

## **Das am häufigsten unterschätzte Schlüsselement für erfolgreiche Geothermieprojekte**

**Detlef Klaus, Tina L. Rasmussen, Dr. Helle H. Midtgaard**

**WellPerform AS, 2840 Holte, Dänemark**

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Die Gewinnung geothermischer Ressourcen ist von Beginn an komplex und kostenintensiv. Die in Bezug auf den Wärmebedarf gestellten Erwartungen werden am Ende oft nicht erfüllt. Da vor allem der Untergrund selbst in benachbarten Gebieten nicht einheitlich ist, muss sowohl die Planung als auch die Ausführung von Bohrungen stets individuell angepasst werden. Auch können unerwartete Probleme beim Abteufen auftreten, die zu hohen Kosten und eingeschränkter Wirtschaftlichkeit führen. Einige wenige Projekte wiederum müssen aufgrund der Wasserzusammensetzung, ungeeigneter Grundwasserleiter oder unerwarteter Temperaturen sogar gänzlich aufgegeben werden. Schon an dieser Stelle des Beitrags wird deutlich: Ein Geothermieprojekt ist ein dynamisches System, das während seiner gesamten Lebensdauer betreut werden

muss, und zwar von Anfang an. Steht das erforderliche Wissen nämlich schon in der frühen Projektphase zur Verfügung, können Bohrungen mit hoher Leistung und langfristiger Integrität konzipiert werden.

Warum scheitern Projekte dennoch? Ein Schlüsselement, mit dem sich die meisten Projektunsicherheiten verringern lassen, ist ein ganzheitlicher und strukturierter Ansatz bei der Bewertung der verschiedenen Bausteine eines geothermischen Entwicklungsprojekts. Dieser dient dazu, Datenlücken zu vermeiden und die Integration technischer Kompetenzen mit Wissenstransfer zusammenzubringen. Dieses Element wird allerdings häufig übersehen bzw. vernachlässigt.

In diesem Beitrag wird dargestellt, wie eine geeignete geothermische „Play Analysis“ in Kombination mit einem gründlichen und

präzisen „Well Delivery Process“ sowohl kleinen als auch großen Tiefengeothermieprojekten zu einer soliden Grundlage für eine weitestgehend reibungslose Projektentwicklung verhelfen kann und dadurch die Erfolgchancen des Projekts erheblich erhöht.

**Keywords:** Well Delivery Model, Planungsfehler, Projektabsicherung, Wissenstransfer, Risikoanalyse.

## 1. EINFÜHRUNG

Fragt man allgemein nach den Gründen für den schleppenden Ausbau der Geothermie in Deutschland, so erhält man häufig die Antwort, dass die Risiken und Unsicherheiten zu groß seien, um ein Projekt zu starten. Diese Bedenken sind bis zu einem gewissen Grad nachvollziehbar, da der Untergrund bei einer Tiefenbohrung – anders als an der Oberfläche – nicht klar erkennbar ist. Dies birgt einerseits erhebliche Projektrisiken und damit unerwartete Kosten, andererseits werden die Erwartungen und angestrebten Ziele nicht immer erreicht.

Erfahrungen<sup>1 2</sup> haben gezeigt, dass die Erkennung von Risiken und die Verringerung von Auswirkungen durch ein gutes Informations-

management erheblich verbessert werden können. Es ist wichtig, dass dieser Ansatz in allen Projektphasen angewandt wird, d. h. vom Screening über die Bohrplanung bis hin zur Durchführung der Bohrungen.

## 2. RISIKOERKENNUNG

Die Energiegewinnung aus der Erde umfasst weit mehr als nur das Erstellen von Tiefbohrungen. Ein zentrales Problem in diesem Bereich sind die nicht erkannten Projektrisiken, z. B. eine zu geringe Produktivität, Probleme beim Abteufen der Bohrung usw., die zu erheblichen Kosten führen können. Zudem werden die Ziele und Erwartungen nicht immer wie geplant erreicht, wodurch die Effizienz und der Erfolg von Geothermieprojekten ebenfalls beeinträchtigt werden können. Durch die Berücksichtigung besonderer Aspekte kann die Energiegewinnung aus der Erde effizienter und erfolgreicher gestaltet werden, was langfristig zu einer nachhaltigeren und kosteneffektiveren Energieversorgung beiträgt.

Im Folgenden werden drei wesentliche Aspekte zur Erkennung und Verringerung von

---

<sup>1</sup> Rautenbacher, Lukas (2016). Improving well delivery process in exploration and applying drilling and geological principles. (Bachelor Thesis). Leoben: Montanuniversität.  
<https://pureadmin.unileoben.ac.at/ws/portalfiles/portal/1876544/AC13278140n01vt.pdf>.

