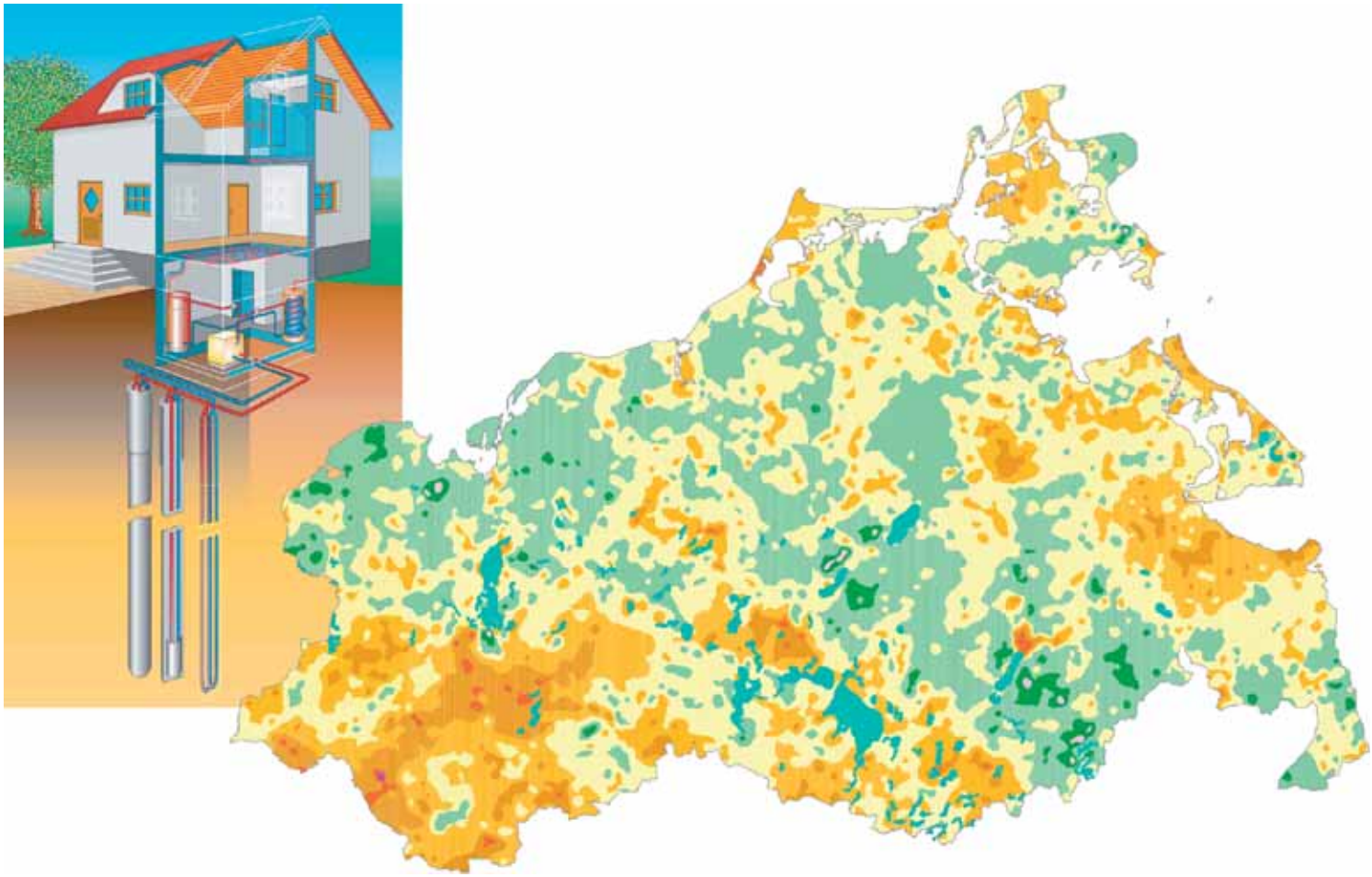


# Leitfaden Erdwärmesonden in Mecklenburg-Vorpommern

Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

**Herausgeber:**
Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG)
Goldberger Str. 12
18273 Güstrow
Telefon: 03843/777-0
Fax: 03843/777-106
E-Mail: poststelle@lung.mv-regierung.de

**Bearbeitung:**
Dipl.-Geophys. Joachim Iffland
Dipl.-Geol. Dr. Karsten Obst

unter Mitwirkung von
Dipl.-Geoln. Dr. Beate Schwerdtfeger

**Abbildungen:**
**Titelseite:**
Potenzialkarte der Wärmeentzugsleistung bis 40 m Tiefe für Mecklenburg-Vorpommern (J. Iffland 2006) und Schema einer Erdwärmesonde für Wärmepumpenanlagen (Bundesverband WärmePumpe e.V.)

**Rückseite:**
Arbeitsschritte zur Errichtung einer Erdwärmesonde in Börgerende (K. Obst 2006)

**Herstellung und Druck:**
Druckhaus Panzig
Studentenberg 1a
17489 Greifswald

Preis: 5,-€
ISSN 0944-0836

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommern herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten und Helfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwandt werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwandt werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden kann. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist.

Güstrow, im Dezember 2006

# Inhalt

Vorwort ..... 3
1. Grundlegendes zur Erdwärme und ihrer Nutzung ..... 5
2. Erschließung der Erdwärme mit Sonden ..... 7
3. Auslegung von Erdwärmesonden ..... 11
4. Rechtliche Grundlagen der Erdwärmenutzung/-gewinnung ..... 15
5. Anforderungen an Bauausführung und Betrieb von Erdwärmesonden ..... 17
6. Standortbeurteilung ..... 23

Anlagen

Anlage 1: Gesetze, Regelwerke, Literatur
Anlage 2: Wasserbehörden in Mecklenburg-Vorpommern
Anlage 3: Verfahrensweise bei der wasserrechtlichen Behandlung von Erdwärmesondenanlagen
Anlage 4: Vorhabensanzeige für den Bau von Erdwärmesondenanlagen
Anlage 5: Bohranzeige und Ergebnismitteilung gemäß Lagerstättengesetz
Anlage 6: Übersichtskarten zum oberflächennahen geothermischen Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
Anlage 7: Übersichtskarten zur hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Standortbewertung in Mecklenburg-Vorpommern

Quellenangaben der Abbildungen

Abb. 1: AG Energiebilanzen
Abb. 2a: Informationsbroschüre „Oberflächennahe Geothermie“, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Abb. 2b: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Abb. 3: Merkblätter Landesumweltamt NRW, Band 48: „Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme“
Abb. 4: J.-G. Fritsche, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Abb. 6, 7: Informationsbroschüre „Oberflächennahe Geothermie“, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Abb. 5: HAKA.Gerodur AG
Abb. 8 bis 13: K. Obst, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Abb. 14: K. Obst/B. Schwerdtfeger, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V

## Vorwort

Energie ist eine wertvolle Ressource, deren nachhaltige Nutzung nur über sparsamen Umgang und schrittweise Substitution von fossilen durch regenerative Energieträger gewährleistet werden kann.

Ein großes Einsparpotenzial und zugleich günstiger Einsatzbereich für alternative Energien bietet sich im Bereich der Wärmeversorgung von Gebäuden an. Fast 80 Prozent des Endenergieverbrauches in einem Haushalt werden für die Raumheizung benötigt (Abb. 1).

Mithilfe von modernem baulichen Wärmeschutz und Heizungsmodernisierung können hier in erheblichem Maß fossile Energieträger geschont und damit durch die Einsparung von $CO_2$-Emissionen ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Bei der Heizungsmodernisierung sollten die fortgeschrittenen Möglichkeiten des Einsatzes erneuerbarer Energien berücksichtigt werden. Zur emissionsarmen Wärmegewinnung bieten sich vor allem Solar- und Geothermieanlagen an. Von den Umweltenergien hat dabei die Erdwärme den entscheidenden Vorteil, dass sie bei ordnungsgemäßer Ausführung der Wärmegewinnungsanlage unabhängig von Tages- und Jahreszeit stetig zur Verfügung steht.

Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen stellen eine technisch ausgereifte, zuverlässige und wirtschaftlich interessante Möglichkeit der Nutzung regenerativer Energien für die Wärmeversorgung von Wohn- und Bürogebäuden dar. Zunehmend gewinnt auch die Kombination von Raumheizung und -kühlung von gewerblich genutzten Gebäuden in Verbindung mit der Wärme-/Kältespeicherung im geologischen Untergrund an Bedeutung.

Auch wenn die umweltpolitische Bedeutung der Erdwärmenutzung unbestritten ist, muss sie sich den Anforderungen des vorsorgenden Grundwasserschutzes für die Sicherstellung einer einwandfreien Trinkwasserversorgung unterordnen. Das kann besondere Auflagen für den Ausbau von Erdwärmesonden oder im Einzelfall den Verzicht auf die Erdwärmenutzung am konkreten Standort bedeuten.

Dieser Leitfaden soll Bauherren, Planer, Heizungsbauer und Bohrunternehmer über die Prinzipien sowie technischen und rechtlichen Anforderungen von erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen mit Schwerpunkt auf dem Einsatz von Erdwärmesonden informieren. Gleichzeitig soll er Hilfestellung für den Entscheidungsprozess in Kreisverwaltungsbehörden leisten und die erforderlichen Anzeigen bzw. Erlaubnisverfahren für den Antragsteller transparenter machen.

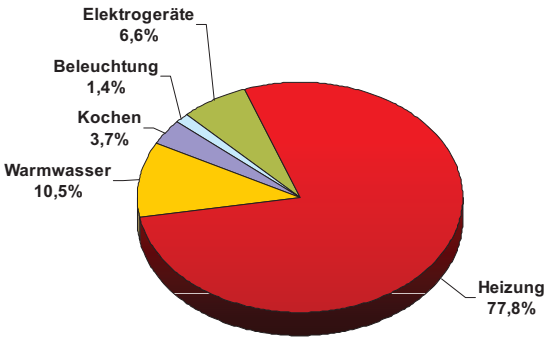



Abb. 1: Verteilung des Endenergieverbrauches in einem Haushalt

## 1. Grundlegendes zur Erdwärme und ihrer Nutzung

Unter „**Erdwärme**“ versteht man die unterhalb der Oberfläche der festen Erde gespeicherte Wärmeenergie. Als synonymer Begriff dazu gilt auch „Geothermische Energie“. Dagegen bezeichnet der Begriff „**Geothermie**“ pauschal die Aktivitäten zur Erschließung und Nutzbarmachung der Erdwärme.

Die unerschöpfliche Quelle der Erdwärme ist zum Einen die im Erdinneren gespeicherte Gravitationsenergie aus der Entstehungszeit der Erde vor 4.5 Milliarden Jahren und zum Anderen die in der oberen Erdkruste ständig produzierte Zerfallsenergie natürlicher radioaktiver Isotope vor allem von Uran, Thorium und Kalium.

Der stetig aus der Tiefe an die Erdoberfläche aufsteigende (terrestrische) Wärmestrom beträgt in Deutschland durchschnittlich 65 bis 70 mW/m$^2$ und setzt sich zu etwa 30 Prozent aus der Gravitations- und zu etwa 70 Prozent aus der radioaktiven Zerfallsenergie zusammen. Dieser **Wärmetransport** ist fast ausschließlich auf Wärmeleitung zurückzuführen. Die dabei transportierte Wärmemenge ist proportional dem Temperaturgradienten und den spezifischen Wärmeleitfähigkeiten der am Aufbau der Erdkruste beteiligten Gesteine. Ausnahmen bilden Kluft- oder Störungssysteme, in denen meteorische Wässer rasch bis in große Tiefen versickern können und danach stark aufgeheizt in Form von heißen Quellen (auch Geysiren) wieder aufsteigen. Dort findet der Wärmetransport mit dem strömenden Wasser statt. Man spricht in diesem Fall von konvektivem Wärmetransport. Die auf diese Weise transportierte Wärmemenge verhält sich proportional zur Fließgeschwindigkeit des strömenden Wassers und ist wegen der hohen spezifischen Wärmekapazität von Wasser deutlich größer, als diejenige infolge reiner Wärmeleitung durch das Gestein.

Der globale Mittelwert für den Temperaturgradienten in der oberen Erdkruste beträgt 1 Grad pro 30 m, d.h. mit zunehmender Tiefe um 30 Meter steigt die Temperatur um 1 Kelvin (bzw. °C) an. Den Reziprokwert des Temperaturgradiente bezeichnet man als „**geothermische Tiefenstufe**“.

Die obersten Meter der Erdkruste werden thermisch allein durch den solaren Wärmestrom bestimmt. Das liegt daran, dass er den terrestrischen Wärmestrom um das 20.000-fache übertrifft und dadurch die jahreszeitlichen Schwankungen der Lufttemperatur Auswirkungen auf den Temperaturverlauf bis zu einer Tiefe von mindestens 10 Meter haben. Die dort gespeicherte geothermische Energie ist also solaren Ursprungs. Erst unterhalb einer „neutralen“ Zone zwischen etwa 15 bis 20 Meter kommt der o.g. geothermische Gradient zum Tragen.

Die verschiedenen Nutzungskonzepte der Geothermie lassen sich im wesentlichen nach zwei Gesichtspunkten unterscheiden. Einmal wird als **Unterscheidungskriterium** die **Tiefe** zugrunde gelegt, aus der die Erdwärme gewonnen wird. Man spricht von „Tiefer“ oder von „Oberflächennaher“ Geothermie. Dabei hat man sich zum allgemeinen Verständnis auf einen Tiefenwert von 400 Meter festgelegt, der quasi als Grenzwert zwischen beiden Bereichen gelten soll. Er entspricht bei einem normalen Gradienten einer Temperatur von etwas über 20 °C. Somit ist bei der Oberflächennahen Geothermie der Einsatz einer Wärmepumpe unerlässlich, wenn man die Erdwärme zur Gebäudeheizung nutzen will. Von Tiefer Geothermie im engeren Sinne sollte man jedoch erst bei Tiefen von größer 1000 Meter und/oder Temperaturen größer 50 °C sprechen. Unter diesen Bedingungen ist eine direkte Wärmenutzung (nur Wärmetauscher) für Heizungszwecke möglich.

Während das Unterscheidungskriterium Tiefe eine gewisse Unschärfe aufweist, ist die Unterscheidung nach der **Art des Wärmetransportes** im Gestein eindeutiger.

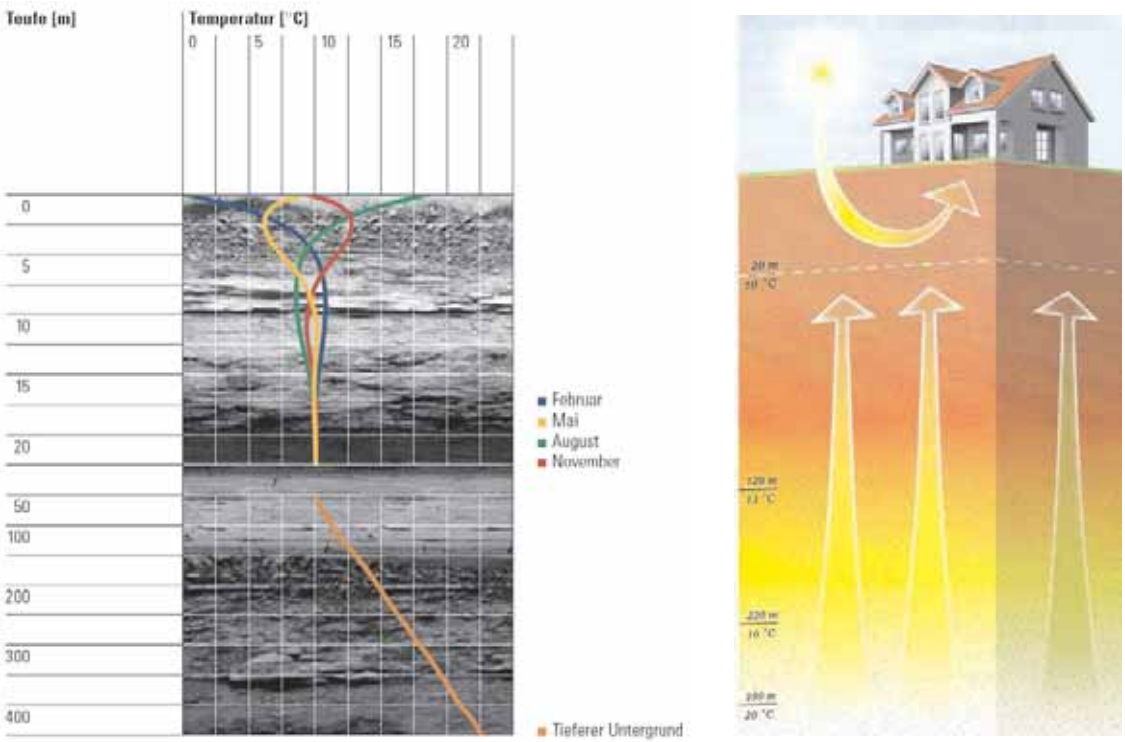



Abb. 2: Einflussbereiche des solaren und terrestrischen Wärmestromes

Von „**Hydrothermalen Systemen**“ bzw. von „Hydrogeothermie“ spricht man im Falle des konvektiven Wärmetransportes. Er kann nur in klüftigen und/oder porösen Gesteinen bei ausreichender hydraulischer Durchlässigkeit durch Strömung bzw. Zutageförderung des (thermalen) Grundwassers zustande kommen. Der Wärmeentzug bzw. die Wärmeübertragung an den Heizkreislauf eines Gebäudes oder eines größeren Verteilungsnetzes erfolgt obertägig mittels Wärmetauscher oder Wärmepumpe. Durch Reinjektion des abgekühlten Wassers über eine zweite Bohrung (Bohrungsdoublette) in den Untergrund bildet sich ein unterirdischer Kreislauf heraus, der gegenüber dem klüftigen/porösen Gestein als „offen“ zu betrachten ist. Daraus leitet sich als weiterer synonymer Begriff für solche Systeme die Bezeichnung „Offenes System“ ab.

