



RPU Wiesbaden **JOURNAL**

Sonderausgabe • April 2011

*Abfall • Arbeitsschutz • **Bergbau** • Immissionsschutz • Landesgewerbeamt • Wasser*



Erdwärme

Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden

Vorwort



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,
der Menschheitstraum vom Zugang zu unbegrenzter Energie ist alt.

Er kulminierte in der faszinierenden Vorstellung eines *perpetuum mobile*, einer Maschine, die aus sich heraus dauerhaft in Bewegung bleibt und dabei zusätzlich Energie zur Verwendung bereitstellt. Erste Hinweise auf ein solches Rad kamen aus dem Orient, schon 748 berichtete der indische Astronom Lalla hierüber.

Generationen von Erfindern ertüftelten seitdem skurrile Konstruktionen, bis ihnen Mitte des 19. Jahrhunderts mit der Formulierung des Energieerhaltungssatzes und Erschließung von Erdölquellen für die Energiegewinnung der Boden entzogen wurde.

Doch die Hoffnung auf schier endlose fossile Energiequellen hat sich als Illusion entpuppt.

Zwar weiß niemand, ob der sogenannte *peak-oil*, das globale Erdölfördermaximum, derzeit schon erreicht ist, aber die Endlichkeit der Ressource wird sich bereits lange vor Erschöpfung der Quellen bemerkbar machen - und auch der Nutzung der Atomkraft ist in Deutschland ein Endpunkt gesetzt. Der menschliche Erfindergeist ist also gefragter denn je, die Suche nach erneuerbaren Energien wird dringlich.

Neben Wasser, Wind, Sonne und Biomasse rückt die Erdwärme derzeit immer stärker ins Blickfeld. Tausende Haushalte versorgen sich bereits oberflächennah mit Geothermie, die ersten Kraftwerke haben ihren Dienst aufgenommen.

Auch in Südhessen hat der *run* auf die lukrativsten Felder begonnen, in den kommenden Jahren werden die ersten Großanlagen erwartet.

Diese rasante Entwicklung ist Anlass für das Regierungspräsidium als Genehmigungs- und Überwachungsbehörde, eingehend über den aktuellen Sachstand zu informieren.

Die Berichte lassen erkennen, welche Chancen und auch Risiken die neue Technik birgt. Die Augen vor letzteren zu verschließen hieße, weiter dem unerfüllbaren Traum vom *perpetuum mobile* nachzuhängen. Ein verantwortungsvoller Umgang hingegen bietet die Chance, auch für die Zukunft ein lebenswertes Dasein zu sichern.

In diesem Sinne hoffe ich auf Ihr reges Interesse an unserem Sonderjournal ‚Erdwärme‘.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr

A handwritten signature in black ink that reads "Johannes Baron". The signature is written in a cursive, flowing style.

Johannes Baron
Regierungspräsident

INHALT	SEITE
<i>Vorwort</i>	2
von Regierungspräsident Johannes Baron	
<i>„Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie Ihre Bergbehörde!“ Ein ‚Beipackzettel‘ zur Geothermie</i>	4
von Geologiedirektor Gerhard Darschin	
<i>Heizen mit Erdwärme Ein großer Schwindel?</i>	8
von Bergoberrat Harald Franz	
<i>10 Jahre Erdwärmennutzung Ein persönlicher Erfahrungsbericht</i>	11
von Dipl.-Ing. Michael Wolf	
<i>„Geysire‘ in Wiesbaden“? „Ein Artesischer Wasseraustritt macht Schlagzeilen“</i>	14
Interview mit Dr. Georg Mittelbach	
<i>Wie sucht man Erdwärme? Vom ‚Claim‘ zur Anlage</i>	18
von Baurat Hendrik Ebert	
<i>„Manche mögen es heiß“ Welche Hürden muss ich nehmen, um Erdwärme nutzen zu können</i>	21
von Vermessungsdirektor Jobst Knevels	
<i>Erdwärmepumpen Technik und Kosten</i>	25
von Dipl.-Ing. Michael Wolf	
<i>„Nicht allgemein prognostizierbar“ Erdbeben(dienst) in Hessen</i>	33
Interview mit Dr. Matthias Kracht	
<i>Impressum</i>	36



„Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie Ihre Bergbehörde!“ - Ein ‚Beipackzettel‘ zur Geothermie

Gerhard Darschin (Jahrgang 1950), Hydrogeologe; Studium der Angewandten Geologie (FR Ingenieur- und Hydrogeologie) an der RWTH Aachen. Seit 1983 in der hessischen Umweltverwaltung, zunächst in der Abfallwirtschaft, ab 2005 im Wiesbadener Bergdezernat, das er seit 2009 leitet.

In den Medien ist ausführlich über die Erdbeben von Basel und Landau berichtet worden, über Erdwärmebohrungen in Stauffen und Wiesbaden, wo es zu unerwarteten artesischen Wasseraustritten gekommen ist. Mit katastrophalen Folgen in Stauffen und mit zwei unruhigen Nächten bei Einsätzen von Feuerwehr, Polizei und Entsorgungsbetrieben sowie einem Beweissicherungsverfahren und weiteren Erkundungsbohrungen in Wiesbaden.

Was ist da eigentlich passiert, und welche Schlussfolgerungen können für die weitere Entwicklung der Erdwärmennutzung und die geplanten Tiefengeothermie-Vorhaben in Hessen gezogen werden?

Thema 1: Wasser

Bei den Bohrungen in **Stauffen** ist es nicht gelungen, Anhydrit-Horizonte gegen aufsteigendes, in tieferen Schichten angebohrtes Wasser wirkungsvoll abzudichten, was zu einem Aufquellen dieser Horizonte geführt haben soll. Offensichtlich wirken sich diese Quellvorgänge bis in den Baugrund an der Erdoberfläche aus, was zu den bekannten Erscheinungen geführt hat: Gebäude heben sich, Risse entstehen, Häuser nehmen Schaden, und es gibt als Konsequenz Bohrverbote in Risikogebieten.

In **Wiesbaden** war es „nur“ sehr viel Grundwasser, das unter hohem Druck stand und zunächst nicht zu bändigen war. Erste Verpressversuche schlugen fehl, und Zementsuspension überschwemmte die Gegend, und das Wasser lief und lief und lief. Bis „aufgerüstet“ wurde, ein größeres Bohrgerät eintraf und die Technologie wieder griff. Als eine Verrohrung eingebracht war, eine entsprechend große Zementplombe gesetzt werden konnte, war der „Spuk“ fast vorbei (näheres dazu auch ab S. 14 in einem Interview mit Herrn Dr. Mittelbach, HLUg).

→ **Das Anhydrit-Problem werden wir in Südhessen bei der oberflächennahen Erdwärmegewinnung nicht bekommen, weil die Geologie hier eine andere ist.**

Glück für uns!

→ **Artesische Wasseraustritte kommen immer wieder vor und werden auch weiterhin bei Erdwärmebohrungen Probleme bereiten können.**

Aber: Wenn Bohrungen in Regionen, bei denen mit artesischen Wasseraustritten zu rechnen ist, verrohrt durchgeführt werden und entsprechende technische Absperrvorrichtungen vorgehalten und im Ernstfall sofort eingesetzt werden, wird ein Ereignis wie das in Wiesbaden im November 2009 die Ausnahme bleiben.

Somit steht der weiteren Nutzung der Erdwärme in Südhessen nicht mehr im Weg als vor den genannten Vorfällen.

Trotzdem wird es auch solche Fälle geben, bei denen Erdwärmegewinnung nicht oder nur eingeschränkt durchführbar sein wird. **Der Schutz des Grundwassers hat immer noch Vorrang.** Das gilt insbesondere auch in Hinblick auf die Verwendung der Trägermedien in Erdwärmesonden, denn diese können bei Beschädigungen ins Grundwasser gelangen (siehe hierzu auch den anschließenden Bericht von Herrn Franz - ab Seite 8).

Es könnte sein, dass nicht nur in sensiblen Gebieten reines Wasser als Trägermedium in den Erdwärmesonden zum Einsatz kommt und auf wassergefährdende Stoffe verzichtet werden wird. Nach wie vor wird größter Wert auf Qualität bei der Ausführung gelegt.



Bild: Kochbrunnen, Wiesbaden

Thema 2: Erdbeben

Was passiert, wenn man zwei bis drei Kilometer tief bohrt? Was passiert, wenn man Flüssigkeiten mit sehr hohem Druck in den Untergrund presst, um Wasserwegsamkeiten zu verbessern, Kluftsysteme aufzusprengen? Was lernen wir aus den Erdbeben von Basel und Landau?

Tiefe Bohrungen an sich stellen ein kaum größeres Risiko dar als weniger tiefe; schon vor Jahrzehnten wurde in Südhessen nach Erdöl und Erdgas gebohrt, auch dabei ging es schon mal auf zwei Kilometer Tiefe - alles unter Aufsicht der Bergbehörde und ohne dass es zu Schadensereignissen gekommen wäre.

In Basel wollte man mit Hilfe eines so genannten Wasser-Frac-Verfahrens mit Drücken von weit über 100 bar ein Störungssystem aufweiten. Dabei hat man vermutlich bestehende Spannungen schlagartig gelöst und Erdbeben ausgelöst, die sicher auch irgendwann ohne diese zusätzliche Stimulation ausgelöst worden wären. Aber es sind durchaus Schäden entstanden.

Erdbeben kommen in der Region Basel - wie im gesamten Oberrheingraben - häufiger vor. Wie groß ist die Gefahr in einer Region mit hoher Bebenichte durch den Einsatz hoher Wasserdrücke, zusätzliche oder stärkere Beben zu erzeugen?

Ein Fazit sollte sicher sein, dass man dort, wo starke Beben vorgekommen sind, fluid-induzierte Aktivitäten nur sehr dosiert und kontrolliert angeht.

Kommen wir zu der Frage: Was ist am 15. August 2009 in Landau passiert?

Unter dem Titel *„Das seismische Ereignis bei Landau vom 15. August 2009“* führt eine Expertengruppe aus Geophysikern, Geologen und anderen Wissenschaftlern - unter Leitung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - im Abschlussbericht vom 29. Oktober 2010 folgendes aus: *„Das Erdbeben vom 15. August 2009 trat in einer Entfernung von weniger als 2 km von den Bohrloch-Landepunkten des Geothermiekraftwerks Landau unter dem Stadtzentrum von Landau auf. Die Tiefenlage des Erdbebens liegt bei 2,8 km ± 0,5 km und damit im gleichen Tiefenbereich wie das geothermisch genutzte Reservoir. Des Weiteren hat seit der Inbetriebnahme der Geothermieanlage auch die Anzahl der nicht spürbaren Mikrobeben zugenommen.“*

Die Expertengruppe ist daher der Meinung, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen der Seismizität seit November 2007 im Bereich um Landau, die auch das Erdbeben vom 15. August beinhaltet, und der geothermischen Energiegewinnung in Landau sehr wahrscheinlich ist“.

Das sind klare Worte eines solchen Gremiums, die Zusammenhänge sind – wissenschaftlich gesehen – aber auch sehr eindeutig.

Als wahrscheinlichste Ursache kommt für die Kommission „eine Erhöhung des Porenwasserdrucks“ in Frage, die durch die Injektion von Wasser in tiefe Gesteinsschichten hervorgerufen wurde: Viel Wasserdruck führt zu Instabilität, weil im Untergrund vorhandene tektonische Spannung (her-vorgerufen letztendlich durch den Druck der afrikanischen Platte auf die europäische Platte, was u. a. zur Entstehung der Alpen geführt hat) durch einen Scherbruch in Form des Erdbebens, abgebaut wurden. Die hydraulische Druckausbreitung erfolgt dabei bevorzugt entlang von Klüften im Untergrundgestein.

Das sind aber auch die Zonen, die für die Geothermiebohrungen prädestiniert sind, denn hier sind Anomalien in der geothermischen Tiefenstufe zu erwarten, hier hofft man größere Durchlässigkeiten für Wasser zu finden. Und die unterirdischen Wegsamkeiten werden unbedingt benötigt, um kaltes Wasser injizieren, dann aber auch ohne erhöhte Pumpenergie wieder durch die Passage im Untergrund heiß aufgeheizt entnehmen zu können.

Es gibt bereits seit Jahren Erfahrungen mit fluid-induzierten Erdbeben, sei es aus der Verpressung von flüssigen Abfällen, der hydraulischen Stimulation von Kohlenwasserstoffreservoirs oder eben bei der geothermischen Energiegewinnung.

Fazit aus allen diesen Fällen ist:

Erdbeben können durch Einsatz von Flüssigkeiten, die mit hohen Drücken in den Untergrund verpresst werden, ausgelöst werden, denn überall auf der Welt ist das Gestein der Erdkruste durch tektonische Aktivitäten gespannt. Wenn die Spannungen gelöst werden, es zu Scherbrüchen im Gestein kommt, sprechen wir von Erdbeben.

Aber: Bisher hat niemand über die vielen Mikro-Beben gesprochen, die von den Erdbebenstationen aufgezeichnet werden, und die sich anfühlen, als ob ein Lastwagen am Haus vorbeifährt. Und bisher handelt es sich nach Einschätzung der Experten um solche kleineren Beben, die im Zusammenhang mit Geothermie-Vorhaben registriert wurden.

Die Frage ist, was oder wie viel kann man wissen, bevor die ersten Tiefbohrungen durchgeführt sind?

Als Konsequenz der Ereignisse von Landau wurden Forschungsprojekte gestartet, es werden systematisch Erdbebenstationen bzw. Messgeräte im Oberrheingraben installiert und die natürliche Seismizität überwacht, um dann Schlüsse auf Auswirkungen durch künstliche Beben prognostizieren zu können.

Das hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) als unsere Fachbehörde und wir als Bergaufsicht des RP Darmstadt sind unmittelbar eingebunden in die Forschungsarbeiten und profitieren bereits von den Ergebnissen, bevor die erste Tiefbohrung in Hessen beantragt ist.

Diese Erkenntnisse lassen zurzeit folgende Schlussfolgerungen zu:

- 1. Bevor in den Untergrund eingegriffen wird, sollten die tektonischen Spannungen und das natürliche seismische Geschehen erfasst werden.
Hierzu sind Messeinrichtungen zu installieren und zu unterhalten.**
- 2. Auf Grundlage der Ergebnisse und der geophysikalischen Erkundungen des Erdwärmefeldes ist ein Modell zu entwickeln, welches die „seismische Empfindlichkeit“ darstellt, um damit verlässliche Prognosen über die Reaktionen auf Stimulationen zu erhalten.**
- 3. Auf Basis solcher Modellvorstellungen werden die Risiken abgeschätzt, um Genehmigungen für solche Projekte zu erteilen.**

In Kürze erscheint ein gemeinsames Merkblatt des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) und des Regierungspräsidiums Darmstadt für Projekte der Tiefengeothermie.

Hier wird auf Grundlage des derzeitigen Wissensstandes festgelegt, welche Voraussetzungen zu erfüllen sind, um Betriebsplangenehmigungen für Aufsuchungstätigkeiten wie seismische Erkundung, Tiefbohrungen und Anwendung von *Frac*-Verfahren zu erhalten.

