

# Geothermische Nutzung von warmen Grubenwässern

Geflutete Grubengebäude des Altbergbaus weisen enorme Potenziale zur geothermischen Nutzung der Grubenwasserwärme auf. Die Transferstelle Bingen (TSB) untersucht derzeit gemeinsam mit dem Institut für geothermisches Ressourcenmanagement (igem) Einsatzmöglichkeiten zur Gebäudebeheizung in der Altbergbau- und Kurstadt Bad Ems an der Lahn. Dipl.-Ing. Michael Münch von dem igem und der TSB geht in seinem Fachbericht genauer auf die Potenziale und Einsatzmöglichkeiten der geothermischen Nutzung von warmen Grubenwässern ein.

**D**er Bergbau in Deutschland und in Rheinland-Pfalz hat eine Jahrtausende lange Geschichte. Heute werden nur noch wenige Bodenschätze untertägig abgebaut. Hinterlassenschaft der Gewinnung von Rohstoffen in früherer Zeit sind obertägige Veränderungen des Landschaftsreliefs und untertägige Veränderungen der geologischen Gesteinsstruktur.

anstehendes Wasser beinhaltet. Die geschaffene offene Struktur im Berg erlaubt es dem Wasser, sich relativ ungehindert in den Hohlräumen zu bewegen und an jeder Stelle ein vergleichbares Niveau anzunehmen (System „kommunizierender Röhren“). Antrieb dieser „Grubenwasserumwälzung“ ist der hydraulische Gradient, der durch nachströmende Sicker- und Grundwasser entsteht. Örtliche Temperaturunterschiede des Wassers begünstigen dessen Bewegung. Oftmals auftretende Kohlsäureaustritte beschleunigen die vertikale Durchmischung der anstehenden Wässer („Gaslift“). Durch die vertikale Bewegung des Wassers (Temperaturunterschiede mit der Tiefe und „Gaslift“) gelangen wärmere Grundwasser aus tieferen Sohlen an die Oberfläche.

Die Grubenwässer stehen je nach Region und geologischer Struktur des Gebirges mit unterschiedlichen Temperaturniveaus an. Die Spanne der nutzbaren Grubenwassertemperaturen der rheinland-pfälzischen Bergwerke liegt etwa bei 15 °C bis 25 °C im Bereich des Grundwasserspiegels. Das Temperaturniveau der Wärme entsteht durch die Wärme tieferer (Grund-)Wässer (geothermischer Gradient mit der Teufe: 3 K / 100 m im Mittel). Ein weiterer Wärmeeintrag kann durch eine hydraulische Verbindung des Bergwerks mit noch tieferen Erdschichten beispielsweise durch geologische Strukturen mit sehr niedrigem Fließwiderstand erfolgen. Die Entwässerung (Überlauf) der Grubengebäude erfolgt durch den tiefsten Stollen über dem Grundwasserspiegel, das heißt der tiefsten Öffnung an der Erdoberfläche. Hier werden die (warmen) Grubenwässer in einen natürlichen Vorfluter geleitet.

Sowohl die im Grubengebäude anstehenden Wässern als auch der Grubenwasserüberlauf sind hinsichtlich ihres geothermischen Wärmenutzungspotentials in erster Näherung als regenerativ zu betrachten. Damit ist hier gemeint, dass der Grubenwasserüberlauf

Aufnahme der relevanten chemischen und physikalischen Parameter der Grubenwässer.



© Michael Münch, Institut für geothermisches Ressourcenmanagement

Im Rahmen der Abbautätigkeiten wurde vielerorts der Berg mit Schächten von mehreren Hundert Metern Teufe und mit vielen horizontal verlaufenden Stollen aufgeschlossen, um die begehrten Bodenschätze zu fördern.

Mit der Zeit wurde die untertägige Gewinnung der meisten Bodenschätze wirtschaftlich unrentabel, so finden sich vielerorts verlassen und bis an den Grundwasserspiegel geflutete Hohlräume. Bedingt durch die Abbautätigkeiten wurde so eine verzweigte Struktur im Berg geschaffen, die viele 100.000 Kubikmeter

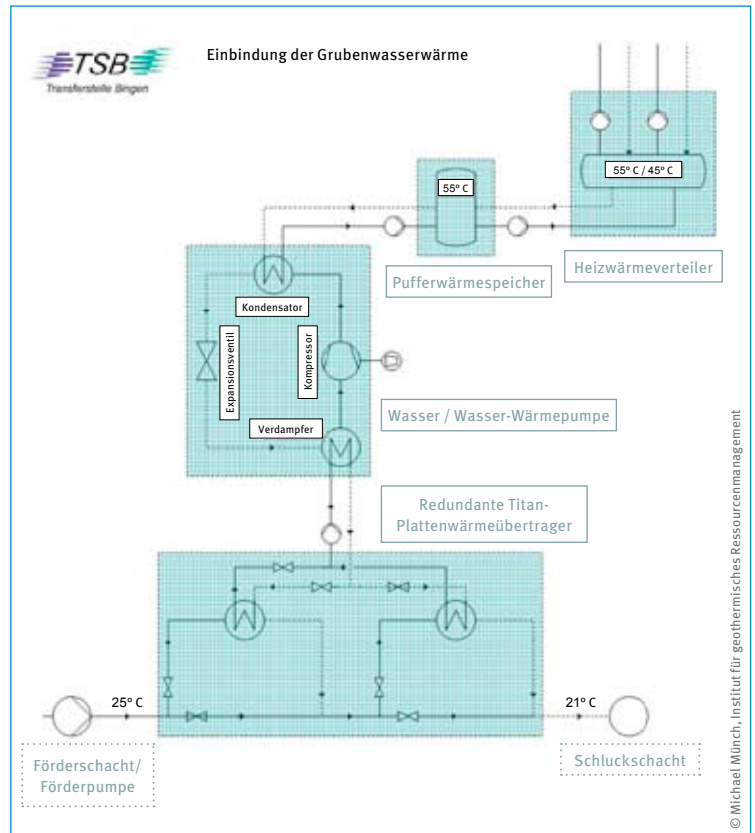
thermisch genutzt werden kann, ohne das Potential im Grubengebäude zu ändern. Auch die anstehenden Wässer in größeren Grubengebäuden regenerieren bei guten Konvektionskreisläufen (System kommunizierender Röhren) das Wärmepotential. Hier ist im Einzelfall durch einen Pumpversuch der sich im Gleichgewichtszustand einstellende Absenktrichter sowie Temperaturänderung bei Reinfiltration erkaltem Wassers zu ermitteln.

