt werden. Parallel dazu ist ein Zeitplan zu erstellen, der die zeitliche Planung der Aktivitäten durch Fristen festlegt.

Es ist hierbei anzumerken, dass vor Beginn der Planung

- ein Projektteam sowie der Projektleiter aufgestellt wird
- die Aufgabenbereich der einzelnen Personen festgelegt wird und
- die Planung des Projekts erstellt wird¹⁹²

In der nachstehenden Darstellung sind die Phasen für die Organisation bzw. Entwicklung eines Businessplans abgebildet.



Abbildung 17: Phasen einer Businessplanerstellung¹⁹³

Die erfolgreiche Planung eines Businessplan kann durch zehn wesentliche Schritte festgelegt werden:

- Was planen? Warum planen?
- Beschreibung der unternehmerischen Aktivitäten
- Beschreibung des aktuellen Status des Unternehmens
- Beschreibung der Marktbedingungen, der Wettbewerber und der Marktposition
- Beschreibung der Kernziele
- Entwurf einer Strategie zum Erreichen der Kernziele
- Bestimmung der Risiken und Gelegenheiten
- Strategieentwicklung, um Risiken zu begrenzen und Gelegenheiten zu nutzen
- Ausarbeitung der Strategien zu Arbeitsplänen
- Schätzung der Kosten, Erlöse, Cashflow
- Abschluss des Plans

Abschließend lässt sich an dieser Stelle ein Zitat von Rudolph Carsten, Projektleiter bei Microsoft Deutschland GmbH, erwähnen:

„Ein Businessplan ist nie endgültig und daher empfiehlt es sich die Planung regelmäßig zu überprüfen.“¹⁹⁴

¹⁹¹ Vgl. Schwetje et al. (2006), S.16

¹⁹² Vgl. Schwetje et al. (2006), S.14

¹⁹³ Vgl. Schwetje et al. (2006), S. 14

¹⁹⁴ Zit. nach Nagl (2006), S. 14

4 Businessplan Geothermieprojekt Gmunden

Die nun folgende Ausführung beschreibt den Businessplan für das Geothermieprojekt Gmunden. Es wird dabei auf die Grundbausteine eines erfolgreichen Geothermieprojektes eingegangen und anhand des Geothermieprojektes Gmunden erläutert.

Aufbauend auf einer geologischen Machbarkeitsstudie wurde dabei der ökonomische und ökologische Aspekt einer hydrothermalen Energienutzung in Gmunden untersucht. Neben der wirtschaftlichen Analyse des Projektes behandelt der Businessplans aber auch ökologische, politische, finanzielle sowie organisatorische Aspekte und Rahmenbedingungen einer geothermischen Energieversorgung in Gmunden.

Das Konzept des nun folgenden Businessplanes wurde gemäß dem standardisierten Aufbau eines Businessplanes laut Literatur erstellt und auf die Bedingungen des kommunalen hydrothermalen Geothermieprojektes angepasst.

4.1 Executive Summary

Vision & Marktpotential

Durch die Nutzung des hydrothermalen Geothermievorkommens steht der Stadt Gmunden eine versorgungssichere, umweltfreundliche, lokale und für die BürgerInnen der Stadt preisstabile Energie zur Verfügung.

Die CO₂-Bilanz für das Projekt ergibt, dass durch die Substitution von Erdgas durch Geothermie in Gmunden bis zu 8000 Tonnen CO₂ pro Jahr eingespart werden können.

Versorgungsziel

Gmunden plant einen Teil der Wärmeversorgung der Stadt durch Geothermie abzudecken. Für den ersten Ausbauschritt soll ein Fernwärmenetz hauptsächlich zur Versorgung der Großabnehmer (v.a. Industrie, öffentliche Gebäude und Wohnanlagen) errichtet werden, die einer minimalen Abnehmerstruktur entspricht.

Geologische Machbarkeitsstudie

Das hydrothermale Vorkommen befindet sich mit einer Mächtigkeit von ca. 200 m in einer Tiefe von ungefähr 4500 m bis 5000 m. Es wird dabei eine Thermalwassertemperatur von 120° C zu erwarten sein. Die förderbare Thermalwassermenge (Schüttung) wird mit 80 l/s festgelegt.

Technische Beschreibung der Anlage

Die Dubletten-Bohrung Gmunden besteht aus einer Produktionsbohrung und einer Reinjektionsbohrung, die an ein und demselben Bohrplatz abgeteuft werden.

Die geothermische Heizzentrale, die sich ebenfalls am Bohrplatz befindet, besteht i.a. aus dem Wärmetauscher und einem mit Gas betriebenen Spitzenlastkessel.

Für die Wärmeversorgung der in diesem Projekt festgelegten Abnehmer in Gmunden wurden zwei Fernwärmehauptleitungen inklusive Seitenstränge mit einer Länge von ca. 9 km geplant.

Wärmepotential & Wärmebedarf

Anhand der Thermalwassertemperatur und einer angenommenen Rücklaufemperatur lässt sich ein max. geothermisches Potential des hydrothermalen Vorkommens in Gmunden von ungefähr 20 MW ermitteln.

Die notwendige Jahresenergiemenge von ca. 47.000 MWh/Jahr, die für die Versorgung der Hausanschlüsse der ersten Ausbaustufe notwendig ist, kann infolgedessen berechnet werden. Weiters kann dadurch die benötigte Spitzenlast, die durch Gas abgedeckt werden muss, festgestellt werden.

Dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die nötigen Investitionsausgaben für die Wärmeversorgung durch die Geothermie in Gmunden ergeben sich einerseits durch die Bohrung und andererseits durch den Bau des Fernwärmenetzes und der Heizzentrale.

Die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten des geothermischen Kraftwerkes setzen sich aus den Aufwendungen für Personal, Instandhaltung und den Geschäftsführungskosten sowie durch die Brennstoffkosten für die Spitzenlastanlage und den Kosten für den Betrieb der vorhandenen Pumpen zusammen.

Das Resultat der ökonomischen Analyse des Geothermieprojektes Gmunden ergab einen Kapitalwert von 335.157 €, eine Annuität von 24.349 € und einen internen Zinssatz von 6,1%. Die Amortisationszeit des Geothermieprojektes Gmunden beträgt rund 29 Jahre.

Sensitivitätsanalyse

Bohrparameter, wie Bohrkosten, Bohrtiefe und der Bohrfortschritt haben erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes. Im Vergleich dazu werden die Fernwärmenetzkosten und Betriebskosten nicht als projektkritisch gesehen.

Das Projekt reagiert sehr sensibel auf die Variation der Volllaststunden und der verkauften Wärmemenge. Hier besteht das größte Optimierungspotential für eine ökonomische Realisierung des Geothermieprojektes Gmunden.

Eine Erweiterung der Abnehmerstruktur, von der derzeitigen minimalen Ausbaustufe, würde die Rentabilität des Projektes steigern.

Risikoanalyse

Der Kapitalwert für das Projekt liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% zwischen -3,8 Mio. € und 2,8 Mio.€. Das Risikokapital, das aufgebracht werden muss, beträgt 3,8 Mio. €. und mit einer Wahrscheinlichkeit von 75% ist der Kapitalwert über die Lebenszykluskosten positiv.

Der interne Zinssatz liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% zwischen 4,9 und 6,8%, und beträgt mit der größten auftretenden Wahrscheinlichkeit 6,1%.

Bewertung

Die Nutzung des hydrothermalen Vorkommens in Gmunden ist als realistisch einzuschätzen.

Hinsichtlich der vorherrschenden geologischen Verhältnisse besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit diese Vorkommen erschließen zu können und für die Energiegewinnung zu nützen.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigen, dass eine Realisierung des Projektes, aus derzeitiger Sicht, noch nicht sinnvoll erscheint.

Es ist hierbei zu beachten, dass in der dargestellten wirtschaftlichen Analyse des Projektes entsprechende Sicherheiten bei der Festlegung der Kosten und den daraus resultierenden Berechnungen einkalkuliert wurden.

Den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes hat die Abnehmerseite. Eine Erweiterung der Wärmeabnehmer vor allem durch Kleinverbraucher würde die Rentabilität des Projektes maßgeblich erhöhen. Eine umfangreiche Akquisition von Kunden ist daher ein wesentliches Kriterium für eine erfolgreiche Realisierung des Projektes.

Aus energiepolitischer Sicht sowie aus Umweltgesichtspunkten ist das Geothermieprojekt für Gmunden positiv zu bewerten. Die Nutzung des hydrothermalen Vorkommens zu Heizzwecken ermöglicht Gmunden konventionelle Verfahren der Wärmeabgewinnung zu substituieren und dadurch wertvolle Ressourcen zu schonen.

Durch die Nutzung des hydrothermalen Vorkommens steht Gmunden ein annähernd unbegrenztes Energiepotential zur Verfügung. Wärme kann Tag und Nacht lokal bereitgestellt werden um die Grundlastversorgung zu gewährleisten.

Insofern steht eine versorgungssichere, absolut umweltfreundliche, lokale und für die Bürger der Stadt Gmunden preiswerte Energie zur Verfügung. Neben der Wertschöpfung die es der Stadt bringt, können auch Arbeitsplätze in der Region geschaffen werden.

4.2 Vision & Marktpotential

„Versorgungssicherheit, Nachhaltigkeit & Preisstabilität“

4.2.1 Versorgungssicherheit

Die aus der Erde gewonnene Wärme ist nach menschlichem Ermessen eine unerschöpfliche Energiequelle. Der konstante Wärmestrom, der unabhängig von täglichen oder jahreszeitlichen Einflussnahmen ist, stellt dadurch ein nahezu unerschöpfliches und vor allem kostenloses Energiereservoir dar. Demzufolge kann Wärme über Tages- und Jahreszeiten fortwährend in der Stadt Gmunden bereitgestellt werden.

Neben der kontinuierlichen Verfügbarkeit, kann die Geothermie aber auch gleichzeitig umweltfreundlich und bei günstigen Bedingungen vergleichsweise wirtschaftlich als Grundlastenergie zum Einsatz kommen. Dadurch kann eine sichere Energieversorgung im Sinne der Nachhaltigkeit in der Bezirkshauptstadt ermöglicht werden.

4.2.2 Ökologischer Aspekt

Um eine ökologische Bewertung einer hydrothermalen Geothermieanwendung in der Stadt Gmunden durchführen zu können wurden folgende Bereiche untersucht:

- die ökologische Auswirkung auf die Umgebung beim Bohren und Betrieb des geothermischen Kraftwerks
- CO₂- Bilanz des Projektes

Die Auswirkung auf die Umwelt während des Bohrvorgangs, z.B. durch Bohrspülung oder Lärm, ist grundsätzlich nicht von langer Dauer und örtlich begrenzt. Nach Abschluss der Tiefenbohrung würde auf dem Gelände des Bohrplatzes in Gmunden bei- nahe wieder der ursprüngliche Zustand hergestellt. Negative Auswirkungen auf die Umwelt sind somit kaum gegeben.

Die beim Betrieb des geothermischen Kraftwerkes entstehende Umweltbelastung ist im Wesentlichen zu vernachlässigen. Die Stofffreisetzung resultiert hauptsächlich aus der zur Abdeckung der Spitzenlast mittels Gas gefeuerten geothermischen Heizzentrale.

CO₂-Bilanz Gmunden

Im Rahmen der Studie wurde eine CO₂-Bilanz für das Projekt ermittelt. Sie soll den Vorteil einer geothermischen Wärmeversorgung zur derzeitigen Wärmeversorgung durch Erdgas veranschaulichen. Es wurde dabei berechnet wie viel Tonnen CO₂ pro Jahr durch die Substitution von Gas durch Geothermie eingespart werden könnten.

Für die Berechnung der CO₂-Bilanz wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die durch die Geothermie substituierte Wärme wird derzeit zur Gänze mittels Erdgas erzeugt
- Erdgas besteht zu 100% aus Methan (CH₄)
- 1 m³ Gas entspricht 10 kWh thermische Energie

Dadurch ergibt sich, dass 1 m³ Erdgas 1,97 kg CO₂ freisetzt.

Im nächsten Schritt wurde anhand einer Abnehmerpotentialanalyse die jährlich durch die Fernwärme abgegebene Energiemenge, zur Versorgung der Groß- und Kleinabnehmer in Gmunden, ermittelt.

Anhand der benötigten Spitzenlast, die durch den bereits vorhandenen fossilen Energieträger Gas abgedeckt wird, konnte die verbleibende Energiemenge, für die die Geothermie zum Einsatz kommt, festgestellt werden.

Die Berechnung der CO₂-Bilanz ergab, dass durch die Substitution von Erdgas durch Geothermie in Gmunden, für die in dieser Studie festgelegte Jahresarbeit der ersten Ausbaustufe, bis zu 8000 Tonnen CO₂ pro Jahr eingespart werden können.

Des Weiteren lässt sich feststellen, dass die Nutzung des hydrothermalen Vorkommens in Gmunden zu einer beachtlichen Einsparung an Erdgas führen würde. Die Stadt könnte damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele leisten und als Vorzeigeprojekt dienen.

4.2.3 Preisstabilität

Neben der Versorgungssicherheit und der Nachhaltigkeit ist die Preisstabilität ein weiterer wesentlicher Vorteil für eine hydrothermale Energienutzung in der Stadt Gmunden.

Grund für die Preisstabilität einer Wärmeversorgung durch die Geothermie ist, dass sich die Preise für die Lieferung der Fernwärme im Wesentlichen an den Investitionsausgaben, den Lohnkosten, dem Stromverbrauch der Pumpen und den Aufwendungen für fossile Brennstoffe, orientieren. Preisfluktuationen der fossilen Energieträger wirken sich daher deutlich geringer auf den Wärmepreis geothermisch erzeugter Energie aus.

In Zeiten steigender Energiepreise bietet somit die Geothermie eine sichere Alternative in Gmunden an. Besonders im Hinblick auf die Preisentwicklung der fossilen Energieträger (siehe Abbildung 18) steht die Preisstabilität bei der Versorgung durch geothermale Energie im Vordergrund.

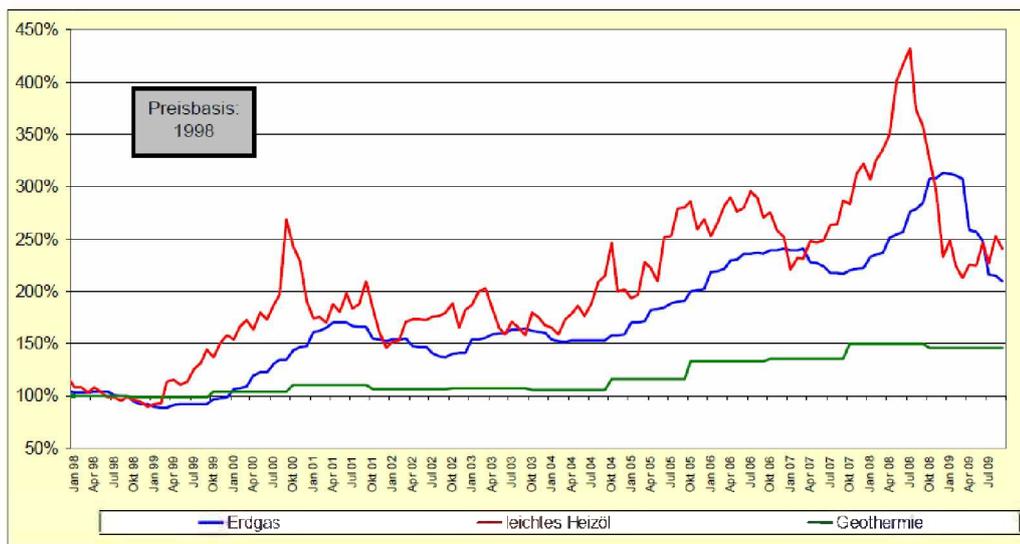


Abbildung 18: Heizöl und Erdgas vs. Geothermiepreise¹⁹⁵

¹⁹⁵ Quelle: Reif (2009), S. 23

4.2.4 Marktpotential

Die Möglichkeiten der Nutzung geothermaler Energievorkommen hat in den letzten Jahren eine rasante technische Entwicklung erfahren. Die Anwendung dieser regenerativen Energieform konnte somit in einem erheblichen Umfang gesteigert werden.¹⁹⁶

In Österreich weisen die Regionen Rheintal, Wiener und Steirisches Becken, die niederösterreichische und besonders die oberösterreichische Molassezone günstige Verhältnisse für die Erschließung und technische Nutzung von Erdwärme auf (siehe Abbildung 19).

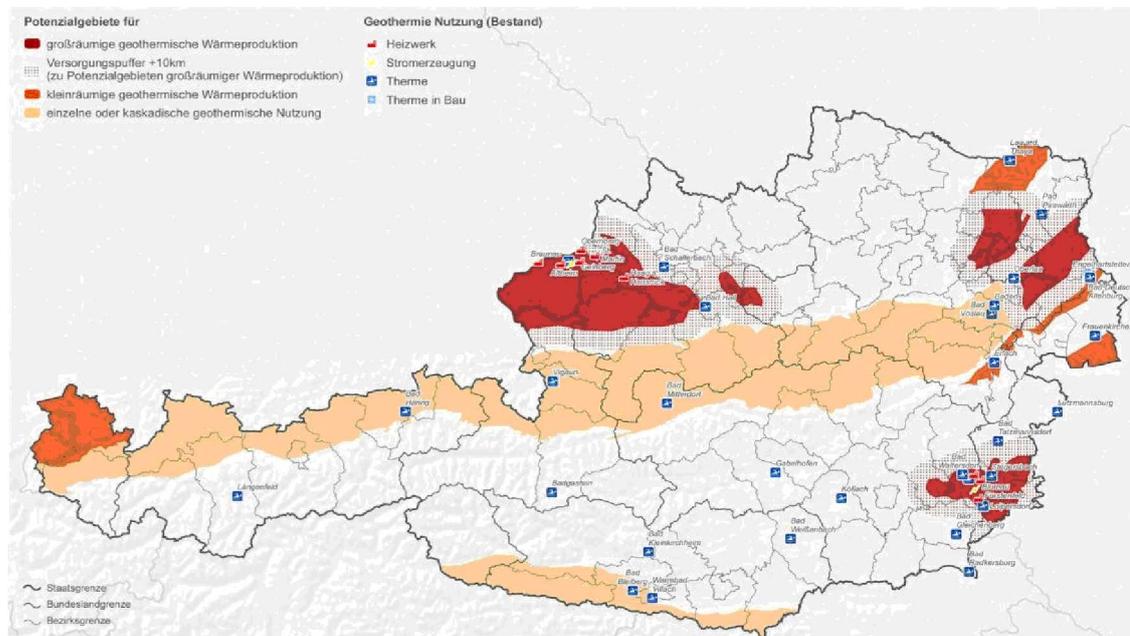


Abbildung 19: Hydrothermale Geothermie in Österreich – Bestand und Potential¹⁹⁷

Wie bereits im theoretischen Teil der Masterarbeit erwähnt sind in Oberösterreich derzeit sechs geothermische Anlagen zur Wärmeversorgung und teilweise zur Stromerzeugung im Betrieb. Oberösterreich zählt somit zu der Region mit der höchsten Marktdurchdringung bei der energetischen Nutzung geothermaler Energie in Österreich.

