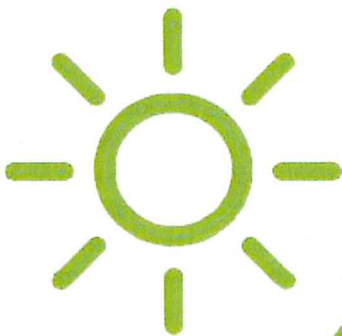




# MareEn

Standortgenaue Machbarkeitsstudie zur regenerativen Energieversorgung von Gebäuden mittels Grubenwassergeothermie in den durch die Folgen des Steinkohlebergbaus geprägten sächsischen Gemeinden Oelsnitz i.E., Lugau, Gersdorf und Hohndorf

Abschlussbericht



Die Maßnahme wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.



MareEn



Faint, illegible text in the background of the page.

### 5.3 Simulation beispielhaften Modellquartiers in Gersdorf

Als angeregter Teil des Projektes, wurde ein Standort in Gersdorf betrachtet, an dem Grubenwasser potenziell zur aktiven Wasserhaltung abgepumpt werden könnte. In Zusammenhang damit könnte ein naheliegendes Quartier versorgt werden. Nach einer kurzen Standortsbeschreibung erfolgt die Erläuterung der Methodik, mit derer das Quartier energetisch analysiert wurde und welche in dieser Form für weitere Standorte verwendet werden könnte.

Im Südwesten der Gemeinde Gersdorf befinden sich die ehemaligen Kaisergrubenschächte sowie deren Abraumhalde des Steinkohlereviers Lugau/Oelsnitz. Nach der Stilllegung in 1930/31 befanden sich weiterhin verschiedene Einrichtungen und Gebäude auf diesem Areal, welche zur damaligen Förderung der Kohle notwendig waren. Die beiden Schächte wurden mit Aschen sowie Halden- und Waschbergen verfüllt.

Wie oben beschrieben, ist Gersdorf die Gemeinde, mit der tiefsten Tallage (+320 m NHN) in diesem Verbund und somit die erste Gemeinde, in der das Grubenwasser voraussichtlich 2032 ohne Gegenmaßnahmen zu Tage treten würde. Im Zuge dessen wurde 2002 vom Freistaat Sachsen und den betroffenen Kommunen der Maßnahmenkatalog zur Erkundung und Gefahrenabwehr der vom Steinkohlebergbau verursachten Schäden in Kraft gesetzt. Nach Eröffnung der ersten Grubenwassermessstelle (GRWM) in Oelsnitz (2008) erfolgte dann 2014 die Eröffnung der GRWM II (655 m unter GOK Endteufe) am ehemaligen Kaisergruben- Schacht II in Gersdorf mit dem Ziel, den Flutungsverlauf im Ostrevier aufzuzeichnen und eventuelle Unterschiede hinsichtlich der Flutungsgeschwindigkeit zwischen dem durch die Pluto-Schacht-Verwerfung getrennten tiefergelegenen westlichen und höhergelegenen östlichen Grubenfeld zu ermitteln.

Um Flutungsschäden durch unkontrolliert austretendes Grubenwasser zu verhindern, müssen Maßnahmen zur Flutungskontrolle ergriffen werden. Diese beinhalten das Abpumpen des zulaufenden Grubenwassers mittels einer Bohrung. Da für die Errichtung der GRWM die verfüllten Schächte bereits wieder geöffnet und entsprechende Bohrungen niedergebracht wurden, können diese für das Abführen des Grubenwassers genutzt werden. Aufgrund der hohen Kosten von Bohrungen in derartige Teufen kann so gegebenenfalls eine Kosteneinsparung erzielt und das abgepumpte Grubenwasser für die Wärmeversorgung umliegender Infrastruktur energetisch genutzt werden. Aus diesem Grund wurde ein mögliches Neubauquartier an diesem Standort beispielhaft in Matlab-Simulink simuliert.