<sup>2</sup> de Wardt, John P. (2010). Well Delivery Process: A Proven Method to Improve Value and Performance While Reducing Cost.  
<https://onepetro.org/SPEDC/proceedings-abstract/10DC/All-10DC/SPE-128716-MS/105990?redirectedFrom=PDF>.

Risiken bei der Energiegewinnung aus der Erde näher beleuchtet.

## 2.1 MITIGIEREN VON RISIKEN

Die frühzeitige Erkennung und Mitigierung von Risiken im Vorfeld ist entscheidend für den Projekterfolg. Dazu ist jedoch eine gründliche Analyse und Bewertung aller möglichen Risiken erforderlich. Diese beginnt mit einer umfassenden Datengewinnung und -analyse. Informationen und Erfahrungen aus der näheren Umgebung sind grundlegend, um potenzielle Risiken zu identifizieren. Für eine Unterscheidung zwischen guten und fehlerhaften Informationen ist es dabei wichtig, die Qualität der gesammelten Daten zu bewerten. Karten der Reservoirausdehnung sowie der Verbindung mit angrenzenden Reservoiren sollten erstellt werden, um die bestmögliche Platzierung von Bohrungen zu gewährleisten. Wesentliche Reservoirereigenschaften wie erhoffte Fließrate, erwartete Permeabilität sowie Temperatur und Stabilität der Formation müssen dazu unbedingt berücksichtigt werden. Für die Auslegung der Bohrung und der Produktion sind zudem Informationen über die Wasserzusammensetzung wie Salzgehalt oder das Vorhandensein korrosiver Gase von großer Bedeutung. Essenziell ist auch die Quantifizierung von Unwägbarkeiten auf dem Weg zum Reservoir. Als Beispiel ist hier ein Projekt in Rødby, Dänemark, angeführt.

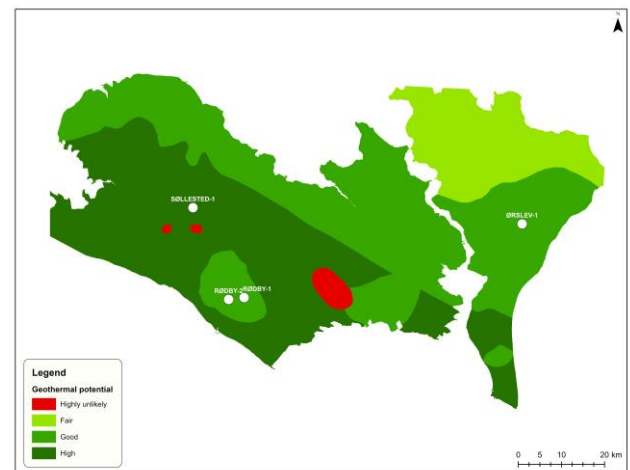


Abb. 1: Play Screening Karte eines geothermischen Potenzials in Dänemark

Eine Analyse in der Screening-Phase anhand der oben genannten Kriterien ermöglicht es, das geothermische Potenzial in einer Karte darzustellen. So lassen sich Datenlücken ermitteln, die aufzeigen, welche weiteren Informationen erforderlich sind.

## 2.2 SORGFÄLTIGE PLANUNG

Eine detaillierte und durchdachte Planung kann dazu beitragen, die Wahrscheinlichkeit von Problemen zu reduzieren und die Erfolgchancen des Projekts zu erhöhen. Dies beinhaltet die Berücksichtigung aller relevanten Faktoren und die Entwicklung von Strategien zur Risikominderung. Eine sorgfältige Planung ist entscheidend, um die Erfolgchancen eines Projekts – und damit verbunden den Zeit- und Kostenaufwand – zu maximieren und die Risiken zu minimieren. Durch eine detaillierte, durchdachte Planung können potenzielle Probleme frühzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen zur Risikominderung ent-

wickelt werden. Dies umfasst die Berücksichtigung aller relevanten Faktoren und die Entwicklung von Strategien zur Bewältigung möglicher Herausforderungen. Eine gründliche Planung trägt dazu bei, die Effizienz zu steigern und die Projektdurchführung innerhalb des vorgesehenen Zeit- und Kostenrahmens zu gewährleisten. Hier einige Risiken, die eine negative Beeinflussung auf die Bohrzeit – und damit auch auf die Kosten – haben:

- Referenzdaten umliegender Bohrungen werden ignoriert oder falsch interpretiert.
- Es mangelt an detaillierter Vorplanung, besonders bei der Risikominimierung.
- Bohrarbeiten halten sich nicht an das abgestimmte, ausführliche Programm.