Das Merkblatt soll laufend fortgeschrieben werden.



Bild: Bohrturm einer Erdwärmebohrung

Thema 3: Radioaktivität

In Ablagerungen von Förderanlagen der Erdöl/Erdgasindustrie des Oberrheingrabens hat man schon vor vielen Jahren erhöhte Radioaktivität bei einer Art Kesselstein (*Scales* in der amerikanischen Fachliteratur) festgestellt.

In jüngerer Zeit haben Detlev Degering und Matthias Köhler im Rahmen eines vom BMU geförderten Verbundprojektes Mobilisierungs- und Ablagerungsprozesse natürlicher Radionuklide in Anlagen der tiefen Geothermie untersucht. Insbesondere von hoch mineralisierten Wässern ist bekannt, dass sie aufgrund hoher Gehalte an Kalium alleine über das natürlich vorkommende Radionuklid ^{40}K „erhöhte“ Aktivitäten aufweisen. Einer Kalium-Konzentration von 1g/l entsprechen 31 Bq/l ^{40}K .

Bei Salzgehalten von 100 g/l in den Zielhorizonten der Tiefen Geothermie im Oberrheingraben sind also Aktivitäten in der Größenordnung von 100 Bq oder mehr als natürlich anzunehmen (Angaben nach D. Degering und M. Köhler in „*Natürliche Radionuklide in Anlagen der tiefen Geothermie*“ - Beitrag aus „Der Geothermiekongress 2009“ Bochum, Germany, 17. - 19. Nov. 2009).

Somit sind beim Umgang mit Ablagerungen, beispielsweise bei der Wartung von Wärmetauschern, Regelungen der Strahlenschutzverordnung zu beachten.

Insoweit sollte man sich nicht wundern, wenn künftig entsprechende Warnschilder auf den Eingangstüren von Tiefengeothermieanlagen prangen.

Sie besagen, dass hier auftretende Ablagerungen, die von Zeit zu Zeit zu entfernen sein werden und aus kristallinem Barium-Sulfat, Strontium-Sulfat und Kalium-Sulfat bestehen, als schwach radioaktive Abfälle beseitigt werden müssen. Und das ist ein Strahlungspotential, das mit dem von Röntgenabteilungen medizinischer Einrichtungen vergleichbar ist.

Zusammenfassung

Wie es scheint, gibt es schon zahlreiche Antworten, aber auch noch Forschungsbedarf und ein paar unbeantwortete Fragen. Der im Titel gezogene Vergleich mit dem ‚Beipackzettel‘ kommt nicht von ungefähr.

Vor der Zulassung sind die Risiken möglichst gründlich zu untersuchen und möglichst gering zu halten. Über die nicht auszuschließenden Gefahren muss mit denen, die hiervon möglicherweise betroffen sein können, offen kommuniziert werden.

Dieses Sonderjournal soll ein erster Schritt hierzu sein.

In den folgenden Artikeln haben sich verschiedene Autoren mit dem Thema ‚Geothermie‘ auseinander gesetzt und berichten aus ihrer dienstlichen oder persönlichen Erfahrung.

Machen Sie sich ein Bild vom Stand der Dinge.

Bei Fragen stehen Ihnen die Autoren gerne zur Verfügung; an dieser Stelle verweise ich auch auf die Kollegen des HLUg, die uns als Bergaufsicht als technische Fachbehörde beraten: Ansprechpartner für die oberflächennahe Erdwärmenutzung ist hier insbesondere Herr Dr. Rumohr, für die Tiefe Geothermie ist Herr Dr. Fritsche zuständig, und in allen Fragen zur Seismizität ist Herr Dr. Kracht unser Ansprechpartner, der uns dankenswerterweise auch für ein Interview zur Verfügung (ab Seite 33) gestanden hat.



Heizen mit Erdwärme Ein großer Schwindel?

Harald Franz (Jahrgang 1948), Bergbaustudium an der RWTH Aachen, Bergreferendarausbildung in NRW und Hessen. Nach verschiedenen ‚Bergamtsstationen‘ in Hessen und der Leitung des Thüringer Oberbergamtes heute Dezernent im RP Gießen, Bergaufsicht. Seine Fachgebiete sind (u. a.): Arbeitsschutz, Grubenrettungswesen, Altbergbau, Erdwärmenutzung, Schaubergwerke

Für den eiligen Leser hier schnell die Antworten: ‚Nein‘, wenn Erdwärmeanlage richtig dimensioniert und fachgerecht gebaut, oder ‚Ja‘, wenn dies nicht der Fall ist.

Jeder hat an seinem Geldbeutel gemerkt: Unsere Rohstoffquellen sind erschöpflich. Je mehr Menschen daran zapfen, desto eher sind sie versiegt. Wir werden zwangsläufig auf regenerative Energien, auch auf Erdwärme, zurückgreifen müssen.

Besonders für modernen Wohnraum bietet sich die oberflächennahe Geothermie an: Bis 400 m Tiefe = „oberflächennahe Geothermie“, darunter „Tiefen-Geothermie“. Warum Kohle, Öl, Gas etc. bei 1000 Grad verfeuern, wenn 35 Grad zur Raumheizung ausreichen?

Der unerschöpfliche Energievorrat „Erdwärme“ steht immer und überall zur Verfügung. Bei oberflächennaher Geothermie eher kühl, aber Wärmepumpen können schon Erdsonden mit der Temperatur eines kellerkühlen Bieres nutzen. Dabei muss die Physik beachtet werden.

Das Nachströmen der Wärme aus dem Erdinneren ist von der (leider geringen) Wärmeleitfähigkeit des Gesteins abhängig. Der Wärmenachschub geht daher nur langsam vonstatten.

Es strömen zwar ewig unendliche Energiemengen nach, aber auf einen Quadratmeter Erdoberfläche bezogen ist es pro Zeiteinheit recht wenig.

Um dem Untergrund Wärme in wirtschaftlich nutzbaren Mengen entziehen zu können, benötigt man daher viel Fläche, d. h. etliche Meter an Wärmetauscher-Sonden, welche die Erdwärme aufnehmen und der Wärmepumpe zuführen.

Die benötigte Sondenlänge kann man auf zahlreiche weniger tiefe Bohrlöcher oder auf wenige und dafür aber tiefere Bohrungen aufteilen.

Tiefere Bohrungen haben den Vorteil, dass sie wärmere Regionen im Untergrund erschließen. Grundsätzlich sollte die Anzahl der Eingriffe in den Untergrund minimiert werden, da jede Bohrung eine potentielle Gefahr für das Grundwasser darstellt.

Eine Anlage wäre optimal ausgelegt, wenn jeweils nur so viel Erdwärme entzogen würde, wie gerade nachströmt. Hierzu wären aber sehr große Wärmetauscher erforderlich - oder die nutzbare Wärmeleistung wäre recht niedrig. Man muss daher die Energie im Untergrund bewirtschaften, d. h. man kann befristet mehr entnehmen, als nachströmt, muss aber dann genug Zeit zur Wiedererwärmung des Untergrundes einräumen.



Bild: Erdwärmebohrung, hier mit *Vegetationsschutz*

Deshalb ist die Dimensionierung einer Erdwärmeanlage nicht einfach.

Zunächst sind genaue Daten über die Untergrundverhältnisse erforderlich, die aber oft nicht vorliegen und beim Einfamilienhaus (häufig nur eine Bohrung) nicht zu beschaffen sind, es sei denn, der Nachbar hat bereits Erdwärme und entsprechende Erfahrung.

Häufig wird ohne genaue Kenntnis der Untergrundverhältnisse gerechnet, und man glaubt Bohrlochlängen bis auf Dezimeter genau ermitteln zu können.

Besser wäre es, einen theoretischen Erfahrungswert, grob auf der geologischen Karte aufbauend, mit einem Sicherheitszuschlag zu versehen. Bei Projekten mit mehreren Bohrungen kann die erste Bohrung als Testsonde ausgebaut und dann die Erdwärmeanlage auf den so ermittelten Daten berechnet werden.

Eine Anlage mit einer richtig (oder überdimensionierten) Wärmequelle (= Erdsonde) funktioniert auf Dauer zuverlässig, aber sie ist erst einmal teuer. Weil der Kunde vor einem hohen Anlagenpreis zurückschreckt, berechnet der Verkäufer das Projekt noch einmal neu:

Mit niedrigerem Wärmebedarf, geringerer Nutzungsdauer und höherem Wärmeentzug wird dann die Anlage billiger, weil sich jetzt weniger Bohrmeter ergeben. Wenn dann noch bei Bauausführung und Materialqualität gespart wird, wird die Anlage erschwinglich.

Das Ergebnis ist eine in jeder Hinsicht problematische Erdwärmeanlage.

Es kommt also sehr auf eine fachgerechte und verantwortungsbewusste Planung und Ausführung an.

Wer hat bei Erdwärmeprojekten den Überblick?

Eine technische Anlage aus einem Guss ist immer die beste Lösung. Bei Erdwärme sind sehr unterschiedliche Fachkompetenzen gefragt: **Geologen** zur Beurteilung des Untergrundes, **Tiefbohrtechniker** für die Erdsonden, **Kältemaschinentechniker** für die Wärmepumpe und **Heizungsbauer** für die Raumheizung. Ob die Koordination immer klappt? Was man jetzt glaubt einsparen zu können, wird man später in Form von Stromkosten nachlegen müssen.

Wird einer Erdsonde ständig mehr Wärme entzogen, als aus dem Untergrund nachströmt, zehrt man von der Substanz. Dies ist möglich, indem die Wärmepumpe mit immer niedrigeren Temperaturen ins Erdreich hinein fährt.

Dadurch wird dem Boden um die Sonde herum immer weiter Wärme entzogen, er wird dabei mehr und mehr eingefroren (eine Abkühlung des Bodens von z. B. Minus 5 auf Minus 6 Grad bedeutet ja auch Wärmegewinnung!).

Da man im Warmen sitzen möchte, muss die Wärmepumpe ständig Wärme aus dem Untergrund ziehen, eine natürliche Regeneration im Umfeld der Sonde kann nicht stattfinden.

Dieser Raubbau geht im ersten Betriebsjahr noch gut, im nächsten oder übernächsten Jahr kann es aber mit der Erdwärmeausbeute schon knapp werden. **Die natürlich nachströmende Erdwärme benötigt (schlimmstenfalls) einige Jahre, um einen solchen künstlich erzeugten Eiskörper im Untergrund wieder aufzutauen.**

Aber man muss dennoch nicht frieren, es wird dann - recht teuer - elektrisch geheizt. Dabei liefert der elektrisch angetriebene Kompressor der Wärmepumpe die Heizenergie, aber auch ein als Tauchsieder in den Heizkreis eingebauter elektrischer Heizstab heizt direkt mit. **Dass dann der ökologische Vorteil der Erdwärmenutzung völlig abhanden gekommen ist, sei nur am Rande erwähnt.**

Eine Erdwärmeanlage ist hinsichtlich Sondenlänge und Soletemperatur gut dimensioniert, wenn im Untergrund erst gar kein Frost auftritt.

Sollte unter extremen Witterungsverhältnissen ausnahmsweise einmal kurzzeitig geringer Frost im Untergrund auftreten, muss dieser während der Stillstandsphase wieder abtauen können.

Grundsätzlich sollte bei Normalbetrieb im Untergrund kein Frost auftreten, da dies negative Auswirkungen auf das Betriebsverhalten der Anlage, aber auch auf den stets zu beachtenden Schutz des Grundwassers haben kann.

So kann ungeeignetes Verpressmaterial, mit dem das Bohrloch mitsamt der eingebauten Sonde nach Fertigstellung dicht versiegelt wird, seine Dichteigenschaft verlieren, woraufhin innerhalb der Sondenbohrung unkontrollierbare Wasserwegsamkeiten entstehen können.

Es können Grundwässer aus unterschiedlichen Horizonten umsteigen und sich (mit unliebsamen Folgen) vermischen, auch kann verunreinigtes Oberflächenwasser eindringen.

Da die Anzahl der Erdwärmesonden stetig zunimmt, wie es energiepolitisch auch gewünscht ist, entsteht hier ein ernstes Problem für unser wichtigstes Lebensmittel, das Grundwasser.

Erschwerend kommt hinzu, dass ein Sondenschaden praktisch nicht reparabel ist.

Da eine zerstörte Verpressung auch eine schlechtere Wärmeübertragung nach sich ziehen kann, wird auch die Heizleistung beeinträchtigt.

Es ist also äußerst wichtig, dass bereits in der Planungsphase gewissenhaft gearbeitet wird.

Beim Bau der Anlage benötigt man vor Ort verantwortungsbewusstes Fachpersonal, da der Erfolg der Arbeiten im Untergrund nicht direkt zu kontrollieren ist **und Fehler später nicht mehr korrigiert werden können.**



Bild: Auch eine Erdwärmebohrung, hier aber leider ohne ‚Vegetationsschutz‘

Es gibt Firmen, die verantwortungsbewusst an ihre Aufgaben herangehen und ordentliche Leistungen erbringen, Qualität hat allerdings erst einmal ihren Preis.

Aber ein für den täglichen Gebrauch völlig überdimensioniertes Auto hat auch seinen Preis, doch den sind wir erstaunlicherweise bereit zu zahlen



10 Jahre Erdwärmenutzung Ein persönlicher Erfahrungsbericht

Michael Wolf (Jahrgang 1965), Chemieingenieur; seit 1991 in der hessischen Wasserwirtschaftsverwaltung tätig: Zunächst im Bereich ‚Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Grundwasserschadensfälle‘, seit 1997 im Wiesbadener Dezernat ‚Grundwasser, Bodenschutz‘ mit der Altlastensanierung beschäftigt. Er ist auch privat an alternativen, regenerativen Energieformen interessiert.

Ende der 90er Jahre kamen die ersten Erdwärmepumpen der ‚neuen‘ Generation auf den Markt. Hier ein persönlicher Erfahrungsbericht über die Nutzung von Erdwärme in einer Doppelhaushälfte in Taunusstein.

Eigentlich wollte ich in meiner Doppelhaushälfte eine Ölheizung installieren. Obwohl Gasleitungen vorhanden waren, hatte ich kein Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Gaslieferanten.

Doch im Februar 2000 sollte alles ganz anders werden.

Auf einer Baumesse in Wiesbaden überzeugte mich ein schwedisch-deutsches Unternehmen von den Vorzügen der Erdwärmepumpe mit vertikalen Sonden.

Einen Monat später war der Auftrag unterschrieben. Die Anlage mit vertikalen Erdwärmesonden sollte zu den ersten im Rheingau-Taunus-Kreis zählen. Erdwärmekollektoren wären auf meiner vergleichsweise winzigen Grundstücksparzelle nicht möglich.

Ein Antrag auf Erdwärmenutzung und auf Ausnahme von der Wasserschutzgebietsverordnung wurde bei der Unteren Wasserbehörde eingereicht.

Im August 2000 war es dann soweit: Ein Bohrtrupp war aus Schweden angereist, um erstmals die Bohrungen vorzunehmen (sowie später auf 4 weiteren Standorten in Hessen).