Das betrachtete Quartier liegt an der Kaisergrubenstraße in Gersdorf, auf der jetzigen Sperrfläche der des ehemaligen Betriebsgeländes des Kaisergrubenschachts II. Das Gebiet um die GRW-Messstelle Kaisergruben-Schacht II befindet sich im Besitz der Stadt und umfasst die Flurstücke 535/3, 535/b und 560/27, die Gesamtfläche beträgt rund 9.000 m<sup>2</sup>. Das geplante Quartier soll 11 Haushalte und die Grubenwasseranlage umfassen, daher wurde eine Einteilung in 12 Grundstücke vorgenommen. Die Grubenwassermessstelle befindet sich zentral gelegen auf dem Gelände und kann für die Versorgung der Wohneinheiten genutzt werden.

Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Bebauungsplan nicht feststeht, können über die genaue Grundstückseinteilung, sowie die Wohnungszusammensetzung keine konkreten Aussagen getroffen werden. Es wurden im Rahmen des Projektes daher 3 Einfamilienhaustypen und 2 unterschiedliche Dachformen ausgewählt, welche die mögliche Zusammensetzung des Quartiers abbilden, weiterhin wurde für einige Wohneinheiten eine Unterkellerung vorgesehen. Im Rahmen der Simulation wurden verschiedene Gebäude abgebildet um Empfehlungen zur optimalen Bebauung treffen zu können. In Abbildung 3 ist die resultierende Gebäudeplatzierung dargestellt, zweigeschossige Wohneinheiten werden im nördlichen Teil des Areals errichtet, die eingeschossigen Bungalows befinden sich im südlichen Teil. Da in dieser Aufteilung nicht alle Gebäude an das bereits existierende Straßennetz angeschlossen werden können, soll ein zusätzlicher Weg errichtet werden, welcher im Besitz der Gemeinde verbleibt und öffentlich zugänglich ist. Dieser Weg dient gleichzeitig auch als Zugangspunkt zur Grubenwasseranlage und kann vom Energieversorgungsunternehmen oder Wartungstechnikern genutzt werden, ohne dass ein Überqueren von Privatgelände notwendig ist.



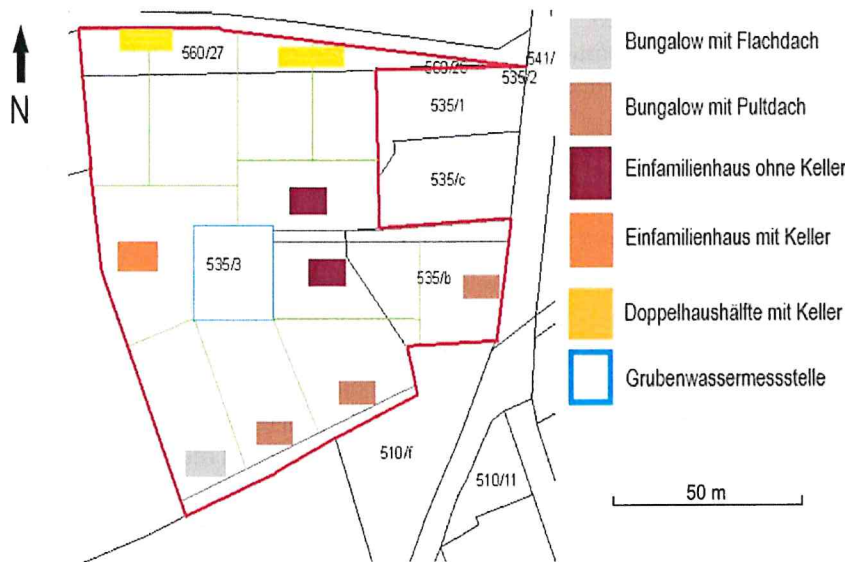


Abbildung 65: Im Rahmen der Simulation definierte Gebäudeverteilung auf dem Gelände

Als Wärme- bzw. Kältequelle für das Quartier wird das Grubenwasser aus den Strecken um den ehemaligen Kaisergruben-Schachts II verwendet, das im Rahmen dieser Quartierskonzeptionierung über die GRWM II gefördert werden soll. Aufgrund der ganzjährig zur Verfügung stehenden hohen Temperaturen der Quelle von rund 25 °C können bei Einsatz von Wärmepumpen hohe Jahresarbeitszahlen erreicht werden. Mittels eines Wärmeübertragers findet eine Energieübertragung zwischen dem Quartiersnetz und dem Grubenwasser statt, das Wärmetransportmedium des Netzes wird je nach Temperaturniveau erwärmt oder gekühlt.