Als „**Petrothermale Systeme**“ bezeichnet man solche, bei denen die Wärmeleitfähigkeit der Gesteine den Wärmetransport maßgeblich bestimmt. Wärmeleitung ist sowohl in dichten, als auch in klüftigen/porösen Gesteinen möglich. Bei porösen Gesteinen hängt die Wärmeleitfähigkeit von der Porosität und der Art der Porenfüllung ab. Beispielsweise macht sie bei trockenen Sanden weniger als ein Viertel derjenigen von wassergesättigten Sanden aus.

Typische Beispiele für die technische Realisierung des untertägigen Anlagenteiles solcher Petrothermaler Systeme sind **Erdwärmesonden** – bei Einsatz sowohl im tiefen als auch im oberflächennahen Bereich – sowie Erdwärmekollektoren und erdberührte Betonbauteile (Energiepfähle, Energiebodenplatten u.a.) bei ausschließlichem Einsatz im oberflächennahen Bereich. Allen gemeinsam ist die Tatsache, dass sie „Geschlossene Systeme“ darstellen. Sie arbeiten als reine Wärmetauscher. Ein stofflicher Austausch mit dem Untergrund wie bei den Hydrothermalen Systemen erfolgt nicht. Die den Gesteinen entzogene Erdwärme wird in einem geschlossenen Flüssigkeitskreislauf zutage gefördert, dort über Wärmetauscher oder Wärmepumpe an den Heizkreislauf übertragen und abgekühlt in den Untergrund zurück geführt. Diese Rücklauftemperatur erzeugt um die Erdwärmesonde den Temperaturgradienten, der den Wärmetransport aus dem umgebenden Gestein aufrecht erhält.

## 2. Erschließung der Erdwärme mit Sonden

Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen bestehen aus drei, über Wärmetauscher vollständig voneinander getrennten Kreisläufen.

Der **Erdwärmesondenkreislauf** (allg. Wärmequellenkreislauf) sorgt für die Wärmeaufnahme aus dem geologischen Untergrund. Als Wärmeträger dient ein Gemisch aus Wasser und einem Frostschutzmittel oder eine Salzlösung (siehe Tabelle 3), wofür auch der allgemeine Begriff „Sole“ benutzt wird. Durch das Temperaturgefälle zwischen dem Gestein und dem kühleren Wärmeträger wird die Erdwärme auf den Wärmeträger übertragen und mittels einer Umwälzpumpe zum Wärmetauscher auf der Verdampferseite der Wärmepumpe transportiert.

Im **Wärmepumpenkreislauf** wird die Wärme vom Verdampfer zum Verflüssiger transportiert. Als Wärmeträger dient ein geeignetes Kältemittel, wie z.B. die ozonunschädlichen HFKW R407C und R134a oder die Kohlenwasserstoffe Propan (R290) und Propen (R1270).

Der **Heizungskreislauf** ist Bestandteil der technischen Gebäudeausrüstung und verteilt die am Wärmetauscher auf der Verflüssigerseite der Wärmepumpe aufgenommene Wärme innerhalb des Gebäudeheizungssystems. Als Wärmeträger dient hier Wasser.

Die **Erdwärmesonde** ist eine meist vertikale Bohrung, in die ein einzelnes U-Rohr oder ein Doppel-U-Rohr oder seltener auch ein Koaxial-Rohr als Wärmetauscher eingebracht sind, in dem der Solekreislauf geführt wird.

Sollten in Ausnahmefällen (bei Koaxial-Systemen) Stahlrohre verwendet werden, so ist auf ausreichende Wanddicke, Stahlqualität und Korrosionsschutz zu achten.

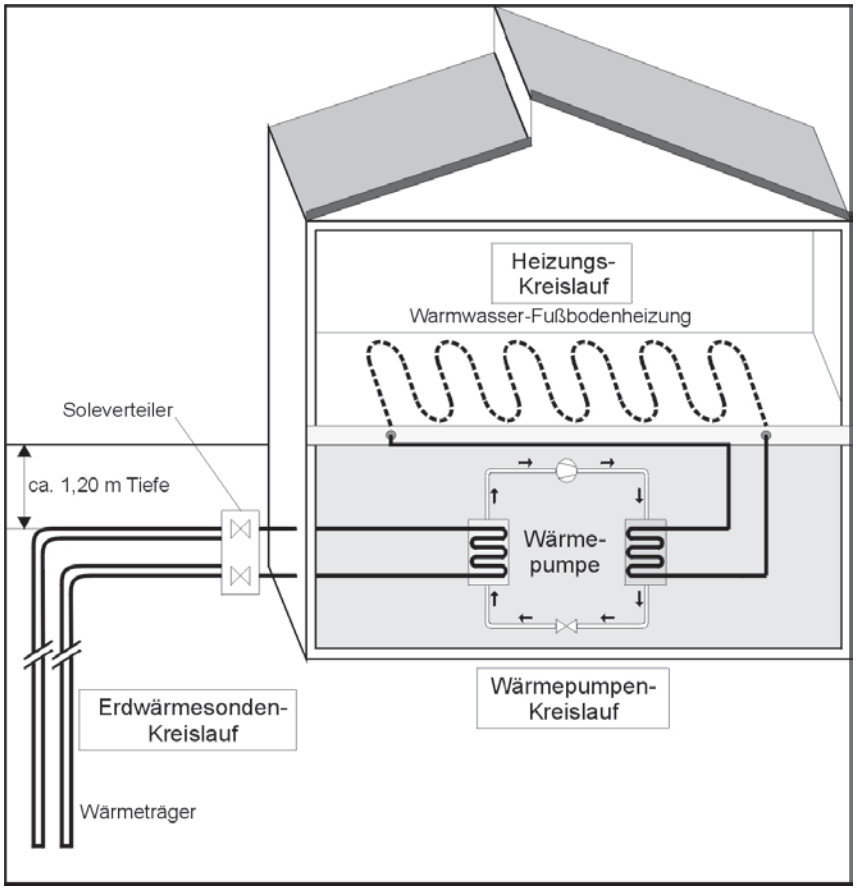



Abb. 3: Prinzipschema einer erdgekoppelten Wärmepumpenanlage

Abb. 4: Konfektionierte Doppel-U-Rohr-Sonde vor dem Einbau in die Bohrung

Die U-Rohr-Systeme bestehen aus einem Sondenfuß und endlosen, vertikalen Sondenrohren aus hochdichtem Polyethylen (PE-HD; Abb. 4). PE-HD zeichnet sich durch eine gute Verarbeitbarkeit, hohe Reißfestigkeit, hohe Alterungsbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegenüber aggressiven Flüssigkeiten aus. Die nach DIN 8074 und 8075 gefertigten Werkstoffe erfüllen die gestellten Anforderungen.

Abb. 5: Sondenfuß einer Erdwärmesonde mit Gewicht

Der Sondenfuß ist das sensibelste Bauteil einer Erdwärmesonde (Abb. 5). Er ist den größten Belastungen während des Einbaues und des Betriebes ausgesetzt und muss einen ausreichend niedrigen Durchflusswiderstand (lt. VDI 4640 < 10 mbar bei 1 m/s) aufweisen. Seine Anschlüsse an die Sondenrohre sind werkseitig herzustellen. Die Verbindungen haben durch Heizelementschweißen oder Spiegelschweißen nach den Richtlinien 2207 und 2208 des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik (DVS) zu erfolgen. Die komplette Sonde wird dann -ebenfalls werkseitig- einer Druck- und Durchflussprüfung unterzogen.

Der Einbau der vorgefertigten Sonde geschieht durch das Bohrunternehmen. Dabei ist mit größter Sorgfalt zu arbeiten, um Beschädigungen der Sonde zu vermeiden.

Die dem Sondeneinbau nachfolgende Verfüllung des Bohrlochringraumes dient zwei unterschiedlichen Zielen:

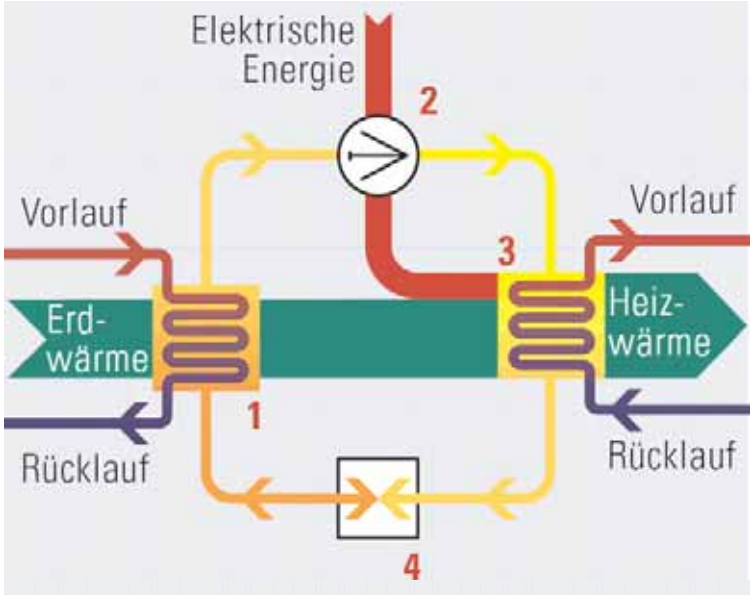
1. Sicherstellung des einwandfreien thermischen Kontaktes zwischen Sonde und Gestein.
2. Hydraulische Abdichtung des Bohrloches in der Vertikalen, um Schadstoffeintrag von der Erdoberfläche und eine gegenseitige Beeinflussung von Grundwasserleitern grundsätzlich auszuschließen sowie Bodensetzungen im bohrlochnahem Bereich zu verhindern

Beide Ziele sind von wesentlicher Bedeutung. Zum einen gewährleistet eine ordnungsgemäße Verfüllung unter den gegebenen geo-

logischen Verhältnissen eine optimale Wärmeentzugsleistung der Erdwärmesonde und zum Anderen kann selbst unter komplizierteren hydrogeologischen Bedingungen (siehe Abschnitt 6) dem Grundwasserschutz Rechnung getragen werden.

Die **Wärmepumpe** ist bei der Oberflächennahen Geothermie eine unverzichtbare Komponente der Wärmegewinnungsanlage. Sie ermöglicht es, die Erdwärme von einem niedrigen Temperaturniveau auf das zum Heizen und zur Warmwasserbereitung nutzbare Niveau anzuheben. Dazu ist bei den im allgemeinen elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpen das Aufbringen zusätzlicher mechanischer Antriebsenergie notwendig.

Das Funktionsprinzip einer solchen Wärmepumpe lässt sich anhand des nachfolgenden Schemas beschreiben.




(1) Verdampfung des kalten Arbeitsmittels (Wärmeträger) durch Wärmeaufnahme

(2) Erhitzung durch Verdichtung im Kompressor zu sog. Heißgas

(3) Abgabe der Wärmeenergie und Kondensation des Gases

(4) Abkühlung durch Entspannung des warmen flüssigen Arbeitsmittels

Abb. 6: Wirkungsprinzip einer Wärmepumpe

Die als Heizwärme verfügbare Gesamtenergie einer Wärmepumpe setzt sich aus der Erdwärme plus der Antriebsenergie zusammen. Die Qualität einer Wärmepumpe wird durch die auf dem Prüfstand ermittelte *Leistungszahl ε* beschrieben.

*ε = momentan abgegebene Wärmeleistung / momentan aufgenommene Antriebsleistung*

Aussagekräftig für die Qualität der gesamten Wärmepumpen-Heizanlage ist die im praktischen Einsatz ermittelte *Jahresarbeitszahl βa*, welche alle von der Heizanlage benötigten Hilfsenergien (auch Antriebsenergie von Umwälzpumpen) berücksichtigt.

*βa = jährlich abgegebene Wärmeenergie / jährlich aufgenommene Antriebsenergie*

In jedem Fall hängen die Kennwerte ε und βa von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeverbraucher ab. Es gilt: Je geringer diese Differenz ΔT, desto wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe und damit die gesamte Heizanlage. In der Praxis bewirkt die Verringerung von ΔT um je 1 Kelvin (= 1 °C) eine Stromersparnis bis zu 2,5 %.

Wegen der Abhängigkeit der Arbeitszahlen von der notwendigen Temperaturspreizung beeinflusst auch die technische Auslegung des **Gebäudeheizkreislaufes** die Effektivität des gesamten Heizungssystems. Besonders Fußbodenheizungen und Energiewände sind wegen der relativ niedrigen Vorlauftemperaturen sehr vorteilhaft.

Nur die aufeinander abgestimmte Auslegung und Dimensionierung jeder der drei miteinander gekoppelten Kreisläufe bringt den gewünschten Erfolg.

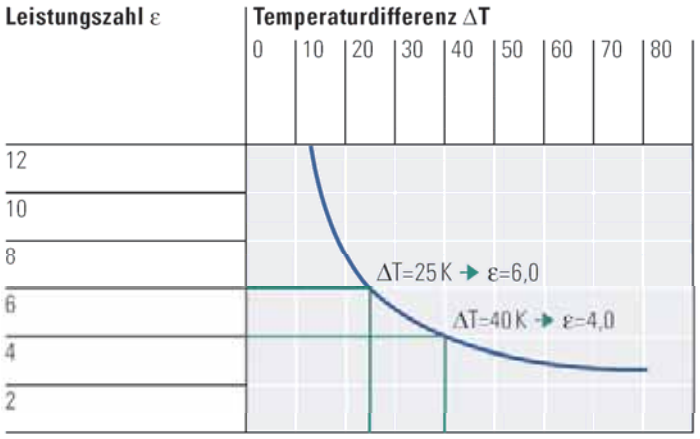



Abb. 7: Die Leistungszahl ε als Funktion der Temperaturdifferenz ΔT zwischen Verdampfer und Verflüssiger

Optimal ausgelegte erdgekoppelte Wärmepumpen-Heizanlagen können heute Heizwärme bis zu 80 % aus der Umwelt und nur zu 20 % aus der Hilfsenergie Strom beziehen. Das entspricht einer Jahresarbeitszahl von 5. Sie sind damit sowohl hinsichtlich Primärenergieverbrauch als auch hinsichtlich Emission von Kohlendioxid konventionellen Brennstoff-Heizsystemen deutlich überlegen.

## 3. Auslegung von Erdwärmesonden

Die Tiefe oder besser Länge einer Erdwärmesonde ist der wesentliche Parameter für die zu erzielende Wärmeentzugsleistung aus dem Untergrund. Sie bewegt sich üblicherweise zwischen einigen 10 m bis etwa 200 m. Dagegen ist der gewählte Sondentyp (U-Rohr, Doppel-U-Rohr, Koaxial-Rohr, Durchmesser, Wandstärke, Material) von nachgeordneter Bedeutung. Er übt jedoch bei kurzfristigen Änderungen des Betriebszustandes (z.B. Einschaltphasen) von Erdwärmesondenanlagen einen merklichen Einfluss auf den zeitlichen Temperaturverlauf der Wärmeträgerflüssigkeit aus. Durch gute thermische Anbindung der Sonde mit dem Erdreich und Unterbindung von laminarer Strömung in der Sonde können stärkere Temperaturabsenkungen vermieden werden.