Auch die Presse, der Hessische Rundfunk, der örtliche Stromversorger, nebst HLUg und einem interessierten Ingenieurbüro waren gekommen, um den Bohrarbeiten beizuwohnen.

Schließlich war das ja alles noch ganz neu in Deutschland.

Der schwedische Bohrtrupp verkündete:
„20 Meter in der Stunde, das schaffen wir locker. In Schweden bohren wir an einem Tag 200 Meter in den Gneis“.

Sie bohrten zum ersten Mal in Deutschland und wussten nicht um die Tücken grundwasserführender Quarzite im Taunusschiefer ohne Schutzverrohrung.

Es dauerte nicht lange, und es war kein Bohrfortschritt mehr möglich!

Die Bohrung musste nach nur 57 Metern und Rücksprache mit Unterer Wasserbehörde und HLUG umgesetzt werden.

So erhielt das Haus anstatt einer 95 Meter-Bohrung zwei kürzere Bohrungen.

Dann wurden die Sonden abgerollt und einer fachmännischen Druckprüfung unterzogen.



Bild: Die Erdwärmebohrarbeiten in unserem ‚Vorgarten‘

Einige Tage später wurde die Wärmepumpe geliefert, so groß wie überdimensionierte Kühlschränke. Die Anlage wog gut 200 kg, die wir mit 4 Mann mühselig in den Keller wuchteten.

Im „Technikraum“ hatten wir vorsorglich einen 20 cm hohen Betonsockel auf den noch rohen Betonboden errichten lassen. Durch diese Maßnahme konnte die Wärmepumpe noch vor Verlegung des Estrichs aufgestellt werden.

Nach gut 2 Monaten wurden dann die Sonden an die Wärmepumpe angeschlossen und das Wärmeträgermittel, ein 30%iges Ethanol-Wasser-Gemisch (wie in Schweden üblich), eingefüllt. Im gleichen Zeitraum wurde die Fußbodenheizung installiert und der Estrich geliefert.

Dann kam *die Stunde der Wahrheit*.

Der Estrich musste mehrere Tage ausgeheizt werden. Zunächst mit 25°C, dann mit 45°C Vorlauftemperatur. Die monoenergetische Wärmepumpe (= elektromotorische Kompressionswärmepumpe und ein Elektrokessel) schaltete schon nach kürzester Zeit von Erdwärmenutzung auf elektrische Zusatzheizung um. Diese kann mit bis zu 9 kW elektrisch heizen. Der Blick auf den Drehstromzähler zeigte den enormen Energieverbrauch. Bis 200 kWh pro Tag, 7 Tage lang, sollte der Ausheizprozess kosten. Mir wurde versichert, dass diese gewaltigen Energiemengen nur während der Ausheizphase verbraucht werden, schließlich müssen hunderte Liter Wasser aus dem Estrich ausgetrieben werden.

Nach Ende des Ausheizprozesses und mit dem herannahenden Winter hatte die 5,5 kW-Wärmepumpe mächtig zu tun, schaffte es aber nun ohne elektrische Zusatzheizung. Es war ja noch eine Menge Feuchtigkeit im Bauwerk. In Folge dessen betrug die Temperaturen des Wärmeträgermittel in den ersten Betriebsmonaten im Vorlauf oft -5°C und im Rücklauf dann etwa 0°C. In den Folgejahren relativierte sich das auf deutliche Plusgrade.

Der Stromverbrauch war zu Beginn recht hoch. Zum Glück hatte ich einen Sondervertrag für abschaltbare Verbraucher mit dem Stromversorger abgeschlossen. Der Strom kostete also nur 15 statt 22 Pfennig/kWh. Dies setzte einen separaten Zähler und einen Rundsteuerempfänger voraus. Der Stromversorger behält sich dann vor, zu bestimmten Spitzenlastzeiten den Strom zur Versorgung der Wärmepumpen per Rundsteuerempfänger abzuschalten (alle anderen Stromverbraucher bezogen natürlich ‚rum die Uhr‘ Strom, aber dann für 22 Pfennig). Die Dauer der Abschaltzeiten ist in den Verträgen geregelt, i. d. R. nicht mehr als 2 Stunden, max. 3-mal am Tag.



Bild1: Einrichtung der Bohrstelle



Bild 2: Sondendruckprüfung im Wassereimer vor Ort

Ich beobachtete, dass mein Stromversorger insbesondere im nebeligen November, zwischen 17:00 und 19:00 Uhr abschaltete. Ein Pufferspeicher für den Heizkreislauf wurde nicht eingebaut, um die bis zu zwei Stunden Stillstand zu überbrücken.

„Bei den trägen Fußbodenheizungen, eingebettet in den Anhydrid-Estrich, stellen die Stillstandzeiten für das zu beheizende Gebäude kein Problem dar“, so der Wärmepumpentechniker. Er hatte recht. Wenn man in den zwei Stunden Stillstand nicht ausgiebig lüftete, war eine Auskühlung des Gebäudes kaum feststellbar. Kritischer wurde es mit ausgiebigem Baden oder duschen. Spätestens während der dritten aufeinanderfolgenden Dusche wurde das Wasser dann kälter. Der 200-Liter-Warmwasser-Pufferspeicher, aufgeheizt auf max. 47°C, ist für die 5-Personen-Großfamilie etwas zu klein geraten.

Vor Legionellen fürchten wir uns nicht. Das Warmwasser wird alle 2 Wochen auf 70°C elektrisch aufgeheizt, was dann aber fast 10 kWh Strom kostet. Keine Chance für Legionellen und andere Kleinstlebewesen.

Unsere Wärmepumpe kann, wie alle Wärmepumpen, entweder nur Heizwasser oder nur Warmwasser bereitstellen. Eines Tages kam der Wärmepumpentechniker vorbei, um eine Routine-Auslesung des Steuercomputers der Wärmepumpe durchzuführen.

Hierbei stellte er fest, dass 25 % der Betriebsstunden der Wärmepumpe für die Bereitstellung von Warmwasser aufgewendet werden.

Üblich seien 15 % für's Warmwasser und 85 % für die Heizung. Die Ursache lag an unserem 5-Personen-Haushalt mit hohem Warmwasserverbrauch. Bei der Bereitstellung von Warmwasser fällt der Wirkungsgrad der Anlage niedriger aus, aufgrund der höheren Wassertemperaturen.

Ich kam ins Grübeln, ob meine Wärmepumpe unterdimensioniert sei und demzufolge nicht den Wirkungsgrad habe, den der Hersteller verspricht: Nämlich eine „JAZ“ (Jahresarbeitszahl) von 4,3 (aus 1 kWh Strom werden 4,3 kWh Heizenergie).

Doch wie sollte ich das ermitteln? Den Stromverbrauch kann man zwar am Zähler ablesen; wie viel Heizenergie die Wärmepumpe daraus herstellt, war nicht nachvollziehbar (heute gibt es hierfür Wärmestromzähler).

Ich befragte meine Nachbarn in unserem Neubaugebiet in vergleichbar großen Doppelhäusern und mit ähnlicher Kinderzahl. Sie zahlten etwa das Doppelte fürs Gas, was ich für den Wärmepumpenstrom tat.

Da 1 kWh Gas etwa die Hälfte von 1 kWh Sondervertragsstrom kostet, ich aber nur die Hälfte der Energiekosten meiner Nachbarn hatte, musste meine Wärmepumpe aus 1 kWh Strom etwa 4 kWh Heizleistung generieren.

Der Preis der Wärmepumpe samt Anlagen betrug mit fast 30.000 DM mehr als das Doppelte einer Gastherme. Die ursprünglich geplante Ölheizung samt Kellertank wäre aber schon teurer als eine Gastherme gekommen. Vom Stromversorger erhielt ich jedoch eine Pauschale von 2.000 DM für 5 Jahre Kundentreue und über die Eigenheimzulage eine Förderung i. H. v. 4.000 DM für energiesparende Maßnahmen.

Die Strompreise für abschaltbare Verbraucher haben sich seit 2000 von 15 Pfennig auf 17 Cent in 2011 verdoppelt. Somit ist der Preisanstieg beim Strom deutlich höher als beim Gas ausgefallen. Der Grund hierfür ist beim EEG zu suchen: Durch den Stromverbrauch der Wärmepumpe werden also erneuerbare Energien (z. B. Photovoltaik) gefördert, obwohl sie im Prinzip auch erneuerbare Energien nutzt.

Aufgrund ihrer kontinuierlichen niedrigen Vorlauftemperatur von max. 35°C produziert die Anlage eine unaufdringliche Wärme.

Konventionelle Heizungen haben i. d. R. höhere Vorlauftemperaturen bei zumeist diskontinuierlichem Heizbetrieb, was von den Bewohnern als unangenehm empfunden wird. Bedingt durch eine Unzahl von Temperaturfühlern macht die Wärmepumpe ihre Arbeit selbsttätig, auch wenn im Sommer mal die Temperaturen unter 10°C fallen. Bei starken Temperaturschwankungen, insbesondere im Bereich um 0 bis 10°C, muss man allerdings die Temperaturkurve nachregulieren, um im Gebäudeinnern die optimale „Wohlfühl-Temperatur“ zu erzielen.

Unsere Anlage lief in den 10 Jahren weitgehend störungsfrei. Es gab eine kleine Undichtigkeit am Verteilersammler, bedingt durch Setzungen, die umgehend behoben wurde.

Der Schornsteinfeger stand die ersten drei Jahre regelmäßig vor der Tür, musste aber stets unverrichteter Dinge gehen. Ein Blick auf das Dach: Unser Haus verfügt als einziges weit und breit über keinen Schornstein.

Ob ich mich wieder für Erdwärme entscheiden würde? Ja, auf jeden Fall!



„Geysire“ in Wiesbaden?

Ein Artesischer Wasseraustritt macht Schlagzeilen

Interview mit Herrn Dr. Georg Mittelbach (Jahrgang 1962), promovierter Hydrogeologe: Studium der Geologie in Würzburg, Promotion in Kiel. Seit 1992 im Landesdienst, zunächst im Hess. Landesamt für Bodenforschung, ab 2000 im Landesamt für Umwelt und Geologie, Dezernat „Hydrogeologie, Grundwasser“ (Das Interview führte Gerd Darschin)

RPU-Journal: *Hallo Herr Dr. Mittelbach, wir haben uns in den Sommermonaten des letzten Jahres fast wöchentlich auf dem Parkplatz neben dem Hessischen Ministerium der Finanzen (HMdF) getroffen, wo es in der Nacht des 5. November 2009 zu sehr medienwirksamen Wasseraustritten gekommen ist. Wir haben Bohrungen verfolgt, die als Konsequenz dieses Ereignisses angesetzt waren, um Ursachenforschung zu betreiben und zu klären, ob es Veränderungen im Untergrund gegeben hat, die zu Beeinträchtigungen der Nachbarschaft führen könnten.*

Zunächst aber: Was macht ein Hydrogeologe des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) sonst, wenn er nicht neben einer Bohrung steht und Festlegungen trifft?

Dr. Mittelbach: *Das Aufgabengebiet Hydrogeologie im HLUG beschäftigt sich mit allen Fragen des Grundwasserschutzes und der Grundwassernutzung.*

Eine der Hauptaufgaben ist die Beratung der hessischen Landesregierung und ihr nachgeordneter Dienststellen.

Darüber hinaus werden flächendeckend Daten zur Hydrogeologie von Hessen erfasst und daraus Darstellungen der hydrogeologischen Situation für einzelne Regionen bearbeitet und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Als Beispiele sind das Fragen zum Wasserrecht der öffentlichen Trinkwasserversorgung, Abgrenzungen von Trink- und Heilquellenschutzgebieten sowie Ausnahmen in diesen, Fragen bei Grundwasserverunreinigungen und Stellungnahmen im Rahmen von Erdwärmeanlagen.



Bild 1: Die Verpressung wird vorbereitet

RPU-Journal: *Noch einmal zu dem 5. November: Was ist da damals eigentlich passiert, und warum war das so spektakulär?*

Dr. Mittelbach: *Im Rahmen einer Erkundungsbohrung zu einem geplanten Erdwärmesondenfeld wurde in großer Tiefe ein „Arteser“ angebohrt. Hierbei handelt es sich um Grundwasser, das unter einem gewissen Druck steht.*

Dieser Druck (hydraulisches Potential) ist so hoch, dass das Wasser von selbst, das heißt ohne Pumpen, bis zur Erdoberfläche oder höher aufsteigt. Ein artesischer Brunnen ist immer künstlich, da er durch eine Bohrung oder durch einen Schacht angelegt wurde.

Voraussetzung für einen artesischen Brunnen ist gespanntes Grundwasser. Solches ist vorhanden, wenn eine wasserführende Gesteinsschicht durch eine wasserundurchlässige Gesteinsschicht nach oben abgedichtet wird und gleichzeitig die großräumige geologische Struktur des Grundwasserleiters den Aufbau von hydrostatischem Druck ermöglicht.

Bohrt oder gräbt man einen Grundwasserleiter mit gespanntem Grundwasser an, steigt das Grundwasser nach dem Prinzip der kommunizierenden Gefäße im Bohrloch bzw. im Schacht maximal bis zur Höhe der freien (ungespannten) Grundwasseroberfläche in der wasserführenden Schicht.

„Arteser“: Benannt nach der historischen französischen Provinz Artois (dtsch.: ‚Artesien‘) in Nordfrankreich, in der vor einigen hundert Jahren wohl erstmalig ein solcher (Artesischer) Brunnen in einer Senke geschaffen und damit das dort unter natürlichem Druck stehendes Grundwasser künstlich zum Austreten gebracht wurde.

Liegt dieses Niveau höher als die Erdoberfläche am Brunnen, spritzt das Grundwasser unter Druck aus dem Untergrund nach oben.

Bei unserem Fall war der Druck so groß, dass das Wasser mehrere Meter über die Erdoberfläche austrat.

Als weitere Besonderheit muss genannt werden, dass es sich hierbei um einen „verwilderten Arteser“ gehandelt hat, das bedeutet, dass das unter Druck stehende Grundwasser nicht nur über das Bohrloch, sondern unkontrolliert an verschiedenen Orten in der Umgebung des Bohrlochs ausgetreten ist (Bild 2).

Diese Tatsache hat das weitere Vorgehen, welches am Schluss zum Verschließen geführt hat, erschwert.

Es darf auch die exponierte Lage nicht vergessen werden, das Aufgebot an Polizei, Feuerwehr, das Sperren der Straßen und die Medienpräsenz haben natürlich dazu geführt, dass dieser Fall so spektakulär wurde.

RPU-Journal: *Kurz nach dem Ereignis hörte man natürlich die Sprüche der Leute, die hinterher immer alles besser gewusst haben. Aber was war hier das Besondere? War das Auftreten eines Artesers an der Stelle Wiesbadens so überraschend? Oder war es nur die ungeheure Wassermenge? Bei wie vielen Geothermie-Bohrungen kommt es vor, dass gestautes Wasser angetroffen wird?*

Dr. Mittelbach: *Das Besondere an diesem Fall war der sehr hohe Druck und die große Wassermenge, sowie die Tatsache des verwilderten Austretens.*

Das Auftreten eines Artesers in dieser Dimension war zu diesem Zeitpunkt unbekannt und nicht vorherzusehen, vor allem auch aus einer Tiefe von ca. 130 m. Es gibt einige Bohrungen in der Umgebung, die keinerlei Hinweise auf ein derartiges Ereignis geliefert hatten. Im Bereich des geplanten Baufeldes wurden im Vorfeld Bohrungen abgeteuft, die ebenfalls keinerlei Rückschlüsse auf ein solches Ereignis gegeben haben.