Zukünftig könnte die Geothermie zu einer wesentlichen Säule der dezentralen Energieversorgung werden und einen bedeutenden Anteil am angestrebten regenerativen Energiemix darstellen.

Zurzeit werden in der Stadt Gmunden die meisten öffentlichen Einrichtungen sowie Haushalte ausschließlich auf Basis von Erdgas als Energieträger beheizt. Somit stellt sie die einzige Konkurrenzenergieform dar.

Eine Substitution dieses Energieträgers durch geothermale Energie wäre ohne größere Infrastrukturmaßnahmen für die Haushalte möglich. Jedoch müsste auf Hinblick der Verteilung der Wärme ein Fernwärmenetz erstellt werden.

¹⁹⁶ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 11

¹⁹⁷ Quelle: URL:<http://www.regioenergy.at/geothermie> (05.05.2010)

4.3 Versorgungsziel

„Wärme, Strom & Balneologie“

Grundsätzlich lässt sich das aus der hydrothermalen Geothermie gewonnen Thermalwasser in Gmunden

- energetisch
- und balneologisch

nutzen.

Die allgemeinen temperaturabhängigen Nutzungsmöglichkeiten sind in der folgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle 3: Temperaturabhängige Nutzungsmöglichkeiten¹⁹⁸

Temperatur in °C	Anwendung
> 120	Stromerzeugung
120 - 50	Wärmeversorgung
50 - 35	Balneologische Nutzung
35 - 20	Badewasserheizung / Eisfreihaltung (Straßen)
< 20	Natürliche Kühlung

Eine energetische Anwendung, d.h. grundsätzlich das Beheizen von Gebäuden, ist das primäre Ziel in Gmunden.

Ziel ist zumindest einen Teil des Energiebedarfs der Stadt durch geothermische Energie zu decken. Um dies zu ermöglichen muss ein Fernwärmenetz errichtet werden. Für den ersten Ausbauschnitt des Netzes ist vor allem die Wärmeversorgung von Großabnehmern, wie z.B. das Krankenhaus und öffentlichen Einrichtungen, vorrangig.

Da die zu erwartende Temperatur des Thermalwassers ca. 120 °C betragen wird, kann neben der Versorgung durch Wärme auch die Stromerzeugung in Erwägung gezogen werden.

In der gegenständlichen Projektanalyse ist diese mögliche Nutzungsform nicht untersucht worden. Hierfür müssten die in Frage kommenden technischen Verfahren – ORC Verfahren oder Kalina Prozess – im Detail beleuchtet werden. Sollte die Temperatur erreicht bzw. überschritten werden, ist aufgrund der niedrigen Auslastung eine zusätzliche Stromerzeugung anzudenken.

Abgesehen von der Gewinnung von Wärmeenergie könnte somit die Stadt auch Ökostrom erzeugen, welcher in Hinblick auf die zukünftige Entwicklung im Energiemarkt immer mehr an Bedeutung gewinnt.

¹⁹⁸ Vgl. Reif (2009), S. 6

Eine balneologische Anwendung des geothermalen Vorkommens ist im Rahmen dieser Studie ebenfalls nicht in Betracht gezogen worden und derzeit in Gmunden noch nicht geplant.

Falls eine balneologische Nutzung des Thermalwassers angestrebt wird, könnte dies in einem intensivem Fremdenverkehrsgebiet wie Gmunden zu einem ansehnlichen Gewinn an Attraktivität beitragen. Aufgrund des Fehlens einer Therme im näheren Umkreis der Stadt könnte die Errichtung einer Therme einen Kurtourismus etablieren.

4.4 Projektphasen

„Umsetzungsstrategie“

Die Realisierung und Umsetzung eines Geothermieprojektes ist an eine komplexe Aufgabenstellung geknüpft und erfordert ein sehr spezifisches Know-How hinsichtlich der Erkundung, der Planung, der Durchführung der Bohrung, dem Bau sowie Betrieb des geothermischen Kraftwerks.¹⁹⁹

Deshalb sollten bereits bei der Planung von Projekten zur Nutzung geothermaler Energie Projektphasen definiert werden. Diese würden im Verlauf des Projektes helfen Tätigkeiten bzw. Aufgabenstellungen den einzelnen Phasen zuordnen zu können um diese dadurch wirtschaftlichen Analysen zu unterziehen.

Wesentliche Projektphasen, bis zur tatsächlichen Nutzung geothermaler Energie sind:

- Anforderungsprofil
- Machbarkeitsstudie
- Datengrundlagen
- Geologisches/Hydrogeologisches Modell
- Erstellen eines Bohrprojektes
- Antrag auf Erteilung der erforderlichen Bewilligungen für die Bohrung(en)
- Ausschreibung/Vergabe
- Ausführung
- Antrag auf Erteilung der erforderlichen Bewilligungen für die Nutzung(en)²⁰⁰

In der Vorplanung werden die ersten geologischen und ökonomischen Untersuchungen durchgeführt und ausgewertet. Anschließend folgt die Phase „Standortidentifikation und Prospektion“, bei der das strukturgeologische Modell erstellt wird, welches in die erste Machbarkeitsstudie einfließt. In dieser Phase sollte ebenfalls der Businessplan erstellt werden.

Nach Erlangen der wasser-, bau- und umweltrechtlichen Genehmigungen und der Sicherung des Grundstücks, werden in der nächsten Phase die Vorbereitungen für die Bohrung getroffen. Dabei wird neben der Durchführung einer 3-D Seismik der Bohran-satzpunkt, der Bohrplan bzw. das Bohrschema festgelegt. Nach der Bohrplatzerrichtung wird die Bohrung mit anschließender Bohrlochmessung durchgeführt.

Falls die Sonde fündig ist, kann man durch den ersten Fördertest die für ein Geothermieprojekt so ausschlaggebenden Daten wie die Thermalwassertemperatur, die Thermalwasserzusammensetzung und die Fließrate bestimmen. Abschließend kann durch die gewonnenen Daten die Machbarkeitsstudie vervollständigt werden und mit der Planung des Kraftwerkes und dessen Auslegung begonnen werden.

In der nächsten Phase wird die zweite Bohrung durchgeführt und somit der Thermalwasserkreislauf hergestellt. Durch den Fördertest kann die Gewinnung hydrothermalener Energie nachgewiesen werden.

¹⁹⁹ Vgl: Bussmann (2010), S. 151

²⁰⁰ Vgl. ÖWAV Regelblatt 215 (2007), S. 27 ff.

Nach dem Errichten des Kraftwerkes, des Netzanschlusses und gegebenenfalls des Wärmeverteilungsnetzes (falls kein Fernwärmenetz vorhanden ist) kann mit der Gewinnung der Erdwärme begonnen werden.²⁰¹

Ersichtlich sind diese Projektphasen in der Wertschöpfungskette eines Geothermieprojektes:

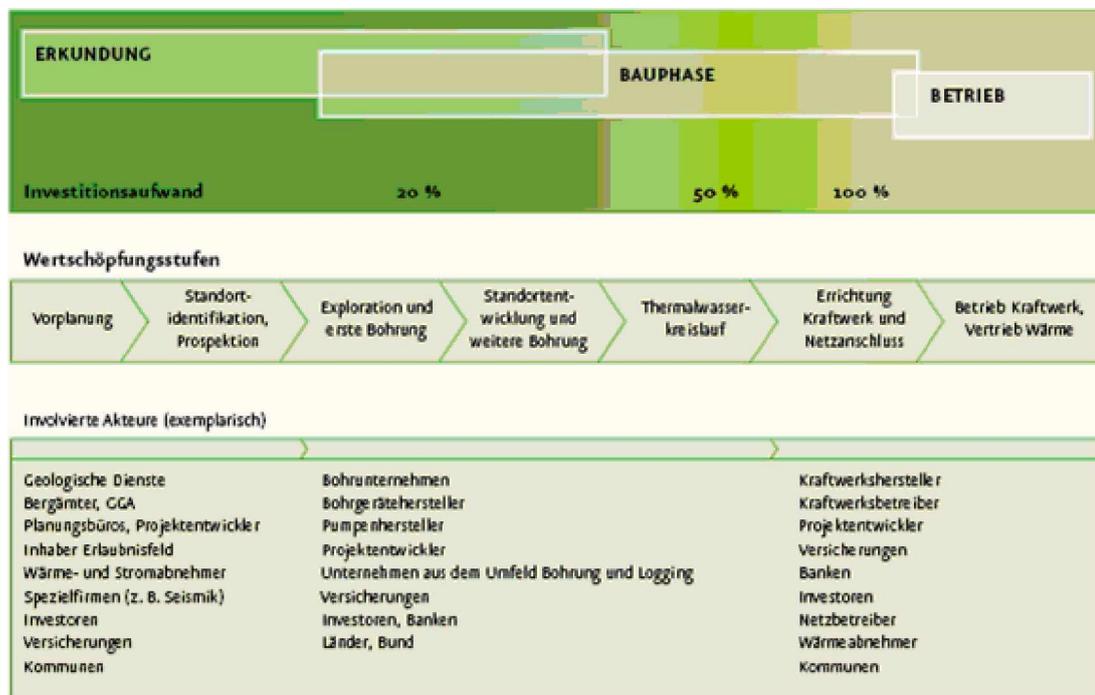


Abbildung 20: Wertschöpfungskette eines tiefen Geothermieprojektes²⁰²

In der Vorplanung werden die ersten geologischen und ökonomischen Untersuchungen durchgeführt und ausgewertet. Anschließend folgt die Phase „Standortidentifikation und Prospektion“, bei der das strukturgeologische Modell erstellt wird, welches in die erste Machbarkeitsstudie einfließt. In dieser Phase sollte ebenfalls der Businessplan erstellt werden.

Nach Erlangen der wasser-, bau- und umweltrechtlichen Genehmigungen und der Sicherung des Grundstücks, werden in der nächsten Phase die Vorbereitungen für die Bohrung getroffen. Dabei wird neben der Durchführung einer 3-D Seismik der Bohrsatzpunkt, der Bohrplan bzw. das Bohrschema festgelegt. Nach der Bohrplatzerrichtung wird die Bohrung mit anschließender Bohrlochmessung durchgeführt.

Falls die Sonde fündig ist, kann man durch den ersten Fördertest die für ein Geothermieprojekt so ausschlaggebenden Daten wie die Thermalwassertemperatur, die Thermalwasserzusammensetzung und die Fließrate bestimmen. Abschließend kann durch die gewonnenen Daten die Machbarkeitsstudie vervollständigt werden und mit der Planung des Kraftwerkes und dessen Auslegung begonnen werden.

In der nächsten Phase wird die zweite Bohrung durchgeführt und somit der Thermalwasserkreislauf hergestellt. Durch den Fördertest kann die Gewinnung hydrothermalen Energie nachgewiesen werden.

²⁰² Quelle: Sterr et al. (2008), S. 1

Nach dem Errichten des Kraftwerkes, des Netzanschlusses und gegebenenfalls des Wärmeverteilungsnetzes (falls kein Fernwärmenetz vorhanden ist) kann mit der Gewinnung der Erdwärme begonnen werden.²⁰³

4.5 Geologische Machbarkeitsstudie

„Geologische Voraussetzungen“

Um eine wirtschaftliche Nutzung des hydrothermalen Geothermievorkommens in Gmunden gewährleisten zu können, muss auf die geologischen bzw. hydrogeologischen Randbedingungen vor Ort eingegangen werden.

Wie bereits erläutert sind die allgemeinen Grundvoraussetzungen für eine technische und wirtschaftliche Nutzbarmachung von Thermalwasservorkommen:

- das Vorhandensein einer wasserführenden Gesteinsschicht
- die Tiefe des Vorkommens
- eine ausreichende Schüttung (förderbare Thermalwassermenge)
- die Temperatur des Thermalwassers
- die chemische Zusammensetzung des Thermalwassers

Bei der Temperatur des Wassers muss grundsätzlich zwischen Niedertemperatur- und Hochtemperaturnutzung unterschieden werden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Nieder- und Hochtemperaturnutzung²⁰⁴

Thermalwässer		Temperatur
niedrig thermal	warm	20 – 37° C
thermal	heiß	37 – 70° C
hochthermal	sehr heiß	70 – 100° C
dampfthermal	überhitzt	> 100° C

Als Richtwert kann man davon ausgehen, dass eine Temperatur unter 40° Celsius kaum für eine wirtschaftliche energetische Nutzung ausreichen wird. Hier sind die Grenzen allerdings als fließend anzusehen, da die zur Verfügung stehenden Thermalwassermengen ebenfalls zu berücksichtigen sind.

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Thermalwassers beeinflussen vordergründig die Systemkomponenten der Anlage zur Gewinnung der Energie. Die Anlage kann dabei höheren Belastungen bzw. Beanspruchungen ausgesetzt werden.

²⁰³ Vgl. Eggl et al. (2008), S. 22 ff.

²⁰⁴ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 11

Im Falle von hochsalinen Thermalwässern spielt der Korrosionsschutz der Rohre eine wichtige Rolle.

4.5.1 Geologische Machbarkeitsstudie Gmunden

Die Stadt Gmunden hat bereits im Jahr 2000 eine geologische Machbarkeitsstudie („Machbarkeitsstudie Geothermie Gmunden“ - GZ.: 260-05/2000 - von Hon.Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Christian Schmid) in Auftrag gegeben. In dieser Studie wurde das Geothermiepotential hinsichtlich einer balneologischen Nutzung in Gmunden untersucht.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Analyse und Ergänzungen bzw. Aktualisierung von Daten durch Herrn Schmid, hinsichtlich einer energetischen Anwendung, werden im Folgenden dargestellt.

Das Thermalwasser des tiefen Malmkarsts bildet grundsätzlich das geothermische Energiepotential. Die Struktur des Malmkarsts erstreckt sich dabei vom niederbayrischen-österreichischen Molassebecken bis in den Bereich der Flyschzone. Es kann daher von einem erhöhten Geothermiepotential unterhalb der Stadt Gmunden ausgegangen werden.

Das geothermische Potential betreffend sind die Karbonate des Oberjura in einer Teufe von 4400 bis 5100 m als am meisten prospektionswürdig anzusehen. Einerseits kann, durch den in Mitteleuropa angenommen durchschnittlichen Temperaturgradienten von 30° C/km, die Möglichkeit bestehen, dass in dieser Tiefe Temperaturen von über 150 ° C herrschen. Andererseits weisen diese Karbonate des Oberjura eine örtlich erhöhte, gute Durchlässigkeit auf, die auf die Wirkung von Störungszonen und eine im Bereich der Unterkreide wirksame Verkarstung zurückzuführen sind. Die Mächtigkeit sollte hier ca. 200 m betragen.

Als sekundäre Ziele werden die geologischen Schichten des Eozän bzw. Cenoman erwartet. Die Sandsteine dieser Formation sind sehr gut wasserführend.

Aufgrund der bereits erwähnten Tiefenlage der möglichen Speichergesteine wird für die Analyse und Bewertung des Projektes aus Sicherheitsgründen eine Temperatur der Tiefenwässer von 120° Grad angenommen. Die förderbare Thermalwassermenge (Schüttung) wird mit 80 l/s festgelegt.

Eine energetische Nutzung des Geothermievorkommens unterhalb der Stadt Gmunden erscheint hinsichtlich dieser Daten als sehr sinnvoll. Dies soll anhand der Wirtschaftlichkeitsanalyse des Projektes verifiziert werden.

4.6 Politische & gesetzliche Rahmenbedingungen

„Nachhaltige Energiepolitik“

4.6.1 EU Energiepolitik

Die Grundanforderungen für die nachhaltige Energiepolitik sind die bereits erwähnte Versorgungssicherheit, Preisstabilität und Umweltverträglichkeit. Eine Nachhaltigkeitsstrategie in der Energiepolitik muss langfristig angelegt sein und ist auf eine internationale Zusammenarbeit für eine nachhaltige Entwicklung angewiesen. Die Interessen zukünftiger Generationen müssen ebenso berücksichtigt werden wie die Ungewissheit über die Entwicklungen in Technik, Wirtschaft und Konsum.

Um von einer nachhaltigen Energiepolitik sprechen zu können, muss die Entwicklung wettbewerbsfähiger erneuerbarer und anderer Energiequellen und Energieträger mit niedrigem CO₂-Ausstoß vorangebracht werden.