Dazu ein Beispiel aus dem Bereich von E&P-Bohrungen. In einer Region mit vergleichbarem Untergrund wurde über mehrere Jahre aus Kostengründen an einem schlanken Verrohrungsschema festgehalten. Dabei traten immer wieder Probleme in einer Bohrungssektion auf.

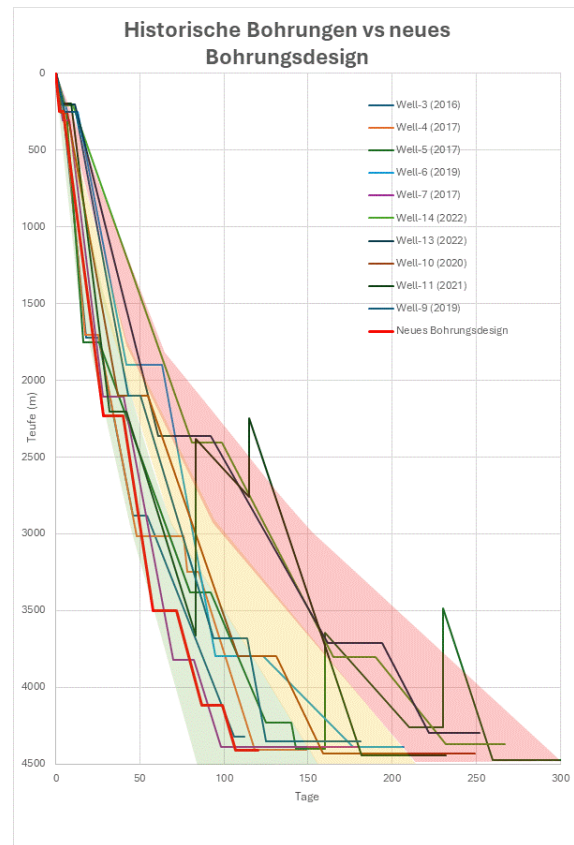


Abb. 2: Zeitteufen-Diagramm

Über ein externes Gutachten wurde erkannt, dass diese Probleme am besten durch eine weitere Bohrsektion mit einer zusätzlichen Rohrtour behoben werden können. Daraus resultieren eine Risikominderung und eine Kostensenkung ohne Qualitätsverlust.

### 2.3 WISSENSTRANSFER

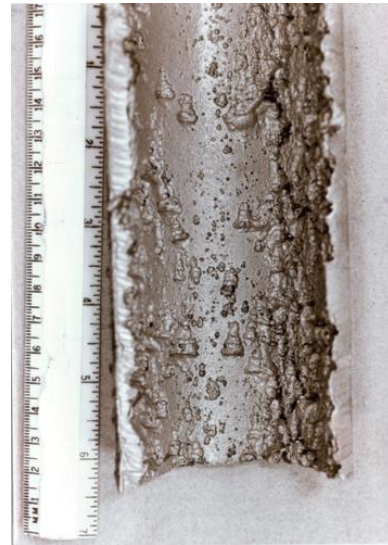
Der Wissenstransfer zwischen den verschiedenen technischen Disziplinen ist essenziell, um innovative Lösungen zu entwickeln und die Effizienz des Projekts zu steigern. Der Austausch von Wissen und Erfahrungen fördert eine ganzheitliche Herangehensweise und verbessert die Zusammenarbeit innerhalb des Projektteams. Durch den interdisziplinären Austausch können unterschiedliche Perspekti-

ven und Expertisen genutzt werden, um komplexe Herausforderungen zu bewältigen und die Projektergebnisse zu optimieren.

Durch die Berücksichtigung dieser Aspekte kann die Energiegewinnung aus der Erde effizienter und erfolgreicher gestaltet werden, was langfristig zu einer nachhaltigeren und kosteneffektiveren Versorgung beiträgt. Der Wissenstransfer zwischen den technischen und geowissenschaftlichen Disziplinen hat einen immensen Einfluss auf die Lebensdauer einer Geothermiebohrung.

Wird das Wissen nicht adäquat ausgetauscht, können schnell falsche Rohrmaterialien gewählt werden, die den späteren Belastungen nicht standhalten. Vor dem Hintergrund von Einsparungen werden teilweise eigenständig Maßnahmen durchgeführt, die nicht im Einklang mit dem abgestimmten Programm stehen. Dies führt sehr schnell zu Integritätsproblemen oder sogar zu einer Verringerung der Produktion, was wiederum unerwartet hohe Kosten für die Instandhaltung des Bohrlochs nach sich ziehen kann.