In der weiteren Umgebung wurde im Vorjahr in einer Bohrung gespanntes Grundwasser angetroffen, doch mit viel weniger Druck und einer sehr geringen Menge. Diese Bohrung wurde sofort ohne Probleme wieder verschlossen.

Die Frage, bei wie vielen Bohrungen gespanntes Wasser angetroffen wird ist schwer zu beantworten. Hier muss man unterscheiden, ob das Wasser nur „schwach“ unter Druck steht, dass es nicht bis an die Erdoberfläche ansteigt, oder ob der Druck ausreicht, dass das Wasser bis über die Erdoberfläche kommt.

Der erste Fall wird sicher oft nicht erkannt - Aussagen über die Häufigkeit können daher nicht gemacht werden. Bohrungen, die als ‚Arteser‘ bezeichnet werden, kommen immer wieder vor, jedoch bisher noch nie in diesen Dimensionen.

RPU-Journal: *Nach einer weiteren Bohrkampagne zur Ermittlung von eventuellen Anomalien im Untergrund und zur Klärung der Druckverhältnisse auf dem für eine Bebauung vorgesehenen Grundstück: Was ist das Ergebnis?*

Dr. Mittelbach: *Die neue Bohrkampagne sollte die Grundlage für die erneute Beurteilung des Untergrundes liefern.*

Es sollten mögliche Anomalien im Untergrund erkundet werden - hat es durch den Materialaustrag „Hohlräume“ gegeben - und es sollte die Frage geklärt werden, ob eine Bebauung möglich ist und wenn ja unter welchen Voraussetzungen.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass keine „Hohlräume“ auf dem Areal zu erwarten sind. Auch eine Bebauung ist aus hydrogeologischer Sicht möglich. Die Bohrungen haben gezeigt, dass im Untergrund immer wieder dünnere Schichten angetroffen werden, die auch gespanntes Wasser führen. Aber da ist relativ wenig Wasser drin.

Dies bedeutet, dass für den Bauzustand diese Bereiche mittels Bohrungen entlastet werden müssen, um eine Bebauung zu ermöglichen.



Bild 2: Der ‚verwilderte Arteser‘ läuft weiter

RPU-Journal: *Außerdem gibt es ja noch das eigentliche Problem in Wiesbaden bezüglich Aufschlüssen in der Innenstadt: Die Thermalquellen. Ist denn nach dem Ereignis und aufgrund der Thermalwasserproblematik, die viele Aktivitäten stark einschränkt, Wärmenutzung durch Geothermieanlagen in Wiesbaden überhaupt noch denkbar? Wo liegen hier für den verantwortlichen Geologen die Grenzen?*

Dr. Mittelbach: *Die hydrogeologischen Verhältnisse in Wiesbaden und vor allem der Thermalquellen sind gut bekannt. Auf Grund dieser Kenntnisse konnte einer Bohrung zugestimmt werden.*

Man muss hier klar feststellen, dass die Genehmigung zum Abteufen einer Probebohrung rein auf der Grundlage zum Schutz der Heilquellen erteilt wurde und nicht beurteilte, ob ein Arteser angebohrt werden kann.

Alle Auflagen, die in dieser Genehmigung festgelegt wurden, sollten dem Schutz der Heilquellen dienen. Untersuchungen, die sofort mit dem Auftreten des Artesers begonnen wurden, haben gezeigt, dass die Heilquellen durch das Ereignis nicht negativ beeinträchtigt wurden.

Durch das Ereignis vom November 2009 ist aus hydrogeologischer Sicht auch kein generelles „Aus“ für Geothermieanlagen in Wiesbaden abzuleiten.

Es zeigt vielmehr, wie wichtig eine gute Erkundung und Betreuung von Vorhaben ist, wobei ein geringes Restrisiko immer bleibt, wenn auch durch immer besser werdende Kenntnisse dieses Restrisiko minimiert werden kann. Die Grenzen liegen sicher darin, ob für eine beantragte Anlage das Restrisiko abgeschätzt und beurteilt werden kann.

In der Zwischenzeit wurden bereits einige neue geothermische Anlagen beantragt.

Man merkt hierbei ganz deutlich, dass die Sensibilität und das Verständnis für Auflagen zurzeit noch sehr groß sind.

RPU-Journal: *Herr Dr. Mittelbach, vielen Dank für dieses aufschlussreiche Gespräch.*



Wie sucht man Erdwärme? Vom Claim zur Anlage

Hendrik Ebert (Jahrgang 1975), Studium der Angewandten Geologie in Marburg, Umweltreferendariat in Gießen. Seit 2008 im Dezernat Bergaufsicht der Wiesbadener Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, dort zuständig für Sprengwesen, Betriebsplanzulassungen für Aufsuchungsbetriebe und die Bergaufsicht für Steine-Erden-Betriebe

Nachdem ein Unternehmer sein Aufsuchungsfeld beantragt hat und dieses mitsamt Arbeitsprogramm in einer Erlaubnis zugeteilt worden ist, beginnt für ihn die Suche nach dem geeigneten Standort für „sein“ Geothermiekraftwerk.

Dabei muss der ideale Standort zwei Voraussetzungen erfüllen, zum einen natürlich die geothermische Rahmenbedingungen, zum anderen muss aber auch an der Oberfläche der Raum für das Kraftwerk und ein möglichst ganzjähriger Abnehmer für die gewonnenen Wärmeenergie zur Verfügung stehen. Dies können große Industriebetriebe, aber auch Schwimmbäder, Schulkomplexe oder Krankenhäuser sein. Gesucht werden kann entweder nach heißem trockenem Gestein (Petrothermale Nutzung auch *Hot-Dry-Rock*), welches man mit Druck aufbrechen kann, um dann Wasser über eine Bohrung zu injizieren und über eine zweite Bohrung erhitzt wieder zu entnehmen oder man sucht Bereiche mit vorhandenem Wasser (oder bei höherem Mineralgehalt der Lösung *Sole*) und Wegsamkeiten (Hydrothermale Nutzung) - meist in Störungszonen.

In den in Hessen hauptsächlich untersuchten Bereichen im Oberrheingraben hofft man hydrothermale Nutzungen realisieren zu können.

In der Regel verläuft eine Aufsuchung in mehreren Schritten, wobei zum einen der Bereich, in dem man sucht, immer weiter verkleinert wird, andererseits die Methoden aber immer aufwendiger und kostenintensiver werden.

Begonnen wird mit der Recherche bereits vorhandener Daten (Geologische Karten, alte Bohrungen, seismische Profile der Erdöl und Erdgas-Industrie etc.).

Mit diesen Mitteln werden ein oder mehrere Bereiche eingegrenzt, in denen man mittels seismischer Methoden weiter untersucht. Zuerst werden über großen Flächen einzelne lange Seismiklinien gelegt, nach deren Auswertung werden wiederum kleinere Bereiche ausgewählt, in denen mit einem Netz aus Seismiklinien ein dreidimensionales Bild des Untergrundes erstellt wird.

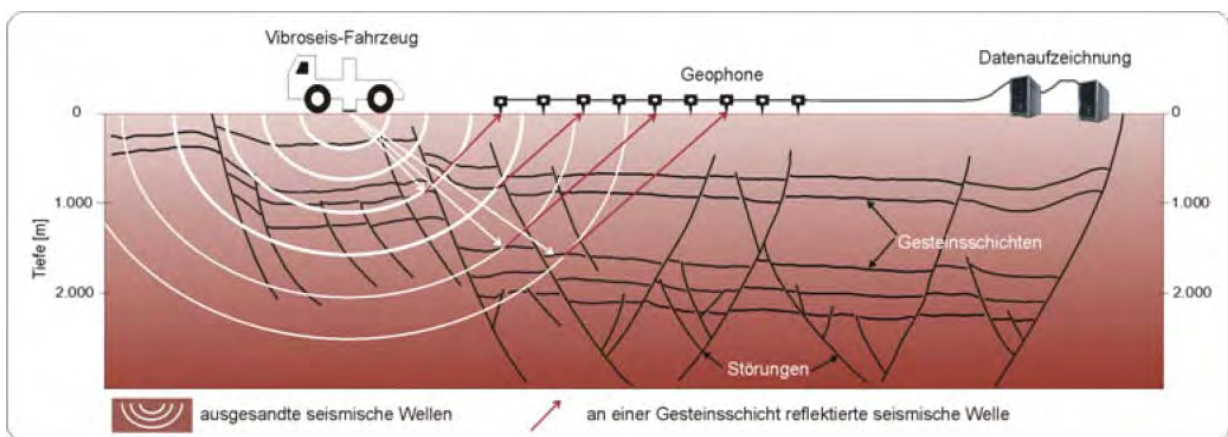


Bild 1: Funktion Vibroseismik (Quelle: 360plus Consult)

Die seismischen Erkundungsverfahren beruhen darauf, dass man Vibrationen in den Untergrund bringt und die durch Trennflächen im Gestein zurückgeworfenen Erschütterungswellen mit Geophonen misst (Bild 1).

Die Anregung der Wellen kann entweder über kleine in Bohrlöchern gezündete Sprengladungen oder durch LKW mit Rüttelplatten (Bild 2) erfolgen.



Bild 2: Vibroseisfahrzeuge im Gelände

Neben den logistischen Herausforderungen wie Gestattungsverträge mit allen betroffenen Grundeigentümern, Straßenbehörden, Waldbesitzern etc. ist insbesondere bei Messungen in bebautem Gebiet besondere Sorgfalt erforderlich, um sicherzustellen, dass keine Schäden an Leitungen, Straßenoberflächen oder benachbarten Gebäuden auftreten.

Daher wird der Messtrupp immer von Personal mit Erschütterungsmessgerät begleitet (Bild 3), die die an den jeweils nächsten Gebäuden auftretenden Erschütterungen überwachen.

Sollten die Erschütterungen in die Nähe der erlaubten Grenzwerte kommen, wird die Anregung sofort unterbrochen und entweder mit geringerer Leistung neu durchgeführt oder der Punkt wird ausgelassen.



Bild 3: Erschütterungsmessungen

Die gesammelten Seismikdaten werden ausgewertet. Ein Prozess, der sich über Wochen und Monate hinzieht. Am Ende der Auswertung könnte stehen, dass man einen für eine erste Bohrung geeigneten Bereich gefunden hat, aber auch, dass keine günstigen Voraussetzungen vorliegen oder man zuerst weitere seismische Erkundungen durchführen muss, um eine definitive Aussage treffen zu können.

Für den Betrieb eines Geothermiekraftwerkes benötigt man, wie oben schon dargestellt, immer mindestens zwei tiefe Bohrungen, jede mit millionenschweren Investitionen verbunden. Natürlich wird daher die erste Bohrung in die Tiefe, um festzustellen, ob tatsächlich die erwarteten Verhältnisse vorliegen, direkt an einem Standort und in einer Art und Weise ausgeführt, dass eine spätere Nutzung als „Produktionsbohrung“ auch möglich ist.

Die Tiefe dieser Bohrung hängt neben der vermuteten Geologie auch von der geplanten Nutzung ab. Für eine reine Wärmenutzung reichen schon deutlich geringere Tiefen aus, als für eine Kombination aus Wärmenutzung und Stromerzeugung.

Eine reine Stromerzeugung, also ohne Wärmenutzung, scheidet bis auf Weiteres aus Kostengründen aus.

Die Aufsuchungsbohrung selbst ist dann schon eine ordentliche Baustelle mit einem Flächenbedarf von rund einem Hektar und kein Vergleich zum Bohrgerät einer häuslichen Erdwärmesonde (Bild 4).

Und auch wenn man den ganzen bisher geschilderten Aufwand betrieben hat und dafür schon einiges Geld in die Hand genommen hat, bleibt noch immer ein Fündigkeitsrisiko.

Denn trotz aller Erkundung, gilt auch hier weiterhin der alte Bergmannspruch:

„Vor der Hacke ist es duster“



Bild 4: Bohrplatz einer Tiefbohrung



„Manche mögen es heiß“ - Welche Hürden muss ich nehmen, um Erdwärme nutzen zu können

Jobst Knevels, im Dezernat ‚Bergaufsicht‘ u. a. auch zuständig für die Vergabe von Bergbaukonzessionen.

Seit Mitte 1999 geht es im südhessischen Untergrund *‚heiß her‘*. Bekanntlich ruht im Untergrund des nördlichen Oberrheingrabens ein erhebliches Potenzial an geothermischer Energie, sprich Erdwärme. Rund 40% des Endenergieverbrauchs, also fast jede zweite Kilowattstunde der in Deutschland eingesetzten Energie, fließen in Raumheizung und Warmwasserbereitung. Erdwärme kann als CO₂-freier Energieträger einen erheblichen Beitrag zum Verzicht auf den Einsatz fossiler Energieträger leisten.

Was gilt es bei der Gewinnung von Erdwärme zu beachten, damit Einem selbst nicht der Boden unter den Füßen zu heiß wird?

Zunächst einmal stellt sich die entscheidende Frage, wem gehört eigentlich die Erdwärme, die ich möglicherweise gewinnen will. Diese Frage wird durch das Bundesberggesetz (BBergG) beantwortet: *Niemandem*.

Niemandem, weil es *eine herrenlose Sache* ist, d. h. es gehört insbesondere auch nicht dem Grundstückseigentümer.

Erdwärme zählt zu den sog. *bergfreien Bodenschätzen*, die der Verfügungsgewalt des Grundeigentümers entzogen sind.

Wenn Erdwärme also Niemanden gehört, wie kann man dann, ohne dass man sich die Finger verbrennt, die Erdwärme nutzen?

Auch dafür hat das BBergG eine Antwort parat: Man lässt sich eine **Konzession zur Aufsuchung und / oder Gewinnung von Erdwärme** verleihen. Das ist eigentlich die Regel.

Allerdings keine Regel ohne Ausnahme, und die lautet wie folgt:

Eine Gewinnung und Nutzung der Erdwärme innerhalb eines Grundstücks benötigt keine Konzession.

Betrachtet man diesen Sachverhalt vom Großen ins Kleine, d. h. von grundstücksübergreifender Aufsuchung und Gewinnung hin zur grundstücksbezogenen Gewinnung, sind folgende Schritte genehmigungsrechtlich einzuhalten:

1. Schritt: Habe ich keine Kenntnisse über den Untergrund, aus dem ich Erdwärme grundstücksübergreifend gewinnen will, muss ich eine **Aufsuchungserlaubnis beantragen**.

Das BBergG unterscheidet drei Arten von Erlaubnis:

- *Erlaubnis zur Aufsuchung zu gewerblichen Zwecken,*
- *Erlaubnis zur Aufsuchung zu wissenschaftlichen Zwecken und*
- *Erlaubnis zur großräumigen Aufsuchung.*

Die Aufsuchungserlaubnis zu gewerblichen Zwecken stellt hier in Südhessen die Regel dar (siehe Abb. auf Seite 24).