Die Europäische Kommission hat mit der im Anfang des Jahres 2007 veröffentlichten Mitteilung an das europäische Parlament - „Eine Energiepolitik für Europa“ – die zukünftige Energiestrategie von Europa festgelegt. Zur Umsetzung wurde der Aktionsplan „Fahrplan für erneuerbare Energien – erneuerbare Energien im 21. Jahrhundert: Größere Nachhaltigkeit in der Zukunft“ ins Leben gerufen. Neben der Bewertung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Energiemix und der erzielten Fortschritte in den vergangenen zehn Jahren wurde auch die Langzeitstrategie im Bereich der erneuerbaren Energien festgehalten

Als verbindliche Ziele wurden dabei unter der Initiative „20-20-20“ folgende Maßnahmen festgelegt:

- eine verbindliche Senkung der Treibhausgas-Emissionen der EU bis zum Jahr 2020 um 20% unter das Niveau von 1990
- den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch der EU bis zum Jahr 2020 um 20% zu steigern
- eine Erhöhung der Energieeffizienz um 20% bis zum Jahr 2020²⁰⁵

Weiters soll für die Verpflichtung zum Klimaschutz und für die Förderung und Nutzung erneuerbarer Energiequellen in den Bereichen Biokraftstoffe, Stromerzeugung, Kälte- und Wärmeerzeugung ein geeigneter Rechtsrahmen geschaffen werden.

Ins besonders im Bereich der Kälte- und Wärmeerzeugung, auf den rund 50 % des Endenergieverbrauchs entfallen, wird laut europäischen Kommission die Verwendungsmöglichkeit erneuerbarer Energieformen noch zu wenig genutzt.

Im Fahrplan wurde weiters geregelt, dass die Mitgliedsstaaten eigene spezifisch auf ihre Möglichkeiten abgestimmte verbindliche Ziele bzw. Aktionspläne vorlegen und verabschieden. Dies ermöglicht den Mitgliedstaaten einen ausreichenden Handlungsspielraum für die Erreichung der Zielvorgaben der Europäischen Union. Aufgrund der Rechtsverbindlichkeit der Regierungen gegenüber den Zielen erhofft man sich dadurch einen enormen Anstieg an erneuerbaren Energien in Europa.

²⁰⁵ Vgl. Eine Energiepolitik für Europa (2007), S. 1

Mit Hilfe des Fahrplans für erneuerbare Energien verfolgt die EU eine Doppelstrategie. Einerseits verspricht sie sich dadurch, die Sicherheit der Energieversorgung zu erhöhen, andererseits tragen diese Zielsetzungen zur Senkung der Treibhausgasemissionen und folglich zum Klimaschutz bei.²⁰⁶

Energiestrategie Österreich

Österreich ist gemäß des im Dezember 2008 verabschiedeten Energie- und Klimapakets der Europäischen Union dazu verpflichtet:

- den Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch bis 2020 auf 34 % zu erhöhen
- seine Treibhausgasemissionen in Sektoren, die nicht dem Emissionshandel unterliegen, bis 2020 um mindestens 16 % bezogen auf die Emissionen des Jahres 2005 zu reduzieren. Für die dem EU-Emissionshandel unterliegenden Sektoren ist eine EU-weite Reduktion der Treibhausgase um 21 % gegenüber 2005 beschlossen worden.

Um die Vorgaben der Europäischen Union zeitgerecht umsetzen zu können hat Österreich den Aktionsplan „Energiestrategie Österreich“ im März 2010 ins Leben gerufen. Er beschreibt die Neuorientierung der österreichischen Energiepolitik und ist als Beginn eines langfristigen Prozesses zu verstehen. Der Plan basiert dabei auf den drei Säulen Versorgungssicherheit, Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Im Fokus stehen konkrete Maßnahmen und Projekte bis 2020.

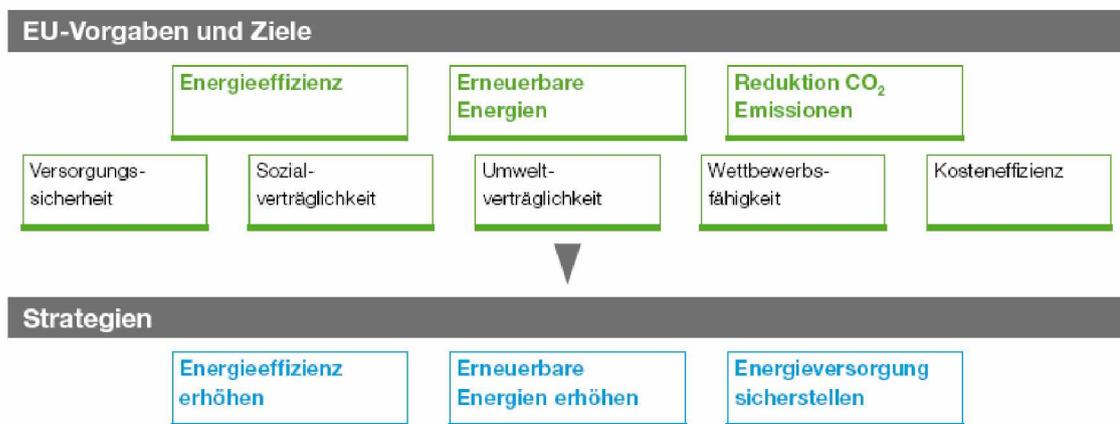


Abbildung 21: EU Vorgaben und Ziele bzw. Strategien²⁰⁷

Ein wesentliches Instrument zur Erreichung und Umsetzung der EU-Vorgaben bezüglich Energie- und Klimaschutz ist die Ökologisierung des Steuersystems. Als sinnvolle Maßnahmen werden dafür die Erhöhung von Umwelt- und Energiesteuern oder MöSt, die Senkung der Lohnnebenkosten oder die Einführung einer CO₂ Steuer gesehen.²⁰⁸

²⁰⁶ Vgl. Fahrplan für erneuerbare Energien (2007), S. 1 ff.

²⁰⁷ Quelle: Energiestrategie Österreich (2010), S. 39

²⁰⁸ Vgl. Energiestrategie Österreich (2010), S. 18

Brüssler Deklaration 2009 – Geothermie

Das EGEC (European Geothermal Energy Council) hat Mitte Februar die „Brüssler Deklaration 2009“ veröffentlicht. Für den Geothermie-Sektor wird darin als Ziel definiert, dass dieser Sektor bis zum Jahr 2030 rund 5 % zur gesamten Elektrizitätsproduktion und 3,5 % zur gesamten Wärmeproduktion in Europa beitragen soll.

Um die verbindlichen nationalen Ziele zu erreichen, die in den beschlossenen Richtlinien für erneuerbare Energie festgelegt wurden, muss jeder Mitgliedstaat bis Juni 2010 den nationalen erneuerbaren Energiehandlungsplan (NRAP) vorlegen. Hier werden Handlungen unter anderem für den Beitrag von geothermischer Energie präsentiert.²⁰⁹

4.6.2 Rechtliche Grundsätze

Wie bereits in Kapitel 2.9 aufgezeigt kann die Nutzung eines geothermalen Vorkommens durch verschiedene Rechtsvorschriften in Österreich geregelt werden. Die wesentlichen Vorschriften bzw. Verordnungen lassen sich vorwiegend im

- österreichische Wasserrecht,
- dem Mineralrohstoffgesetz,
- der Bohrlochbergbauverordnung,
- der Markscheideverordnung und
- der Bergpolizeiverordnung

finden.

Bei einer balneologischen Anwendung kommen weitere Bestimmungen wie Kurortgesetze des Bundes sowie der Länder und das Bäderhygienegesetz in Betracht.

Neben diesen Verordnungen spielt die EU-Wasserrahmenrichtlinie eine weitere wichtige Rolle. In ihr werden vor allem neben der Erteilung von Rechten für die Nutzung von Vorkommen auch auf die zeitliche Befristung eingegangen (detaillierte Ausführung siehe Kapitel 2.9).

Abschließend lässt sich hier noch festhalten, dass bei einer energetischen Nutzung, das entnommene Thermalwasser vollständig wieder in das Reservoir zu reinjizieren ist. Dies soll das Gleichgewicht des Wasserhaushaltes gewährleisten.

²⁰⁹ Vgl. EGEC Brussels Declaration (2009), S. 1 ff.

4.7 Organisation & Finanzierungskonzept

Auf den nächsten Seiten wird neben der möglichen Finanzierungsform des Geothermieprojektes auch auf die Organisation bzw. Teamstruktur eingegangen.

4.7.1 Projektteam

Bei der erfolgreichen Planung und Umsetzung des Geothermieprojektes Gmunden spielt das Projektteam der involvierten Akteure eine zentrale Rolle. Entscheidend ist dabei der Know-How - Aufbau bzw. Transfer und vor allem die transparente Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten.

Das Projektteam sollte idealerweise aus Fachleuten bestehen die die Bereiche

- Geologie,
- Technik,
- Ökonomie und
- Recht

abdecken. Somit kann eine Wechselwirkung zwischen den Disziplinen gewährleistet werden.²¹⁰

Eine mögliche Teamstruktur des Projektes Gmunden, zur Gewinnung geothermaler Energie, ist in der anschließenden Abbildung veranschaulicht.

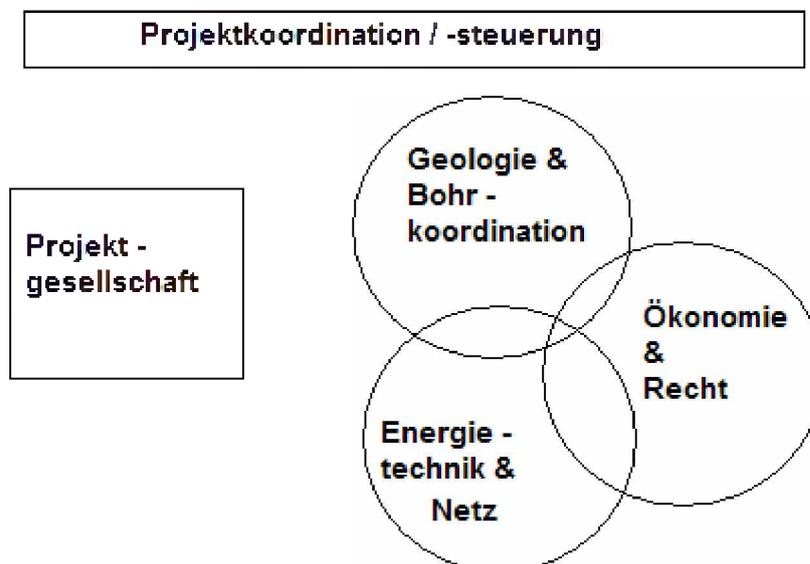


Abbildung 22: Mögliche Teamstruktur²¹¹

²¹⁰ Vgl. Eggl et al. (2008), S. 17

²¹¹ Vgl. Reif (2007), S. 4

4.7.2 Organisationsformen

Eine Gemeinde bzw. eine Stadt wie Gmunden kann grundsätzlich den Bau und Betrieb von geothermischen Anlagen zur energetischen und/oder balneologischen Nutzung

- selbst durchführen,
- gemeinsam mit privaten Partnern oder Banken umsetzen oder
- zu 100 % an Private übertragen.

Welche Organisationsform am besten geeignet ist, hängt von der Ausgangssituation, den Anforderungen, dem Projektziel und den rechtlichen, wirtschaftlichen und vor allem den finanziellen Rahmenbedingungen ab.

Die Möglichkeiten der Organisation für Gemeinden sind vielfältig. Grundsätzlich kann man dabei unterscheiden zwischen:

- den rein öffentlich-rechtlichen Organisationen - wie beispielsweise Regie- und Eigenbetriebe bzw. Stadtwerke,
- den rein privaten Organisationen - wie Personalgesellschaften (z.B. Kommanditgesellschaft) und Kapitalgesellschaften (z.B. Aktiengesellschaft) und
- den Partnerschaften zwischen öffentlicher Hand und Privaten - „Public Private Partnership“ (z.B. Kooperations – und Betreibermodell)

Bei den Regie- und Eigenbetrieben ist der Eigentümer zu 100 % die öffentliche Hand. Im Gegensatz dazu bestehen Kooperationsmodelle (Beteiligung der öffentlichen Hand zu mindestens 51 %) und Betreibermodelle (Beteiligung der öffentlichen Hand unter 50 % bis 0 %) aus gemischten Eigentümerstrukturen. Eigentümer sind hierbei öffentliche Körperschaften und private Unternehmen.²¹²

4.7.3 Finanzierungskonzept - Public Private Partnership

Neben der Fremdvergabe - der vollkommenden Privatisierung - gewinnt die öffentlich-private Partnerschaft (Public Private Partnership) in kommunalen Geothermieprojekten immer mehr an Bedeutung.

Da die öffentliche Hand bzw. Gemeinden bei der Finanzierung größerer Projekte, wie es die Nutzung tiefer Geothermie ist, schnell an ihre finanzielle Grenzen stößt, kann mit Hilfe von privatem Eigenkapital die Realisierung eines Projektes ermöglicht werden. Public Private Partnership-Modelle (kurz PPP) werden deshalb als Organisationsform aber auch als Finanzierungskonzept verstanden. Die gemeinsame Zusammenarbeit zwischen öffentlichen Organisationen und der Privatwirtschaft dient somit dem Zweck geothermische Anlagen gemeinsam zu planen, finanzieren, errichten und zu betreiben.

Neben der Realisierungschance des Projektes, die durch die gemeinsame Finanzierung gegeben ist, bietet dieses Modell auch die Möglichkeit der Risikoteilung zwischen privaten und öffentlichen Partnern. Dabei übernimmt die öffentliche Seite die gesetzgeberischen, politischen und Planänderungsrisiken. Die private Seite übernimmt im Gegensatz dazu Finanzierungsrisiken (z.B. Währungsrisiko), baubedingte Risiken, sowie Betriebs- und Marktrisiken (Cash-Flow Risiko). Weiters kann durch das PPP - Modell eine beachtliche Effizienzsteigerung erzielt werden, indem der private Partner Aufgaben übernimmt für die er qualifizierter ist als der öffentliche Auftraggeber. Dem fehlenden Know-how der öffentlichen Seite kann somit entgegen gewirkt werden.

²¹² Vgl. Joanneum Research (2008), S. 21 ff.

Zu den PPP-Anwendungen gehört eine Vielzahl von Modellen. Zu den wichtigsten zählen:

- Mietkauf-Modell
- Leasing-Modell
- Betriebsführungsmodell
- Betriebsüberlassungsmodell
- Errichtungs- und Betreibermodell
- Kooperationsmodell
- Grundstücksentwicklungsmodell
- Konzessionsmodell
- Contracting-Modell

Die Finanzierungsform spielt eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung eines wirtschaftlich interessanten Geothermieprojektes. Welche Art der Finanzierung und in welchen Phasen diese passiert, beeinflusst individuell die Ökonomie eines Projektes.²¹³

4.7.4 Förderungen

Für jedes zukünftige Geothermieprojekt ist es wichtig eine öffentliche Unterstützung in Form von Investitionszuschüssen bzw. Förderungen zu erlangen. Grundsätzlich sind dabei Unterstützungen von Land, Bund und EU möglich.

Generell beträgt der Standardfördersatz 30 % der umweltrelevanten Investitionskosten, welche mindestens EUR 35.000,- betragen müssen. Eine Kofinanzierung des jeweiligen Bundeslandes - im Verhältnis Bund 60 % und Land 40 % - ist dabei erforderlich.

Förderungsgegenstände laut des Institutes für Umweltförderung sind hierbei:

- die Bohrung
- der Wärmetauscher
- das Wärmeverteilungsnetz
- die Wiederverpressung
- die Kraft-Wärme-Kopplung (analog zu Biomasse Kraft-Wärme-Kopplung)
- die Geothermische Nachnutzung bestehender Erdölbohrlöcher

Trotz der hohen Investitionsausgaben, die ein hydrothermales Geothermieprojekt mit sich bringt, können diese Förderungen den Anreiz zur Umsetzung eines solchen Projektes bewirken.²¹⁴

In der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für das Geothermieprojekt Gmunden wurden Fördergelder in der Höhe von 6,25 Mio. € angenommen. Im Rahmen der Analyse wurde angenommen, dass diese Förderung erst im dritten Jahr ausbezahlt wird.

Mögliche Fördermittel seitens der EU wurden in der Studie nicht evaluiert und miteinbezogen.

²¹³ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 33 ff.

²¹⁴ Vgl. Public Consulting GmbH. (2009)

4.8 Technische Beschreibung der Anlage

In diesem Abschnitt wird die technische Beschreibung der einzelnen Anlagenkomponenten der Geothermieanlage Gmunden durchgeführt. Dazu gehören die beiden geothermischen Tiefbohrungen inklusive der Pumpe untertage und dem Übertagesystem bestehend aus der Heizzentrale und dem Fernwärmenetz.

4.8.1 Dubletten-Bohrung Gmunden

Die geothermische Dublette besteht aus einer Produktionsbohrung und einer Reinjektionsbohrung. Das durch die Produktionssonde geförderte Thermalwasser kann somit nach dem Entziehen der gespeicherten Wärme wieder durch die Reinjektionsbohrung in den Aquifer zurück verpresst werden (siehe Abbildung 23).

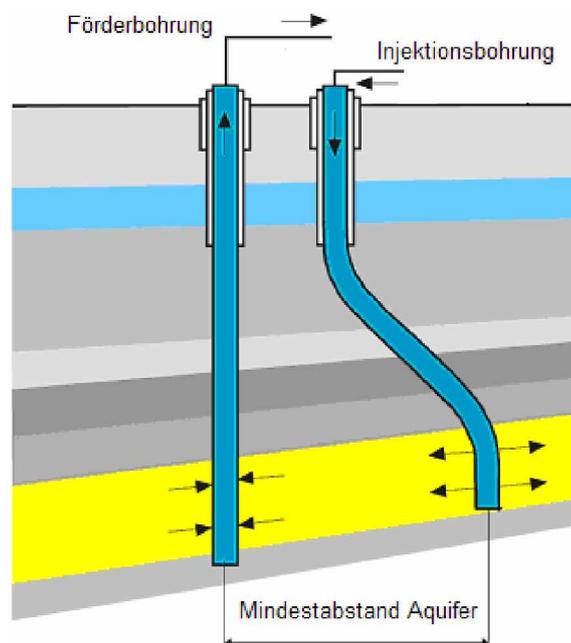


Abbildung 23: Dublettenbohrung Gmunden²¹⁵

Herrschen nach dem Aufschluss des Vorkommens keine eruptiven Verhältnisse (d.h. Thermalwasser steigt selbständig an die Oberfläche) ist der Einsatz einer Produktionspumpe zur Förderung des Thermalwassers notwendig.