Die für einen vorgegebenen Heizbedarf erforderliche **Sondenlänge** ist entscheidend von der geologisch/hydrogeologischen Beschaffenheit des Untergrundes abhängig. Das liegt in der Unterschiedlichkeit der spezifischen Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität der einzelnen Gesteinsarten und deren Porenfüllung (variierende Wassersättigung bei Lockergesteinen) begründet.

Tabelle 1 zeigt in einem Auszug aus VDI 4640, Teil 1 solche stoffspezifischen Wärmeeigenschaften für typische eiszeitliche Sedimentgesteine, wie sie in Mecklenburg-Vorpommern weit verbreitet sind. Darüber hinaus sind auch Angaben für unterschiedliche Poreninhalte, Verpressmaterialien und Sondenmaterialien enthalten.

Bei den rolligen Sedimenten Sand und Kies wirkt sich der Poreninhalt Luft oder Wasser und damit das Maß der Wassersättigung deutlich auf die Wärmeeigenschaften des Gesteins aus. Bei den bindigen Sedimenten Schluff und Ton kann man in wenigen Metern Tiefe unter der Erdoberfläche hingegen durchweg von feuchten bis nassen Verhältnissen ausgehen.

Die **Wärmeentzugsleistung** von Erdwärmesonden lässt sich unter Vorgabe konkreter Untergrund- (Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität, initiale Temperatur, terrestrischer Wärmefluss, Grundwasserfluss) und technischer Parameter (Sondenlänge, Sondenanzahl, Sondenart, Zusammensetzung des Wärmeträgerfluides, minimale Rücklauftemperatur, Jahresprofil der Wärmemenge) mittels speziell entwickelter Software (z.B. EED = Earth Energie Designer) oder numerischer Modelle zur Grundwasserströmung und zum Wärmetransport (z.B. FEFLOW, SHEMAT) berechnen.

| | | Gestein | Wärmeleitfähigkeit in W/mK | | | Wärmekapazität in MJ/m³K | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Annahme** | Minimum | Maximum | **Annahme** | Minimum | Maximum |
| **Lockergestein** | **klastisch** | Kies, trocken | **0.40** | 0.39 | 0.52 | **1.50** | 1.40 | 1.62 |
| | | Kies, gesättigt | **1.80** | | | **2.40** | 2.28 | 2.88 |
| | | Sand, trocken | **0.40** | 0.27 | 0.75 | **1.40** | 1.31 | 1.59 |
| | | Sand, trocken, kompaktiert | **1.20** | 1.11 | 1.25 | **1.70** | | |
| | | Sand, feucht | **1.00** | 0.58 | 1.75 | **1.80** | 1.23 | 2.22 |
| | | Sand, gesättigt | **2.40** | 1.73 | 5.02 | **2.50** | 2.20 | 2.86 |
| | | Sand, gefroren | **2.00** | 1.25 | 2.94 | **1.50** | 1.16 | 1.95 |
| | | Schluff, feucht bis nass | **1.80** | 1.00 | 2.30 | **2.20** | 1.60 | 2.78 |
| | | Ton, feucht bis nass | **1.60** | 0.90 | 2.22 | **2.40** | 1.60 | 3.40 |
| | | Geschiebemergel / Moräne | **2.00** | 1.00 | 2.50 | **2.10** | 1.51 | 2.45 |
| | **karbonatisch** | Mergel | **2.10** | 1.75 | 3.46 | **2.30** | 2.00 | 2.57 |
| | | Mergel, tonig | **2.00** | 1.49 | 2.52 | **2.20** | | |
| **Sonstiges** | **Poreninhalt** | Luft bei 0 bis 20 °C | **0.02** | 0.02 | 0.03 | **0.0012** | | |
| | | Wasser bei 0 bis 10 °C | **0.60** | 0.56 | 0.59 | **4.20** | 4.15 | 4.22 |
| | | Eis bei -10 bis 0 °C | **2.20** | 2.20 | 2.32 | **1.90** | 1.87 | 1.87 |
| | **Füllmaterial** | Bentonit | **0.70** | | | **3.90** | | |
| | | Bentonit-Sand-Mischung | **1.50** | | | **3.40** | | |
| | **Rohrmaterial** | Stahl | **60.00** | | | **3.12** | | |
| | | Kunststoff (PE) | **0.39** | | | **n.a.** | | |

Tab. 1: Wärmeeigenschaften von ausgewählten Lockergesteinen und sonstigen Materialien

Für die Dimensionierung von Anlagen, bei denen wegen der geforderten Wärmeleistung eine größere Anzahl von Erdwärmesonden (Sondenfelder) benötigt werden, oder von Anlagen, bei denen die Gewinnung und Speicherung von Wärme und/oder Kälte kombiniert werden soll, sind solche Berechnungen zwingend erforderlich. Dabei sollte auch die Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes wegen ihrer maßgeblichen Bedeutung für das Berechnungsergebnis durch direkte Messung (Thermal Response Test) in einer ersten Sonde am jeweiligen Nutzungsstandort bestimmt und die Bemessung der weiteren Sonden erst danach vorgenommen werden.

Die in Tabelle 2 aufgeführten Werte für die **spezifische** (auf einen Meter Sondenlänge bezogene) **Wärmeentzugsleistung** wurden aus solchen Berechnungen abgeleitet. Ihr eingeschränkter Gültigkeitsbereich ist in der VDI 4640, Blatt 2 genannt. Sie sollen vor allem die Planung der erforderlichen Sondenlänge bei kleinen Anlagen bis 30 kW Heizleistung erleichtern. Es gilt die Beziehung:

*Sondenlänge (m) = Verdampferleistung der Wärmepumpe (W) / spezifische Wärmeentzugsleistung (W/m)*

Die Verdampferleistung ergibt sich dabei überschlägig aus dem Heizbedarf und der Wärmepumpen-Arbeitszahl.

Die spezifische Entzugsleistung hängt auch wesentlich von der Betriebsdauer (in h/a) und damit von der jährlich entzogenen Wärmemenge (in kWh/ma) der Anlage ab, weil die zulässige Rücklauftemperatur in der Erdwärmesonde als limitierendes Kriterium zum Tragen kommt. Letztendlich ist es aber der terrestrische Wärmestrom von 65 bis 70 mW/m$^2$ (siehe Abschnitt 1), der die Ursache für die Begrenzung darstellt, wenn es sich bei richtiger Auslegung einer Erdwärmesondenanlage tatsächlich um die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energie handeln soll. Somit ist bei zunehmender Betriebsdauer mit abnehmenden spezifischen Entzugsleistungen zu rechnen. In Tabelle 2 steht die **Betriebsstundenzahl** 1800 h/a für reine Raumheizung und 2400 h/a für zusätzliche Warmwasserbereitung mittels der erdgekoppelten Wärmepumpenanlage.

Die in der Tabelle 2 genannten Wertebereiche der spezifischen Entzugsleistung werden als allgemein verbindlich erachtet, wenn man aus lithologischen Bohrprofilen die erzielbaren Verdampferleistungen an der Wärmepumpe abschätzen und auf spezielle Berechnungen verzichten will . Wegen der Reduzierung der Angaben auf wenige Gesteine bzw. Gesteinsgruppen macht sich jedoch bei der Abschätzung eine Vereinfachung der häufig sehr differenzierteren lithologischen Ausprägung der Gesteine erforderlich (Abb. 8). Andererseits können aber auch bestimmte Gesteinsmerkmale die Festlegung auf einen konkreten Wert innerhalb des angegebenen Wertebereiches begründen. Beispielsweise gibt es bei den rolligen Sedimenten einen Zusammenhang zur Kornverteilung, d.h. Feinsande sind hinsichtlich der spezifischen Wärmeentzugsleistung niedriger anzusetzen als etwa Mittelsande, Grobsande oder Kiese.

| | Beschaffenheit des Untergrundes | spezifische Wärmeentzugsleistung [W/m] | |
|---|---|---|---|
| | | bei 1800 h/a | bei 2400 h/a |
| Richtwerte | trockenes Sediment ($\lambda$ < 1.5 W/mK) | 25 | 20 |
| | wassergesättigtes Sediment ($\lambda$ = 1.5 bis 3.0 W/mK) | 60 | 50 |
| einzelne Gesteine | Kies, Sand; trocken | < 25 | < 20 |
| | wassergesättigt | 65 - 80 | 55 - 65 |
| | bei starkem GW-Fluss | 80 - 100 | 80 - 100 |
| | Ton, Lehm; feucht | 35 - 50 | 30 - 40 |
| | Sandstein | 65 - 80 | 55 - 65 |
| | Kalkstein (massiv) | 55 - 70 | 45 - 60 |

Tab. 2: mögliche spezifische Entzugsleistungen für Erdwärmesonden (Auszug aus VDI 4640, Blatt 2)

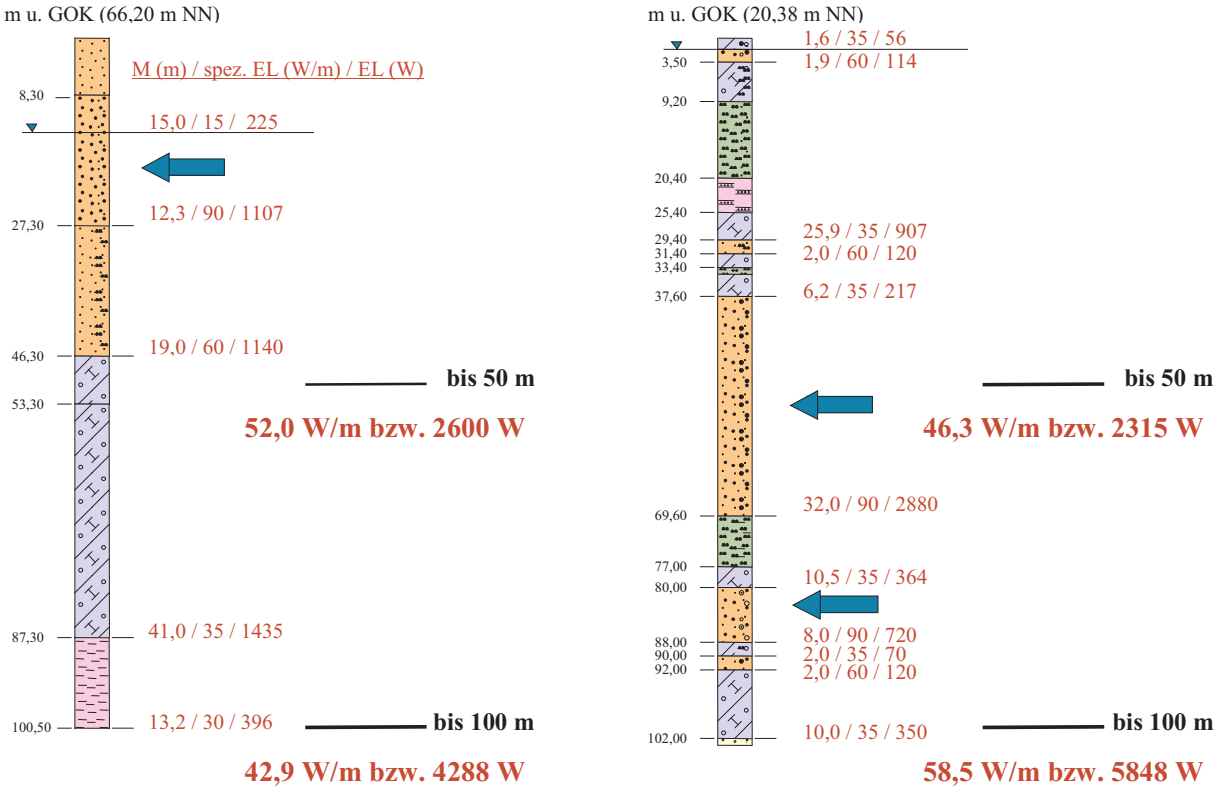



Abb. 8: Beispiele für die Berechnung der Entzugsleistung (EL) = Mächtigkeit (M) × spezifische Entzugsleistung (spez. EL) für unterschiedliche Gesteinsschichten und Sondenlängen von 50 m bzw. 100 m

Die Angaben in Tabelle 2 repräsentieren den Stand ab 2001 bis zum Redaktionsschluss dieses Leitfadens. Es ist damit zu rechnen, dass eine Präzisierung oder Erweiterung im Rahmen einer angekündigten Überarbeitung der VDI 4640 erfolgen wird.

Die **Karten zum oberflächennahen geothermischen Potenzial** in Mecklenburg-Vorpommern zeigen die räumliche Verteilung der spezifischen Wärmeentzugsleistung für die Tiefenbereiche 0 bis 40, 60, 80 und 100 m, jeweils bezogen auf die beiden Betriebsvarianten 1800 und 2400 h/a (siehe Anlage 6). Sie wurden durch Regionalisierung der bohrungsbezogenen Ergebnisse für etwa 15.000 lithologische Profile erarbeitet und stellen Übersichtskarten dar, die in der Planungsphase zur überschlägigen Abschätzung der erforderlichen Sondenlängen genutzt werden können, wenn noch kein verlässliches Profil für den Nutzungsstandort bekannt ist.

Wenn an einem Nutzungsstandort der Bau von mehr als einer Erdwärmesonde erforderlich ist, dann spielen der Abstand zwischen den Sonden sowie die aufeinander abgestimmten Sondenlängen und -durchmesser eine wichtige Rolle. Ein Mindestabstand von 5 m bei Sondenlängen bis 50 m und von 6 m bei Sondenlängen bis 100 m ist zu fordern, um eine spürbare thermische Beeinflussung von benachbarten Erdwärmesonden zu vermeiden (VDI 4640, Blatt 2). Eine Vergrößerung des Abstandes ist im Rahmen der räumlichen Möglichkeiten des Baugrundstückes jedoch zu empfehlen. Bei größeren Anlagen, die eine Installation von Sondengruppen und -feldern erfordern, ist eine Berechnung der Wechselwirkung der Sonden untereinander und der thermischen Reichweite nach außen hin unerlässlich.

Die Forderung nach einer Abstimmung der Sondenlängen und -durchmesser bei mehreren Sonden ergibt sich hingegen aus der Tatsache, dass die Einzelsonden in parallel geschalteten Kreisen zum Verteiler geführt werden müssen. Dabei ist eine gleichmäßige Durchströmung und damit eine gleichmäßige Ausschöpfung der potenziellen Wärmeleistung aller Einzelsonden sicherzustellen. Das kann nur über gleiche hydraulische Widerstände in den einzelnen Kreisläufen erreicht werden. Dazu stehen auch spezielle

Armaturen zur Verfügung, die eine separate Mengenregulierung in den einzelnen Rohrsträngen erlauben. Ihr Einsatz ist vor allem bei größeren Sondenfeldern zwingend notwendig. Bei zwei bis drei Sonden kann man eine gleichmäßige Durchströmung der Einzelsonden erreichen, wenn exakt gleiche Rohrlängen (zwischen Sondenfuß und Anschluss an den Verteiler) und gleiche Rohrdurchmesser verwendet werden. Aber auch in diesen Fällen bieten Armaturen zur Strömungsregelung größere Sicherheit, denn schon leichte Quetschungen vor allem der horizontal verlegten Anschlussrohre können spürbare Auswirkungen auf den Strömungswiderstand haben.

Wegen der o.g. Mindestabstände zwischen benachbarten Sonden ergibt sich auch ein erforderlicher **Mindestabstand zur Grundstückgrenze**. Dieser beträgt bei einer Einzelsonde 5 m. Für Sondengruppen oder –feldern sind die Abstände zu vergrößern (siehe oben).

Bei Einhaltung der in diesem Abschnitt genannten Bedingungen sollten die Erdwärmesonden gut funktionieren. Ist dies nicht der Fall bzw. treten nach einiger Zeit Leistungseinbußen auf, kann eine Unterdimensionierung der Erdwärmesonden vorliegen. **Verminderte Leistungen** sind häufig darauf zurückzuführen, dass die Sondenlänge

- zu kurz,
- nicht den geologischen Verhältnissen angepasst (u.a. Grundwasserspiegel) oder
- falsch berechnet (Betriebsstundenzahl und/oder Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe nicht beachtet, spätere Erhöhung des Heizbedarfs, benachbarte Sonden nicht berücksichtigt) wurde.

Als weitere Ursachen kommen aber auch eine mangelhafte Hinterfüllung der Erdwärmesonden bzw. Leckagen in Betracht.

Mögliche Schäden bei Unterdimensionierung der Erdwärmesonden sind ein abnehmender Wirkungsgrad der Anlage infolge sinkender Temperaturen und sich demzufolge erhöhende Betriebskosten. Ab einer Temperatur von ca. -5 °C im Rohrinneren erfolgt zudem eine Eisbildung in den angrenzenden Schichten, die zunächst zu Bauschäden (Hebungen und Senkungen) und im Extremfall zum Stilllegen der gesamten Anlage führen kann.