Diese Aufsuchungserlaubnis wird benötigt, um mit Hilfe von Schallwellen (Seismische Untersuchung) in den Untergrund einzudringen und über die reflektierten Schallwellen ein Bild vom Aufbau des Gebirges zu gewinnen.

Über Tiefbohrungen kann dann gezielt untersucht werden, ob genügend und ausreichend heißes Wasser in der Tiefe erschlossen werden kann.

Bei dieser Erlaubnis darf nur der Inhaber dieser **Erlaubnis** in dem Erlaubnisfeld Erdwärme aufsuchen, sonst keiner. Es handelt sich um ein **sog. ausschließliches Recht**.

- 2. Schritt:** Habe ich über die Aufsuchungstätigkeiten genügend Kenntnisse über den Untergrund gesammelt, sodass ich begründen kann, warum in dieser Größe und an dieser Stelle ein grundstücksübergreifendes Gewinnungsfeld von mir benötigt wird, muss ich einen **Antrag auf Erteilung der Bewilligung stellen**.

Erst nachdem diese Bewilligung erteilt worden ist, darf ich Erdwärme gewinnen und beispielsweise zur Stromerzeugung oder Einspeisung von Erdwärme in Nah- und Fernwärmenetze nutzen (siehe anschließendes Bild).

Auch die Bewilligung stellt ein sog. ausschließliches Recht dar.

Kein Anderer darf in diesem Bewilligungsfeld Erdwärme gewinnen.



Bild: Betriebseinrichtungen und -anlagen eines Geothermie-Heizkraftwerkes (Sauerlach, Bayern)

Soweit dies alles klar und eindeutig im BBergG geregelt ist, stellt das BBergG auch in einem weiteren Punkt einen wesentlichen Sachverhalt unmissverständlich dar:

Verhält man sich vergleichsweise wie ein Schwarzfahrer, also im übertragenen Sinne als jemand, der ohne Konzession Erdwärme aufsucht oder gewinnt, hat man Pech gehabt, wenn man erwischt wird. Es droht dann eine Geldbuße bis 25.000 Euro.

Bevor man *„mit dem Feuer spielt“* sollte man daher lieber das Angebot des RP Darmstadt annehmen und sich über Form und Inhalt der Antragsunterlagen beraten lassen:

Auskunft dazu erteilt das Dezernat 44 - Bergaufsicht.

Wie sieht es nun mit der grundstücksbezogenen Gewinnung als Ausnahme von der Konzessionspflicht aus?

Denn mit ihrer Anwendung ist sie die mit Abstand häufigste Form der Gewinnung von Erdwärme in Südhessen.

Um an dieser Stelle einen Eindruck der formenreichen Sprache des BBergG zu vermitteln, wird ausnahmsweise einmal direkt aus dem BBergG zitiert:

„Gewinnen (Gewinnung) ist das Lösen oder Freisetzen von Bodenschätzen einschließlich der damit zusammenhängenden vorbereitenden, begleitenden und nachfolgenden Tätigkeiten; ausgenommen ist das Lösen oder Freisetzen von Bodenschätzen

1. In einem Grundstück aus Anlass oder im Zusammenhang mit dessen baulicher oder sonstigen städtebaulichen Nutzung und ...“.

Alles klar? *Natürlich*, denn **wenn Sie auf Ihrem Grundstück eine oder mehrere Bohrungen niederbringen, um auf diesem Grundstück Ihr Gebäude zu beheizen, benötigen sie keine Bewilligung.**

Für den aufmerksamen Leser ist an dieser Stelle auch klar, dass die Ausnahme nur zum Tragen kommen kann, wenn nachgewiesen ist, dass die Erdwärmegewinnung keine Auswirkungen auf benachbarte Grundstücke hat. Damit trägt diese Regelung auch dem Verhältnis zur Nachbarschaft Rechnung. Ist diese Verhältnis heiß und innig, soll dies durch die Erdwärme-“Gewinnung“ nicht abgekühlt werden.

Aus Gründen der Verwaltungsvereinfachung wird in Hessen von einer fehlenden Auswirkung auf Nachbargrundstücke ausgegangen, wenn die Bohrung fünf Meter von den Grundstücksgrenzen entfernt bleibt und die Heizleistung 30 kW nicht übersteigt. Dabei wird in Hessen unter Grundstück das im Bestandsverzeichnis eines Grundbuches aufgeführte Flurstück verstanden.

Selbst wenn man nun glaubt, nichts mehr mit dem BBergG zu tun haben, nur weil man grundstücksbezogen Erdwärme gewinnt, hat man sich getäuscht.

Das **BBergG** kommt quasi über das Gartentürchen wieder auf Ihr Grundstück - aber **nur, wenn die Bohrung mehr als 100 m in den Boden eindringt**. Dann ist zumindest eine Anzeigepflicht dieser Bohrung gegenüber dem Dezernat 44 fällig. In diesen Fällen prüft die Bergbehörde, ob eine Betriebsplanpflicht gegeben ist.

In den Fällen wird unser Dezernat von der Behörde beteiligt, bei der Ihr Antrag auf Erdwärmennutzung eingereicht wird. Das ist in der Regel die Untere Wasserbehörde beim Kreis oder der kreisfreien Stadt.

Zwar wird *„nichts so heiß gegessen wie es gekocht wird“*, aber es sind dennoch einige Worte zum sog. *„Trägermedium“* zu verlieren, damit man sich nicht noch zum guten Schluss doch noch den Mund verbrennt.

Wegen des energetischen Charakters der Erdwärme ist deren Gewinnung an ein Trägermedium gebunden.

Handelt es sich bei dem Trägermedium um Wasser, gelten die Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und das jeweilige Landeswassergesetz.

In der Regel genügt eine wasserrechtliche Erlaubnis.

Liegt aber ‚Sole‘ vor, d. h. übersteigt der Gehalt an *„Kochsalz“* (Natriumchlorid - NaCl) im Wasser mehr als 1%, **ist es aus bergrechtlicher Sicht nicht mehr Wasser.**

Es handelt sich dann um den *bergfreien Bodenschatz Sole*.

Wie man sich verhalten muss, wenn man eine herrenlose Sache als sein Eigen bezeichnen möchte, wissen sie an dieser Stelle schon längst. Und wenn nicht, dann müssen sie diesen Artikel noch einmal von Anfang an lesen.

Oder, noch besser, sie wenden sich auch in diesem Fall wieder direkt und vertrauensvoll an das Dezernat 44 - Bergaufsicht.

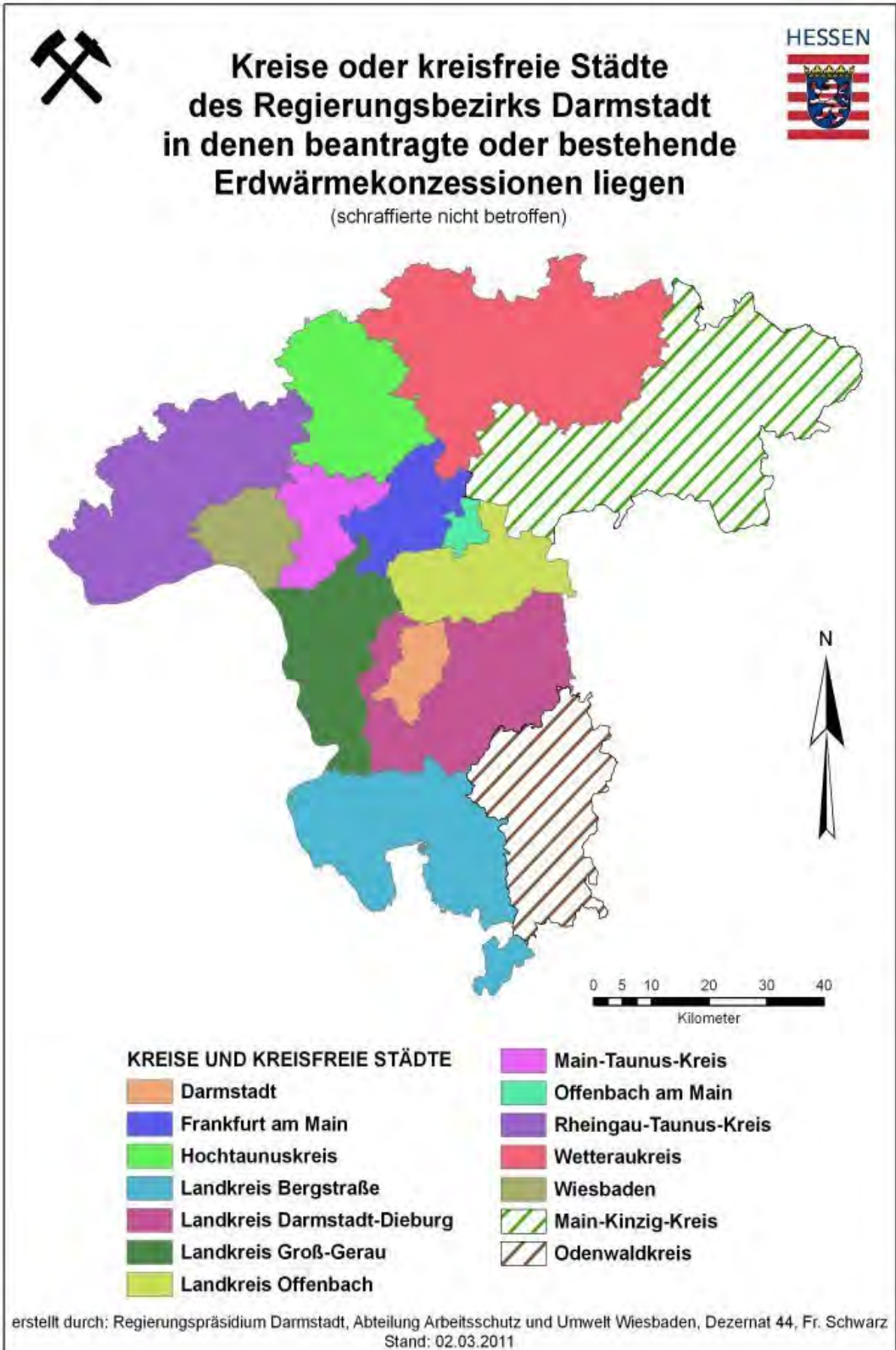


Abbildung: Beantragte oder bestehende Erdwärmekonzessionen im Regierungsbezirk Darmstadt (Stand: März 2011)



Erdwärmepumpen Technik und Kosten

Michael Wolf (Jahrgang 1965), Chemieingenieur; seit 1991 in der hessischen Wasserwirtschaftsverwaltung tätig: Zunächst im Bereich ‚Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Grundwasserschadensfälle‘, seit 1997 im Wiesbadener Dezernat ‚Grundwasser, Bodenschutz‘ mit der Altlastensanierung beschäftigt. Er ist auch privat an alternativen, regenerativen Energieformen interessiert.

Nach zögerlichem Start im neuen Jahrtausend finden Erdwärmepumpen mittlerweile rasenden Absatz. Durch die Anforderungen an die Wärmestandards heute gebauter Häuser und die enorm gestiegenen Energiepreise sind diese verhältnismäßig teuren Anlagen interessant geworden. Nachfolgendes soll die Technik näher bringen, die Vor- und Nachteile hervorheben und nicht zuletzt die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen hinter leuchten.

Erdwärmepumpen nutzen die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche, die sog. geothermische Energie. Sie stammt sowohl von der Oberfläche durch Sonneneinstrahlung und Niederschläge als auch durch geothermischen Wärmefluss aus dem Erdinneren. Das Erdreich und das Grundwasser stellen somit einen geradezu unerschöpflichen Energiespeicher dar.

Dieser regenerative Energiespeicher hat gegenüber der Solarthermie und Photovoltaik den Vorteil, dass er das ganze Jahr ohne Unterbrechung zur Verfügung steht, also auch im Winter, wenn Heizenergie erforderlich ist. Seine Erschließung erfolgt über horizontal gegrabene oder vertikal gebohrte Erdwärme-Überträger oder durch Abpumpen von Grundwasser. Im Sommer kann man einige solcher Anlagen auch zum Kühlen verwenden.

Wegen der Wassergefährdung des Wärmeträgermittels und durch den Bohrvorgang kann eine Gefährdung des Grundwassers bewirkt werden. Daher sind Erdwärmepumpen auch für die Wasserwirtschaft von Belang und gemäß § 9 Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [1] erlaubnispflichtig.

Grundsätzlich aber überwiegen die Vorteile für die Umwelt:

Mit Erdwärmepumpen sind gegenüber Ölkesseln Einsparungen bis zu 45% und gegenüber Gasbrennwertkesseln bis zu 35% des Primärenergiebedarfs möglich [2]. Elektrisch betriebene Erdwärmepumpen leisten darüber hinaus einen Beitrag zur Senkung der Immissionen in dicht besiedelten Gebieten, da die bei der Energieerzeugung entstehenden Luft-Schadstoffe schon im Kraftwerk mit aufwändigen Abgasreinigungsanlagen eliminiert werden.

In Gebäuden mit Fußbodenheizung produzieren Wärmepumpen aufgrund ihrer niedrigen Vorlauftemperatur eine unaufdringliche, angenehme Wärme bei einer kontinuierlichen Vorlauftemperatur von rd. 35°C. Konventionelle Heizungen haben i. d. R. höhere Vorlauftemperaturen bei zumeist diskontinuierlichem Heizbetrieb.

Spätestens seit Einführung der strengen Energieeinsparverordnungen („*EnEV*“) [3] stellen die sonst verhältnismäßig teuren Erdreich-Wärmepumpen eine interessante Alternative für Neubauten dar.

Die folgenden Kapitel sollen einen groben Überblick über das Themengebiet erdgekoppelter Wärmepumpen verschaffen.

Wie funktioniert eine Erdwärmepumpe?

→ *Prinzip*

Während die Erdoberfläche jahreszeitlichen Temperaturschwankungen unterliegt, haben der Untergrund und das Grundwasser ab etwa 15 m unter Geländeoberkante ganzjährig eine konstante Temperatur von etwa 10°C.

Diese Wärmequelle macht sich die Erdwärmepumpe zunutze. Sie nimmt also Erdwärme auf einem niedrigen Temperaturniveau von ca. -5° bis $+10^{\circ}\text{C}$ auf und gibt sie auf einem höheren Niveau mit 35 bis 55°C an Heizung oder Warmwasser wieder ab.

Ein Kühlschrank arbeitet nach dem gleichen Prinzip: Er entzieht dem Kühlgut im Innern die Wärme und leitet sie nach außen ab. Das Grundprinzip der Wärmepumpe lautet damit:

„Aus kalt wird kälter, damit aus warm wärmer wird“.

Anhand **Bild 1** soll verdeutlicht werden, wie eine Erdwärmepumpe funktioniert:

Das im Solekreislauf zirkulierende **Wärmeträgermittel [A]** entnimmt dem Untergrund / Grundwasser **Wärmeenergie**. Das flüssige **Kältemittel [B]** in der Wärmepumpe nimmt über einen **Wärmetauscher / Verdampfer [C]** einen Teil der Wärmeenergie des Wärmeträgermittels auf und verdampft – es wird gasförmig (das Kältemittel ist ein teilhalogenierter Kohlenwasserstoff, z. B. R407c, R134a oder Propan, Ammoniak, Kohlendioxid). Hierbei kühlt das Wärmeträgermittel ab, hier 3°C , und gelangt zur erneuten Wärmeaufnahme wieder in den Solekreislauf.