Mit der Hilfe der Firma Bakers Huges - Centrillift konnte für Gmunden eine mit Strom betriebene Förderpumpe, als auch eine für die Reinjektion nötige Verpressungspumpe, bestimmt werden. Beide Pumpen sind wesentlich von der Formationsdurchlässigkeit im Bohrlochbereich abhängig.

Es ist hierbei noch anzumerken, dass eine eruptive Förderung nicht ausgeschlossen werden kann. In diesem Falle würden sich die Investitionskosten (Anschaffung der Tiefpumpe) sowie die Betriebskosten (Stromkosten für den Betrieb der Pumpe) deutlich verringern.

²¹⁵ Vgl. URL:<http://www.disa-energy.de/Pics/Dublette.png> (02.10.2010)

Im Rahmen der Analyse wurde ein mögliches Bohr- und Verrohrungsschema für das Bohrprojekt Gmunden ausgearbeitet.

Lage der Bohrpunkte

Aus geologischer Sicht ist das Gebiet im Nordosten (siehe Abbildung 24) von Gmunden als prospektionswürdig eingestuft und zu empfehlen. Für die Wahl der möglichen Bohrpunkte wurden Grundstücke bevorzugt, die entweder im Besitz der Bezirksstadt oder des Landes Oberösterreich sind.

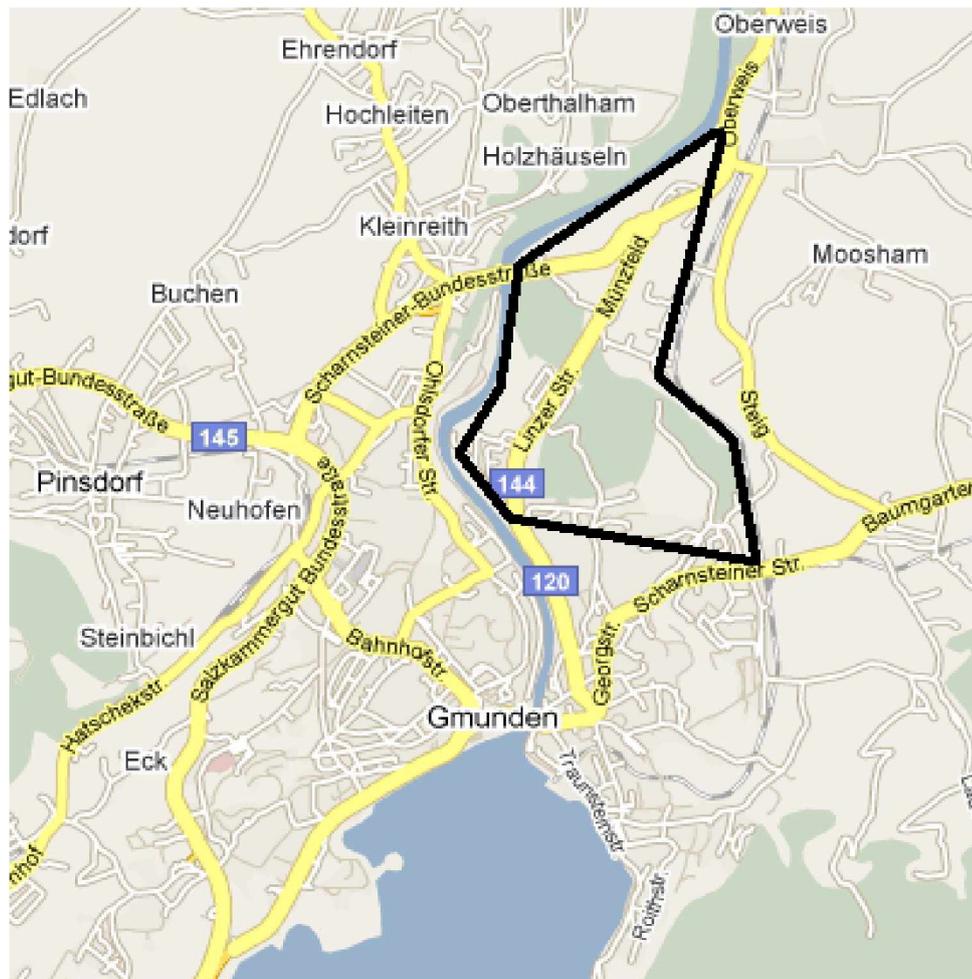


Abbildung 24: Geologisch-bevorzugtes Bohrgebiet in Gmunden
(Karte basiert auf Google Maps)

Für diese Studie wurde angenommen, dass die Dubletten Bohrung, bestehend aus der Produktionsbohrung und der Reinjektionsbohrung, an ein und demselben Bohrplatz in einer bestimmten Entfernung voneinander durchgeführt werden.

Für die Bestimmung der möglichen Bohrpunkte wurden bei einem Lokalaugenschein, anhand einer von der Stadt Gmunden angefertigten Karte, Grundstücke im Hinblick auf Größe, Lage, Nähe zu Wohngebieten usw. erkundet.

Obwohl der Bohrplatz nicht definitiv festgelegt wurde, ist für diese Studie ein fiktiver Bohrplatz gewählt worden, um dadurch eine realistische Wirtschaftlichkeitsanalyse des Geothermieprojektes durchführen zu können.

4.8.2 Heizzentrale

Das Thermalwasser kann aufgrund seiner chemischen Beschaffenheit nicht direkt ins Fernwärmenetz eingespeist werden. Aus diesem Grund muss eine Trennung des Thermalwassersystems vom Heizsystem erfolgen. Diese Separation wird in der geothermischen Heizzentrale durch den Wärmetauscher erzielt.

Weiters befindet sich in der Wärmezentrale auch der Spitzenlastkessel. Im Falle einer erhöhten Wärmenachfrage oder beim Ausfall der Geothermie kann dieser mit Gas betriebene Kessel die Versorgungssicherheit zu 100% gewährleisten.

Die Dimensionierung der geothermischen Heizzentrale wird durch die Vorgaben der Lagerstätte (Lagerstättenparameter) als auch durch die Vorgaben der Abnehmerseite bestimmt.

4.8.3 Fernwärmenetz - erste Ausbaustufe

Anhand des festgelegten Bohrplatzes und der zu versorgenden Großabnehmer wurde ein Fernwärmenetz bestmöglich ausgelegt.

In der Abnehmerpotentialanalyse wurden dafür Bereiche erhöhter Energieverbrauchsichte in Gmunden festgestellt und in Sektoren eingeteilt. Es ergaben sich dabei fünf Sektoren. Die Versorgung dieser Sektoren wird mit zwei getrennten Hauptleitungen (schwarze Linie) und vier Seitenstränge (rote Linie) durchgeführt. Die erste Hauptleitung verläuft von der Bohrung Richtung Südwesten und versorgt Sektor 1 bis 4. Die zweite Leitung verlässt die Bohrung Richtung Südosten und versorgt das Gebiet der Schörihub (Sektor 5).



Abbildung 25: Hauptleitung West-Süd und Hauptleitung Ost-Süd
(Karte basiert auf Google Maps)

Es ergab sich dabei eine Leitungslänge für die erste Ausbaustufe von rund 9 km.

Um die Fernwärme in das Heizsystem der Wärmeverbraucher zu leiten, aber auch zum Zweck der Verrechnung, ist eine Übergabestation erforderlich. Die Dimensionierung der Übergabestationen und der Leitung, sowie die Ermittlung der erforderlichen Pumpleistung für die Fernwärmenetzpumpe, wurden durch die Energie AG durchgeführt.

Bei den Hausanschlüssen entlang der ersten Ausbaustufe wurde angenommen, dass im ersten Jahr zu 100 % alle Großabnehmer und nur 50 % der in der Abnehmerpotentialanalyse eruierten Kleinabnehmer anschließen. Der Anschluss der Kleinabnehmer steigt linear bis zu max. 70 % im fünften Jahr nach Inbetriebnahme an.

In der Abbildung 26 ist eine schematische Anlagendarstellung der Geothermieanlage Gmunden dargestellt:

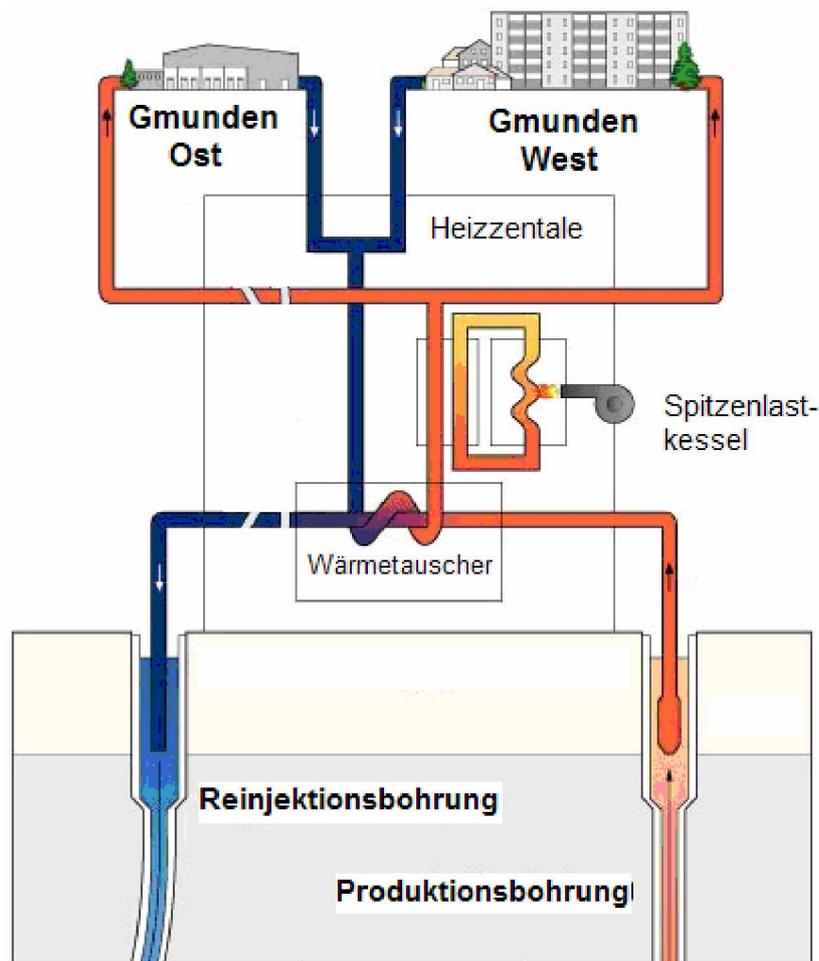


Abbildung 26: Schematische Anlagendarstellung für Gmunden

4.9 Wärmepotential & Wärmebedarf

Folgender Abschnitt beschäftigt sich mit dem geothermischen Potential bzw. der geothermische Leistung des hydrothermalen Vorkommens in Gmunden. Weiters wird der Wärmebedarf anhand einer Abnehmerpotentialanalyse der Stadt festgestellt.

4.9.1 Geothermisches Potential

Voraussetzung für die hydrothermale Energienutzung ist das Vorhandensein einer wasserführenden Lagerstätte. Die im gesamten Reservoir enthaltene Wärmeenergie kann grundsätzlich durch die Lagerstättenparameter, Temperatur und Schüttung berechnet werden und wird als theoretisches geothermisches Potential bezeichnet.

Der für die energetische Nutzung des Thermalwassers gewonnene Wärmestrom Q [J] ergibt sich aus der geförderten Wassermenge q [m³], der volumetrischen Wärmekapazität C_p [J/m³ K] und der Temperaturdifferenz (Temperaturspreizung) ΔT [K].

$$Q = C_p * q * \Delta T$$

Nach dem ÖWAV Regelblatt 215 wird unter der Temperaturspreizung das genutzte Temperaturintervall verstanden, welches im Wesentlichen von der Verwendung der Ressource abhängt. Ziel ist es die maximal mögliche Temperaturspreizung zu erreichen um dadurch dem Thermalwasser die größtmögliche Energiemenge pro Kubikmeter zu entziehen.²¹⁶

Geothermisches Potential Gmunden

Aus der geologischen Machbarkeitsstudie geht hervor, dass das Thermalwasser, das sich in einer Tiefe von 4500 bis 5000 Metern befindet, eine Temperatur von ca. 120° C aufweisen wird. Bei der Förderung bzw. Schüttung des geothermischen Vorkommens, ist im Rahmen dieser Masterarbeit, mit einer Rate von ca. 80 l/s zu rechnen.

Unter der Annahme einer Rücklauftemperatur lässt sich dementsprechend die Temperaturspreizung des Systems ermitteln.

Durch die bereits oben angeführte Formel kann somit das maximal zur Verfügungen stehende geothermische Potential des Vorkommens in Gmunden, von ungefähr 20 MW, berechnet werden. Die Gesamtenergieausbeute aus der Geothermie für ein Jahr kann infolgedessen festgestellt werden.

An dieser Stelle ist noch festzuhalten, dass eine wesentlich darüber hinausgehende Leistungssteigerung nur durch eine höhere Fördermenge als auch Fördertemperatur erreicht werden kann.

²¹⁶ Vgl. ÖWAV 215 (2007), S. 78

4.9.2 Wärmebedarf

Der Wärmebedarf einer Gemeinde kann grundsätzlich anhand einer Jahresdauerlinie veranschaulicht werden. Sie stellt den Leistungsbedarf der Abnehmer auf Basis der jeweiligen Nutzungszeit dar. Somit ist ersichtlich wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Energiemenge nachgefragt wird.

Mit Hilfe von Jahresganglinien können aber auch Bedarfsspitzen bzw. Leistungsspitzen, die im Falle einer erhöhten Wärmenachfrage wie z.B. bei tiefen Temperaturen im Winter auftreten können, festgestellt werden. Können diese Spitzenleistungen durch die Geothermie nicht gedeckt werden kommen hauptsächlich mit fossilen Brennstoffen befeuerte Spitzenlastanlagen zum Einsatz.²¹⁷

In der folgenden Abbildung ist eine übliche geordnete Jahresganglinie dargestellt. Die Fläche die sich unterhalb der roten Linie befindet entspricht der Jahresarbeit in MWh des Abnehmersystems. Weiters ist in dieser Darstellung die Grundlast von 15 MW, die durch die Geothermie abgedeckt werden kann sowie die benötigte Spitzenlast zu sehen.

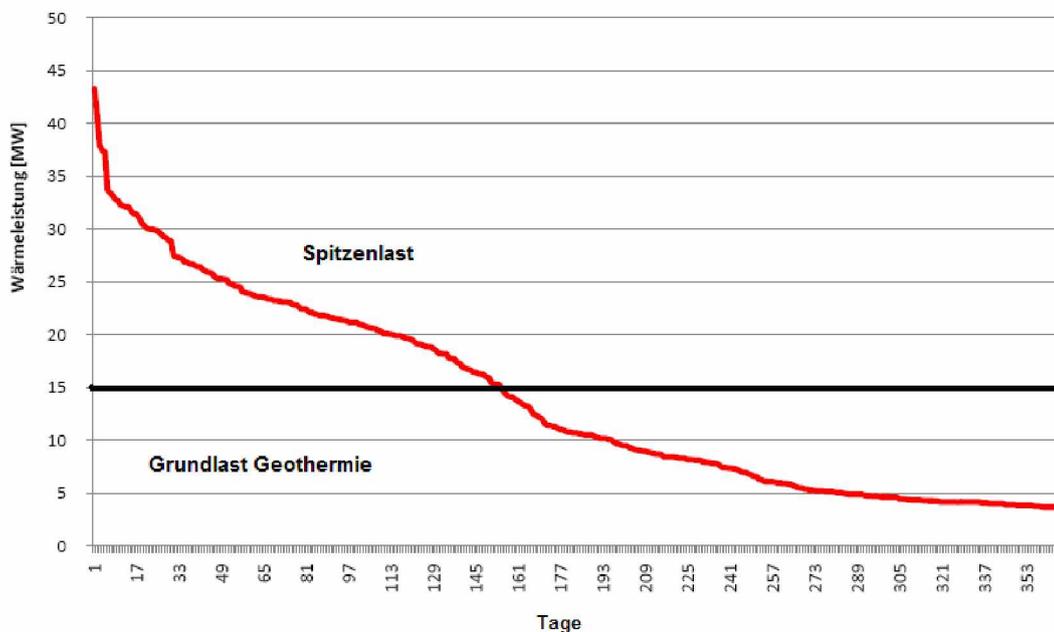


Abbildung 27: Übliche geordnete Jahresganglinie²¹⁸

Der Wärmeenergiebedarf ist generell von der Anlagengröße und der Art der Anlage abhängig. Für Einfamilienhäuser kann näherungsweise eine Heizlast von 10 – 20 kW und ein maximaler jährlicher Bedarf von 20 – 40 MWh angenommen werden.²¹⁹

²¹⁷ Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 144 f.

²¹⁸ Quelle: Energie AG

²¹⁹ Vgl. Joanneum Research (2008), S. 15

Wärmebedarf Gmunden - Abnehmerpotentialanalyse

Grundvoraussetzung für eine wirtschaftliche Nutzung der gewonnenen Energie sind ganzjährige Abnehmer. Aufbauend auf dieser Annahme wurde für die erste Ausbaustufe hauptsächlich die Versorgung der Großabnehmer in Gmunden als vorrangiges Ziel definiert.

Für die Abnehmerpotentialanalyse wurden Bereiche erhöhter Energieverbrauchsdichte in Gmunden eruiert und in Sektoren unterteilt. Dabei ergaben sich fünf Sektoren. Anschließend wurden die Verbrauchsdaten der potentiellen Großabnehmer in den einzelnen Sektoren ermittelt.