## 4. Rechtliche Grundlagen der Erdwärmenutzung/-gewinnung

Die den nachfolgenden Ausführungen zugrunde liegenden Gesetze sind in der Anlage 1 aufgeführt.

### Bergrecht

Erdwärme gilt nach § 3 Abs. 3 Satz 2 Nr. 2b BBergG als bergfreier Bodenschatz. Deshalb bedarf es für die Aufsuchung der Erdwärme einer Erlaubnis nach § 7 BBergG und für deren Gewinnung einer Bewilligung nach § 8 BBergG oder des Bergwerkseigentums nach §§ 9 bzw. 149 BBergG, und zwar unabhängig von der Teufe des Nutzhorizontes, also auch bei Bohrteufen < 100 Meter. Diese Grundsätze gelten nicht, sofern die Nutzung der Erdwärme in einem Grundstück aus Anlass oder im Zusammenhang mit dessen baulicher oder sonstiger städtebaulicher Nutzung steht (§ 4 Abs. 2 Nr. 1 BBergG), z.B. für die Beheizung eines Gebäudes. Wird die Erdwärme für Zwecke benutzt, die über das eigene Grundstück hinausgehen, also etwa zur Beheizung von Gebäuden auf anderen Grundstücken, liegt die Ausnahme des § 4 Abs. 2 Nr. 1 BBergG nicht vor, d.h. es bedarf zur Gewinnung der Erdwärme einer Bergbauberechtigung.

**Bei einer grundstücksbezogenen Nutzung der Erdwärme kommen die wasserrechtlichen Regelungen des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur Anwendung**, z.B. für erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen mit einer Heizleistung bis 30 kW, wenn die Erdwärmesonden gleichzeitig einen Mindestabstand von 5 Meter zur Grundstücksgrenze einhalten. Das gilt auch bei Sondenlängen über 100 m. In diesen Fällen besteht jedoch für die Bohrung als solche eine zusätzliche Anzeigepflicht bei der zuständigen Bergbehörde (s.u.).

### Wasserrecht

Nach § 35 Wasserhaushaltsgesetz (WHG i.V.m. § 33 Landeswassergesetz Mecklenburg-Vorpommern (LWaG MV) in Verbindung mit § 20 Abs. 2 und 4 LWaG MV **ist jede Errichtung einer Erdwärmesonde der zuständigen unteren Wasserbehörde anzuzeigen** (siehe Anlage 2). Der Antrag mit den entsprechenden Unterlagen (siehe Anlage 4) muss nach § 32 Abs. 3 LWaG MV **mindestens zwei Monate vorher** eingereicht werden. Die Behörde prüft, ob ein Tatbestand der Gewässernutzung gemäß § 3 WHG vorliegt und ob besondere Anordnungen zum Schutze des Grundwassers erforderlich sind.

Liegen keine Einwände seitens der zuständigen Wasserbehörde vor, muss eine schriftliche Bestätigung des Antrages nicht erfolgen und es kann nach Ablauf der Frist mit den Arbeiten begonnen werden. Es liegt aber im Ermessen der jeweiligen Behörde, einen wasserrechtlichen Bescheid auszustellen, um Anordnungen zum Schutz des Grundwassers zu treffen (§ 33 Abs. 3 LwaG).

**Liegt** nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG **ein wasserrechtlicher Benutzungstatbestand vor, ist ein Erlaubnisverfahren** (§ 7 WHG) **im Zusammenhang mit der Errichtung von Erdwärmesonden notwendig**. Dies trifft dann zu, wenn es sich um Maßnahmen handelt, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht unerheblichen Ausmaß schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Wassers herbeizuführen. Besonders beim Durchbohren hydraulisch getrennter Grundwasserstockwerke können unzulässige Beeinträchtigungen des Grundwassers auftreten.

**Eine Erlaubnis kann in begründeten Fällen durch die Wasserbehörde** nach § 6 WHG **versagt oder** nach § 7 WHG **mit Auflagen verbunden werden**. Die erteilten Auflagen werden nach § 90 LwaG durch die zuständige Behörde überwacht.

## Gesetzliche Richtlinien für Bohrungen

Wird dem Antrag auf Nutzung von Erdwärme durch die zuständigen Behörden (Wasserbehörde bzw. Bergamt) stattgegeben, **besteht** unabhängig davon nach § 4 Abs. 1 Lagerstättengesetz **gegenüber dem Geologischen Dienst** im Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V) **eine Anzeigepflicht für das Abteufen von Bohrungen**. Die Verpflichtung trifft jeden, der eine Bohrung auf eigene oder fremde Rechnung ausführt (Bohrunternehmen). Die Anzeige der Bohrung(en) muss **mindestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten** erfolgen (siehe Anlage 5.1). Die Bohrergebnisse sind dem Geologischen Dienst M-V ohne weitere Aufforderung spätestens vier Wochen nach Abschluss der Arbeiten zu übergeben (siehe Anlage 5.2). Die Mitteilung der Ergebnisse kann nach vorheriger Absprache auch in digitaler Form erfolgen.

**Für Bohrungen, die mehr als 100 Meter in das Erdreich eindringen, gilt zusätzlich eine separate Anzeigepflicht** gemäß § 127 Abs. 1 Bundesberggesetz (BBergG) **bei der zuständigen Bergbehörde**. Dies ist in Mecklenburg-Vorpommern das Bergamt Stralsund. Die Bergbehörde entscheidet, ob das Vorhaben betriebsplanpflichtig ist oder nicht. Diese bergrechtliche Anzeige ersetzt jedoch nicht die o.g. wasserrechtliche Anzeige (§ 127 Abs. 2 BBergG)!

Abb. 9: Bohranlage im Einsatz

## 5. Anforderungen an Bauausführung und Betrieb von Erdwärmesonden

Die Errichtung und der Betrieb von Wärmepumpenanlagen, die Erdwärmesonden nutzen, können nachteilige Auswirkungen auf die stoffliche Beschaffenheit des Grundwassers haben. Das betrifft vor allem unzulässige Stoffeinträge (wasserschädigende Betriebsmittel) während der Bohr- und Ausbauphase, Leckagen der Sonde während der Betriebsphase, aber auch die Schaffung unerwünschter hydraulischer Verbindungen zwischen Grundwasserleitern unterschiedlicher Wasserbeschaffenheit und/oder Hydrodynamik durch fehlerhaften Ausbau der Bohrung. Um dies zu vermeiden, ergeben sich eine Reihe von Anforderungen an die Bauausführung und den Betrieb von Erdwärmesonden.

Grundsätzlich gilt, dass die maßgebenden **DIN-Normen, VDI-Richtlinien und DVGW-Regelwerke** zu **beachten** sind. Erdwärmesonden sowie zugehörige Anlagenteile müssen dem Stand der Technik entsprechen.

Mit der Ausführung von Bohr- und Ausbauarbeiten sind ausschließlich solche Unternehmen zu beauftragen, die über die notwendige fachliche und technische Leistungsfähigkeit verfügen. Als Nachweis dafür können z.B. das DVGW-Zertifikat nach Arbeitblatt W 120, das Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrunternehmen (Erweiterung des DVGW-Zertifikates) oder aussagekräftige Referenzen auf dem Gebiet des Erdwärmesonden- und Brunnenbaues gelten.

Diese Unternehmen verpflichten sich entsprechend DVGW-Arbeitsblatt W 120, bei ihren Arbeiten

- den Schutz der Umwelt wahrzunehmen,
- für jede Baustelle eine ausgebildete, erfahrene Fachkraft als Baustellenleiter und Aufsichtsperson sowie sonstiges Fachpersonal in genügender Zahl einzusetzen und für ihr Fachpersonal entsprechende Fortbildungsmaßnahmen zu belegen oder firmenintern durchzuführen,
- die jeweils erforderlichen Geräte und Verfahren einzusetzen,
- die einschlägigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, Unfallverhütungsvorschriften und Technischen Regeln zu beachten,
- die Anforderungen des Bundesberggesetzes zu erfüllen,
- für jede Baustelle die Arbeitsstättenverordnung einzuhalten,
- einen ausreichenden Versicherungsschutz abzuschließen.

Nachfolgend sollen einige wesentliche Anforderungen im Zusammenhang mit den einzelnen Phasen der Bauausführung und mit dem Betrieb von Erdwärmesonden genannt werden, die sich aus den Vorschriften, Richtlinien und Regelwerken (siehe Anlage 1) ergeben.

### Vorhabensanzeige

Entsprechend der unter Abschnitt 4 erläuterten rechtlichen Grundlagen ist für die grundstücksbezogene, oberflächennahe Geothermienutzung im Leistungsbereich bis 30 kW mittels erdwärmesondengekoppelter Wärmepumpenanlagen immer eine Anzeige des Vorhabens bei den unteren Wasserbehörden der Landkreise und kreisfreien Städte notwendig (siehe Anlage 4). Liegen seitens der Behörde keine Einwände vor, kann die Erdwärmesondenanlage bis zur angezeigten Tiefe errichtet werden. Andernfalls wird ein Erlaubnisverfahren eingeleitet, das eine Erdwärmenutzung an dem betreffenden Standort nur mit Auflagen gestattet oder diese gänzlich untersagt.

### Bohrarbeiten

Zielstellung der Bohrarbeiten muss es sein, einen sicheren Sondeneinbau und eine ordnungsgemäße Verfüllung auf der gesamten Bohrlochlänge zu gewährleisten. Dazu sind solche Geräte, Verfahren und Betriebsmittel einzusetzen, die unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz den Bedingungen des geologischen Untergrundes am Bohrplatz gerecht werden (Abb. 10).

Der Beginn der Bohrarbeiten ist spätestens zwei Wochen vorher dem Geologischen Dienst im Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern anzuzeigen. Bohrungen tiefer als 100 m

müssen zusätzlich beim Bergamt Stralsund angemeldet werden.

Bohrgeräte und sonstige eingesetzte Maschinen sind gegen Tropfverluste oder Auslaufen von Kraftstoffen, Ölen und sonstigen wassergefährdenden Stoffen während des Betriebes, der Wartung, der Reparatur sowie der Befüllung so zu sichern, dass diese Stoffe nicht in das Erdreich eindringen können.

**Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen** sind der Wasserbehörde oder Polizeidienststelle unverzüglich anzuzeigen, wenn diese nicht mit einfachen betrieblichen Mitteln beseitigt werden können. Der Verursacher muss in eigener Verantwortung Sofortmaßnahmen zur Schadensbehebung oder -minimierung ergreifen.

Auf der Baustelle sind Materialien und Geräte für Sofortmaßnahmen im Störfall (z. B. Brand, Ölunfall, Auftreten artesisch gespannten Wassers u.ä.) ständig vorzuhalten.

Beim Abteufen der Bohrung dürfen nur **Spülungszusätze** verwendet werden, die keine chemischen oder mikrobiologischen Veränderungen im Untergrund bewirken. Es gelten die Richtlinien des DVGW-Merkblattes W 116. Ein geschlossener Bohrspülungskreislauf ist sicherzustellen.

Lassen sich bei Wasserspülbohrungen größere Spülungsverluste (>= 1 l/s) im Bohrloch trotz Einsatz von geeigneten Spülungszusätzen nicht verhindern, sind die Bohrarbeiten sofort einzustellen und die zuständige Wasserbehörde umgehend zu informieren. Dabei ist ein Lösungsvorschlag zu unterbreiten, wie das Eindringen größerer Mengen von Bohrspülung in den Grundwasserleiter durch andere Mittel verhindert werden kann (z.B. Einbau einer Verrohrung).

Der **Bohrdurchmesser** ist so zu wählen, dass zwischen dem mit Distanzstücken auf Abstand gehaltenen Sondenbündel und der Bohrlochwand ein allseitiger Ringraum von mindestens 40 mm verbleibt (d.h. Bohrdurchmesser ≥ Durchmesser Sondenbündel + 80 mm). Als minimaler Bohrdurchmesser sind 160 mm zu gewährleisten.

Abb. 10: Abteufen einer Erdwärmesondenbohrung

Abb. 11: Probennahme bei einer Spülbohrung

Während der Bohrarbeiten ist eine regelmäßige **Entnahme von Gesteinsproben** vorzunehmen (Abb. 11). Sie hat bei jedem Schichtwechsel oder mindestens im 2,5 m – Abstand zu erfolgen. Es gelten die Richtlinien des DVGW-Merkblattes W 114.

Dem Geologischen Dienst ist durch rechtzeitige Absprache die Möglichkeit der Begutachtung des Probenmaterials einzuräumen. Auf Verlangen sind die Proben seitens des Bohrunternehmens mindestens 6 Monate aufzubewahren oder zwischenzeitlich dem Geologischen Dienst zur Verfügung zu stellen. Die sachkundige Begutachtung kann auch von einem, die Bohrarbeiten fachlich begleitenden hydrogeologischen Fachbüro übernommen werden.

Bei Misserfolg einer Bohrung vor Einbau der Sonde ist das Bohrloch bis zur Geländeoberkante dauerhaft wasserdicht zu verpressen.

Das nach DIN 4022 erstellte **geologische Schichtenverzeichnis** ist zusammen mit einer Dokumentation von

- Wasserständen (wenn messbar),
- Spülungsverlusten bei Wasserspülbohrungen,

einschließlich

- des Bohrmeisterprotokolls und
- eines Lageplans mit Angabe von Koordinaten (GK Bessel oder Nennung eines anderen verwendeten Systems) und Geländehöhe des Bohransatzpunktes

dem Geologischen Dienst und der zuständigen unteren Wasserbehörde spätestens 4 Wochen nach Abschluss der Bohrarbeiten auszuhändigen (siehe Anlage 5).

## Sondeneinbau

Zum sicheren Einbringen der Sonde in das offene Bohrloch sind folgende Schritte bzw. Maßnahmen einzuhalten:

Es sind nur werkseitig komplettierte (Rohre + Sondenfuß) und nach DIN 4279-7 **druck- und durchflussgeprüfte Sondensysteme** einzubauen. Das ist der unteren Wasserbehörde mit einem entsprechenden Zertifikat des Herstellers nachzuweisen.

Abb. 12: Einbau einer Erdwärmesonde

Die Sonde ist vor dem Einbau mit Wasser zu füllen, um ein Aufschwimmen im wasser- bzw. mit Bohrspülung gefüllten Bereich des Bohrloches zu verhindern.

Zur Erhöhung und besseren Verteilung der Eigenlast ist ein ausreichend dimensioniertes Zusatzgewicht am Sondenfuß erforderlich (Beispiel siehe Abb. 5).

Vor der Einführung der Sonde in das Bohrloch ist die darin befindliche Spülung bei Bedarf auszudünnen, um den Auftrieb für die Sonde zu mindern.

In der ersten Phase des Einbaus muss die eindringende Sonde gebremst und bei zunehmender Tiefe leicht nachgeschoben werden (Abb. 12). Hierbei ist eine ausreichende Weite und **Standsicherheit der offenen Bohrung** wichtig. Ansonsten ist mit einer temporären Schutzverrohrung die Bohrlochwand zu sichern.

Von der Anwendung äußerer Kräfte durch technische Geräte (etwa Bohrstange) ist abzuraten, auch wenn dies in der VDI 4640 nicht ausdrücklich untersagt ist. Die Gefahr der Beschädigung des Sondenfußes ist bei solchen Maßnahmen nicht beherrschbar.

Zur Vermeidung des Eindringens von Fremdkörpern sind bis zum Anschluss an die Wärmepumpe die offenen Enden der Sondenrohre mit PE-Endkappen sicher zu verschließen.

## Verfüllung des Bohrlochringraumes

Die Verfüllung des Bohrlochringraumes dient der thermischen Ankopplung der Sonde an den Untergrund und der hydraulischen Abdichtung des Bohrloches in vertikaler Richtung. Gleichzeitig stellt sie im Falle einer Leckage der Sonde während des laufenden Betriebes eine zusätzliche Sicherheit gegenüber austretender Sole dar.

Als **Verfüllmaterial** von Erdwärmesonden sind nur grundwasserunschädliche, dauerhaft aushärtende, wasserdichte und (frost)-beständige Suspensionen einzusetzen, die eine hohlraumfreie und volumenbeständige Bohrlochverfüllung zulassen. Dazu gehören die als Dämmer bekannten Bentonit-Zement-Mischungen, welche durch abgestimmte

Beimengungen von Quarzsand in ihrer Wärmeleitfähigkeit (bis ca. 1,3 W/mK) verbessert sein können, oder die auf dem Markt angebotenen, speziell für den Einsatz bei Erdwärmesonden entwickelten Produkte mit Wärmeleitfähigkeiten von >= 2 W/mK (Abb. 13).