Das gasförmige Kältemittel wird zum **Verdichter [D]** gepumpt, dort verdichtet, und gibt hierbei auf einem viel höheren Temperaturniveau Wärme ab (Verdichtertemperatur z. T. $> 70^{\circ}\text{C}$). Der Verdichter wird von einem Motor mit Hilfsenergie angetrieben.

Über einen zweiten Wärmetauscher, dem **Kondensator [E]** wird diese Wärme an den **Heizkreislauf [F]** abgegeben - das Kältemittel kondensiert. Somit hat das Kältemittel die im Erdreich aufgenommene Wärmeenergie auf die vom **Verbraucher benötigte Temperatur „hochgepumpt“** und wieder abgegeben. Das verflüssigte Kältemittel gelangt nun über ein **Expansionsventil [G]** an den Wärmetauscher des Solekreislaufes, wo es erneut unter Aufnahme von Wärmeenergie verdampft.

Im so genannten **Direktverdampfer** wird auf einen primären Solekreislauf verzichtet. Hier steht das Kältemittel mit dem Untergrund im direkten Kontakt.

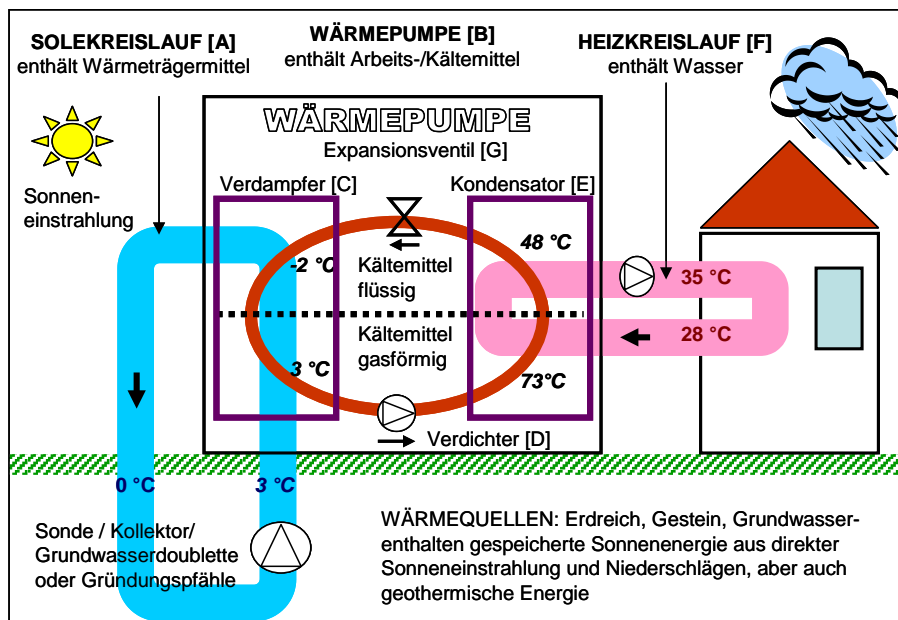


Bild 1: Funktionsweise einer Erdwärmepumpe

→ **Leistungszahl**

Die Leistungszahl $[\epsilon]$ einer Wärmepumpe gibt die abgegebene Leistung im Verhältnis zur eingesetzten aufgewendeten Antriebsleistung an.

Die ideale Leistungszahl $[\epsilon_c]$ lässt sich durch den Carnotschen Prozess beschreiben und gibt den idealen Wirkungsgrad an (**Gleichung 1**) an.

Aufgenommene Temperatur = Verdampfungstemperatur $[T_u]$ = 0°C = 273 Kelvin [K]
 Abgegebene Temperatur = Kondensationstemperatur $[T]$ = 35°C = 308 Kelvin [K]
Leistungszahl nach Carnot = $\epsilon_c = T / (T - T_u) = 308 \text{ K} / (308 - 273 \text{ K}) = 8,8$

Gleichung 1: Berechnung der idealen Leistungszahl nach Carnot

Hierbei werden jedoch nicht die Verluste mechanischer oder elektrischer Art berücksichtigt. Auch Wärmeverluste über das Zirkulationssystem bei kombinierter Warmwasserbereitung fehlen. Der tatsächliche Wirkungsgrad ergibt sich aus dem Verhältnis der Heizleistung zur aufgenommenen Hilfsenergie. Diesen nennt man auch COP-Wert (Coefficient of Performance = Verhältnis der Heizleistung zur elektrischen Leistung).

Beispiel: Zirkulieren pro Stunde bspw. 1000 Liter Wärmeträgerflüssigkeit, lassen sich bei einer Temperaturdifferenz von 3°C zwischen Vor- und Rücklauf etwa 3 kWh Entzugsleistung dem Erdreich $[P_{geo}]$ entnehmen. Wird dann 1 kWh elektrische Leistung $[P_{el}]$ pro Stunde als Hilfsenergie benötigt, die näherungsweise auch zur Heizleistung beiträgt, ergibt sich ein COP-Wert von 4 (**Gleichung 2**):

COP = $(P_{el} + P_{geo}) / (P_{el}) = (3 \text{ kWh} + 1 \text{ kWh}) / (1 \text{ kWh}) = 4$

Gleichung 2: Berechnung des COP-Wertes

Der COP-Wert von Erdwärmepumpen wird immer bezogen auf die Temperatur im Bereich der Wärmeaufnahme (B = Solekreislauf) und der Wärmeabgabe (W = Heizkreislauf) genannt. Je größer die Temperaturdifferenz, desto kleiner der COP-Wert. Die COP-Werte moderner Erdwärmepumpen [4] ergeben sich aus **Tabelle 1**:

Prüfpunkt	Rücklauf Sole	Vorlauf Heizkreislauf	COP min.-max.
B5/W35	5°C	35 °C	4,5 - 5,6
B0/W35	0°C	35 °C	3,9 - 4,9
B-5/W50	-5°C	50 °C	2,4 - 2,8

Tabelle 1: COP-Werte moderner Sole-Wasser-Erdwärmepumpen

Varianten der Nutzung von Erdwärme

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie erfolgt zumeist mit erdgekoppelten Wärmepumpen. Der unterirdische Wärmefluss kann mit verschiedenen Verfahren erschlossen werden (**Bild 2**; [2, 5]).

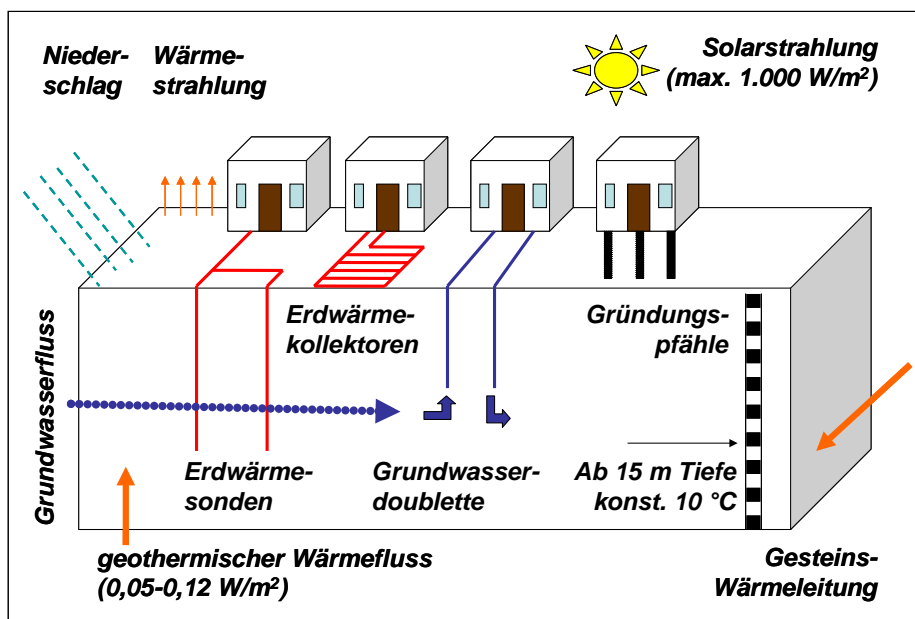


Bild 2: Varianten erdgekoppelter Wärmepumpen

→ **Erdwärmesonden**

Kunststoffsonden aus Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) etc. werden vertikal in Bohrungen von 10 - 200 m in das Erdreich gebracht. Zum Einsatz kommen einfache U-Sonden, Doppel-U-Sonden oder Koaxialsonden (**Bild 3**).

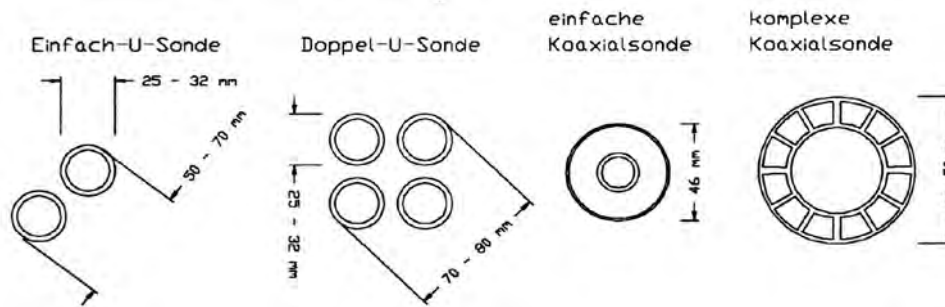


Bild 3: Verschiedene Bauarten von Erdwärmesonden im Querschnitt

Als Wärmeträgermittel zirkuliert ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel (Sole). Die Bohrlöcher werden anschließend mit Bentonit verfüllt.

Gegenüber Kollektoren erzielen Wärmepumpen mit Sondenkreislauf eine höhere Wirtschaftlichkeit, da sie in größeren Tiefen Wärmequellen erschließen, die jahreszeitlich unabhängig eine gleichmäßige Temperatur haben (ca. 10°C ganzjährig). Erdwärmesonden haben eine, in Abhängigkeit vom Untergrund, spezifische Entzugsleistung von 20 - 100 W/m [5].

→ **Erdwärmekollektoren**

Kunststoffrohre werden horizontal in Gräben von 1,2 - 2,0 m Tiefe verlegt. In diesen zirkuliert das Wärmeträgermittel. Kollektoren erschließen jedoch nicht die Horizonte, in den ganzjährig eine konstante Temperatur herrscht (**Bild 4**).

Zur Entnahme von 1 kWh Heizleistung benötigt man bei einem Erdwärmekollektor rd. 25-50 m² Grundfläche je nach Bodenbeschaffenheit.

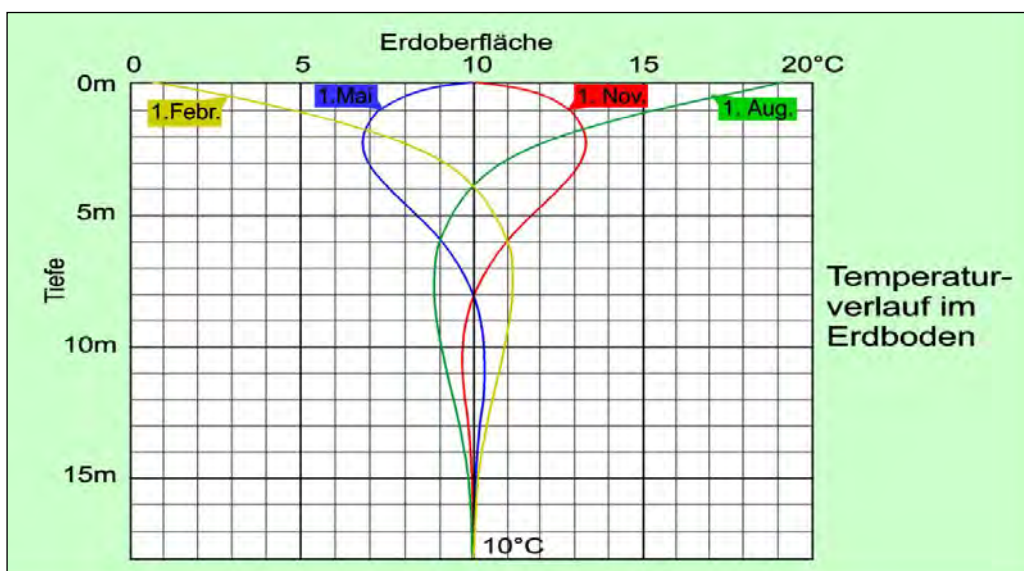


Bild 4: Kollektoren liegen mit rund 1,5 m Tiefe in Zonen jahreszeitlicher Temperatureinflüsse. Sonden liegen größtenteils außerhalb dieser Zonen - das ganze Jahr herrschen 10°C

→ **Energiepfähle**

Gründungspfähle von Gebäuden werden mit Wärmetauscherrohren versehen. Hierin zirkuliert das Wärmeträgermittel.

→ *Grundwasserbrunnen*

Hierfür sind mind. 2 Grundwasserbrunnen erforderlich (sog. *Doubletten*). Über einen Brunnen wird das Grundwasser entnommen, der zweite Brunnen dient der Versickerung des abgekühlten Grundwassers. Grundwasser eignet sich als Wärmequelle besonders gut aufgrund seiner geringen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen. Grundwasserwärmepumpen benötigen pro kWh Heizleistung etwa 250 Liter Grundwasser [5].

→ *Betriebsweisen von Erdwärmepumpen*

Die Betriebsweise ist abhängig von der verwendeten Wärmequelle, den erforderlichen Bedingungen auf der Wärmesenkenseite (=Erdreich, Grundwasser) und den nutzbaren Antriebsmedien:

Bei der **monovalenten** Betriebsweise wird der Wärmebedarf des Verbrauchers allein von der Wärmepumpe gedeckt. Für eine **bivalente** Betriebsweise wird neben der Wärmepumpe je nach Bedarf ein zweiter Wärmeerzeuger (z. B. Gastherme oder Gaskessel usw.) eingesetzt. Für eine **monoenergetische** Betriebsweise werden Wärmepumpe und Zusatzwärmeerzeuger mit einem Energieträger betrieben, z. B. eine elektromotorische Kompressionswärmepumpe und ein Elektrokessel.

Kosten

→ *Herstellungs- und Anschaffungskosten*

Die Kosten für eine Erdwärmepumpe setzen sich zusammen aus den Herstellungskosten zur Erschließung der Wärmequelle (Sonden, Grundwasserbrunnen oder Kollektoren), Anlagenteilen und Installation.

Eine Erdwärmesonde kommt auf rd. 50-60 €/lfdm; für eine 8 kW-Anlage sind rd. 120 Bohrer anzusetzen. Die Herstellungskosten steigen bei Sonden und Kollektoren proportional zum Wärmebedarf. Die Kosten für Grundwasserbrunnen hängen entscheidend von der Tiefe des Grundwasserstandes und der Ergiebigkeit des Aquifers ab, liegen im Mittel um 4.500 und 5.500 €. Zu den Herstellungskosten kommen die Anschaffungskosten für eine Erdwärmepumpe mit Warmwasserspeicher und Regelung (8.500 - 11.500 €) sowie die Installation (1.000 - 2.000 €).