### Simulationsergebnisse Neubauquartier Gersdorf

Die Simulationen der Gebäude des Quartiers wurden wie benannt mittels des Programms Simulink, das als Zusatzprodukt zur Matlab Software erwerbbar ist, realisiert.

Weiterhin erfolgte die Nutzung der CARNOT Toolbox, welche eine von der FH Aachen entwickelte frei verfügbare Zusatzanwendung für Simulink ist [74]. In der Toolbox finden sich vorgefertigte Blöcke zur technischen Auslegung von thermodynamischen, hydraulischen, elektrischen und chemischen Systemen, welche durch Anpassung an die jeweiligen Parameter editiert werden können. Mithilfe der CARNOT- Blöcke wurden festgelegte Rahmenparameter eingebunden und in eine Abhängigkeit zueinander gebracht. Die so entstandenen Modelle simulieren die thermodynamischen und hydraulischen Vorgänge der Gebäude [55].

Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine konkreten Bauvorhaben geplant sind und demzufolge Annahmen getroffen werden mussten, wurde ein modularer Aufbau der Modelle vollzogen. Die Parameter des Modells können leicht angepasst und die Struktur der einzelnen Beziehungen der Blöcke zueinander verändert werden. Somit können die Modelle durch geringen Aufwand an die tatsächlichen getroffenen Vorgaben der Bauplanung in den folgenden Jahren angepasst werden.

Für das Modell wurden darüber hinaus mehrere Inputfaktoren bzw. Rahmenbedingungen mit einbezogen, um ein authentisches und möglichst reales Bild des Quartiers zu erhalten. Die in den Simulationen verwendeten Wetterdaten basieren auf dem Datensatz des DWD für den Standort Gersdorf. Neben Temperatur- und Strahlungswerten sind ebenfalls Windrichtung und Geschwindigkeit, relative Feuchte, Bewölkung und barometrische Angaben enthalten.

Das Gebäudemodell setzt sich in der Simulation aus den einzelnen Räumen zusammen, die über den Luftaustausch und die Wandflächen thermodynamisch in Verbindung mit dem Rest des Gebäudes, sowie der Außenumgebung stehen. Dadurch sind Wärmetransporte innerhalb des Gebäudes sowie von außen mitberücksichtigt. Darüber hinaus wurden die unterschiedlichen Dachtypen, sowie die Verknüpfung zwischen Keller-Erdgeschoss und Erdboden berücksichtigt und simulativ eingebunden. Als ein weiterer wichtiger Bestandteil bei der Simulation des Energiebedarfs, ist die Verwendung von individuellen Lastprofilen. Diese stellen die internen Lasten des Hauses dar. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen dieser Arbeit der

von N. PFLUGRADT entwickelte "LoadprofileGenerator" [75] verwendet, welcher die Zusammenstellung eines individuellen Lastprofils, für unterschiedliche Verbraucher ermöglicht. Dies ermöglicht äußerst genaue Simulationen der Gebäudebestandteile bis hin zu elektrischen Kleingeräten.

Dieser exakte Simulationsbedarf, vor allem bei Gebäuden mit niedrigem Energiebedarf (z.B. Passivhausstandard), ist essentiell, da die internen Lasten aufgrund der hohen und guten Dämmung des Gebäudes einen wichtigen Beitrag zum Wärmehaushalt des Gebäudes beitragen. Entsprechend kann dadurch auch abgeleitet werden inwiefern eine Kühlung der Gebäude notwendig ist.