Gleichzeitig mit der Sonde muss das Verfüllrohr in das Bohrloch eingeführt werden. Abhängig von der Bohrtiefe sind bei Bedarf mehrere Rohre abgestufter Länge zu verwenden, um eine lückenlose Verfüllung mit Sicherheit gewährleisten zu können.

Unmittelbar nach Einbringen der Erdwärmesonde ist das Bohrloch ohne Unterbrechung vollständig von der Sohle aus nach oben mit der Suspension zu verpressen. Durch geeignete Maßnahmen (z.B. Zentrierung der Sonden) ist eine vollständige Umhüllung der Sonden durch die Suspension zu gewährleisten. Durch Lufteinschlüsse entstehende Hohlräume sind unbedingt zu vermeiden.

Das Anmischen und **Verpressen** der Suspension hat nur mit solchen Gerätschaften zu erfolgen, die das Herstellen einer homogenen Masse im vorgegebenen Mischungsverhältnis und das Einbringen unter kontrollierten Druckbedingungen erlauben.

Die Menge und Dichte des eingepressten Materials für die Ringraumverfüllung ist kontinuierlich zu erfassen. Der Verpressvorgang ist so lange fortzuführen, bis die Dichte der aus dem Bohrloch austretenden Suspension die der eingepressten Suspension entspricht.

Das beim Verpressen aus dem Bohrloch verdrängte Wasser und die in der Endphase austretende Suspension sind sachgerecht aufzufangen und zu entsorgen.

Es ist eine **Funktionsendprüfung** der mit Wasser gefüllten Sonde durchzuführen (VDI 4640, Blatt 2, Abschnitt 5.2.3). Bei Problemen ist die Sonde ordnungsgemäß zurückzubauen und nach sachgerechter Behebung des Schadens oder unter Einsatz einer neuen Sonde der Einbau zu wiederholen. Das Ergebnis der Prüfung ist zu protokollieren und zusammen mit den anderen Unterlagen der verfahrensleitenden Behörde schriftlich mitzuteilen.

Abb. 13: Herstellung einer Bentonit-Zement-Mischung zum Verpressen

Ausnahmen gegenüber der Verwendung o.g. Suspensionen sind von der unteren Wasserbehörde zu genehmigen. Ein zulässiger Ausnahmefall könnte z.B. bei flacheren Sonden gegeben sein, wenn nur der unbedeckte, obere Grundwasserleiter erschlossen wurde und eine gute thermische Ankopplung der Sonde durch das strömende Grundwasser erwünscht ist. Dann wäre im wassergesättigten Bereich der Einsatz von Filterkies denkbar, bei gleichzeitiger Dämmung mindestens in den obersten fünf Metern der Bohrung.

## Betrieb des Sondenkreislaufes

Als **Wärmeträgerflüssigkeiten** dürfen ausschließlich nur nichtwassergefährdende Stoffe oder Stoffe der Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1) verwendet werden, die gemäß Anhang 2 der Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS) des Bundes vom 17. Mai 1999 mit der Fußnote 14 versehen sind. Der Lieferant des Wärmeträgermittels hat zu bescheinigen, dass es den Anforderungen entspricht und nach der VwVwS in die WGK 1 einzustufen ist.

Die in der Tabelle 3 als Beispiele aufgeführten Wärmeträgermittel entsprechen diesen Anforderungen. Eine zusätzliche Bescheinigung des Lieferanten ist dafür nicht erforderlich.

Erdwärmesonden sind durch selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtungen (baumustergeprüfte Druckwächter) zu sichern. Bei einer **Leckage** im Erdwärmesondenkreislauf wird die Umwälzpumpe sofort abgeschaltet und ein Störsignal abgegeben. Vom Betreiber der Anlage ist darüber hinaus regelmäßig zu prüfen, ob aus dem obertägig zugänglichen Teil Wärmeträgerflüssigkeit austritt. Sollte dies zutreffen, ist die Anlage sofort außer Betrieb zu setzen. In beiden Fällen ist unverzüglich ein hydrogeologisches Fachbüro mit der Klärung der Ursachen bzw. Behebung des Schadens zu beauftragen. Sollte Wärmeträgerflüssigkeit ins Erdreich eingedrungen sein, muss die untere Wasserbehörde umgehend informiert und das weitere Vorgehen abgestimmt werden.

Durch sachgerechte Dimensionierung und Betriebsweise der Wärmepumpenanlage ist sicher zu stellen, dass die Temperatur des in die Sonde zurück strömenden Wärmeträgermittels im Dauerbetrieb (Wochenmittel) 11 K (°C) Temperaturänderung gegenüber der ungestörten Erdreichtemperatur nicht überschreitet. Bei Spitzenlast sollen 17 K Temperaturänderung nicht überschritten werden (VDI 4640, Teil 2, Abschnitt 5.1).

Bei **endgültiger Stilllegung von Erdwärmesonden** ist die Wärmeträgerflüssigkeit mit Frischwasser auszuspülen und fachgerecht zu entsorgen. Entspricht das Sondenmaterial den Anforderungen gemäß VDI 4640, Blatt 1, Abschnitt 8.1, kann die Sonde im Untergrund verbleiben. Sie ist jedoch vollständig mit dauerhaft abdichtendem und Grundwasser unschädlichem Material zu verpressen. Ansonsten muss die Erdwärmesonde überbohrt und ausgebaut werden. Die Stilllegung ist der unteren Wasserbehörde anzuzeigen.

Im Interesse der Grundwasserschutzes, aber auch zur Absicherung der normgerechten und wirtschaftlichen Ausführung der Erdwärmesonden ist grundsätzlich die Mitwirkung eines erfahrenen hydrogeologischen Fachbüros empfehlenswert.

| Produktname | Hersteller | Stoff | WGK |
|---|---|---|---|
| Havoline AFC | Arteco | Ethylenglykol | 1 |
| Havoline XLC | Arteco | Ethylenglykol | 1 |
| Antifrogen N | Clariant | Ethylenglykol | 1 |
| Antifrogen L | Clariant | Propylenglykol | 1 |
| Leckanzeige Clariant | Clariant | Ethylenglykol | 1 |
| Dowcal 10 | DOW | Ethylenglykol | 1 |
| Dowcal 20 | DOW | Propylenglykol | 1 |
| Tyrocor | Tyforop | Ethylenglykol | 1 |
| Tyrocor L | Tyforop | Propylenglykol | 1 |
| Calciumchlorid-Kühlsole | Tyforop | Calciumchlorid (34 %ig) | 1 |

Tab. 3: Auswahl von Stoffen der Wassergefährdungsklasse 1 mit der Fußnote 14 gemäß Anhang 2 der Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS)

## 6. Standortbeurteilung

Die Planung von Anlagen zur Nutzung von Erdwärme mit Sonden setzt Kenntnisse über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse eines Standortes sowie über damit in Verbindung stehende oder sonstige administrative Restriktionen voraus.

Restriktionen gegenüber der Errichtung von Erdwärmesondenanlagen ergeben sich in erster Linie aus den vorrangigen Forderungen des Grundwasserschutzes. Sie können aber auch der technischen Sicherheit beim Bau der Anlagen geschuldet sein.

### Bewertung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse

Aus alleiniger Sicht der Gewinnbarkeit von Erdwärme sind Erdwärmesonden überall einsetzbar. Sie können prinzipiell in allen Gesteinen errichtet werden. Es werden dabei keine besonderen Standortbedingungen vorausgesetzt, wie das bei hydrogeothermischen Anwendungen mit dem Vorhandensein ergiebiger Aquifere der Fall ist. Der geologische Aufbau des Untergrundes sowie die Grundwasserstände und –dynamik am konkreten Standort beeinflussen über die erzielbare, spezifische Wärmeentzugsleistung die Dimensionierung von Erdwärmesonden (siehe Abschnitt 3) und damit die Investitionskosten solcher erdgekoppelter Wärmepumpenanlagen. In diesem Sinne würde sich ein „ungünstiger" Standort gegenüber einem „günstigen" allein durch einen längeren Amortisationszeitraum der Investitionskosten für die Anlage, also hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit unterscheiden.

In Anlage 6 sind für zwei Betriebsstundenzahlen (1800 und 2400 Stunden/Jahr) und jeweils vier Tiefenbereiche (0 bis 40, 60, 80 und 100 Meter) Übersichtskarten zur Verteilung des oberflächennahen geothermischen Potenzials in Mecklenburg-Vorpommern in Form der spezifischen Wärmeentzugsleistung (in Watt/Meter) zusammengestellt. Sie liefern für Mecklenburg-Vorpommern differenziertere Richtwerte als VDI 4640, Blatt 2 (siehe Tabelle 2) zur vorläufigen Dimensionierung von Erdwärmesonden, solange kein verlässliches lithologisches Tiefenprofil für den Standort der Erdwärmeanlage vorliegt.

### Hydrogeologische bzw. wasserwirtschaftliche Restriktionen

Die Qualifizierung eines Standortes aus hydrogeologischer oder wasserwirtschaftlicher Sicht in „günstig" und „ungünstig" erfolgt dagegen ausschließlich unter der Prämisse des Schutzes von Grund- und Trinkwasser. Für einen ungünstigen Standort in diesem Sinne ist eine wasserrechtliche Erlaubnis zur Errichtung einer Erdwärmesondenanlage unabdingbar. Dabei können Restriktionen ausgesprochen werden, die von besonderen Auflagen beim Bau bis zur Versagung der Erlaubnis für eine solche Anlage reichen können.

Standorte sind aus **wasserwirtschaftlicher Sicht als ungünstig** zu bewerten, wenn sie in

- Wasserschutzgebieten (§ 19 WHG i.V.m. § 19 LWaG, Trinkwasserschutz- und Trinkwasservorbehaltsgebieten (§ 136 LwaG) oder Heilquellenschutzgebieten (§ 35 LwaG),
- im Einzugsgebiet einer öffentlichen Trinkwassergewinnung oder staatlich anerkannten Heilquelle ohne festgesetzte Schutzzonen,
- in Gebieten von Altlasten und Grundwasserverunreinigungen sowie
- in Küstenschutz- und Überschwemmungsgebieten liegen.

In den Schutzzonen I und II von Trinkwasserschutzgebieten ist die Errichtung von Erdwärmesondenanlagen grundsätzlich untersagt. In allen anderen Fällen können auf Antrag im Rahmen des Erlaubnisverfahrens Einzelfallentscheidungen auf der Basis geologisch/hydrogeologischer Standortbeurteilungen getroffen werden.

Unter den geologischen Gegebenheiten des Landes Mecklenburg-Vorpommern sind Standorte als **hydrogeologisch ungünstig** zu betrachten, wenn die geplante Tiefe von Erdwärmesonden

- artesische Grundwasserleiter,
- Grundwasserleiter mit stärkerer Grundwasserversalzung (vor allem aufsteigende Tiefenwässer; Abb. 14),

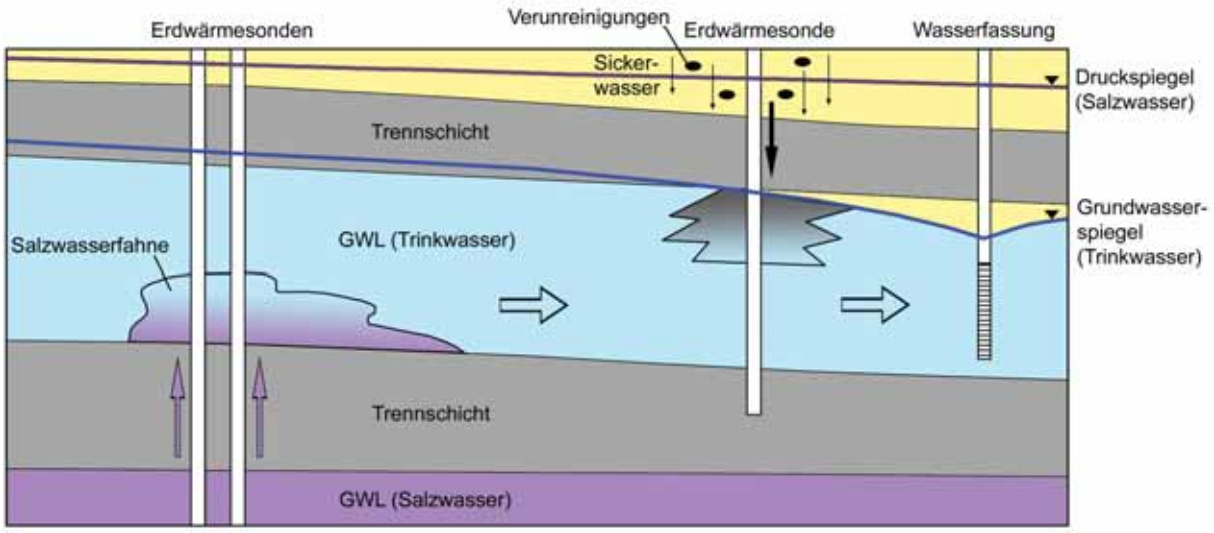



Abb. 14: Mögliche Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität infolge Salzwasseraufstiegs oder dem Eintrag von Schadstoffen, z.B. Altöle. (GWL = Grundwasserleiter)

- Karstgrundwasserleiter (im „Hut"-Bereich von Salzstöcken unter geringer Bedeckung) und
- mehrere Grundwasserstockwerke mit deutlich unterschiedlicher Grundwasserdynamik und Wasserbeschaffenheit berührt.

Auch hier sind Einzelfallentscheidungen innerhalb eines Erlaubnisverfahrens zu treffen.

Die Karten der Anlage 7 zeigen einen Überblick zu hydrogeologisch und wasserwirtschaftlich ungünstigen Gebieten in Mecklenburg-Vorpommern.

Die wesentlichen Schritte und Kriterien der Verfahrensweise bei der wasserrechtlichen Behandlung von Erdwärmesondenanlagen sind in Anlage 3 schematisch dargestellt. Die dort erwähnten Einzelfallprüfungen für hydrogeologisch und/oder wasserwirtschaftlich ungünstige Standorte können abhängig vom konkreten Sachverhalt und vom vorliegenden Informationsstand zum geologischen Untergrund und zu den Grundwasserverhältnisse komplex und aufwendig sein.

Beurteilungsgrundlage für die Erteilung der Erlaubnis in ungünstigen Gebieten ist grundsätzlich eine geologisch/hydrogeologische Stellungnahme des Geologischen Dienstes oder eines anerkannten hydrogeologischen Fachbüros. Die Stellungnahme muss auch Angaben zu den Anforderungen enthalten, die bei den Bohr- und Ausbauarbeiten im Interesse des Grundwasserschutzes zu beachten sind.

Auflagen, die seitens der unteren Wasserbehörde zum Schutz der grundwasserführenden Horizonte (z.B. Versalzungsgefahr) erteilt werden, sind unbedingt einzuhalten und die entsprechenden Maßnahmen zu protokollieren. Bei Vorliegen von wasserrechtlichen Ausnahmegenehmigungen, z.B. in ausgewiesenen Schutzgebieten mit einer möglichen Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität, ist ein geeignetes Fachbüro mit der Überwachung der Bohrarbeiten und des Einbaus der Erdwärmesonden zu beauftragen.

Eine besondere Stellung nehmen Standorte ein, die wegen ihrer **Lage in bergschadengefährdeten Gebieten** (Altbergbau in Südwestmecklenburg) als ungünstig zu betrachten sind. Hier ist im Erlaubnisverfahren unbedingt eine Stellungnahme des Bergamtes Stralsund einzuholen und zu berücksichtigen.

Die für die Erarbeitung solcher Stellungnahmen entstehenden Kosten sind vom Antragsteller zu tragen. Der Antragsteller ist darüber vorab zu informieren.