→ *Kosten im Vergleich zu konventionell betriebenen Heizungen*

Eine Elektro-Wärmepumpe arbeitet dann wirtschaftlich, wenn der Preis für eine Kilowattstunde Strom maximal um den Faktor 3,5 über dem Preis der kWh Heizöl oder Gas liegt (Tab. 2):

Energieträger	Preis	Heizwert	Preis/kWh
Heizöl	0,74 €/L	10 kWh/L	0,074 €
Erdgas	0,5 - 0,7 €/m ³	10 kWh/m ³	0,05 - 0,07 €
z. Vgl. Holzpellets	0,25 €/kg	4,9 kWh/kg	0,05 €
Erdwärme aus Strom	0,22 €/kWh	COP = 3,5	0,06 €

Tabelle 2: Heizkosten im Vergleich (Preise: Stand 08/2010)

Nach dieser Tabelle liegen die Energiekosten der Erdwärmepumpe theoretisch gleichauf oder über denen von konventionellen Anlagen. Moderne Erdreich-Wärmepumpen haben jedoch einen COP-Wert von über 3,5 (**siehe Tabelle 1**). Ferner werden i. d. R. Sondertarife mit den Stromversorgern abgeschlossen (nächstes Kapitel).

→ *Nutzung von EVU-Sonderverträgen und weitere Einsparungen*

Die Energie-Versorgungsunternehmen („EVU“) bieten grundsätzlich die Möglichkeit an, verbilligten Strom zu nutzen. Es wird ein Sondervertrag für abschaltbare Verbraucher abgeschlossen. Dies setzt einen separaten Zähler und einen Rundsteuerempfänger voraus.

Die EVU behalten sich dann vor, zu bestimmten Spitzenlastzeiten den Strom des Verbrauchers per Rundsteuerempfänger abzuschalten. Die Dauer der Abschaltzeiten ist in den Verträgen geregelt, in der Regel nicht über 2 Stunden. Sofern Pufferspeicher oder Fußbodenheizungen installiert sind, stellen die Stillstandzeiten für das zu beheizende Gebäude kein Problem dar.

Bei diesen Sonderverträgen reduzieren sich die Kosten einer kWh Strom deutlich (**Tabelle 3**):

Energieträger	Preis	„Heizwert“	Preis/kWh
Erdwärme aus Strom	0,17 €/kWh	COP = 3,5	0,049 €
	0,17 €/kWh	COP = 4	0,043 €

Tabelle 3: Heizkosten mit EVU-Sondervertrag (Preise: Stand 08/2010)

Die Kosten liegen damit unter den Betriebskosten einer konventionellen Anlage. Geringe Aufwendungen für Wartung sowie der Wegfall von Schornsteinfegerkosten ergeben weitere Einsparungen.

→ *Zuschussmöglichkeiten*

Bei Inbetriebnahme einer Elektro-Wärmepumpe bieten einige EVU Zuschüsse in Höhe mehrerer 100 € an, gleichzeitig aber verpflichtet sich der Betreiber zu einer mehrjährigen vertraglichen Bindung an das fördernde EVU.

Bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) sind derzeit keine vergünstigten Kredite abrufbar. Das war bis vor kurzem noch möglich. Dafür hat das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) die Förderung von Wärmepumpen wieder aufgenommen, jedoch nur bei Wasser/Wasser-Wärmepumpen sowie Sole / Wasser-Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von mindestens 4,3.

Auswirkungen auf die Umwelt

→ *Primärenergieeinsatz*

Mit Elektro-Wärmepumpen lässt sich Primärenergie sparen. In Abhängigkeit der Primärenergiequelle und seines Wirkungsgrades sowie der Leistungszahl der Wärmepumpe lassen sich unter Aufnahme der Umweltenergie aus Erdreich / Grundwasser Wirkungsgrade von 130% und mehr bezogen auf den Primärenergieeinsatz erzielen (**Bild 5**).

Noch höhere Wirkungsgrade erzielen Gasmotor-Wärmepumpen.

Zum Vergleich: Die effektive Wärmeausbeute einer konventionellen Erdgas-Brennwert-Heizung liegt bei 90% der eingesetzten Primärenergie, einschließlich der Verluste aus Erdgas-Gewinnung und -Verteilung.

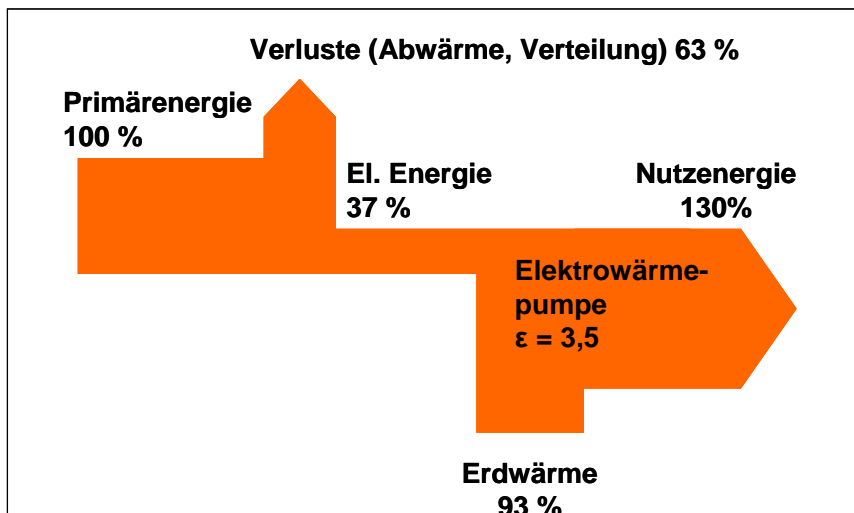


Bild 5: Primärenergieeinsatz am Beispiel von Elektro-Wärmepumpen

→ **Auswirkung auf das Grundwasser**

Wärmepumpen können neben dem positiven Effekt der Primärenergie-Einsparung und Immissionsminderung am Einsatzort der Wärmepumpe aber auch negative Auswirkungen haben: Die Abkühlung von Boden und Grundwasser kann die Biozönose maßgeblich ändern, da Bakterien, Amöben und andere Kleinorganismen an bestimmte Temperaturen angepasst sind. Bei Temperaturabsenkung verlangsamt sich die biologische Aktivität im Boden.

Bestimmte Wärmepumpen können im Sommer auch zur Kühlung eingesetzt werden. Hierbei dient Erdreich und / oder Grundwasser als Wärmesenke. Die Erwärmung von Boden und Grundwasser ist eher unerwünscht.

Beim Abteufen von Bohrlöchern für den Einsatz von Erdwärmesonden können Schäden durch Zerstörung der Trennschichten von Grundwasserhorizonten entstehen. Artesisch gespanntes Grundwasser kann beispielsweise zutage treten.

Im Falle einer Leckage im Solekreislauf können wassergefährdende Stoffe, das Wärmeträgermittel, austreten. Insbesondere organische Frostschutzmittel (Glycole, Ethanol) wirken sauerstoffzehrend im Grundwasser und können somit die Qualität des Grundwassers nachteilig verändern.

Gesetzliche und technische Anforderungen

→ **Wasser- und Bergrechtliche Anforderungen an Erdwärmepumpen**

Wegen der Wassergefährdung des Wärmeträgermittels und durch die Bohrung ist der Betrieb einer Erdwärmepumpe nach § 3 Abs. 2 WHG [1] eine erlaubnispflichtige Benutzung des Grundwassers. Unberührt hiervon bleiben die bergrechtlichen Anforderungen an die Nutzung von Erdwärme. Gemäß § 3 Abs. 3 Nr. 2b des Bundesberggesetz (*BbergG*) [6] wird die Erdwärme den bergfreien Bodenschätzen gleichgestellt. Eine bergrechtliche Bewilligung zur Gewinnung von Erdwärme ist entbehrlich, wenn diese auf einem Grundstück aus Anlass oder im Zusammenhang mit dessen baulicher Nutzung gewonnen wird. Unabhängig vom Bodenschatz Erdwärme sind jedoch Bohrungen mit einer Tiefe von über 100 m den Bestimmungen des *BbergG* unterworfen. Die wasserrechtliche Erlaubnis ersetzt dabei nicht die bergrechtliche, die in diesen Fällen zusätzlich erteilt werden muss.

Welche Anforderungen an Erdwärmepumpen zu stellen sind, ergibt sich für Kollektoren und Sonden aus VDI 4640 und für Wärmepumpen aus DIN 8901. Bohrunternehmen müssen die Qualifikationskriterien nach DVGW W 120 erfüllen.

Von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (*LAWA*) wurden Anforderungen an Erdwärmepumpen kleiner 30 kWh entwickelt [7].

Mit dem Erlass „Anforderungen des Gewässerschutzes an Erdwärmesonden“ vom 25. März 2010 (StAnz. 15, S. 1150) hat das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz („*HMUELV*“) das Genehmigungsverfahren für Erdwärmesonden und -kollektoren im privaten Bereich mit einer Heizleistung bis 30 kW neu geregelt.

→ **Anforderungen an das Wärmeträgermittel**

Das Wärmeträgermittel ist ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, welches einen Gefrierpunkt von -10°C bis -20°C erzielen sollte [2].

Die *LAWA* fordert die Verwendung von Wärmeträgermittel aus nicht wassergefährdenden Stoffen oder wässrigen Lösungen der Wassergefährdungsklasse 1 auf der Grundlage der Stoffe Ethylenglycol (Ethandiol), Propylenglycol (1,2-Propandiol) und Calciumchlorid.

Die VDI-Richtlinie 4640-1 [2] empfiehlt nur Stoffe, die in der „Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe“ (*VwVwS*) [8] mit der „Fußnote 14“ gekennzeichnet sind: Vormalig „*WGK 0*“-Stoffe. Hierzu wird neben Ethylenglycol, Propylenglycol und Calciumchlorid auch Ethanol als gebräuchliches Wärmeträgermittel aufgeführt. In der Praxis kommt Ethylen-Glycol-Sole am häufigsten zum Einsatz. Heutzutage wird ein frostfreier Betrieb angestrebt, auf die Zugabe von Frostschutzmitteln kann dann verzichtet werden.

Fazit

Erdwärmepumpen stellen eine interessante Alternative zu konventionellen Heizungen dar. Sie finden in zunehmendem Maße Verbreitung.

Für die Wasserwirtschaft und den Bodenschutz ergibt die energetische Bewirtschaftung des Untergrundes neue Herausforderungen. Diese bringt freilich auch Nachteile durch den z. T. nicht unerheblichen Eingriff in den Aquifer.

Daher sollte immer bedacht werden, wo und in welchem Umfang eine Anlage zur Nutzung von Erdwärme aufgestellt wird.

Wärmepumpen leisten einen Beitrag zur Einsparung an Primärenergie, zur CO₂-Reduktion und dienen einem dringlichen Umweltziel - dem Klimaschutz. Gegenüber Solar- oder Windenergie hat Erdwärme als regenerative Energiequelle den Vorteil, dass sie fast überall und jederzeit verfügbar ist!

Quellen:

- [1] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts („Wasserhaushaltsgesetz“ - *WHG*) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), in Kraft getreten am 1. März 2010
- [2] Richtlinie VDI 4640-1: Thermische Nutzung des Untergrundes - Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte
- [3] Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), geändert durch Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009 (BGBl. I S. 954)
- [4] WPZ-Bulletin - Mitteilungsblatt des Wärmepumpen Testzentrums Wintherthur-Töss / Schweiz
- [5] Richtlinie VDI 4640-2: Thermische Nutzung des Untergrundes - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen (September 2001)
- [6] Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Artikel 15a des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585)
- [7] LAWA-Empfehlung „Anforderungen an Erdwärmepumpen“ aus der 119. Sitzung am 16./17. September 2002, in der endgültigen Fassung vom 20. Januar 2003
- [8] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (VwVwS) vom 17. Mai 1999 (Bundesanzeiger Nr. 98a vom 29. Mai 1999)

Weitere nützliche Informationen zum Thema finden Sie z. B. bei folgenden Einrichtungen:

Geothermische Vereinigung e.V.: www.geothermie.de

Bundesverband Wärmepumpe e.V.: www.waermepumpe-bwp.de

IZW e.V. (Informationszentrum Wärme und Kältetechnik): www.izw-online.de

Einige Bundesländer haben entsprechende Leitfäden u./o. Infomaterialien herausgegeben, so z.B. Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen und Hessen, letzteres unter: <http://www.hlug.de/start/geologie/erdwaerme.html>



Bild: Horizontale Anbindung von Erdwärmesonden (Friedrichsdorf, Hochtaunuskreis)



„Nicht allgemein prognostizierbar“ Erdbeben(dienst) in Hessen

Interview mit Herrn Dr. Matthias Kracht (Jahrgang 1953), Dipl.-Ing. und Geophysiker: Ingenieurstudium in Gießen, Studium der Geophysik in Frankfurt, Promotion in Mainz. Seit 2005 - nach langjähriger Tätigkeit in der Abfallwirtschaft beim RP Gießen - Leiter des Erdbebendienstes des Landes Hessen beim HLUG

(Das Interview führte Gerd Darschin)

RPU-Journal: *Lieber Herr Dr. Kracht, wir kennen uns seit vielen Jahren, in denen wir uns mit Abfallwirtschaft beschäftigt haben - Sie in Gießen und ich in Wiesbaden. Nun haben wir wieder miteinander zu tun - Sie beraten uns, die Bergaufsicht, als der Geophysiker des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) bei Zulassungsverfahren wie tiefen Bohrungen und mehr.*

Aber zunächst einmal aus aktuellem, traurigem Anlass die Frage nach dem furchtbaren Beben in Japan vom 11. März 2011: Kann so etwas hier in Hessen passieren, mit dieser Magnitude?

Dr. Kracht: *Nein, solch ein Beben ist hier nicht zu erwarten. Die 10 stärksten Beben in den letzten hundert Jahren, wo auch das Beben vor der Küste von Japan dazugehört, ereigneten sich im Bereich des Pazifik.*

Hierbei handelt es sich um einen konvergenten Plattenrand, das heißt es schiebt sich die pazifische Platte unter die Eurasische Platte mit Bewegungsgeschwindigkeiten von mehreren cm pro Jahr.

Hier in Europa - speziell im Rheintalgraben - geht es um mm pro Jahr, hier handelt es sich um Störungen, um Bruchtektonik ohne diese Bewegungen wie sie im „Circum-Pazifischen Raum“ auftreten.

RPU-Journal: *Herr Dr. Kracht, jetzt aber zurück zum eigentlichen Thema: Sie beschäftigen sich mit der Aufzeichnung von seismischen Erschütterungen - Was genau ist Ihre Aufgabe, welche Geräte sind da im Einsatz, wo gibt es Messstationen, was ist der Erdbebendienst?*

Dr. Kracht: *Meine Aufgabe ist es, allgemein ausgedrückt, der hessischen Verwaltung den Zugang zu Methoden der Geophysik zu ermöglichen.*

Dies erfolgt als Beratung und Bewertung, aber auch durch eigene Messungen.