In Bad Ems an der Lahn konnten das Institut für geothermisches Ressourcenmanagement (igem) und die Transferstelle Bingen (TSB) enorm hohe Wärmepotentiale in den Grubengebäuden auf einem Temperaturniveau von 25 °C ermitteln.

Für den Einsatz von Erdwärme oder Wärme aus dem Grundwasser zu Heizzwecken werden üblicherweise mit aufwendigen Bohrungen oder großflächigen Wärmekollektoren Wärmequellen auf einem Temperaturniveau von rund 10 °C erschlossen. Durch offen gelassene Grubengebäude des Altbergbaus stehen in verschiedenen Regionen Grubenwässer auf einem vergleichsweise hohen Temperaturniveau direkt zur Verfügung. Um dieses große geothermische Potential der warmen Wässern in gefluteten Grubengebäuden zu nutzen stehen verschiedene Techniken zur Verfügung.

Für die Auswahl des Wärmeüberträgers für den Entzug der Wärme aus dem Grubenwässern muss zwischen frei auslaufenden Wässern der Grubenentwässerung und den im Grubengebäude anstehenden Wässern unterschieden werden. In beiden Fällen sind sowohl untertägige Wärmeüberträger, als auch Wärmeüberträger über Tage, zu denen das Grubenwasser frei ausläuft oder gefördert werden muss, denkbar. Für den Entzug der Wärme aus den mit Pumpen geförderten Wässern bieten sich zerlegbare Plattenwärmetauscher an. Mit (Erd-)Wärmesonden aus Edelstahl oder PE lässt sich die Wärme sowohl aus den anstehenden Wässern im Grubengebäude als auch aus den fließenden Wässern der Grubenentwässerung entziehen. Für die fließenden Wässer ist weiter der Einsatz von Abwasserwärmetauschern (Ausführung als Rinnenwärmetauscher) denkbar. Für die Auswahl der Wärmeüberträger ist neben Parametern wie die benötigten Entzugsleistungen und das Temperaturniveau der Grubenwässer auch auf folgende Aspekte zu achten: Beschaffenheit der Wässer bezüglich korrosiven oder zu Inkrustation neigenden Inhaltsstoffen sowie Ausfällungs- und Sedimentationsverhalten der Inhaltsstoffe bei Wärmeentzug.

Die entzogene Wärme sollte möglichst ortsnah zu den übertägigen Öffnungen der Grubenerschließung mit Wärmepumpen oder verteilt über „kalte Nahwärme“ bei den Verbrauchern genutzt werden. Die Wirtschaftlichkeit der Wärmenutzung steigt mit der an die Wärmeverteilung angeschlossene installierte Wärmeleistung und fällt mit der Entfernung der Wärmeerschließung zu den Verbrauchern. Für die Nutzung der entzogenen Wärme muss grundsätzlich, wie bei jeder Anwendung einer Wärmepumpe zur Gebäudebeheizung, zwischen Neubauten und Gebäuden im Baubestand unterschieden werden.



Bei Neubauten ist die Ausführung der Wärmeverteilung auf Basis einer Flächenheizung (Fußbodenheizung, Wandheizung) einzuplanen. Durch den Einsatz der Flächenheizung arbeitet die Wärmepumpe äußerst effizient, da der Temperaturhub der Wärme von der Grubenwassertemperatur bis zu den benötigten Vorlauftemperaturen der Heizwärmeverteilung eines Neubaus relativ gering ist ( $\Delta T \sim 10K$ ). Die Wärmepumpe erreicht durch diese günstigen Ausgangsbedingungen sehr hohe Leistungszahlen (COP).

Für den Einsatz der Grubenwärme zur Beheizung von Bestandsgebäuden kann je nach Wärmeschutzstandard durch energetische Sanierungsmaßnahmen sowie dem Austausch einzelner Heizkörper eine Verringerung der maximal benötigten Vorlauftemperatur erreicht werden. Wärmepumpen stellen je nach Ausführung am Kondensator abgreifbare Temperaturen von maximal 55 °C bis kurzfristig nutzbaren 65 °C zur Verfügung. Um diese Temperaturspanne als maximal benötigtes Vorlauftemperaturniveau zu erreichen, kann die benötigte Heizwärmeleistung des Gebäudes durch Wärmeschutzmaßnahmen gesenkt werden. Dies bedarf für jedes Gebäude einer Einzelfallbetrachtung. Nach der Umsetzung von Wärmeschutzmaßnahmen muss in jedem Fall die Heizwärmeverteilung hydraulisch neu abgeglichen werden.

Danksagung: Für die Unterstützung unserer Forschungen danken wir dem Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz sowie der Verbandsgemeindeverwaltung Bad Ems.

Michael Münch, igem und TSB