# Anlagen

## Gesetze, Regelwerke, Literatur

### Gesetzestexte, Erlasse

Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. August 2002 (BGBl. I S. 3245), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 25. Juni 2005 (BGBl. I S. 1746)
http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg/gesamt.pdf

Wassergesetzes des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG MV) vom 30. November 1992 (GVOBl. M-V S. 669), zuletzt geändert durch Artikel 3 Nr. 4 des Gesetzes vom 1. August 2006 (GVOBl. M-V S. 634)
http://mv.juris.de/mv/WasG_MV_rahmen.htm

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (VwVwS) vom 17. Mai 1999 (Bundesanzeiger Nr. 98a vom 29.05.1999).
http://www.umweltbundesamt.de

Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (Anlagenverordnung-VAwS) vom 5. Oktober 1993 (GVOBl. M-V 1993, S. 887), zuletzt geändert durch Verordnung vom 14.12.2005 (GVOBl. M-V 2005, S. 666)
http://mv.juris.de/mv/gesamt/AwSV_MV.htm

Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Gesetz vom 25.11.2003 (BGBl. I S. 2304).
http://www.bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbergg/index.html

Gesetz über die Durchforschung des Reichsgebietes nach nutzbaren Lagerstätten (Lagerstättengesetz) vom 4. Dezember 1934 (RGBl. I S. 1223), geändert durch Artikel 189 des Einführungsgesetzes zum Strafgesetzbuch vom 02.03.1974 (BGBl. I, S. 469).
http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/download_pool/Lagerstaettengesetz.pdf

### Richtlinien, Regelwerke

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) [Hrsg.] (2000): Thermische Nutzung des Untergrundes. – Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Richtlinie 4640, Blatt 1; Düsseldorf.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) [Hrsg.] (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. Richtlinie 4640, Blatt 2; Düsseldorf.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) [Hrsg.] (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. – Unterirdische Thermische Erdspeicher. Richtlinie 4640, Blatt 3; Düsseldorf.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., DVGW (2006): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete. Technische Regel, Arbeitsblatt W 101; Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.,
DVGW (1989): Gewinnung und Entnahme von Gesteins-
proben bei Bohrarbeiten zur Grundwassererschließung.
Technische Mitteilung, Merkblatt W 114; Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.,
DVGW (2001): Bohrungen zur Erkundung, Gewinnung
Und Beobachtung von Grundwasser.
Technische Mitteilung, Merkblatt W 115; Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.,
DVGW (1998): Verwendung von Spülungszusätzen
in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwasser.
Technische Mitteilung, Merkblatt W 116; Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.,
DVGW (2001): Qualifikationskriterien für Bohr-,
Brunnenbau- und Brunnenregenerierunternehmen.
Technische Regel, Arbeitsblatt W 120; Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.,
DVGW (2003): Bau und Ausbau von Grundwasser-
messstellen.
Technische Regel, Arbeitsblatt W 121; Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.,
DVGW (1998): Sanierung und Rückbau von Bohrungen,
Grundwassermessstellen und Brunnen.
Technische Regel, Arbeitsblatt W 135; Bonn.

DIN 4021 (1990): Baugrund; Aufschluss durch
Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben.

DIN 4022 (1987): Baugrund und Grundwasser;
Benennung und Beschreibung von Boden und Fels,
Schichtenverzeichnis für Bohrungen.

DIN V 4279-7 (1994): Innendruckprüfung von
Druckrohrleitungen für Wasser – Druckrohre aus
Polyethylen geringer Dichte PE-LD, Druckrohre aus
Polyethylen hoher Dichte PE-HD (PE 80 und PE
100), Druckrohre aus vernetztem Polyethylen PE-X,
Druckrohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid
PVC-U.

DIN 8901 (2002): Kälteanlagen und Wärmepumpen
– Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser
– Sicherheitstechnische und umweltrelevante
Anforderungen und Prüfung.

DIN 8074,8075 (1999): Rohre aus Polyethylen (PE)
- PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD -
Masse, Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen

Richtlinien DVS 2207 / 2208 Teil 1. Schweißen von
thermoplastischen Kunststoffen. Heizelementschweißen
von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD,
Deutscher Verein für Schweißtechnik, Aug. 1995 / Dez. 1997

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (2003):
Anforderungen an Erdwärmepumpen in der Fassung
vom 20.1.2003.

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (1998):
Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete. 3. Aufl.:
27 S.; Berlin (Kulturbuchverlag).

## Weiterführende Literatur

**Kleines Handbuch der Geothermie**. Band 1.
*Geothermische Vereinigung (Hrsg.)*:
Erdwärme zum Heizen und Kühlen.
Potentiale, Möglichkeiten und Techniken
der Oberflächennahe Geothermie.
5. überarbeitete Auflage, Juli 2005,
**http://www.geothermie.de/literatur/geothermische_vereinigung__hrsg.htm**

Kaltschmitt, M., Huenges, E. & Wolff, H. (Hrsg.),
**Energie aus Erdwärme**
Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1999

**WIKIPEDIA Die freie Enzyklopädie**
**http://de.wikipedia.org/wiki/Geothermie**

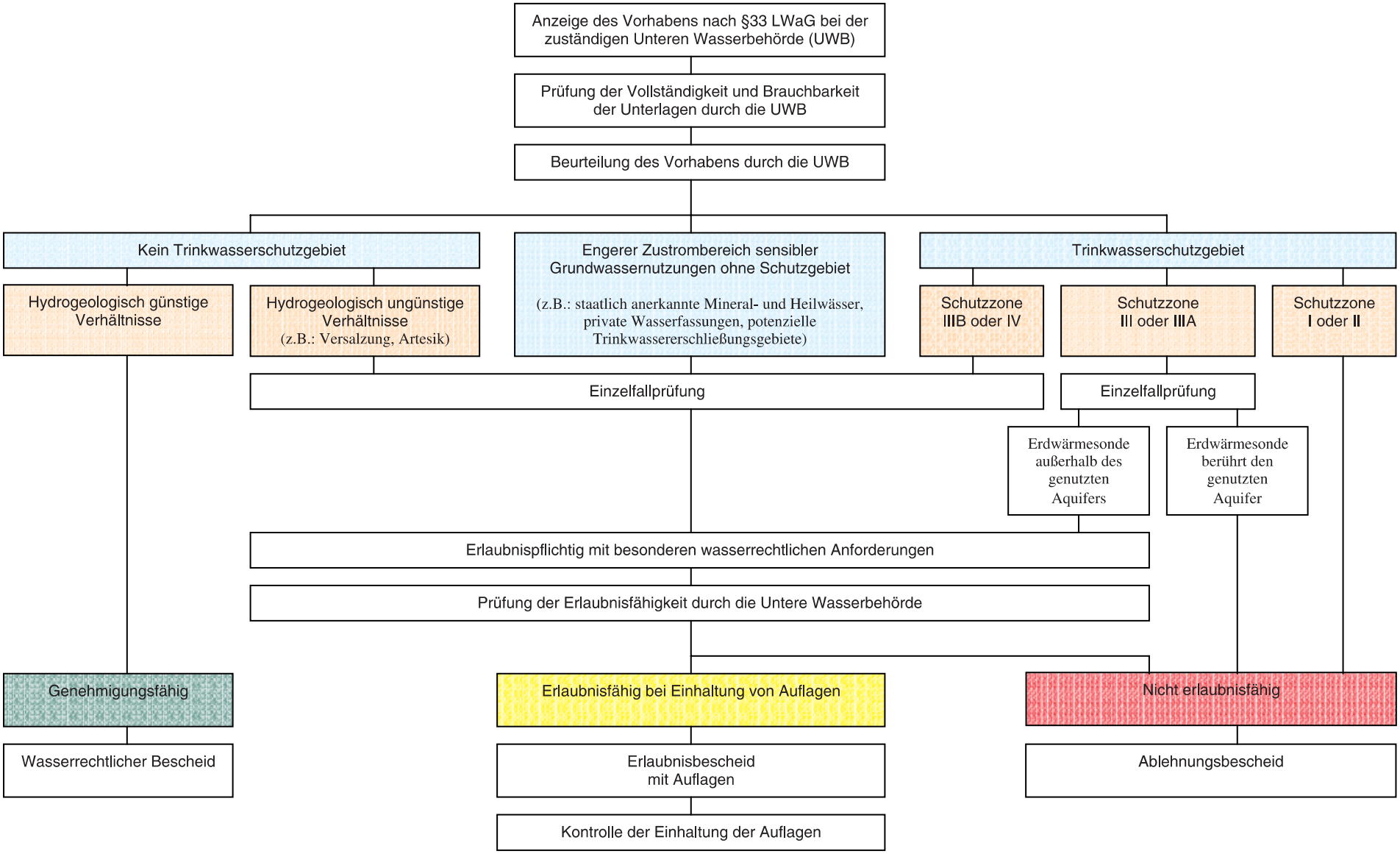
**BINE Informationsdienst**
**http://www.bine.info/pdf/literaturhinweise/813.pdf**

Anlage 2

# Wasserbehörden in Mecklenburg-Vorpommern

| | Straße | PLZ | Ort | Telefon | Telefax |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Obere Wasserbehörde*** | | | | | |
| Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie | Goldberger Str. 12 | 18273 | Güstrow | 03843 777-0 | 03843 777-106 |
| ***Untere Wasserbehörden*** | | | | | |
| ***Staatliche Ämter für Umwelt und Natur*** | | | | | |
| Staatliches Amt für Umwelt und Natur | Neustrelitzer Str. 120 | 17033 | Neubrandenburg | 0395 380-5000 | 0395 380-5020 |
| Staatliches Amt für Umwelt und Natur | Erich-Schlesinger-Str. 35 | 18059 | Rostock | 0381 122-2000 | 0381 122-2009 |
| Staatliches Amt für Umwelt und Natur | Bleicher Ufer 13 | 19053 | Schwerin | 0385 59586-0 | 0385 59586-570 |
| Staatliches Amt für Umwelt und Natur | Badenstraße 18 | 18439 | Stralsund | 03831 696-0 | 03831 696-233 |
| Staatliches Amt für Umwelt und Natur | Kastanienallee 13 | 17373 | Ueckermünde | 039771 44-0 | 039771 44-299 |
| ***Landräte der Landkreise*** | | | | | |
| Landkreis Bad Doberan | August-Bebel-Str. 3 | 18209 | Bad Doberan | 038203 60-566 | 038203 60-630 |
| Landkreis Demmin | Adolf-Pompe-Str.12 | 17109 | Demmin | 03998 434-0 | 03998 434-230 |
| Landkreis Güstrow | Am Wall 3-5 | 18273 | Güstrow | 03843 755-0 | 03843 755-1080 |
| Landkreis Nordwestmecklenburg | Börzower Weg 3 | 23936 | Grevesmühlen | 03881 722-0 | 03881 722-172 |
| Landkreis Ludwigslust | Garnisonsstraße 1 | 19288 | Ludwigslust | 03874 624-0 | 03874 624-2080 |
| Landkreis Mecklenburg-Strelitz | Woldegker Chaussee 35 | 17235 | Neustrelitz | 03981 481-0 | 03981 481-400 |
| Landkreis Müritz | Zum Amtsbrink 2 | 17192 | Waren | 03991 782-515 | 03991 782-502 |
| Landkreis Nordvorpommern | Bahnhofsstr. 12-13 | 18507 | Grimmen | 038326 59-250 | 038326 59-280 |
| Landkreis Ostvorpommern | Demminer Str. 71-74 | 17389 | Anklam | 03971 84-100 | 03971 84-150 |
| Landkreis Rügen | Billrothstraße 5 | 18528 | Bergen | 03838 813-0 | 03838 813119 |
| Landkreis Uecker-Randow | An der Kurassierkaserne 9 | 17309 | Pasewalk | 03973 255-0 | 03973 255-555 |
| Landkreis Parchim | Putlitzer Str. 25 | 19370 | Parchim | 03871 722-0 | 03871 722-8206 |
| **Oberbürgermeister der kreisfreien Städte** | | | | | |
| Hansestadt Greifswald | PF 3153 | 17461 | Greifswald | 03834 521-0 | 03834 521-126 |
| Stadtverwaltung Neubrandenburg | Friedrich-Engels-Ring 53 | 17033 | Neubrandenburg | 0395 555-1852 | 0395 555-1862 |
| Hansestadt Rostock | Neuer Markt 1 | 18050 | Rostock | 0381 381-7300 | 0381 381-1903 |
| Stadtverwaltung Schwerin | Am Packhof 2-6 | 19053 | Schwerin | 0385 545-0 | 0385 545-1019 |
| Hansestadt Stralsund | PF 2145 | 18408 | Stralsund | 03831 252-110 | 03831 252-422 |
| Hansestadt Wismar | PF 1245 | 23952 | Wismar | 03841 251-0 | 03841 282-977 |

# Verfahrensweise bei der wasserrechtlichen Behandlung von Erdwärmesondenanlagen




Anlage 3

Anlage 4 (Blatt 1)

# Vorhabensanzeige für den Bau von Erdwärmesondenanlagen

....., den .....

| Adresse der zuständigen unteren Wasserbehörde: | Adresse Absender der Anzeige: |
|---|---|
| | |

## Bohr- und Nutzungsanzeige für Erdwärmesonden bis 30 kW Heizleistung

gemäß § 33 Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern

### Antragsteller / Bauherr

Name, Vorname .....

Straße .....

PLZ, Wohnort .....

Telefon .....

Telefax .....

E-mail .....

### Anschrift der Baustelle

Stadt / Landkreis .....

Gemeinde / Ortsteil .....

Gemarkung / Flur .....

Flurstück .....

als Anlage: Lageplan und Flurkarte

### Bohrunternehmen

Firma .....

.....

Straße .....

PLZ, Firmensitz .....

Telefon .....

Telefax .....

E-mail .....

verantwortl. Bohrmeister .....

.....

als Anlage:
Zertifikat nach DVGW-Arbeitsblatt W 120 oder Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen oder Referenzen zum Bau von Erdwärmesonden; Nachweis der Fachkunde für Bohrmeister

### Hydrogeologisches Fachbüro

Firma .....

.....

Straße .....

PLZ, Firmensitz .....

Ansprechpartner .....

Telefon .....

Telefax .....

E-mail .....

## Angaben zu den Bohrarbeiten

geplante Anzahl Sonden ..... minimaler Abstand untereinander ..... m
minimaler Abstand zur Grundstücksgrenze ..... m

Bohrverfahren ☐ Kernbohrung ☐ Trockenbohrung ☐ Spülbohrung

Spülungszusätze (bei Spülbohrung) ..... WGK .....

Bohrlochdurchmesser ..... mm geplante Bohrteufe ..... m

Bohranlagentyp ..... Baujahr .....

max. zulässige Bohrteufe ..... m max. zulässiger Bohrdurchmesser ..... mm

letzte technische Prüfung der Bohranlage .....

## Angaben zu Sondenauslegung, -ausbau und –betrieb

Der Planung zugrunde liegende Wärmeentzugsleistung
in Watt pro Meter Sondenlänge ..... W/m

Sondenart ☐ U-Rohr ☐ Doppel-U-Rohr ☐ Koaxial-Rohr

Rohrmaterial / Rohrdurchmesser ..... ∅ = ..... mm

Durchmesser des Sondenbündels ∅ = ..... mm

Sondenhersteller ..... Prüfzertifikat liegt vor ☐ Ja ☐ Nein

Wärmeträgermittel (Produktbezeichnung) .....
(bei Produkten, die nicht in Tabelle 2 des Leitfadens genannt sind, muss Unbedenklichkeitsnachweis als Anlage vorliegen)

geplante Menge Wärmeträgermittel für gesamte Erdwärmesondenanlage ..... Liter

Verpressmittel zur Bohrlochabdichtung
☐ Zement-Bentonit-Sand-Gemisch
☐ Fertigmischung Produktbezeichnung .....

## Angaben zur Wärmepumpe

Fabrikat und Typ .....

Heizleistung ..... kW

Kältemittel in der Wärmepumpe .....

Automatische Drucküberwachung im Wärmeträgerkreislauf ☐ Ja ☐ Nein

## Geologische / hydrogeologische Angaben zum Standort des Vorhabens *als Anlage*[1]

Geologisches Vorprofil

Grundwasserflurabstand, Grundwasserfließrichtung

Besonderheiten zu Beschaffenheit / Druckpotenzial des Grundwassers (z.B.: Versalzung, Artesik)

Lage des Standortes in Bezug auf Wasserschutzgebiete

Umliegende Grundwassernutzung (z.B.: Brunnen, Erdwärmesonden)

[1] *Bitte Hinweis auf die verwendeten Datenquellen beifügen.*

Der Bauherr und das Bohrunternehmen verpflichten sich, nicht von den oben angegebenen Größenordnungen und Verfahrensweisen abzuweichen und garantieren, bei der Durchführung der Arbeiten die anerkannten Regeln der Technik einzuhalten, um negative Beeinträchtigungen des Untergrundes und des Grundwassers nachhaltig zu vermeiden. Bei notwendigen Abweichungen vom Bohrprogramm, wesentlichen Abweichungen von der in der Anzeige angegebenen geologischen Profil bzw. den erwarteten Grundwasserverhältnissen und bei relevanten Störungen während des Arbeitsablaufes (unnormal hohe Spülungsverluste, Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen u.ä.) wird die zuständige untere Wasserbehörde unverzüglich verständigt.