In dem von Ihnen gefragten Zusammenhang ist das HLUG als technisch-wissenschaftliche Umweltbehörde seit 2001 Betreiber des Hessischen Erdbebendienstes („HED“) mit 8 seismischen Stationen.

Die Aufgaben des HED sind die Erdbebenregistrierung und -auswertung von in Hessen auftretenden Erdbeben sowie die Beurteilung, Beratung und Zusammenarbeit bei Fragen zu diesen Erdbeben.

Da es in Hessen hauptsächlich im Süden zu Erdbeben kommt, sind die Erdbebenstationen auch hier installiert worden. Sie bestehen aus Seismometer, Digitalisierer und Datenaufzeichnung.

Wenn klar ist, wo und in welcher Stärke sich ein Erdbeben in Hessen ereignet hat, wird die Öffentlichkeit informiert.

Dies geschieht z. B. über unseren Internetauftritt, mit der Adresse:

http://www.hlug.de/medien/geologie/erdbeben/aktuelle_ereignisse.html.

Bei den von Menschen wahrnehmbaren Ereignissen kommt dies etwa 3-mal im Jahr vor, wie am 29. Juni 2010 im Westen von Frankfurt bei Kriftel (Main-Taunus-Kreis) oder am 23. Dezember 2010 im Raum Mainz / Wiesbaden.

Bei dem Erdbeben vor Weihnachten war ich übrigens selbst Betroffener, d. h. ich wurde frühmorgens um 2:36 Uhr durch die Geräusche und das Rütteln geweckt (siehe hierzu auch die Abbildung 2 nebst Erläuterungen auf Seite 35).

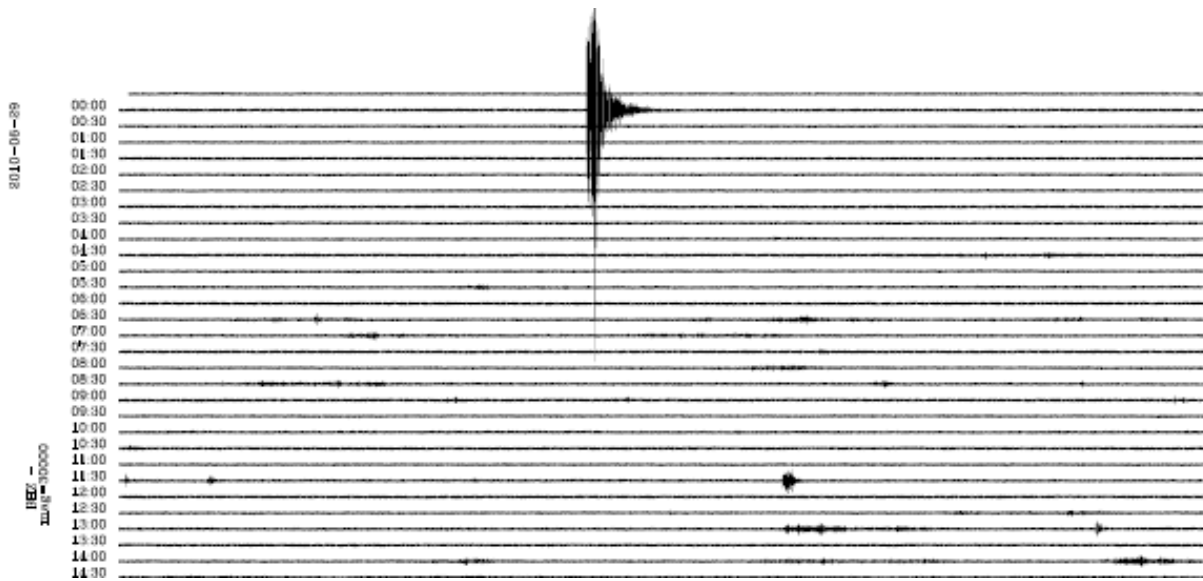


Bild 1: Seismogramm vom 29. Juni 2010 © HLUG (Beben bei Kriftel, Main-Taunus-Kreis; Magnitude 3,2 auf der Richter-Skala)

RPU-Journal: *Nun gibt es im Zusammenhang mit der tiefen Geothermie neuerdings den Ausdruck „Mikroseismizität“. Was ist darunter zu verstehen, wo kommt so etwas vor, wo wird so etwas gemessen oder systematisch erfasst, gibt es darüber Veröffentlichungen oder Gebietsdarstellungen - z. B. im Oberrheingraben?*

Dr. Kracht: *Unter „Mikroseismizität“ versteht man die nicht von Menschen wahrnehmbare Seismizität, also kleine Erdbeben, die Erschütterungen erzeugen, die nur von empfindlichen Geräten, wie z. B. Seismometern, aufgezeichnet werden können.*

Derzeit wird ein sogenannter „Hessischer Erdbebenkatalog“ zusammengestellt, in dem alle aufgezeichneten Ereignisse zusammengetragen werden, auch die von anderen Erdbeben-diensten. Dieser Katalog wird nach seiner Fertigstellung veröffentlicht.

RPU-Journal: *Die viel zitierten Ereignisse von Basel (als man per Wasserdruck möglicherweise Bewegungen beschleunigt oder ausgelöst hat), aber auch die schweren Erschütterungen in Landau im letzten Jahr - Was gab es da für „Ausschläge“, oder was haben die Geräte in Hessen da registriert?“*

Dr. Kracht: *Die Ereignisse von Basel und Landau wurden auch an den Stationen des HED als normale regionale bzw. lokale Erdbeben registriert.*

Mit unseren Seismometern werden aus den Ausschlägen der Ort und die Magnitude eines Erdbebens abgeleitet.

Man bezeichnet Erdbeben mit der Magnitude 2,7 (nach Richter), wie etwa das stärkste Ereignis von Landau, als schwaches Erdbeben. Nur nach der DIN 4150 wird von „Erschütterungen“ gesprochen.

RPU-Journal: *Wir sind aufgrund der Erkenntnisse bei anderen Geothermie-Projekten bzw. beim Einsatz von „Hydro-Fracturing“ - also dem Einsatz von Wasser mit hoher Energie zur Erweiterung von Klüften im Untergrund - sicher, dass die dabei eingesetzte Energie auch zu bebenartigen Auswirkungen führen kann. Welche Informationen über den Untergrund, die Struktur, die Bruchmuster, also Störungen und ihre Anordnung, muss man kennen, um solche eventuellen Auswirkungen zu prognostizieren? Kann man rein qualitativ vorhersehen, wo das Einbringen von Energie größere, wo kleinere Auswirkungen haben kann?*

Dr. Kracht: *Zurzeit sind Art und Stärke solcher Ereignisse noch nicht allgemein prognostizierbar bzw. qualitativ vorhersehbar. Faktoren wie der Energieeinsatz oder die Größe der möglichen Bruchstruktur spielen dabei eine große Rolle. Zur Beurteilung benötigen wir genaueste Kenntnisse von jedem einzelnen Standort.*

Dieser Erkenntnisgewinn kann aber nur schrittweise erfolgen durch Informationen aus der Vibroseismik, durch die Bohrung mit der geologischen Aufnahme und durch geophysikalischen Bohrlochlogs. Vor der Stimulation muss geklärt werden, welche natürliche Seismizität es in dem Gebiet gibt, wie das Spannungsfeld aussieht und wie man dies beurteilt.

Momentan gibt es mehrere Forschungsschwerpunkte, die sich mit dem Thema Vermeidung von unerwünschten Erschütterungen im Zusammenhang mit tiefer Geothermie beschäftigen. Mit ersten Ergebnissen ist bald zu rechnen.

RPU-Journal: *Herr Dr. Kracht, vielen Dank für dieses interessante Gespräch.*

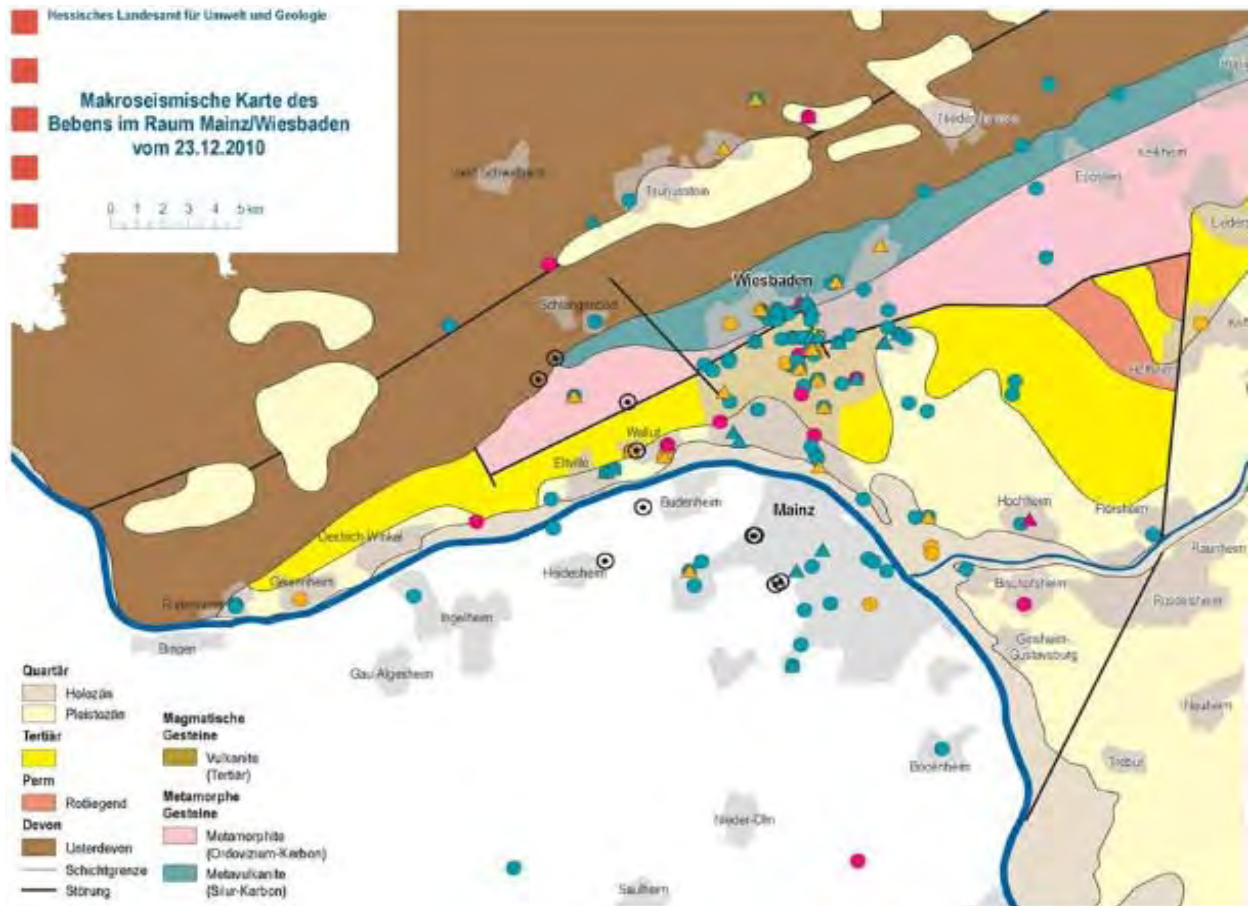


Bild 2: Makroseismische Karte (Ausschnitt) zu den Erdbeben am 23. Dezember 2010 © HLOG

Hintergrund:

Am 23. Dezember 2010, morgens um 2:36 bzw. 6:53 Uhr, erschütterten zwei Erdbeben mit einer **Stärke von (M_L) 3,4 bzw. 2,7** auf der **Richter-Skala** die Region um Mainz / Wiesbaden. Die Beben wurden von vielen deutlich wahrgenommen: Das erste meist als ‚Grummeln‘, das zweite als kleiner ‚Rums‘. Mehr als 120 Meldungen zu dem Beben wurden auf der Internetseite des HLOG in den dort bereitgestellten Fragebogen eingetragen; die meisten davon konnten verwertet und zu einer makroseismischen Karte (Bild 2) zusammengetragen werden: Auf der Karte ist das stärkere Beben um 2:36 Uhr mit Kreisen, das folgende, schwächere Beben mit Dreiecken dargestellt. Man kann erkennen, dass die Beobachtungen der Erdbebenstärke für beide Beben mit den gemessenen Werten übereinstimmen. Die **Intensitäten** nach der Europäische Makroseismische Skala (*EMS-98*) beschreiben dabei die *subjektive* Wirkung eines Bebens (Schäden an Gebäuden und wie Beben von Menschen wahrgenommen werden) nach (12) ‚Stärkeklassen‘, hier: III - „*schwach*“; IV - „*deutlich*“; V - „*stark*“. **Intensitäten sind nicht identisch mit der Magnitude**, dem Maß für die bei einem Erdbeben ausgestrahlte seismische Schwingungsenergie. Sie wird berechnet aus den instrumentellen *objektiven* Aufzeichnungen (Seismogrammen) einer Erdbebenstation und kann lokal variieren. Die Intensität hängt nicht nur von der Magnitude, sondern auch von der Tiefe des Erdbebenherdes und den Untergrundverhältnissen ab.



IMPRESSUM

„RPU Wiesbaden Journal“ wird herausgegeben vom
Regierungspräsidium Darmstadt - Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden
Lessingstraße 16 - 18, 65189 Wiesbaden; Telefon: 0611 3309 0, Telefax: 0611 3309 444
Postanschrift: Postfach 50 60, 65040 Wiesbaden
RPU Wiesbaden Journal online: www.rp-darmstadt.hessen.de (→ *Umwelt & Verbraucher*)

Chefredaktion:

Christoph Kühmichel (Telefon 3309 129) - V.i.S.d.P.; E-Mail: RPJournal.Wiesbaden@rpda.hessen.de

Redaktion dieser Ausgabe:

Jochen Barnack (Telefon 3309 467); Joachim Barton (Telefon 3309 416); Gerhard Darschin (Telefon 3309 475); Hendrik Ebert (Telefon 3309 472)

Autor/Innen dieser Ausgabe:

Gerd Darschin; Hendrik Ebert; Jobst Knevels (Telefon 3309 457); Michael Wolf (Telefon 3309 326)

Das „RPU Wiesbaden Journal“ bedankt sich für die Gastbeiträge von:

Harald Franz

c/o Regierungspräsidium Gießen, Marburger Straße 91, 35396 Gießen

Dr. Matthias Kracht, Dr. Georg Mittelbach

c/o Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden

Die Chefredaktion, die Redaktion und die Autor/Innen dieser Ausgabe sind über die o. a. Anschrift der Abteilung „Arbeitsschutz und Umwelt“ Wiesbaden zu erreichen.

Druck: Regierungspräsidium Darmstadt - Layout- und Druckzentrum, Luisenplatz 2, 64283 Darmstadt

Nachdruck oder sonstige Reproduktion sind – auch auszugsweise – nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung der Redaktion bzw. der Autorinnen oder Autoren erlaubt!