In der folgenden Abbildung ist ein CO<sub>2</sub>-Fraß an einem Produktionsrohr dargestellt. Unzureichender Schutz und falsche Materialauswahl können unter Umständen den Verlust der Integrität zur Folge haben.



*Abb. 3: CO<sub>2</sub>-Korrosion an einem Tubing*

Auch kann es durch fehlende Abstimmung technischer Disziplinen bei der Produktion zu Querschnittsverengungen durch ungewollte Ablagerungen kommen. Dieses Problem hat eine Reduzierung der Produktivität und auch der Wirtschaftlichkeit des Projekts zur Folge.



*Abb. 4: Scaling in einem Produktionsrohr*

### **3. WELL-DELIVERY-MODELL**

Der hier vorgestellte Lösungsansatz zur Vermeidung der genannten Probleme ist ein **Well-Delivery-Modell**.



Abb. 5: Schema des Well-Delivery-Modells

Damit ist ein ganzheitlicher und strukturierter Ansatz gemeint, bei dem eine schrittweise Untersuchung und Entwicklung eines Geothermieprojekts durchgeführt wird.

Der stufenweise Aufbau des Modells bildet die Grundlage für das Projekt. Wichtig ist, dass sowohl eine Bewertung als auch eine „Go/No-Go“-Entscheidung anhand vorher definierter Abbruchkriterien jeweils beim Übergang von einer Phase zur nächsten vorgenommen wird. Abgestimmte Abbruchkriterien helfen, eine schnelle Entscheidung zu treffen, stellen aber auch sicher, alle notwendigen Randbedingungen durchdacht zu haben. So werden die Phasen Schritt für Schritt nach dem gleichen Schema abgearbeitet.

Die Phasen selbst sind ebenfalls strukturiert aufgebaut. Dies wird am Beispiel der zwei ersten Phasen näher erläutert.

### 3.1 PROJEKTIDEEN-SCREENING



Abb. 6: Schema des Projektideen-Screenings

Eine erfolgreiche Vorgehensweise in der ersten Phase umfasst folgende entscheidende Schritte.

Der erste Schritt, die **Datengewinnung** und das **Erkennen von Datenlücken**, besteht in der umfassenden Sammlung relevanter Daten. Dies beinhaltet geologische, geophysikalische und geochemische Informationen, die für die Bewertung des geothermischen Potenzials notwendig sind. Um gezielte Maßnahmen zur Datenerhebung zu planen und sicherzustellen, dass alle notwendigen Informationen vorliegen, müssen gleichzeitig bestehende Datenlücken identifiziert werden.

Ermittlung der **benötigten Wärme** bzw. des **Energiebedarfs**: Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die genaue Bestimmung des Wärme- und Energiebedarfs, den das geplante Geothermievorhaben decken soll. Diese umfasst die Analyse des aktuellen und zukünftigen Energieverbrauchs sowie die Identifikation der spezifischen Anforderungen der Endnutzer. Eine präzise Bedarfsermittlung ist entscheidend, um die Dimensionierung des geothermischen Systems optimal zu gestalten.

Die Bewertung des **geothermischen Potenzials** am Standort ist ein zentraler Schritt. Hierbei werden die geologischen Bedingungen, die Temperaturverteilung und die Durchlässigkeit der Gesteinsschichten untersucht. Zudem müssen die rechtlichen Rahmen-



bedingungen und **vorhandenen Lizenzen** geprüft werden, um sicherzustellen, dass alle notwendigen Genehmigungen für die Exploration und Nutzung der geothermischen Ressourcen vorliegen.

Eine **vorläufige Kostenabschätzung** ist unerlässlich, um die wirtschaftliche Machbarkeit des Projekts zu bewerten. Dies umfasst die Analyse der Investitionskosten für Bohrungen inklusive ausreichender Rücklagen für Eventualitäten beim Bohren (Bohr Risiken), Anlagenbau und Infrastruktur sowie die Betriebskosten für den langfristigen Betrieb des geothermischen Systems. Eine realistische Kostenplanung hilft, finanzielle Risiken zu minimieren und die Rentabilität des Projekts zu gewährleisten.

Basierend auf den gesammelten Daten und Analysen werden konkrete **Vorschläge für das weitere Vorgehen** entwickelt. Dies beinhaltet die Planung der nächsten Schritte wie detaillierte Machbarkeitsstudien, technische Planungen und die Einholung weiterer Genehmigungen. Zudem werden Strategien zur Risikominderung und Optimierung des Projekterfolgs erarbeitet.