Es ist hierbei anzumerken, dass die in die Analyse einberechneten Großabnehmer, der ersten Ausbaustufe, nur Abnehmer sind deren Verbrauchsdaten zugänglich waren. Es besteht noch weiteres Potential für Großabnehmer in Gmunden. Als Beispiel dafür ist die Molkerei Gmunden zu erwähnen, die ein wichtiger Abnehmer für Prozesswärme darstellen würde.

Zur Verbindung der Großabnehmer wurde eine mögliche Fernwärme-Hauptleitung inklusive Sidetracks definiert. Infolgedessen konnten auch Kleinverbraucher, die sich auf der Hauptleitung bzw. Sidetracks zwischen den Großabnehmern befinden in die Abnehmerpotentialanalyse mit einbezogen werden.

Im nächsten Schritt wurden die Verbrauchsdaten der einzelnen Groß- und Kleinabnehmer anhand des Gasverbrauchs laut Gaswerk Gmunden erfasst. Dadurch konnte folglich die Gesamtleistung berechnet werden.

Unter Verwendung der Volllaststunden und der Berücksichtigung des Leitungsverlustes im Fernwärmenetz wurde abschließend eine notwendige Jahresenergiemenge (Jahresarbeit) von ca. 47.000 MWh/Jahr für Gmunden festgestellt. Die Volllaststunden ergeben sich dabei aus der gesamten Jahresarbeit durch die maximale benötigte Wärmeleistung.

Anhand dieser Daten und unter der Annahme, dass die benötigte max. Spitzenlast nur 80% der theoretischen max. Spitzenlast (alle Haushalte fahren auf Volllast) ausmacht, konnte folglich eine modellhafte Jahreshanglinie für die Stadt Gmunden erstellt werden (siehe Abbildung 28).

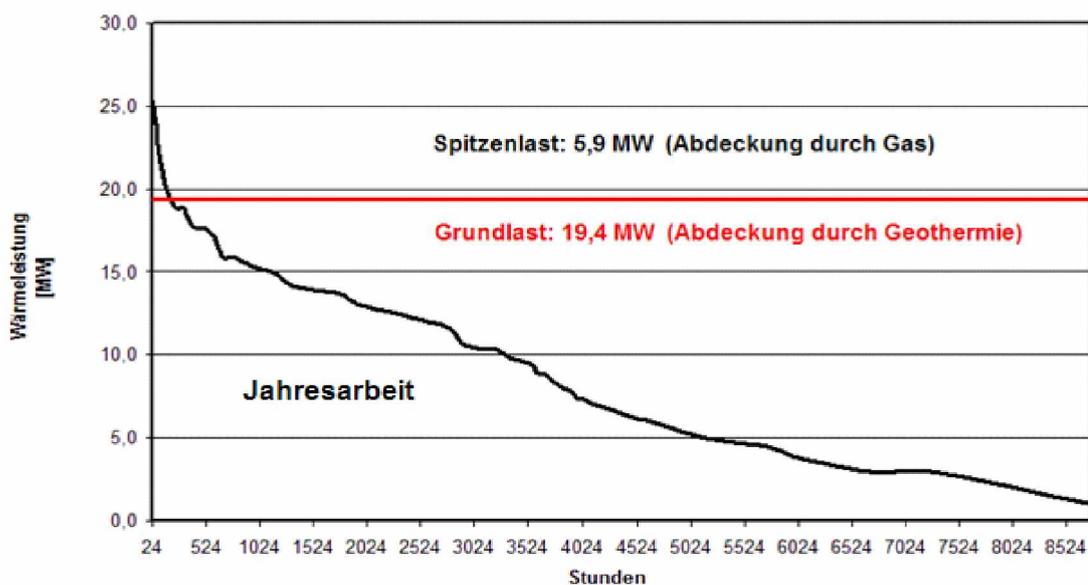


Abbildung 28: Jahreshanglinie Gmunden

Die Fläche unterhalb der Jahresganglinie (schwarz gekennzeichnete Linie) stellt die gesamte Jahresenergiemenge von Gmunden dar.

Das Diagramm veranschaulicht weiters den Bereich der Grundlast (19,4 MW), die durch die Geothermie abgedeckt werden kann (rot gekennzeichnete Linie). Die verbleibenden 5,9 MW müssen durch den Einsatz eines Spitzenlastkessels abgedeckt werden. Der Anteil der jährlichen Spitzenlastabdeckung verglichen zur gesamten Jahresarbeit von Gmunden ist ein verschwindend kleiner Anteil. Dies ist auf die erste Ausbaustufe – Versorgung der Großabnehmer inklusive der Kleinabnehmer entlang der Hauptleitung – zurückzuführen. Als großes Potential werden hier noch die Kleinverbraucher (Haushalte) gesehen.

Zur Versorgung dieser Spitzenlast als auch im Falle des Ausfalls der Geothermie wird zur Absicherung der Energieversorgung der vor Ort vorhandene Energieträger Gas zum Einsatz kommen. Da nur an wenigen Tagen im Jahr die maximale Leistung gefordert wird, ist es wirtschaftlich sinnvoll diese Spitzenleistung durch konventionelle Wärmeerzeugung abzudecken.

Anhand der Jahresganglinie wird deutlich welches bedeutendes energetisches und Emissionseinsparungspotential in der hydrothermalen Geothermie steckt. Allerdings ist hierbei anzumerken, dass das Geothermiepotential in diesem Fall nicht optimal ausgenutzt wird. Eine wesentliche Erweiterung der Abnehmer bzw. eine Verstromung würde zu einer besseren Nutzung beitragen und somit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Insgesamt gilt festzuhalten, dass die thermische Leistung der Geothermie nahezu den gesamten Bedarf der ermittelten Abnehmer abdecken kann, bei einem sehr geringen zusätzlichen Spitzenlastanteil.

4.10 Dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse

Bei Energieversorgungssystemen spielen neben dem technischen Aufbau auch wirtschaftliche Aspekte eine wichtige Rolle. Nicht zuletzt wegen der immer größer werdenden Forderung nach einer kostengünstigen Bereitstellung von Energie, sollten wirtschaftliche Analysen bereits von Projektbeginn an im Fokus stehen.²²⁰

Ob eine Geothermieranlage wirtschaftlich gebaut und betrieben werden kann hängt hauptsächlich von Einflussgrößen wie der Thermalwassertemperatur, der Fließrate, dem Anlagewirkungsgrad, der Möglichkeit der Wärmeauskopplung, der Bohrkosten aber auch von den staatlichen Förderungen ab.

Die Wirtschaftlichkeit von Geothermieprojekten wird je nach Betrachtungsweise anhand von Kennzahlen und Kenndaten bewertet. Die Bewertung unterliegt dabei immer der Betrachtungsweise des jeweiligen Investors. Ein Energieversorgungsunternehmen setzt beispielsweise andere Maßstäbe als ein Finanzinvestor.

Ziel der folgenden Wirtschaftlichkeitsanalyse war es möglichst realistisch die Investitionsausgaben bzw. die Betriebskosten für das Projekt zu ermitteln. Unter Bestimmung eines Wärmepreises für Groß- und Kleinabnehmer wurde weiters der Wärmeerlös für 30 Jahre eruiert.

Auf Basis dieser Inputdaten konnten folglich die Lebenszykluskosten und somit die Wärmegestehungskosten bei einer Projektdauer von 30 Jahren berechnet werden. Abschließend wurde durch die Berechnung des Kapitalwertes, der Amortisationszeit, der Annuität und des internen Zinssatzes schließlich die Wirtschaftlichkeit dieses Projektes bewertet.

Die Kostenbestimmung erfolgt in dieser Diplomarbeit in Anlehnung an die ÖNORM M 7140 „Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme“. Basis dieser dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist die Zinseszinsrechnung, bei der die Jahreskosten (Annuitäten) von den auf einen bestimmten Zeitpunkt bezogenen Kosten (Barwert) ermittelt werden. Die dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung stellt somit eine zeitabhängige Kostenrechnung dar.

4.10.1 Investitionsausgaben

Die Investitionsausgaben für ein Geothermieprojekt ergeben sich hauptsächlich durch die Bohrung und dem Bau des Kraftwerkes. Da kein Wärmeverteilungsnetz vorhanden ist, fallen zusätzliche Ausgaben für den Bau des Netzes, der Übergabestation und die Hausanschlüssen an.

Die Investitionen für die hydrothermalen Geothermie setzen sich somit vorwiegend aus den Ausgaben für

- die beiden Bohrungen samt Komplettierung,
- die untertägigen Systemkomponenten (Förderpumpe),
- den übertägigen Thermalwasserkreislauf (Verbindung der Bohrungen),
- dem Wärmetauscher (Heizzentrale),
- der Spitzenlastanlage (Heizzentrale),

²²⁰ Vgl. Kaltschmitt et al. (1999), S. 175

- dem Fernwärmenetz,
- der Übergabestationen und
- den Hausanschlüssen

zusammen.

Die Kosten für die Bohrung, d.h. die Kosten für die Herstellung der Bohrung inklusive der Verrohrung nehmen den Hauptteil der Ausgaben ein und sind erheblichen Variationen unterworfen. Die Investitionen erhöhen sich außerdem beträchtlich wenn nicht auf ein bereits bestehendes Wärmeverteilungsnetz zurückgegriffen werden kann.

Grundlegend ist die Erschließung hydrothermalen Vorkommen mit großen Investitionen verbunden. Für Explorations- und Bohrtätigkeiten wird annähernd die Hälfte bis zwei Drittel der Investitionen verwendet.²²¹

Ausgehend von den geologischen Bedingungen und den verbraucherseitigen Anforderungen lassen sich folglich die notwendigen Investitionen für eine geothermische Wärmeversorgung in Gmunden ermitteln.

Die erforderlichen Investitionen für die geothermische Dublette (Produktions- und Reinjektionsbohrung) sowie Obertageinstallationen zur Wärme Gewinnung und Wärmeverteilung sind dabei mit hohen Ausgaben verbunden.

Wie in der nachfolgenden Abbildung 27 ersichtlich ist, wird der Hauptteil der Investitionen, mit 62 %, durch die Bohrung verursacht. Die Errichtung des ca. 9 km langen Fernwärmenetzes inklusive Übergabestationen und Hausanschlüsse nimmt im Gegensatz dazu nur 29 % der Investitionsausgaben in Anspruch. Für den Bau der Wärmezentrale werden 9 % der Ausgaben veranschlagt.

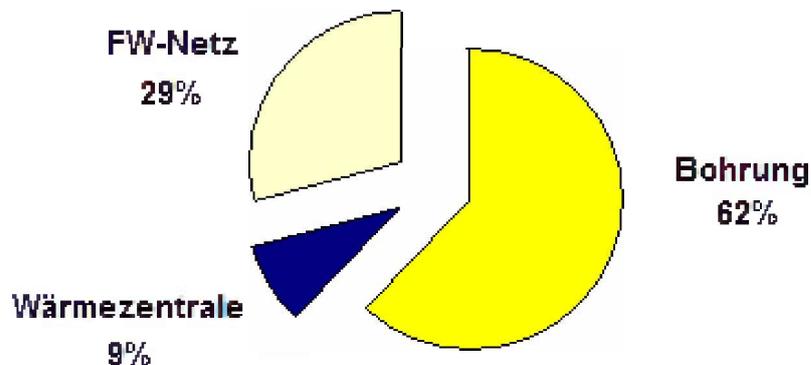


Abbildung 29: Aufteilung Investitionsausgaben

²²¹ Vgl. Straubel (2009), S. 69

4.10.2 Betriebs- und Instandhaltungskosten

Beim Betrieb von geothermischen Anlagen und der damit verbundenen Gewinnung von Wärmeenergie fallen laufende Kosten an.

Die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten setzen sich hauptsächlich aus den Aufwendungen für Personal, Instandhaltung bzw. Wartung und den allgemeinen Geschäftsführungskosten zusammen. Ergänzt werden diese noch durch die Brennstoffkosten für die Spitzenlastanlage bzw. dem Back-up System und den Kosten für den Betrieb der vorhandenen Pumpen.²²²

In der nachstehenden Abbildung 30 ist die Aufteilung der Jahresbetriebs- und Instandhaltungskosten für die Geothermieanlage Gmunden dargestellt.

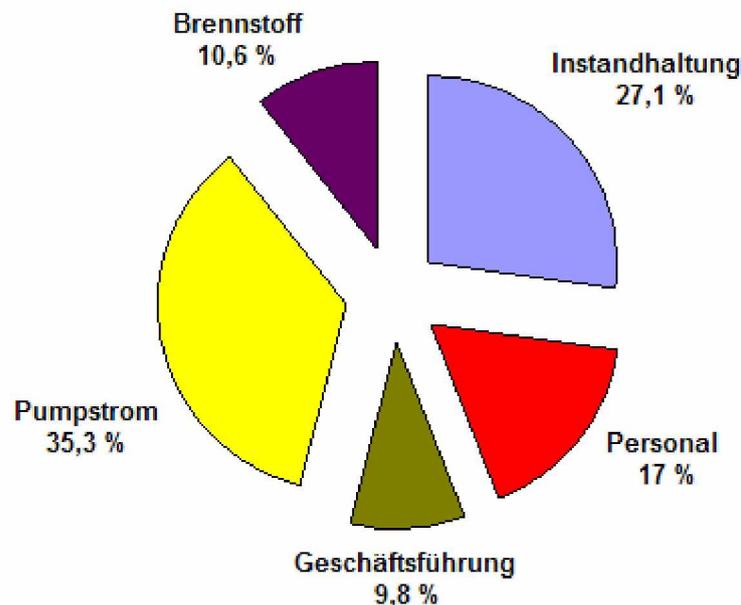


Abbildung 30: Aufteilung Betriebs- und Instandhaltungskosten

Für den Betrieb als auch zur Kontrolle der Wärmezentrale und des Fernwärmenetzes wurden bei den Personalkosten drei Mannjahre berücksichtigt.

Die Pumpkosten setzen sich aus den Stromkosten für den Betrieb der Förder-, Verpressungs- und der Fernwärme-Netzpumpe zusammen. Die Höhe der Kosten ist von der Anschlussleistung der Pumpen und der Betriebsdauer abhängig.

Die Brennstoffkosten lassen sich weiters aus der in der Jahresdauerlinie ersichtlichen jährlichen Spitzenlast und der nötigen Jahresstunden, in der die Spitzenlastabdeckung zum Einsatz kommt, ermitteln.

Den Hauptteil der Aufwendungen die während der eigentlichen Energiegewinnung entstehen, werden vorwiegend durch die geothermische Heizzentrale und dem Betrieb der Pumpen generiert.

²²² Vgl. Kaltschmitt (1999), S. 200 ff.

4.10.3 Wärmeerlös

Neben den Investitionsausgaben und den Betriebs- und Instandhaltungskosten spielen die laufenden Erträge, die aus dem Wärmeverkauf bzw. im Falle einer zusätzlichen Stromerzeugung aus dem Stromverkauf resultieren, eine wichtige Rolle für die Wirtschaftlichkeit eines Geothermieprojektes.

Beim Verkauf der Wärme ist es wichtig, ein Wärmepreiskonzept zu erstellen, welches den Basisabsatz sichert und den Ausbau des Wärmeabsatzes ermöglicht. Somit unterliegt die Festsetzung eines Wärmepreises dem Projektträger selbst.²²³

Bei der Entwicklung des Preismodells setzen die Konkurrenzenergieformen Öl, Gas, Hackschnitzel etc. eine natürliche Grenze. Der Wärmepreis sollte so konzipiert werden, dass ein Anreiz zum Umstieg für den Kunden besteht.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Projektes wurde ein durchschnittlicher Erlös von 55 €/MWh für den Verkauf der Wärme an Großabnehmer mit einem Jahresverbrauch größer als 400 MWh angenommen. Im Gegensatz dazu wurde für die Kleinabnehmer ein Wärmepreismodell auf Basis der aktuellen Gaspreise (inklusive Wartung, Instandhaltung, Gastherme etc.) der Ferngas OÖ erstellt.

Die Wärmepreise der einzelnen Tarifgruppen (Groß- und Kleinverbraucher), je nach Verbrauch im Jahr, sind in der Abbildung 31 veranschaulicht.

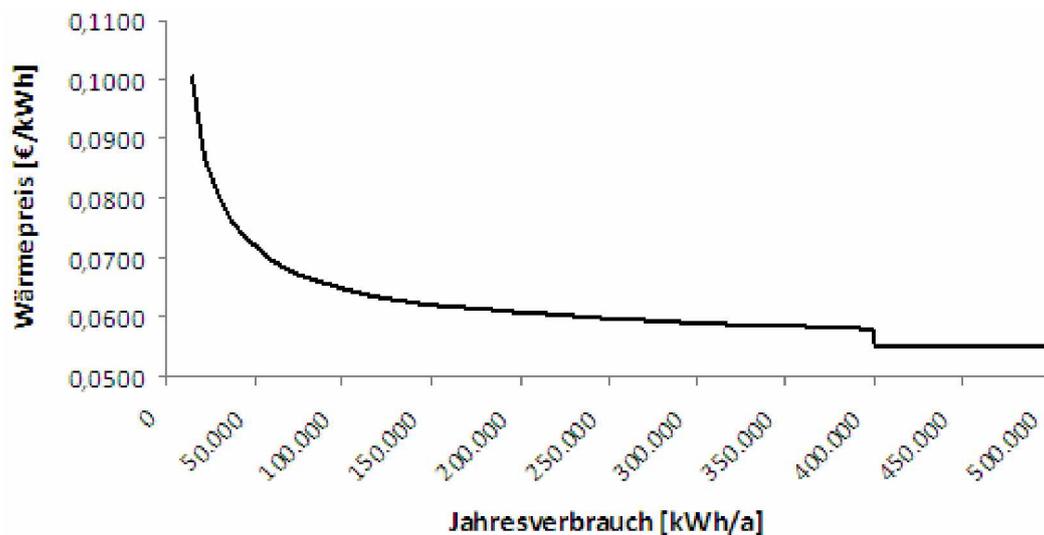


Abbildung 31: Wärmepreismodell Gmunden

Anhand dieser Wärmepreise konnte für das Projekt ein aus der verkauften Wärme gewonnener Erlös über den Zeitraum von 30 Jahren ermittelt werden.