Mit Hilfe der durchgeführten Simulationen konnten die einzelnen Wärme- und Stromverbräuche der Gebäude ermittelt werden. Insgesamt wurden 16 Simulationen durchgeführt, welche jeweils um einen der Parameter Gebäudetyp, Haushaltlastprofil, sowie Kollektorflächengröße (für Photovoltaik und/oder Solarthermie) variiert wurden. Aus den gewonnenen Ergebnissen erfolgte die Ermittlung des Einflusses der einzelnen Parameter auf die Energiebilanz der Gebäudemodelle. Durch Summation der Wärme- und Stromverbräuche ergibt sich ein Gesamtenergiebedarf, welcher anteilig vom Wärme- bzw. Stromnetz gedeckt werden muss. Anhand dieser Daten konnte eine ökonomische und ökologische Vorbetrachtung erfolgen, welche im konkreten Auslegungsfall an die realen Bedingungen angepasst werden kann und im Folgenden kurz betrachtet wird.

Anhand des errechneten Energiebedarfs für die zentrale und dezentrale Versorgung kann der Primärenergiefaktor (PEF) der Gebäude und Anlagen ermittelt werden. Für die Großwärmepumpen ist ein PEF von 1,2 für den Strom anzusetzen. Für Geothermie, Solarthermie und PV entspricht der PEF nach Gebäudeenergiegesetz § 22 Absatz 4 null. Demzufolge kann der Primärenergiebedarf des Quartiers über den Stromverbrauch der Großwärmepumpen und im dezentralen Versorgungsfall über den Netzbezug ermittelt werden. Für netzbezogenen Strom wird ein PEF von 1,8 angewendet.

Der Netzbezug der beispielhaften Quartierszusammensetzung beträgt 24.000 kWh, demzufolge ergibt sich ein Gesamtprimärenergiebedarf von 43.500 kWh/a. Unter Betrachtung der Gesamt-EBF des Quartiers von 1.500 m<sup>2</sup> entspricht dies einem durchschnittlichen Primärenergiebedarf von  $28,7 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$ . Für die zentrale Versorgungsvariante ergibt sich bei einem Stromverbrauch von 19.700 kWh ein Primärenergiebedarf von 23.600 kWh/a.

Für eine geschätzte Trassenlänge zur Versorgung des Neubauquartiers von 250 m Ringleitung, sowie 110 m Zuleitungen entstehen demnach Verlegekosten in Höhe von 99.500 € für das dezentrale Nahwärmenetz sowie 196.300 € für das zentrale Nahwärmenetz.

Da im Rahmen des Quartierskonzepts von einer Nutzung des zur Flutungskontrolle abgepumpten Grubenwassers ausgegangen wird, werden die Anlagen- und Betriebskosten der Förderpumpen nicht mit in die Berechnung einbezogen. Die Anlagenkosten entfallen demnach nur auf die obertägigen Systeme des Wärmenetzes, zu diesen gehören die Hausanschlussstation, die Wärmepumpe inkl. der Kreislaufflüchtigkeiten, sowie die für den Betrieb des Nahwärmenetzes erforderlichen Netzpumpen. Für das dezentrale Wärmenetz entfallen die Kosten für die Wärmepumpe, eine Betrachtung der individuellen Kosten für die einzelnen Haushalte ist nicht erfolgt.

Unter Berücksichtigung von verschiedenen spezifischen Wirkungsgraden ergeben sich die Anlagenkosten des zentralen Nahwärmenetzes mit zwei Wärmepumpen von ca. 108.000 €. Im Falle eines dezentralen Wärmenetzes entfallen die Kosten für die Wärmepumpen und den Zwischenkreislauf, die Kosten belaufen sich dann auf 18.700 €, jedoch müssen die erforderlichen Anlagensysteme bei den Verbrauchern eingerichtet werden.

Zusammenfassend zeigt die Simulation, dass 11 Wohneinheiten im Bereich der Grubenwassermessstelle problemlos mit Wärme und Kälte aus Grubenwassergeothermie versorgt werden könnten. Der Gesamtwärmebedarf des Quartiers wurde mit rund 37.100 kWh für Wärme (Heizen und Warmwasser) und ca. 30.100 kWh für Kälte berechnet. Allein das zukünftig im Bereich Gersdorf zwangsweise abzuführende Grubenwasser hat ein jährliches energetisches Potential von ca. 820.000 kWh und könnte den Bedarf des Neubauquartiers damit mehr als zwanzigmal decken. Eine Nutzung des Grubenwassers für die Wärme- und Kälteversorgung des Quartiers ist damit zu empfehlen.