Durch die sorgfältige Berücksichtigung dieser Aspekte kann die Planung und Umsetzung eines Geothermieprojekts effizient und erfolgreich gestaltet werden, was langfristig zu einer

nachhaltigen und kosteneffektiven Energieversorgung beiträgt.

Nach dieser Phase erfolgt eine Bewertung, ob das Projekt weitergeführt werden soll. Dabei kann sich herausstellen, dass Informationen fehlen, aber auch, dass das Projekt nicht sinnvoll ist. Wenn die Bewertung eine Fortsetzung empfiehlt, kann in die zweite Phase übergegangen werden.

### 3.2 PROJEKTDEFINITION



Abb. 7: Schema der Projektdefinition

In der Phase der Projektdefinition werden die Grundlagen für den Erfolg eines Projekts gelegt. Diese Phase umfasst mehrere entscheidende Schritte:

Zu Beginn wird eine umfassende **Analyse von Vergleichsprojekten** durchgeführt. Diese Analyse hilft, wertvolle Erkenntnisse aus ähnlichen Projekten zu gewinnen und potenzielle Herausforderungen sowie bewährte Praktiken zu identifizieren.

Im nächsten Schritt wird eine **technische Machbarkeitsstudie** erstellt, um die Durchführbarkeit des Projekts zu bewerten. Diese Studie untersucht die technischen Anforder-

ungen und Möglichkeiten, die für die erfolgreiche Umsetzung notwendig sind.

In einem weiteren Schritt werden **Zeit- und Kostenschätzungen** vorgenommen. Eine präzise Planung der benötigten **Ressourcen** einschließlich Personal, Materialien und finanzieller Mittel ist entscheidend, um den Projektverlauf effizient zu gestalten und Budgetüberschreitungen zu vermeiden. Falls noch nicht vorhanden, wird ein **Lizenzantrag** erarbeitet, mit dem sichergestellt wird, dass alle rechtlichen Voraussetzungen erfüllt sind und das Projekt die notwendigen Genehmigungen erhält.

In der Phase der Projektdefinition sollen alle wichtigen Parameter definiert werden, um eine korrekte Planung und Zielführung in den folgenden Phasen zu gewährleisten.

Nach Abschluss der Projektdefinitionsphase wird eine Bewertung vorgenommen, die Aufschluss darüber gibt, ob eine Fortführung in der nächsten Phase sinnvoll ist. Diese Bewertung hilft, fundierte Entscheidungen zu treffen und das Risiko von Fehlinvestitionen zu minimieren.

Auch die weiteren Phasen im „Well-Delivery-Process“ wie Design, Planung, Ausführung und Handover sind ähnlich strukturiert aufgebaut. Auch hier gibt es einzelne Schritte, die durchlaufen werden und am Ende jeder Phase

wird auch hier wieder eine Bewertung über die Weiterführung des Projekts durchgeführt.

## 4. RESÜMEE

Ein Schlüssel zum Erfolg von Geothermieprojekten ist eine ganzheitliche und strukturierte Herangehensweise.



Um die Ziele des Projekts zu erreichen, ist es wichtig, die Bedürfnisse in jeder Phase des Projekts zu berücksichtigen, dies gilt auch für die einzelnen Teilschritte. Dies stellt sicher, dass alle Anforderungen und Erwartungen kontinuierlich erfüllt werden. Nach jeder Projektphase sollten interne oder externe Überprüfungen durchgeführt werden. Diese unabhängigen Kontrollen helfen, die Qualität und Genauigkeit der Arbeit zu gewährleisten und mögliche Fehler frühzeitig zu erkennen. Es ist entscheidend, zwischen Unsicherheit und Risiko zu unterscheiden und eine sorgfältige Analyse durchzuführen, um zu verstehen, wie Risiken mitigiert werden können.

Dies ermöglicht eine gezielte Risikomanagementstrategie und trägt zur Stabilität und Sicherheit des Projekts bei.

Obwohl die hier dargestellte Vorgehensweise zunächst einfach erscheint, so ist es in der



Praxis sehr schwierig, sich an die einzelnen Schritte zu halten. Vor allem ist eine enge und kontinuierliche interdisziplinäre Zusammenarbeit in allen Phasen des Projekts unerlässlich. Um fundierte Entscheidungen zu treffen und damit Kosten zu reduzieren, ist es weiterhin wichtig, sämtliche verfügbaren Daten und bisherigen Erfahrungen zu nutzen. Eine effektive und transparente Kommunikation innerhalb des Projektteams ist entscheidend, um Missverständnisse zu vermeiden und eine reibungslose Zusammenarbeit zu gewährleisten.