²²³ Vgl. Reif (2007), S. 62

4.10.4 Resultate der dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse

In der nun folgenden Ausführung werden die Lebenszykluskosten, die Wärmegestehungskosten, der Kapitalwert, die Annuität, der interne Zinssatz und die Amortisationszeit des Projektes bestimmt. Anhand dieser Kennzahlen soll somit die Wirtschaftlichkeit des Projektes aufgezeigt werden.

Lebenszykluskosten

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten mussten die Betriebskosten mit Hilfe von Indizes der Statistik Austria auf die Projektdauer von 30 Jahren aufgerechnet werden.

Dabei wurden folgende Indizes verwendet und die Inflationsrate pro Jahr für die letzten zehn Jahre (1999 bis 2009) ermittelt (siehe Anhang 3). Ausnahme bilden dabei der Personalindex und der Gaspreisindex, die jeweils durch die Energie AG angepasst wurden:

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| ▪ Instandhaltungskosten | → VPI (1,9%) |
| ▪ Personalkosten | → Personalindex (3,5%) |
| ▪ Pumpstromkosten | → COICOP Elektrizität (2,3%) |
| ▪ Brennstoffkosten | → COICOP Gas (4,5%) |
| ▪ Sonstige Kosten | → VPI (1,9%) |

Anhand dieser Indizes und der Betriebskosten konnte mit Hilfe der nachstehenden Formel der Wärmepreisindex ermittelt werden:

$$\begin{aligned} \text{Wärmepreisindex [\%]} = & \mathbf{a} \times \text{VPI} \\ & + \mathbf{b} \times \text{Personalindex} \\ & + \mathbf{c} \times \text{COICOP Elektrizität} \\ & + \mathbf{d} \times \text{COICOP Gas} \end{aligned}$$

Die Faktoren a, b, c, d setzen sich jeweils aus den Verhältnissen der einzelnen Kostengruppen zu den gesamten Betriebskosten zusammen. Der Wärmepreis ist dadurch an die Kosten gekoppelt. Steigen beispielsweise die Personalkosten wird diese Entwicklung an den Kunden weitergegeben.

Die Ermittlung eines Wärmepreisindex für das Projekt über die letzten zehn Jahre ermöglicht dessen Entwicklung den anderen Indizes gegenüberzustellen und dadurch Vergleiche anstellen zu können.

In der anschließenden Abbildung sind die Entwicklungen der einzelnen Indizes über die letzten zehn Jahre veranschaulicht. Dabei ist die starke Abkopplung des Gaspreises augenscheinlich. Der ermittelte Wärmepreis erfährt im Gegensatz zum Gaspreis eine sehr stabile Entwicklung und verläuft sehr konform mit den restlichen Indizes.

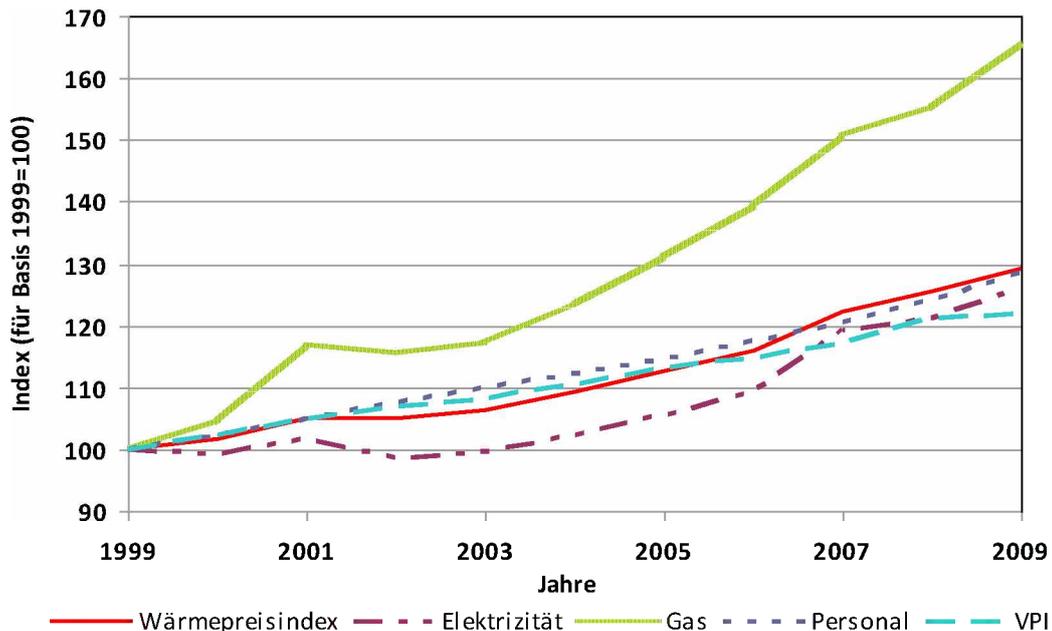


Abbildung 32: Entwicklung Indizes

Unter Verwendung eines Kalkulationszinssatzes von 6%, der Investitionsausgaben und der Förderungen, die erst im dritten Jahr zum Tragen kommen, konnten somit die Lebenszykluskosten des gesamten Geothermieprojektes Gmunden berechnet werden.

Wärmegestehungskosten

Ausgehend von den Lebenszykluskosten lassen sich die Wärmegestehungskosten ermitteln.

Unter den Wärmegestehungskosten werden jene Kosten verstanden die für die Wärmebereitstellung anfallen. Sie sind eine wichtige Kennzahl für die ökonomische Bewertung von hydrothermalen Anlagen.

Ins besonders im Fall einer Fernwärmeversorgung, bei der eine große Anzahl von Verbrauchern durch die Kosten belastet werden, bilden sie die Grundlage für Entscheidungen bei der Wahl von technologischen Verfahren.

Zur Ermittlung der spezifischen Wärmegestehungskosten werden prinzipiell die spezifischen Kosten als Bezugswert je Menge der gelieferten Wärme bestimmt und zum Vergleich herangezogen.

Je größer die abnehmerseitige geforderte Wärmemenge ist, desto geringer sind auch die Wärmegestehungskosten. Durch den Vergleich der Wärmegestehungskosten können Aussagen bezüglich der Konkurrenzfähigkeit zur konventionellen Wärmeerzeugung abgeleitet werden.²²⁴

Anhand der Gesamtkosten (abzüglich der Förderungen) und der über den Lebenszyklus abgesetzte Wärme, ließen sich für die erste Ausbaustufe des Geothermieprojektes Gmunden Wärmegestehungskosten ermitteln.

²²⁴ Vgl. Straubel (2009), S. 73

Kapitalwert, Annuität, interner Zinssatz & Amortisationszeit

Auf Basis der Lebenszykluskosten und der Wärmeerlöse konnten abschließend, die nachfolgenden betriebswirtschaftlichen Kennzahlen, ermittelt werden:

- der Kapitalwert
Der Kapitalwert einer Investition ergibt sich aus der Differenz der Summe der diskontierten Einnahmen und Ausgaben einer Investition und entspricht dem Vermögenszuwachs durch das Projekt.
- die Annuität
Betrag, der als Produkt aus dem Gesamtbarwert der Kosten und/oder Erträge und dem Annuitätsfaktor ermittelt wird und der einer jährlichen gleichbleibenden Rate von Kosten und/oder Erträgen entspricht.
- der interner Zinssatz
Jener Zinssatz, bei dem sich für eine Investition ein Kapitalwert von Null ergibt.
- die Amortisationszeit
Die Amortisationsdauer, auch Wiedergewinnungsdauer bezeichnet, gibt die Zeit an, in der die Anschaffungsausgaben oder der Kapitaleinsatz einer Investition wieder gewonnen wird.

In der Tabelle 5 sind die Ergebnisse dieser Kennzahlen, für die erste Ausbaustufe und unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheiten, des Geothermieprojekt Gmunden angeführt.

Tabelle 5: Ergebnisse der dynamischen Wirtschaftlichkeitsanalyse

Kapitalwert	335.157 €
Annuität	24.349 €
Interner Zinssatz	6,1 %
Amortisationszeit	~ 29 Jahre

4.11 Sensitivitätsanalyse des Geothermieprojektes Gmunden

Die Wirtschaftlichkeit eines Geothermieprojektes wird von einer Anzahl von geologischen, technischen und wirtschaftlichen Parameter beeinflusst. Zu ihnen zählen vor allem:

- Tiefe, Temperatur und Schüttung des Vorkommens
- Verfügbarkeit von Bohrgeräten und Bohrverlauf
- Bohrkosten und Fernwärmenetzkosten
- Abnehmermenge der Fernwärme und Anschlussdichte
- Zuverlässigkeit und Leistung der Pumpen
- Funktionsfähigkeit von technischen Installationen
- Zeitverzögerung
- Preisentwicklungen von Öl/Gas/Biomasse/Strom
- Wärmepreis
- gesetzgeberische Vorgaben
- Finanzierungskosten
- Fördermittel

Dies erfordert eine spezifische Analyse des Projektes.

Mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse kann die Anfälligkeit der Projektwirtschaftlichkeit auf die Veränderungen relevanter Parameter untersucht werden. Die Ergebnisse werden in Diagrammen (z.B. Spiderdiagramm) dargestellt.²²⁵

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse des Geothermieprojektes Gmunden wurden Sensitivitätsanalysen unter Verwendung von Spiderdiagrammen durchgeführt. Dadurch konnte die Abhängigkeit einzelner Parameter und deren Auswirkung auf den internen Zinssatz und somit auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes untersucht werden. Ebenso wurden Optimierungspotentiale festgestellt.

Als ausschlaggebende Einflussgrößen für die Bewertung des Projektes wurden folgende Parameter angesehen und in der Analyse verwendet:

- Temperatur
- Schüttung
- Bohrkosten - Bohrtiefe, Bohrfortschritt, Betriebssatz Bohranlage
- Fernwärmenetzkosten - Gesamtlänge Fernwärme-Netz
- Betriebskosten - Gaspreis, Strompreis
- Volllaststunden
- Verkaufte Wärmemenge
- Förderungen
- Kalkulatorischer Zinssatz
- Indizes

²²⁵ Vgl. Reif (2007), S. 63

Die Resultate der Analyse wurden in den nachfolgenden drei Spiderdiagrammen in Form von Kurven dargestellt, wobei sich auf der X-Achse die Änderungen der zu untersuchenden Parameter in 5%-Schritten und auf der Y-Achse der interne Zinssatz befinden.

Je steiler die Kurven verlaufen, desto stärker reagiert das Projekt bereits auf geringe Veränderungen der Parameter. Steigt die Kurve von links unten nach rechts oben so steigt auch der interne Zinssatz mit dem Parameter. Sinkt die Kurve so nimmt der interne Zinssatz mit steigendem Parameter ab.²²⁶

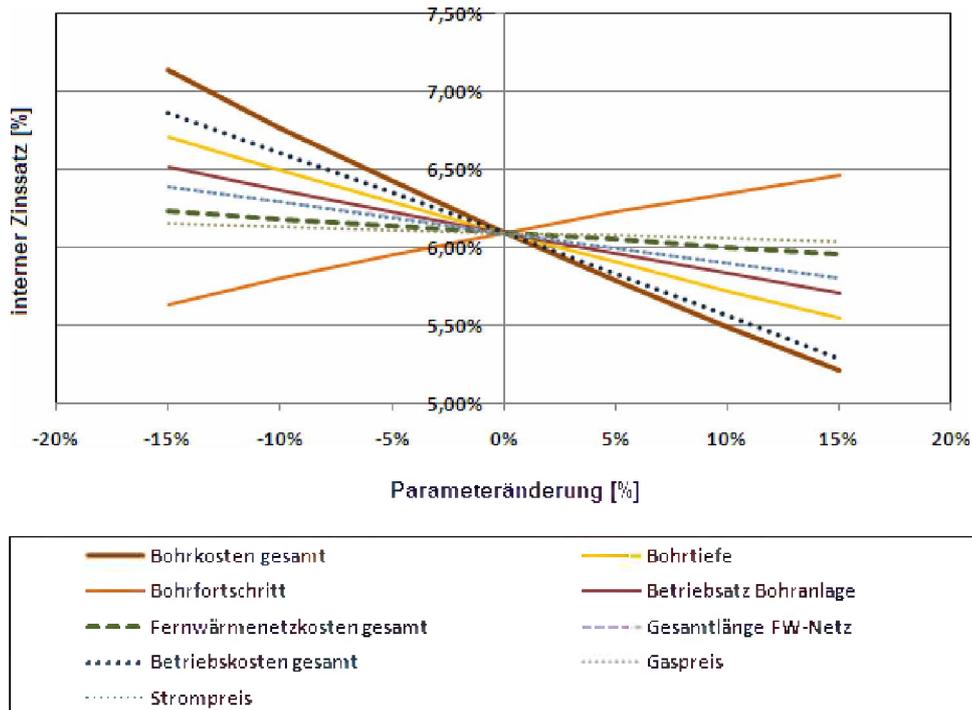


Abbildung 33: Spiderdiagramm 1

Entscheidend ist zu Spiderdiagramm 1 festzuhalten, dass Bohrparameter, wie die Bohrkosten, Bohrtiefe und der Bohrfortschritt erhebliche Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes haben.

Bohrkosten können je nach geologischen Gegebenheiten und unvorhergesehenen Schwierigkeiten beim Bohrvorgang zu erheblichen Investitionsüberschreitungen führen, die die Rendite des Projektes deutlich verringern.

Besonders die Bohrtiefe ist in diesem Projekt ein ausschlaggebender Faktor. Aus diesem Grund sollte der Bohrplanung bzw. der Auswahl des Bohrunternehmens besonderes Interesse geschenkt werden. Im Vergleich dazu werden die Fernwärmenetzkosten und Betriebskosten nicht als projektkritisch gesehen.

²²⁶ Vgl. Reif (2007), S. 63

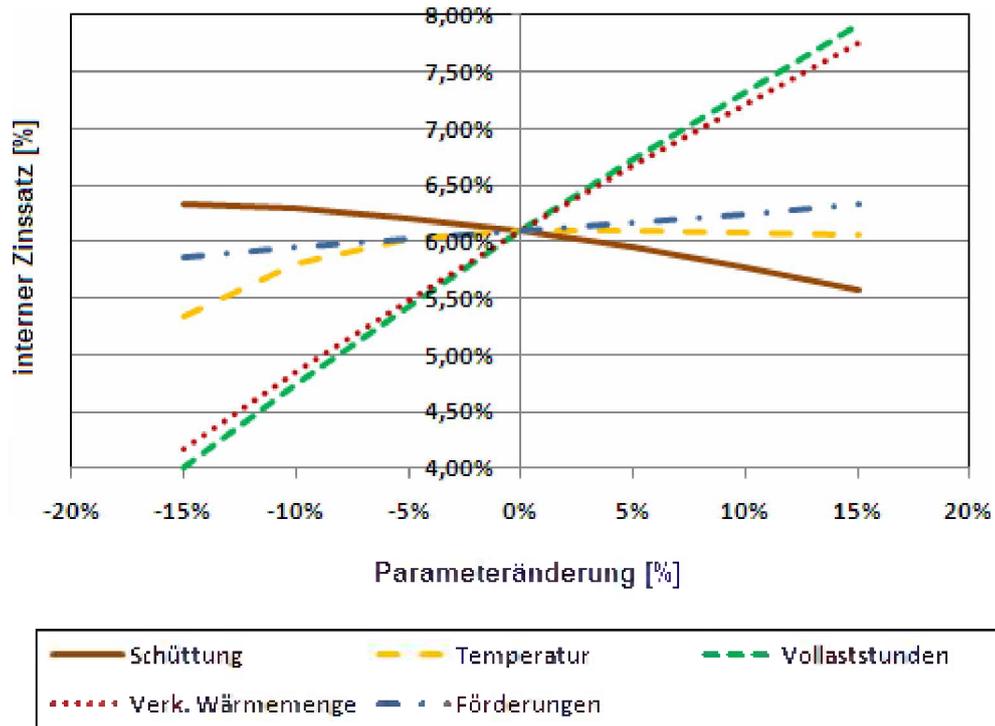


Abbildung 34: Spiderdiagramm 2

Wie aus dem Spiderdiagramm 2 hervorgeht, reagiert das Projekt sehr sensibel auf die Variation der verkauften Wärmemenge.

Da in der Abnehmerpotentialeerhebung für die erste Ausbaustufe hauptsächlich die Versorgung der Großabnehmer angestrebt wurde, könnte eine Erhöhung der Abnehmerzahl, durch Kleinverbraucher, zu einer wesentlichen Steigerung der verkauften Wärmemenge und des resultierenden Wärmeerlös führen. Hier besteht das größte Optimierungspotential für eine ökonomisch sinnvolle Realisierung des Projektes.

Erheblich wird der interne Zinssatz auch durch die Volllaststunden beeinflusst. In der Wirtschaftlichkeitsanalyse des Geothermieprojektes Gmunden wurden die Volllaststunden durch die Energie AG festgelegt. Eine Änderung würde eine erheblichen Auswirkung auf die erforderliche Energiemenge pro Jahr (Jahresarbeit) und die Wirtschaftlichkeit des Projektes haben.

Weiters besonders auffallend ist der Effekt der Schüttung auf den internen Zinssatz. Bei einer Zunahme der Schüttung sinkt die Rentabilität des Projektes.

Das ist dadurch zu erklären, dass durch eine Erhöhung der Förderrate mehr Wärmeenergie obertage gefördert werden kann, welche gleichzeitig zusätzliche Betriebskosten (z.B. Strom) verursacht. Die gewonne Wärme kann aber nicht zu 100% abgesetzt werden und führt in diesem Falle zu einer Senkung der Rentabilität des Projektes.

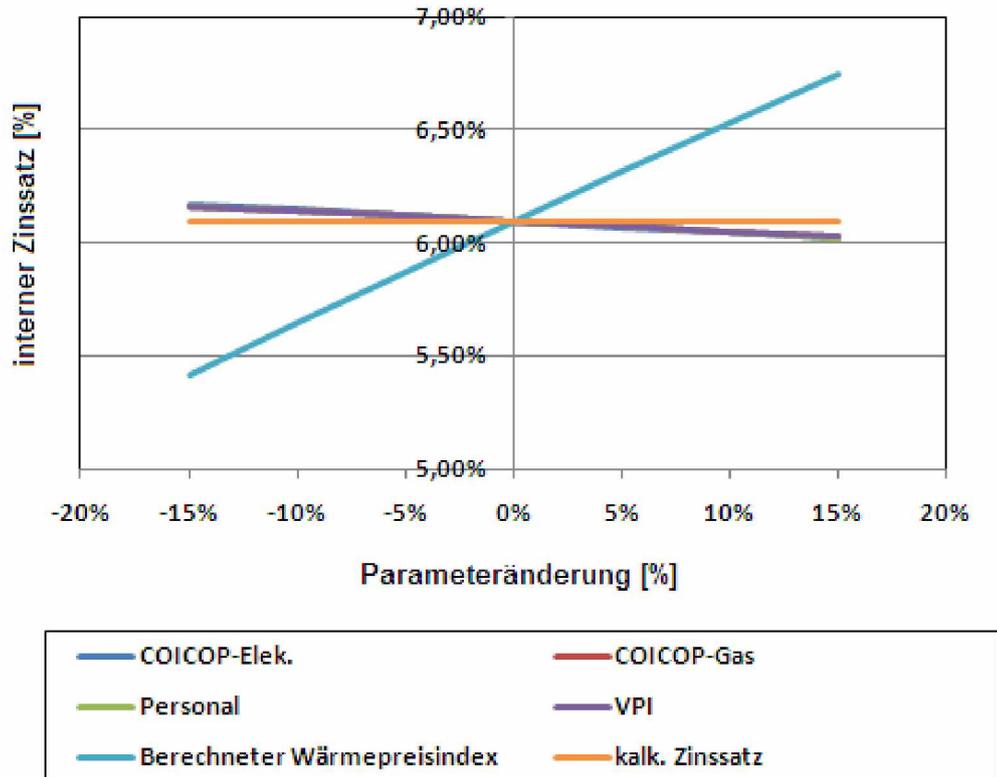


Abbildung 35: Spiderdiagramm 3

Bei der Berechnung der Betriebskosten auf die Dauer des Projektes spielen die Indizes (Gaspreis, Strompreis, Personalkosten, etc.) eine wesentliche Rolle. Anhand der Sensitivitätsanalyse in Spiderdiagramm 3 konnte die Abhängigkeit des internen Zinssatzes auf die Indizes nachgewiesen werden.

Die größte Abhängigkeit des internen Zinssatzes ist hier vor allem durch den Wärmepreisindex gegeben. Steigt dieser so steigt auch der Zinssatz proportional an. Dem gegenüber werden die anderen untersuchten Indizes mit einem deutlich geringeren Einfluss auf den internen Zinssatz bewertet.

4.12 Risikomanagement

Der Projekterfolg von hydrothermalen Geothermieprojekten wird durch eine Anzahl von externen Faktoren (z.B. Geologie) und internen Entscheidungen (z.B. Projektkonzept) beeinflusst. Die hohen Investitionsausgaben für den Anlagenbau inklusive Bohrung verlangen daher nach einem professionellen Risikomanagement.

Ziel ist es alle Risiken zu erfassen und sie zu bewerten um dadurch Handlungen festzulegen, die in der Folge Risiken minimieren. Diese Risikominimierung sollte dabei die Planungs-, Projekt- und Betriebsphase einschließen.

Die Risikoidentifikation bildet die Grundlage eines erfolgreichen Risikomanagements. Werden Risiken hier nicht erkannt, können sie auch nicht verhindert werden. Um eine umfangreiche Identifikation gewährleisten zu können, können beispielsweise Erfahrungsberichte vergleichbarer Projekte herangezogen werden.

Nach der Identifikation ist es wichtig festzustellen, auf welche Teilbereiche des Projektes sich die einzelnen Risiken auswirken. Nur dadurch können notwendige Maßnahmen gesetzt werden um diese zu vermindern bzw. zu vermeiden. Nach der Implementierung von notwendigen Maßnahmen zur Einschränkung oder Vermeidung der Risiken sollten diese weiterhin überwacht werden um eine erfolgreiche Umsetzung der Handlungen zu garantieren.

Risiken die ein Geothermieprojekt gefährden können reichen von geologischen und bohrtechnischen Risiken, über Risiken bei der Errichtung und dem Betrieb der Anlage, bis hin zu politischen - und wirtschaftlichen Risiken.

Das geologische Risiko, Nichtfündigkeit bzw. Teilfündigkeit, stellt das Hauptrisiko für ein Geothermieprojekt zur Wärme Gewinnung dar. Größte Gefahr die im Zusammenhang mit dem Fündigkeitsrisiko steht ist die zu geringe Thermalwasser-Schüttung. Sie entscheidet in den meisten Fällen über die Realisierung eines Projektes. Hinsichtlich der Absicherung gegenüber der Fündigkeit kann mittlerweile auf ein privatwirtschaftliches Versicherungskonzept zurückgegriffen werden. Jedoch handelt es sich bei dieser Versicherung um ein nicht gängiges Konzept.

Bohrtechnische Risiken, wie die Verfehlung des Bohrzieles oder die Verfehlung des Zieles innerhalb eines festgelegten Zeitraums, unterliegen grundsätzlich den Initiatoren des Projektes, können aber zu einem Teil vertraglich auf Bohrgesellschaften übertragen werden.

Wirtschaftliche Risiken, wie Zeitverzögerungen, Zinserhöhungen oder Budgetüberschreitungen lassen sich durch Wirtschaftlichkeitssimulationen verschiedener Szenarien analysieren und begrenzen. Durch geeignete Verträge zwischen den Projektpartnern sollten diese auch in dem einen oder anderen Fall geregelt werden. Bei der Finanzierung sind stets Reserven einzuplanen.²²⁷

Nachstehend werden die wichtigsten Risikofaktoren und deren Absicherung aufgelistet:

²²⁷ Vgl. Bussmann (2010), S. 151

Tabelle 6: Risikofaktoren und Absicherungsfaktoren²²⁸

Risiken	Absicherung
Geologische Risiken Nichtfündigkeit / Teilfündigkeit	Seismik / Machbarkeitsstudie Fündigkeitsversicherung
Bohrtechnische Risiken Bohrziel verfehlt Lost in Hole	geologischen Planung Qualität der Bohrgesellschaft Bohrrisikoversicherung
Anlagentechnische Risiken / Betriebsrisiken	Planungsqualität Know-How des Betreibers Vorratshaltung (z.B. Pumpe)
Wirtschaftliche Risiken Investitionsbudget Finanzierung Konkurrenzenergie	Businessplan finanzieller Spielraum geeignete Vertragsgestaltung moderate Wärmepreispolitik

Für vereinzelte Risiken gibt es bereits Versicherungslösungen. In den meisten Fällen gibt es eine Mischung aus öffentlicher und unternehmerischer Risikoabsicherung.

4.12.1 Risikoanalyse Gmunden

Um die Risiken des Projektes zu erkennen, einzuschätzen, gegebenenfalls zu vermeiden und für die bestmöglichen Entscheidungsfindungen in bestimmten Situationen zu sorgen, wurde im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Geothermieprojektes Gmunden eine Risikoanalyse unter zu Hilfenahme der Software „@Risk“ durchgeführt.

Die Analyse des Programms basiert auf der Monte Carlo Simulationsmethode.

Die Monte Carlo Simulation ist ein computergestütztes mathematisches Verfahren, welches den Nachweis des Risikos eines Projektes in einer quantitativen Analyse ermöglicht. Im ersten Schritt werden dabei die Risikoparameter des Projektes definiert und mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen hinterlegt.

Basierend auf dem Kalkulationsmodell und den Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Inputgrößen wird eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für den gewünschten Output, z.B. für den Kapitalwert oder der internen Verzinsung, erzeugt. Dadurch können Rückschlüsse auf den wahrscheinlichen Wert (Mittelwert), die Streuung (Spannweite), das Risikokapital, uvm. geschlossen werden.

²²⁸ Vgl. Reif (2009), S. 43

Als ausschlaggebenden Risikoparameter für das Geothermieprojekt Gmunden wurden folgende Einflussgröße festgelegt und in der Risikoanalyse näherungsweise mit Dreiecks - Wahrscheinlichkeitsverteilungen hinterlegt (siehe Tabelle 7).

Für die Dreiecksverteilungen wurden für die Risikofaktoren Minimal-, Maximal und Modalwerte (Wert mit größter Wahrscheinlichkeit) angenommen (siehe Anhang 5):

- Erwartete Tiefe
- Vorlauf Temperatur
- Förderrate
- Bohrfortschritt pro Tag
- Betriebssatz Bohranlage
- Kleinabnehmer
- VPI Index
- COICOP Elektrizität
- COICOP Gas
- Personal Index

Tabelle 7: Minimal-, Maximal und Modalwerte Risikoparameter

Risikoparameter	Einheit			
Erwartete Tiefe	m	4.300	4.500	5.000
Vorlauf Temperatur	°C	110	120	130
Förderrate	l/s	50	80	90
Bohrfortschritt pro Tag	m/d	40	65	80
Betriebssatz Bohranlage	€/d	50.000	60.000	70.000
Kleinabnehmer (% Anteil)	%	60	70	80
VPI Index	%	1,5	1,9	3,0
COICOP Elektrizität	%	2,0	2,3	3,0
COICOP Gas	%	3,0	4,5	6,0
Personal Index	%	3,0	3,5	4,0

Anhand der Verteilungen der Risikofaktoren konnten durch die Simulation Ergebniswerte berechnet und anschließend in Form von Wahrscheinlichkeitsverteilungen ausgegeben werden.

In den zwei folgenden Abbildungen sind die Resultate der Risikoanalyse mittels @-Risk für den Kapitalwert und dem internen Zinssatzes dargestellt. Der Kapitalwert wurde in der Analyse verwendet um detaillierte Aussagen über die Risikoanfälligkeit des Projekts (z.B. Risikokapital) treffen zu können.

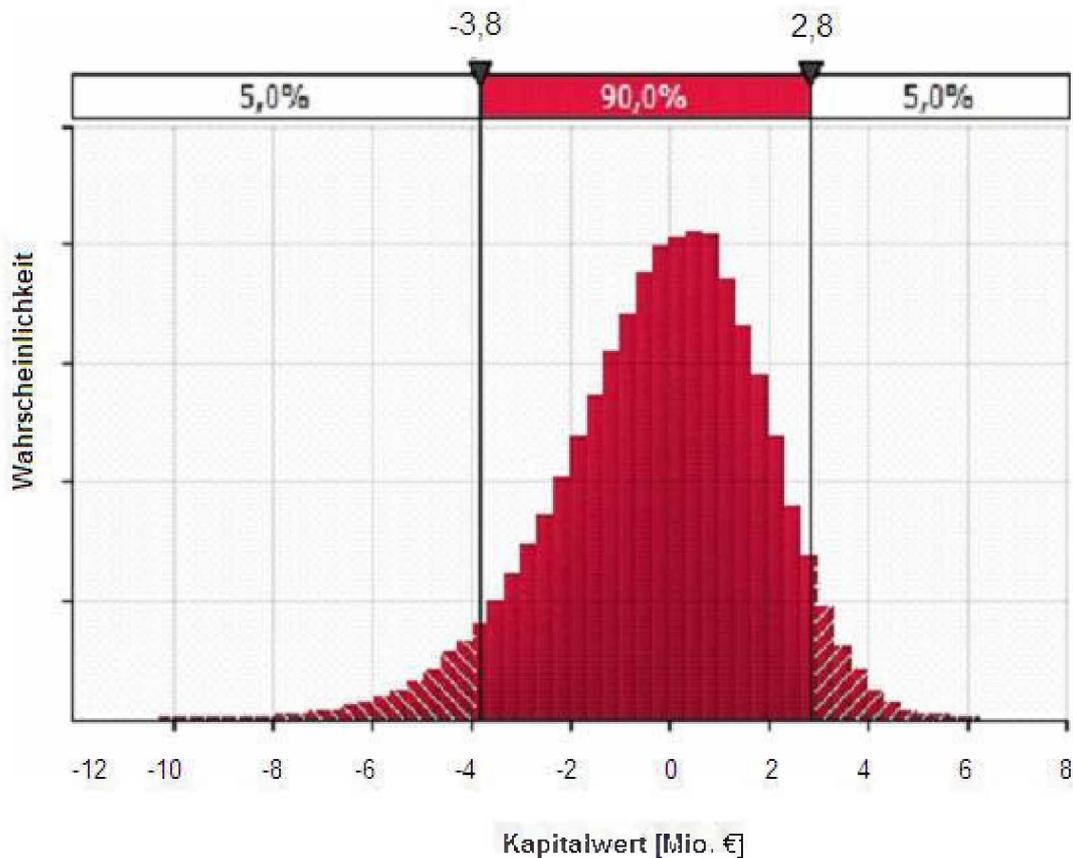


Abbildung 36: Ergebnis Risikoanalyse für Kapitalwert

In der Verteilung ist ersichtlich, dass sich der Kapitalwert nach 30 Jahren, für das Geothermieprojekt Gmunden, mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% zwischen -3,8 Mio. € und 2,8 Mio. € befindet.

Die Streuung dieses Ergebnisses ist durch die oberen und unteren 5% begrenzt, da diese als Ausreißer angesehen werden können und somit nicht berücksichtigt werden.

Weiters kann durch die Verteilung festgestellt werden, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von ~50% der Kapitalwert positiv ist, d.h. das Projekt sich amortisieren wird.

Die 3,8 Mio. € sind unter anderem auch als das Risikokapital (Risk adjusted capital $RAC_{5\%}$), das für das Projekt aufgebracht werden muss, zu verstehen.

Der Kapitalwert mit der größten auftretender Wahrscheinlichkeit (Modus) ist in der Verteilung mit 805.000 € ersichtlich.

Für den internen Zinssatz ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Wahrscheinlichkeit von 95% → interner Zinssatz > 4,9%
- Wahrscheinlichkeit von ~50% → interner Zinssatz > 6%
- Wahrscheinlichkeit von 5% → interner Zinssatz > 6,8%
- Zinssatz mit größter auftretender Wahrscheinlichkeit beträgt 6,1%

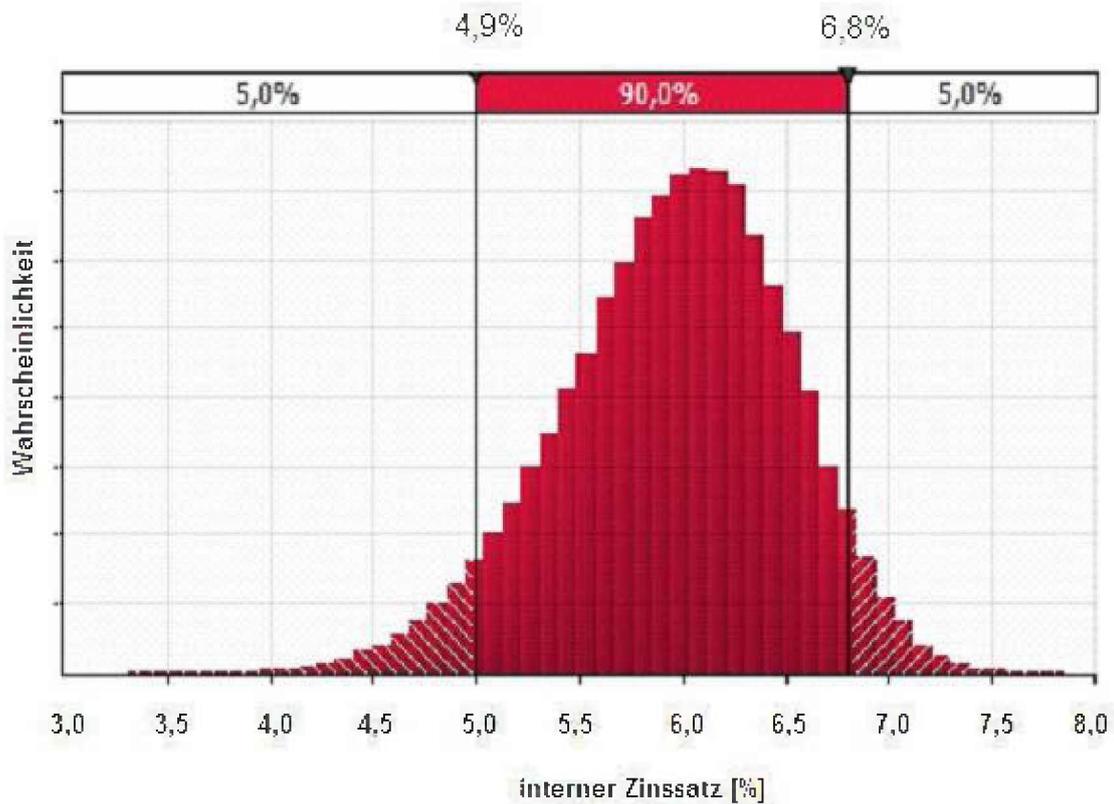


Abbildung 37: Ergebnis Risikoanalyse für internen Zinssatz

5 Zusammenfassung und Resümee

Ziel der Masterarbeit war die Erstellung eines auf ein kommunales hydrothermales Geothermieprojekt ausgerichteten Businessplans für die Bezirkshauptstadt Gmunden.

Im theoretischen Teil der Arbeit wurde anhand von Literaturrecherchen auf die grundlegenden Aspekte der tiefen Geothermie und des Businessplans eingegangen. Dadurch konnte in weiterer Folge ein Businessplan auf die Anforderungen eines hydrothermalen Geothermieprojektes angepasst werden.

Im praktischen Teil der Masterarbeit wurde der Businessplan für das Geothermieprojekt Gmunden präsentiert. Neben einer ökologischen und ökonomischen Bewertung des Projektes umfasst dieser auch politische, finanzielle sowie organisatorische Aspekte und Rahmenbedingungen.

Für die ökonomische Analyse musste im ersten Schritt, aufbauend auf einer geologischen Machbarkeitsstudie, das geothermische Potential und dessen Nutzungsmöglichkeiten festgestellt werden.

In der darauffolgenden Abnehmerpotentialanalyse wurde einerseits durch Datenerhebung aus bekannten Gasverbräuche von Großabnehmern und andererseits durch Abschätzungen bei Vorortbefahrungen die benötigte Jahresenergiemenge für die erste Ausbaustufe ermittelt.

Nach der Festlegung des Bohrverlaufs und des Fernwärmenetzes konnten anschließend die Investitionsausgaben, sowie die jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten bestimmt werden. Weiters wurde ein verbrauchsabhängiger Wärmepreis und ein Wärmeindex festgelegt um eine dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse durchführen zu können.

Im letzten Schritt wurden durch Sensitivitäts- und Risikoanalysen die kritischen Parameter des Projektes untersucht und alle Ergebnisse in den Businessplan eingearbeitet. Der für die Gemeinde Gmunden ausgearbeitete Businessplan findet nur in gekürzter Form Eingang in diese Masterarbeit, da sensible Daten nicht veröffentlicht werden dürfen.

Basierend auf den Ergebnissen, die im Businessplan präsentiert wurden, lassen sich nachstehende Schlussfolgerungen zum Geothermieprojekt Gmunden ableiten.

Die Nutzung des hydrothermalen Vorkommens in Gmunden ist laut geologischer Machbarkeitsstudie als realistisch einzuschätzen. Hinsichtlich der vorherrschenden geologischen Verhältnisse, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit diese Vorkommen zu erschließen und für die Energiegewinnung zu nützen. Aufgrund der zu erwartenden Temperatur von ca. 120 °Celsius kann neben der Wärmegewinnung auch die Erzeugung von Strom angestrebt werden, welche die Wertschöpfung des Projektes erhöhen dürfte.

Eine Analyse hinsichtlich einer zusätzlichen Stromerzeugung und einer balneologischen Nutzung war nicht Bestandteil dieser Studie. Trotzdem ist festzuhalten, dass die Errichtung einer Therme in Gmunden regionalwirtschaftlich gesehen äußerst attraktiv erscheint. Somit könnte neben einer optimalen Mehrfachnutzung des Vorkommens auch ein Kurtourismus in Gmunden etabliert werden.

Dem vorliegende Resultat der Wirtschaftlichkeitsanalyse zufolge ist derzeit eine Umsetzung des Projektes wirtschaftlich nicht sinnvoll. Aufgrund der hohen Investitionen, die vor allem aus der Bohrung und Erschließung des Reservoirs resultieren, beträgt die Amortisationszeit des Projektes ca. 29 Jahre.

Obwohl dieses Ergebnis bei einer Projektdauer von 30 Jahren unbefriedigend erscheint, sprechen einige Aspekte für eine mögliche, zukünftige Etablierung einer geothermischen Wärmeversorgung in Gmunden.

Bei der dargestellten wirtschaftlichen Analyse des Projektes ist zu beachten, dass entsprechende Sicherheiten bei der Festlegung der Kosten und den daraus resultierenden Berechnungen einkalkuliert wurden.

Weiters wurde im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse der Wärmebedarf der Stadt Gmunden für die erste Ausbaustufe eruiert. Diese inkludiert hauptsächlich die Versorgung der Großabnehmer, deren Daten vorhanden waren. Die Sensitivitätsanalyse zeigte unter anderem, dass die Abnehmerseite den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes hat. Somit würde eine Erweiterung der Wärmeabnehmer, durch andere Großabnehmer sowie Haushalte, die Rentabilität des Projektes maßgeblich erhöhen. Eine umfangreiche Akquisition von Kunden ist daher ein wesentliches Kriterium für eine erfolgreiche Realisierung des Projektes.

Unter günstigen Voraussetzungen könnte sich die in dieser Studie angenommene Projektdauer von 30 Jahren wesentlich verlängern. Dies ist vorwiegend abhängig von der Zusammensetzung des Thermalwassers und dessen Auswirkung auf die Bohrung und würde sich vorteilhaft auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes auswirken, da die laufenden Kosten relativ niedrig sind.

Für Kommunen stehen neben wirtschaftlichen Aspekten vor allem auch ökologische und energiepolitische Überlegungen im Fokus. Im Folgenden werden diese Aspekte, die auch Teil der Aufgabenstellung der Masterarbeit waren, für Gmunden erläutert.

Aus energiepolitischer Sicht sowie aus Umweltgesichtspunkten ist das Geothermieprojekt für Gmunden positiv zu bewerten. Die Nutzung des hydrothermalen Vorkommens zu Heizzwecken ermöglicht Gmunden konventionelle Verfahren der Wärmegewinnung zu substituieren und dadurch wertvolle Ressourcen zu schonen.

Die CO₂-Bilanz des Projektes für die erste Ausbaustufe hat ergeben, dass durch den Einsatz der tiefen Erdwärme, verglichen zur derzeitigen Wärmeerzeugung durch Erdgas, eine Einsparung von bis zu 8000 Tonnen CO₂ pro Jahr erzielt werden kann. Der CO₂ Emissionshandel wird somit keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf das Geothermieprojekt haben.

Die Stadt könnte neben dem Imagegewinn durch den Klimaschutz auch als Vorzeigeprojekt für andere Städte fungieren.

Weiters könnte die Kombination von tiefer Erdwärme mit anderen regenerativen Energieformen zu einem so genannten „Hybridsystem“, zu einer vollkommenen Unabhängigkeit der Stadt von den immer knapper und teurer werdenden fossilen Energierohstoffen führen.

Die Preisentwicklung der konventionellen Energieträger weist über die letzten zehn Jahre eine überproportionale Steigerung auf. Auch zukünftig wird eine steigende Tendenz zu erwarten sein. Da in Gmunden zur Wärmeversorgung hauptsächlich Erdgas verwendet wird, würde die Substitution von Gas durch eine regenerative Fernwärmeversorgung zu einer unabhängigen und preisstabilen Versorgung führen.

Der Bezug von geothermisch erzeugter Fernwärme kann beim Kunden neben der Abkopplung von der Preisentwicklung fossiler Brennstoffe auch zu Einsparungen von Investitionsausgaben (z.B. für Erwerb von Kessel), den damit verbundenen laufenden Kosten (z.B. für Schornsteinreinigung) sowie zu Platzeinsparungen führen.

Aufgrund der EU politischen Entwicklungen ist zukünftig auch eine Erhöhung der Abgaben (Mineralölsteuer) für die Verwendung von fossilen Brennstoffen zu erwarten. Neben der Preisstabilität bietet dies dem Kunden einen zusätzlichen Anreiz für den Umstieg auf eine geothermische Fernwärmeversorgung.

Die Erschöpfung der weltweiten Energieressourcen, der ansteigende Energieverbrauch, die Krisen und politischen Instabilitäten in Energie exportierenden Ländern stellen ein erhebliches Risiko für die Energieversorgungssicherheit der Europäischen Union dar. Insofern steht Gmunden durch die Nutzung des hydrothermalen Vorkommens ein annähernd unbegrenztes Energiepotential zur Verfügung. Wärme kann Tages- und jahreszeitlich lokal bereitgestellt werden um die Grundlastversorgung zu gewährleisten.

Die tiefe Erdwärme hat gegenüber allen anderen bekannten Fernwärmeversorgungen den Vorteil, dass im Vergleich praktisch keine Verbrauchskosten auftreten. Insofern steht eine versorgungssichere, umweltfreundliche, lokale und für die BürgerInnen der Stadt Gmunden preiswerte Energie zur Verfügung. Neben der Wertschöpfung die es der Stadt bringt, werden auch Arbeitsplätze in der Region geschaffen.

Abschließend lässt sich dennoch festhalten, dass aus derzeitiger Sicht eine Umsetzung des Projektes noch nicht sinnvoll erscheint. Unter geänderten Rahmenbedingungen, die in den kommenden Jahren durchaus zu erwarten sind, stellt die Geothermie jedoch eine interessante Alternative für Gmunden dar.

6 Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (2010): Energiestrategie Österreich. http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf (Zugriff: 20.05.2010).

Bussmann, W. (2010): Entwicklung der tiefen Geothermie in Deutschland. Erdöl Erdgas Kohle, 126. Jahrgang, Heft 4, Hamburg: Urban-Verlag Hamburg/Wien GmbH.

Joanneum Research (2008): ECO – MUT - Mehrfachnutzung von thermalen Tiefengrundwässern. Endbericht, Klagenfurt.

Eggl, B.; Sametinger, K. (2008): The Investor's Guide to Geothermal Energy – How to capitalize on the heat beneath your feet. 1. Aufl., Freiburg: Wuhrmann Druck & Service GmbH. ISBN 978-3-9822505-0-3.

Europäische Kommission (2007): „Eine Energiepolitik für Europa“. [KOM(2007) 1 endg. – Nicht im Amtsblatt veröffentlicht]. <http://eur-lex.europa.eu> (Zugriff: 10.02.2010).

Europäische Kommission (2007): Fahrplan für erneuerbare Energien – Erneuerbare Energien im 21. Jahrhundert: Größere Nachhaltigkeit in der Zukunft. [KOM(2006) 484. – Nicht im Amtsblatt veröffentlicht]. <http://eur-lex.europa.eu> (Zugriff: 10.02.2010).

European Geothermal Energy Council (2009): A Geothermal Europe – EGEN Brussels Declaration. <http://www.egec.org/news/EGEC%20Brussels%20Declaration%202009.pdf> (Zugriff: 15.03.2010).

Geothermische Vereinigung e. V. (2003): Geothermische Energie. 10. Jahrgang, Heft 2. <http://www.geothermie.de/uploads/media/Geothermische.Energie.Nr.41.pdf> (Zugriff: 10.01.2010).

Herzberg, U. (2009): Mein Businessplan. 5. Aufl., Freiburg: Rudolf Haufe Verlag. ISBN 978-3-448-09340-7.

Herzog, C. (2005): Die Geothermiebohrung „RWTH-1“ - technische, geologische, bergrechtliche Aspekte eines Geothermieprojektes in öffentlicher Trägerschaft. Dissertation, Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.

Hofman, T.; Schönlaub H. P. (2007): Geo-Atlas Österreich: die Vielfalt des geologischen Untergrundes. 1. Aufl., Wien: Böhlau Verlag. ISBN 978-3-205-77726-7.

Hungenberg, H. (2004): Strategisches Management in Unternehmen – Ziele - Prozesse - Verfahren. 3. Aufl., Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/ GWV Fachverlage GmbH. ISBN 3-409-33063-1.

Kaltschmitt, M.; Huenges, E.; Wolff, H. (1999): Energie aus Erdwärme. 1. Aufl., Stuttgart: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. ISBN 3-342-00685-4.

Kaltschmitt, M.; Wiese, A. (1997): Erneuerbare Energien – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 2. Aufl., Berlin Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 3-540-63219-0.

Kussmaul, H. (2008): Betriebswirtschaftslehre für Existenzgründer – Grundlagen mit Fallbeispielen und Fragen der Existenzgründungspraxis. 6. Aufl., München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. ISBN 978-3-486-58716-6.

Köhler, S. (2002): Geothermisch angetriebene Kraftwerke – Systembetrachtung und Prozessvergleich. In: VDI Berichte 1703: Geothermische Stromerzeugung – Stand der Technik und Perspektiven. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH. ISBN 3-18-091703-2, S. 71-84.

Kraml, M.; Walzer, M. (2008): Geothermie – Wertschöpfung und Wirtschaftlichkeit von Geothermieprojekten in Deutschland. Freiburg: forseo GmbH. http://www.energybase.org/fileadmin/media/regioner/docs/Geothermie_in_Deutschland.pdf (Zugriff: 15.01.2010).

Laumer, S. (2007): Der Businessplan als Entscheidungsgrundlage zur Existenzgründung für Einzel Unternehmen. 1. Aufl., Norderstedt: Grin Verlag. ISBN 978-3-640-12071-0.

Lutz, A. (2008): Businessplan für Gründungszuschuss-, Einstiegsgeld- und andere Existenzgründer. 3. Aufl., Wien: Linde Verlag. ISBN 978-3-7093-0215-6.

Nagl, A. (2006): Der Businessplan – Geschäftspläne professionell erstellen – Mit Checklisten und Fallbeispielen. 3. Aufl. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/ GWV Fachverlage GmbH. ISBN 10: 3-8349-0111-3.

ÖWAV (2007): Regelblatt 215 – Nutzung und Schutz von Thermalwasservorkommen. Entwurf, Wien.

Public Consulting GmbH. (2009): Infoblatt Umweltförderungen – Geothermie. http://www.publicconsulting.at/uploads/ib_geothermie.pdf (Zugriff: 11.02.2010).

Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schramek, E.R. (2007): Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik. 73. Aufl., München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. ISBN 10: 3-8356-3104-7.

Rebhan, E. (2002): Energiehandbuch – Gewinnung, Wandlung und Nutzung von Energie. 1. Aufl., Berlin Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 3-450-41259-X.

Reif, T. (2007): Wirtschaftlichkeitsanalyse und Risikoabsicherung von Geothermieprojekten. Scheidle & Partner, Augsburg.
<http://www.geothermie-kompetenz.de/cms/index.php?idcatside=32> (Zugriff: 15.03.2010).

Reif, T. (2009): „Bürgermeistermodell“ – Geothermieprojekte-Wärmeprojekte und Finanzierung kommunaler Geothermieprojekte. TU Bergakademie Freiberg & CiF e. V..
<http://www.geothermiekompetenz.de/cms/index.php?idcatside=32> (Zugriff: 15.03.2010).

Reif, T.; Asum, H. (2009): Wirtschaftlichkeit und Risikoabsicherung geothermischer Wärmeprojekte. Geothermiekongress Bochum.
<http://www.geothermiekompetenz.de/cms/index.php?idcatside=32> (Zugriff: 15.03.2010).

Rötsch, D. (1999): Zuverlässigkeit von Rohrleitungssystemen: Fernwärme und Wasser. 1. Aufl., Berlin Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 3-540-66042-9.

Schulz, R. (2002): Geothermische Stromerzeugung – Erschließungsverfahren im süd-deutsch-österreichischen Molassebecken. In: VDI Berichte 1703: Geothermische Stromerzeugung – Stand der Technik und Perspektiven. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH. ISBN 3-18-091703-2, S. 43-58.

Schwetje, G.; Vaseghi, S. (2006): Der Businessplan – Wie Sie Kapitalgeber überzeugen. 2. Aufl., Berlin Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 10: 3-540-23574-4.

Stahl, H. K. (2008): Strategisches Management und Marketing. Skriptum, Montanuniversität Leoben, Leoben.

Stutely, R. (2002): Der professionelle Businessplan – Ein Praxisleitfaden für Manager und Unternehmensgründer. 2. Aufl., München: Pearson Education Deutschland GmbH. ISBN 10: 3-8273-7256-9.

Straubel, D.; Ehrlich, H.; Huenges, E. (2009): Rechenmodell zur Analyse der Wärmegestehungskosten bei hydrothormaler Nutzung. Berlin: Geoforschungszentrum Potsdam.

Strauss, K. (2002): Arbeitsmittel für ORC Anlagen. In: VDI Berichte 1703: Geothermische Stromerzeugung – Stand der Technik und Perspektiven. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH. ISBN 3-18-091703-2, S. 85-98.

Werner, T. (2009): Ökologische Investments – Chancen und Risiken grüner Geldanlagen. 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler/ GWV Fachverlage GmbH. ISBN 978-3-8349-0741-7.

Wirtschaftsförderung Dortmund (2006): Handbuch Businessplan. http://www.start2grow.de/downloads/businessplan/handbuch_businessplan_09.pdf (Zugriff: 09.08.2010).

Internetquellen

<http://www.geothermie.de/wissenswelt/glossar-lexikon/d/dublette-geothermische.html> (Zugriff: 01.11.2009).

<http://www.itas.fzk.de/deu/tadn/tadn013/image43.gif> (Zugriff: 02.12.2009).

<http://bib.gfz-potsdam.de/pub/str9809/9809-6.pdf> (Zugriff: 10.01.2010).

<http://www.bosy-online.de/Fernwaerme.htm> (Zugriff: 10.01.2010).

<http://www.regioenergy.at/geothermie> (Zugriff: 05.05.2010).

<http://www.disa-energy.de/Pics/Dublette.png> (Zugriff: 02.10.2010).

<http://www.geothermiekompetenz.de/cms/index.php?idcatside=32> (Zugriff: 10.10.2010).

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/portfolio-analyse.html> (10.10.2010).

Anhang A

Fünf Sektoren erhöhten Wärmeverbrauchs



Anhang B

Fernwärmeleitung pro Sektoren

Sektor 1 und 5



Sektor 2



Anhang C

Risikoparameter und Dreiecks – Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Erwartete Tiefe [m]



Min: 4300
Max: 4500
Mod: 5000

Vorlauf Temperatur [°C]



Min: 110
Max: 120
Mod: 130

Förderrate [l/s]



Min: 50
Max: 80
Mod: 90

Kleinabnehmer [%]



Min: 60
Max: 70
Mod: 80

Bohrfortschritt pro Tag [m/d]



Min: 40
Max: 65
Mod: 80

Betriebssatz Bohranlage [€/d]



Min: 50.000
Max: 60.000
Mod: 70.000

VPI Index [%]



Min: 1,5
Max: 1,9
Mod: 3,0

Personal Index [%]



Min: 3,0
Max: 3,5
Mod: 4,0

COICOP Elektrizität [%]



Min: 2,0
Max: 2,3
Mod: 3,0

COICOP Gas [%]



Min: 3,0
Max: 4,5
Mod: 6,0