Die Fertigstellung des angezeigten Bauvorhabens ist der zuständigen unteren Wasserbehörde spätestens 4 Wochen nach Abschluss der Arbeiten mitzuteilen. Dabei ist das Bohrmeisterprotokoll zu übergeben, in dem u.a. die erreichte Tiefe der Bohrungen sowie die eingesetzten Spül- und Verpressmittel vermerkt sind. Die Dichtheit der Erdwärmesondenanlage ist durch Vorlage des Protokolls der Druckprüfung entsprechend VDI 4640, Blatt 2, zu dokumentieren.

Das nach DIN 4022 erstellte geologische Schichtenverzeichnis ist zusammen mit einer Dokumentation von Wasserständen (wenn messbar), eines Lageplans mit Angabe von Koordinaten (i.a. GK Bessel oder Nennung des verwendeten Systems) und Geländehöhe des Bohransatzpunktes dem Geologischen Dienst im LUNG Mecklenburg-Vorpommern zu übergeben.

Die Stillegung der Erdwärmesonde(n) und Nutzungsänderungen, z.B. Erhöhung der Heizleistung, Nutzung zu Kühlzwecken oder Austausch der Wärmepumpe wird der zuständigen unteren Wasserbehörde vorab unaufgefordert angezeigt.

Bei Eigentümerwechsel gehen alle Rechte und Pflichten auf den neuen Eigentümer über.

Bauherr .....
Ort, Datum, Unterschrift

Bohrfirma .....
Ort, Datum, Unterschrift

oder (falls zutreffend)

Fachbüro .....
Ort, Datum, Unterschrift

**Anlagen**

- Übersichtsplan, mindestens Maßstab = 1:25.000 mit Lage des Vorhabensstandortes
- Flurkarte Maßstab 1:1.000 oder 1:500 mit Flur-Nr., Gemarkung, Lage der Bohrpunkte sowie skizziertem Rohrleitungsverlauf der Haupt- und Sammelleitungen
- Zeichnerische oder tabellarische Darstellung des geologischen Vorprofils mit Angaben zu den relevanten hydrogeologischen Verhältnissen (mit Hinweis auf die Informationsquellen)
- Zertifikat nach DVGW-Arbeitsblatt W 120 oder Gütesiegel Erdwärmesonden-Bohrfirmen oder Referenzen des Bohrunternehmens zum Bau von Erdwärmesonden
- Nachweis der Fachkunde für den Bohrmeister
- Prüfzertifikat des Sondenherstellers
- Eignungsnachweis für Wärmeträgermittel und ggf. für Spülungszusätze (falls Eignung des Produktes nicht allgemein bekannt ist)
- Eignungsnachweis für das Verpressmittel (falls Eignung des Produktes nicht allgemein bekannt ist)

**Hinweise:**

Die Anzeige der Bohrung(en) muss lt. § 4 Lagerstättengesetz mindestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten auch beim Geologischen Dienst M-V erfolgen (http://www.lung.mv-regierung.de). Die Anzeigepflicht gilt unabhängig von Genehmigungs- oder Anzeigepflichten anderer Behörden. Für Bohrungen, die tiefer als 100 m werden sollen, gilt nach § 127 Bundesberggesetz zusätzlich eine Anzeigepflicht beim Bergamt Mecklenburg-Vorpommern (http://www.bergamt-mv.de).

| Name und Anschrift des Absenders | Telefon |
|---|---|
| | Telefax |
| | E-mail |

Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie
Abteilung Geologie
Goldberger Str. 12
**18273 Güstrow**

# Anzeige eines Bohrvorhabens

nach § 4 Lagerstättengesetz

## Lage der Bohrung(en)

| PLZ Stadt / Landkreis | Gemeinde / Ortsteil | Strasse Nr.<br><br>Flur / Flurstück |
|---|---|---|

| Rechtswert<br><br>Hochwert |
|---|

**System**

☐ GK Bessel (RD/83)

☐ anderes: .....

Karte mit Eintragungen der geplanten Bohransatzpunkte beifügen!
(topografische Karte mit nachvollziehbaren Orientierungspunkten)

## Umfang der Arbeiten

| Anzahl der Bohrungen | Geplante Bohrtiefe (m) | Bohrdurchmesser (mm) | vorauss. Bohrbeginn |
|---|---|---|---|
| | | | |

| Zweck der Bohrungen | Bohrverfahren |
|---|---|
| ☐ Erdwärmegewinnung<br>☐ Grundwassererschließung<br>☐ Baugrunduntersuchung<br>☐ Sonstiger: ..... | ☐ Kernbohrung<br>☐ Trockenbohrung<br>☐ Spülbohrung |

| **Auftraggeber/Informationseigentümer** | **Beratende Firma (z.B. Ingenieurbüro)** |
|---|---|
| Name, Adresse, Tel., Fax, E-mail | Name, Adresse, Tel., Fax, E-mail |
| Bemerkungen | |
| Datum, Unterschrift | |

Anlage 5.2

| Name und Anschrift des Absenders | Telefon |
|---|---|
| | Telefax |
| | E-mail |

Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie
Abteilung Geologie
Goldberger Str. 12
**18273 Güstrow**

# Ergebnismitteilung

In der Anlage übersende ich Ihnen zu der Bohrung _____ folgende Unterlagen:

- ☐ Bohrzeit und Bohrverfahren
- ☐ Schichtenverzeichnis der Bohrung nach DIN 4022 und 4023
- ☐ Ausbau (z.B. Angaben zu Rohrtouren, Filterlage, Kiesschüttung, Verfüllmaterial)
- ☐ Grundwasserstandsmessungen; Rohroberkante: _____
- ☐ Pumpversuche ☐ Siebanalysen
- ☐ Grundwasseranalysen ☐ Grundwasser-Probennahmeprotokolle

Bohrungszweck: _____

Auftraggeber

| Name, Anschrift, Telefon, Fax, E-mail des Informationseigentümers |
|---|
| |

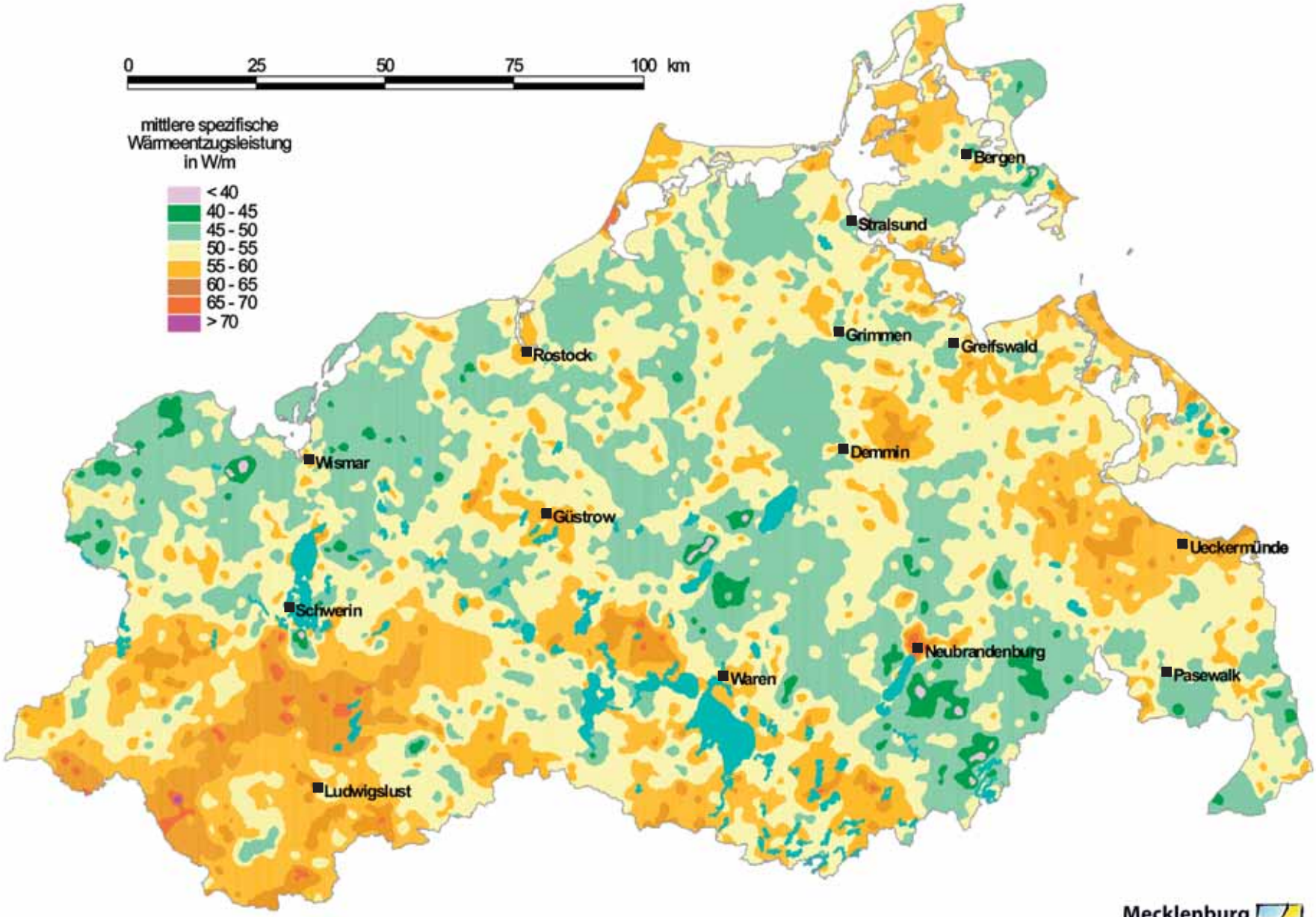
Höhenfindung:

- ☐ Geländehöhe _____
- ☐ aus Karte abgegriffen
- ☐ eingemessen, am:.....durch:.....

Lagekoordinaten:

- ☐ Rechtswert _____ Hochwert _____
- ☐ Koordinatensystem GK Bessel (RD/83)
- ☐ anderes: .....
- ☐ Lageplan beiliegend
- ☐ aus Karte abgegriffen
- ☐ eingemessen, am:.....durch:.....

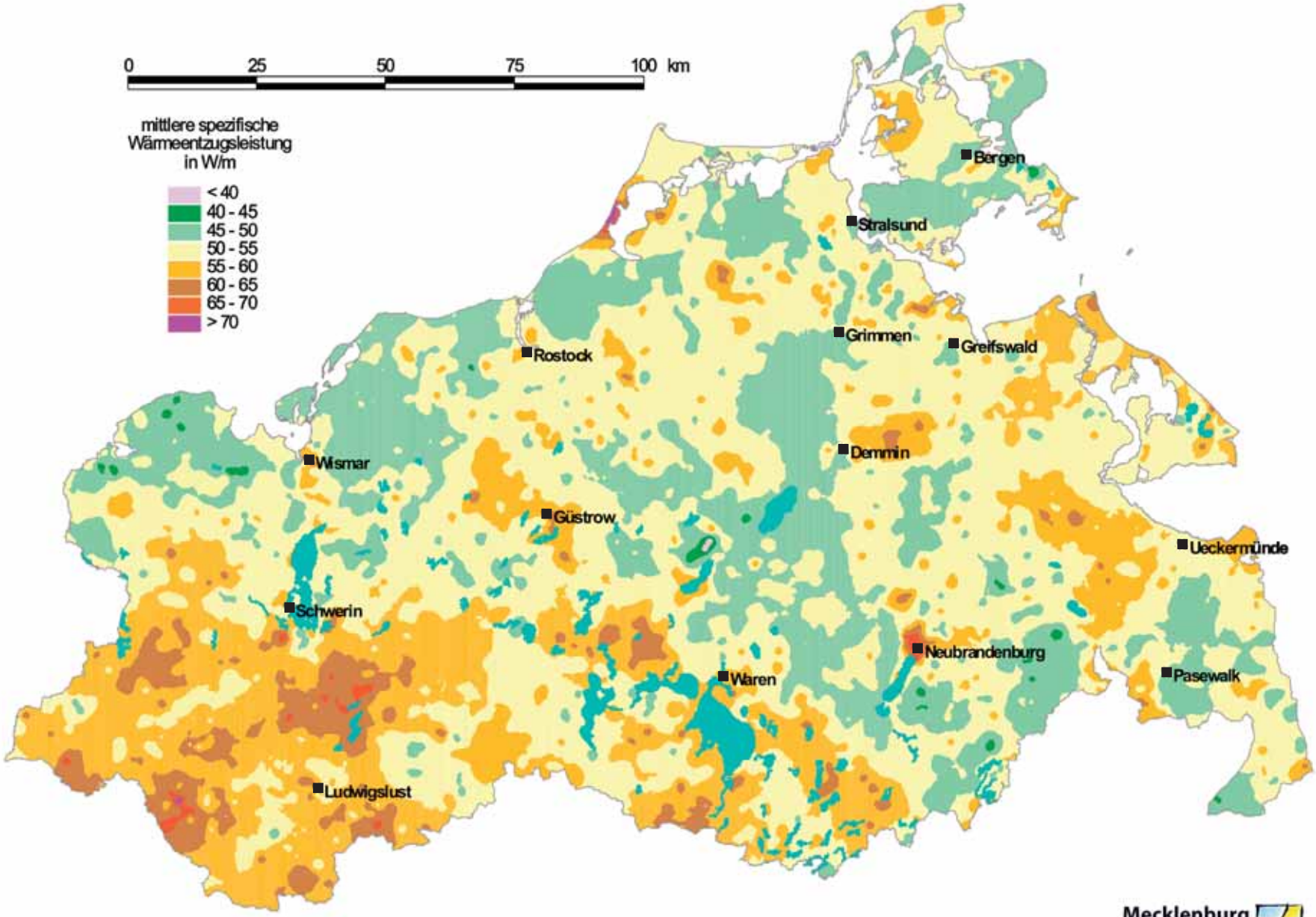
| Datum, Unterschrift |
|---|
| |




Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 40 m und 1800 Betriebsstunden pro Jahr

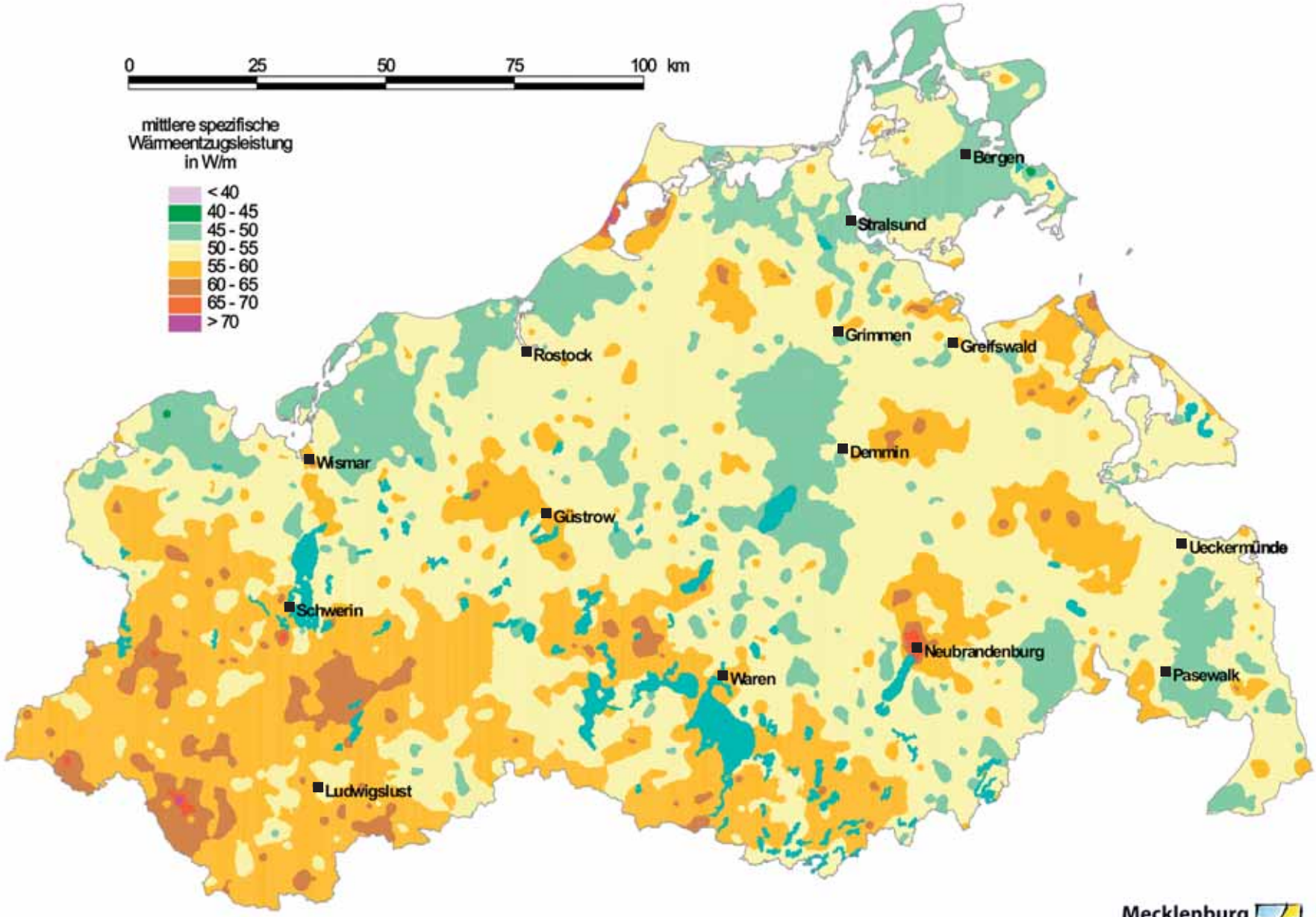
Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Anlage 6.1.1




Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 60 m und 1800 Betriebsstunden pro Jahr

Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

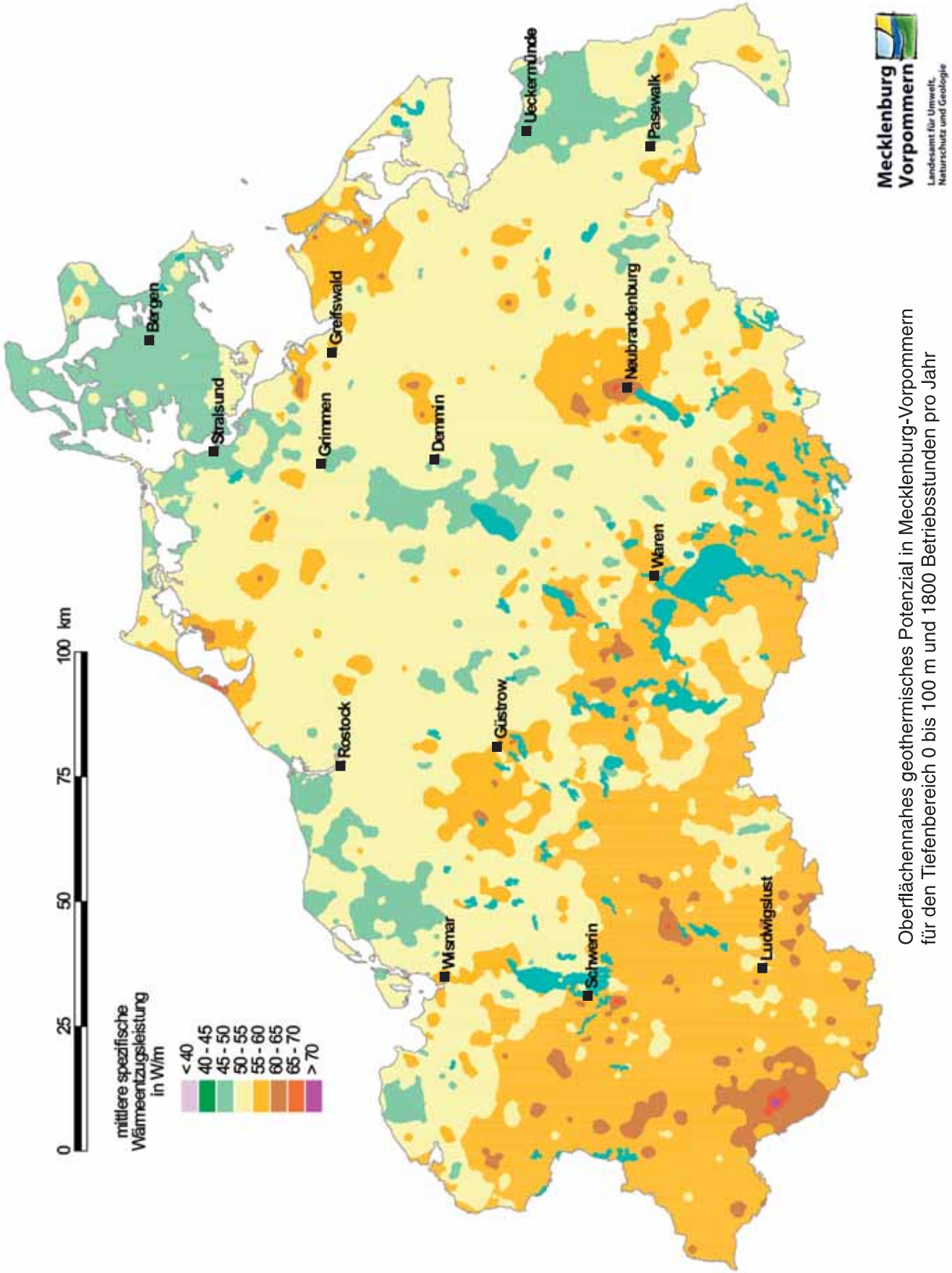



Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 80 m und 1800 Betriebsstunden pro Jahr

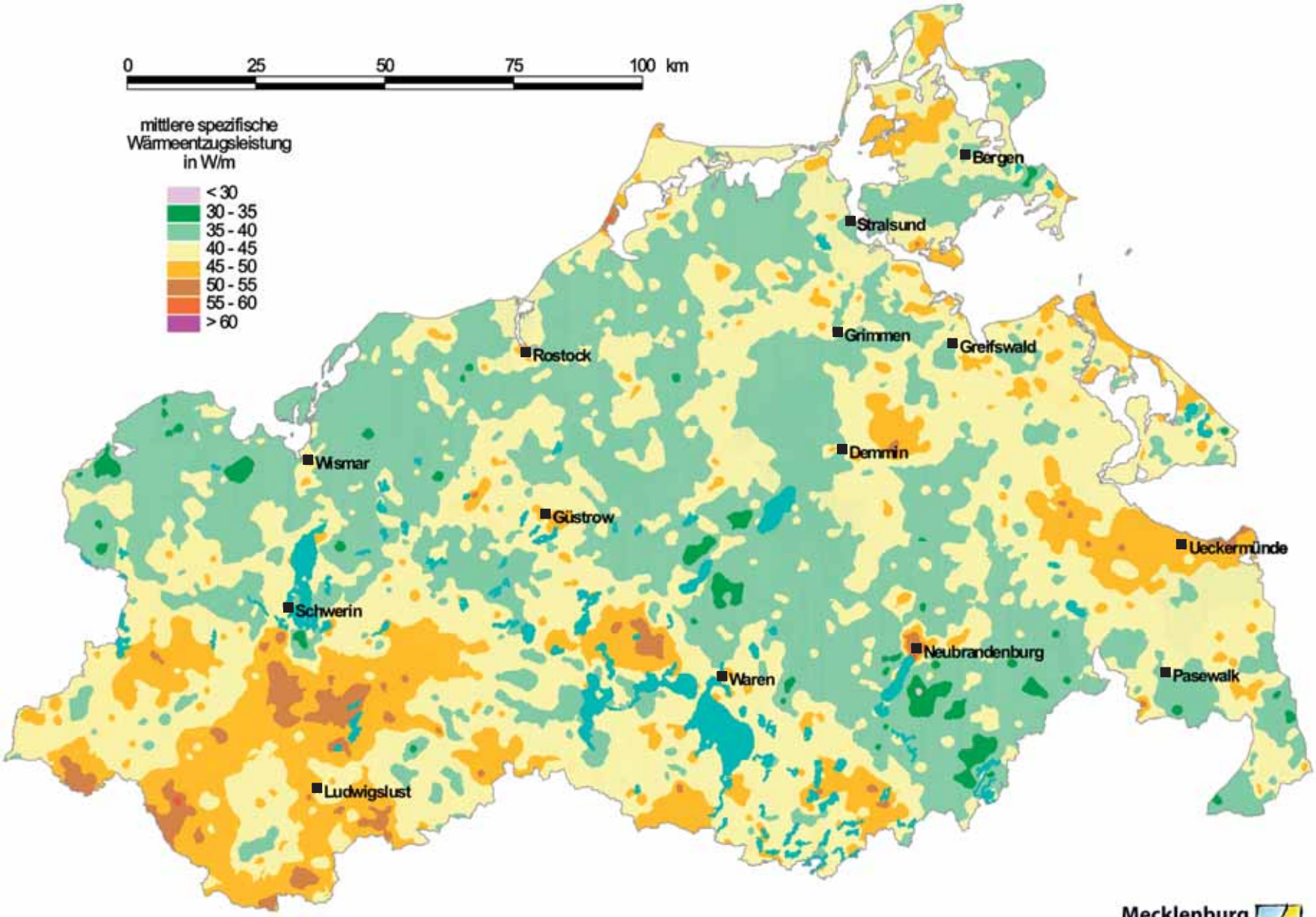
Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Anlage 6.1.3

Anlage 6.1.4




Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 100 m und 1800 Betriebsstunden pro Jahr

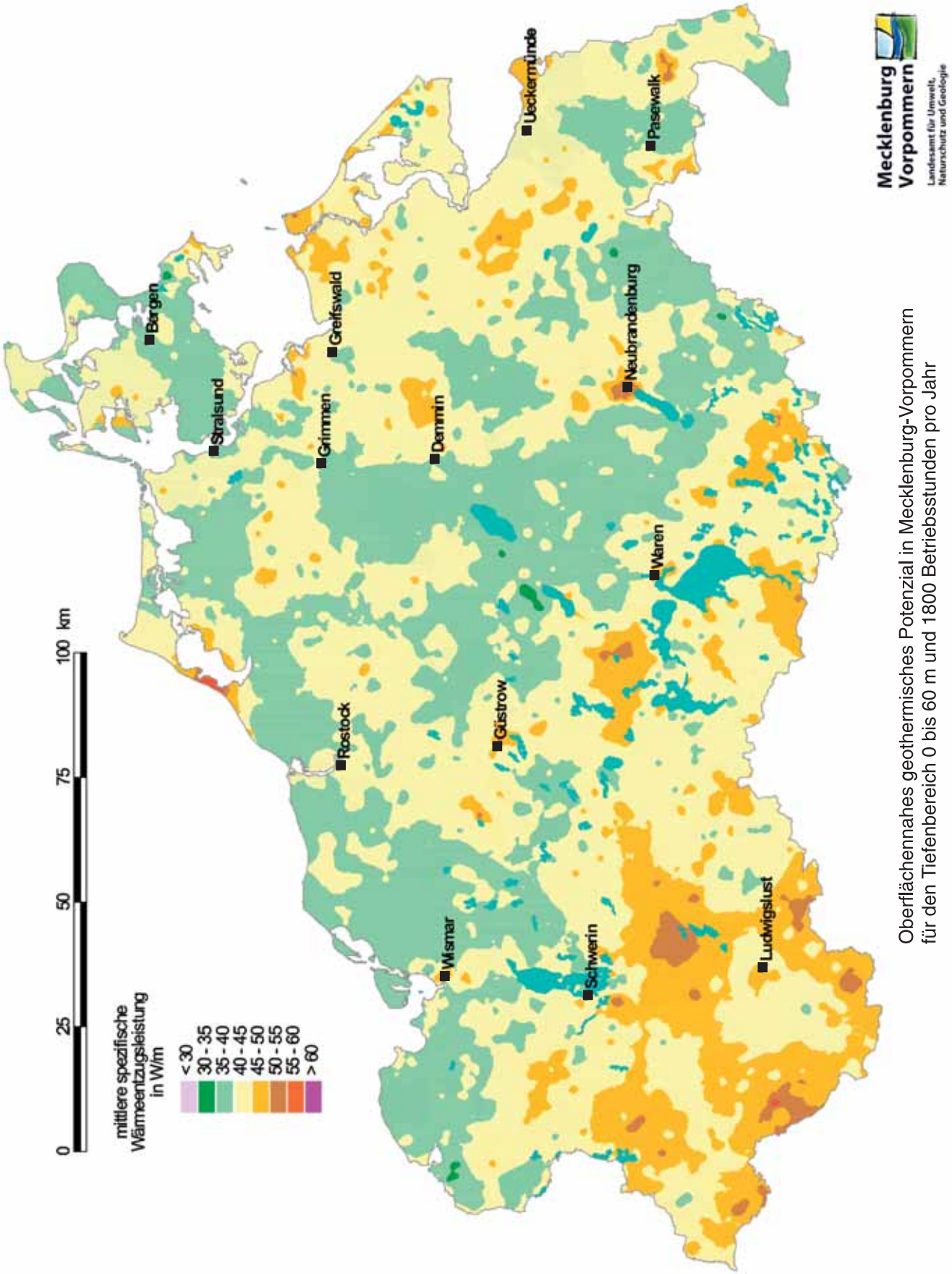



Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 40 m und 2400 Betriebsstunden pro Jahr

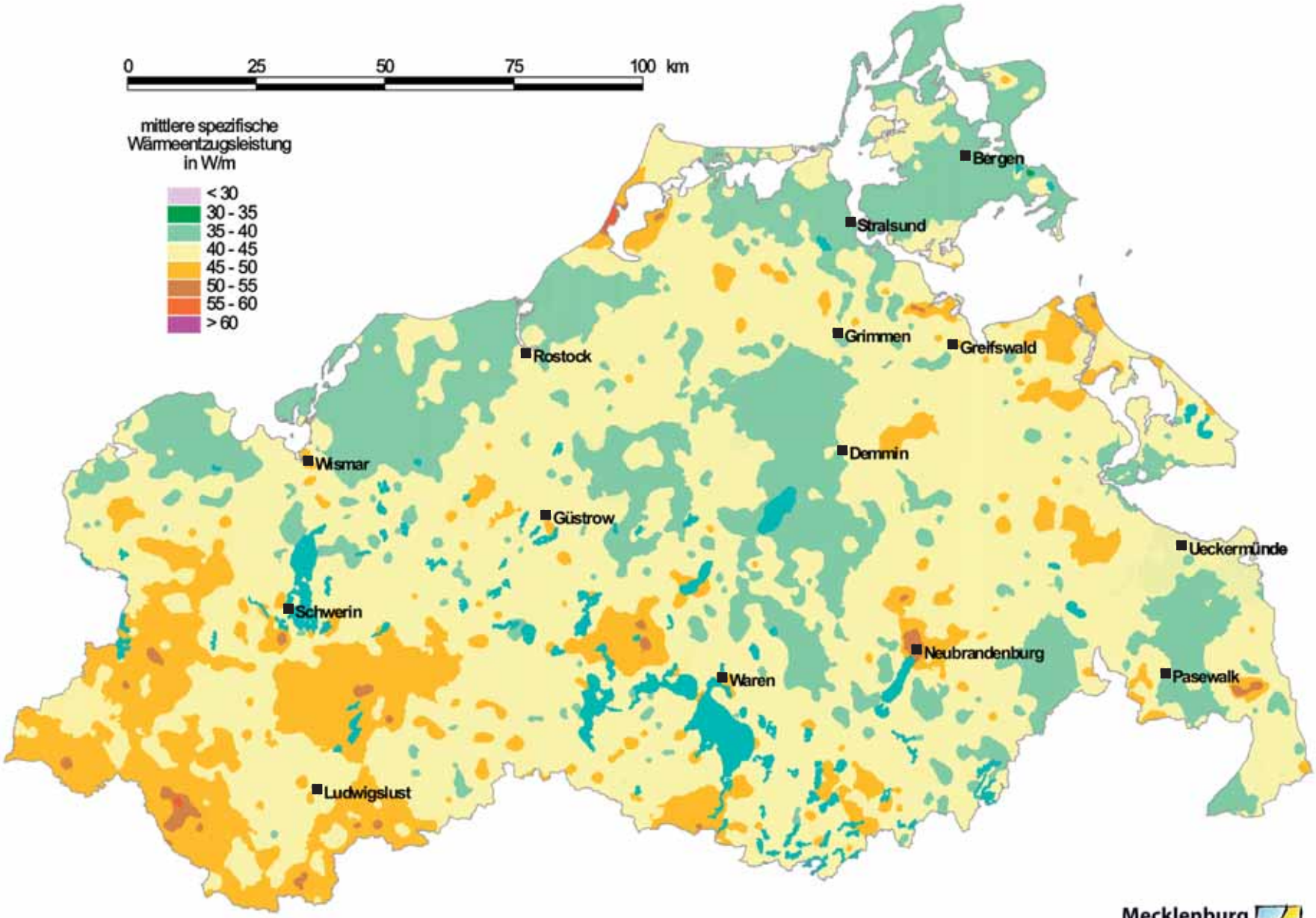
Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Anlage 6.2.1

Anlage 6.2.2




Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 60 m und 1800 Betriebsstunden pro Jahr

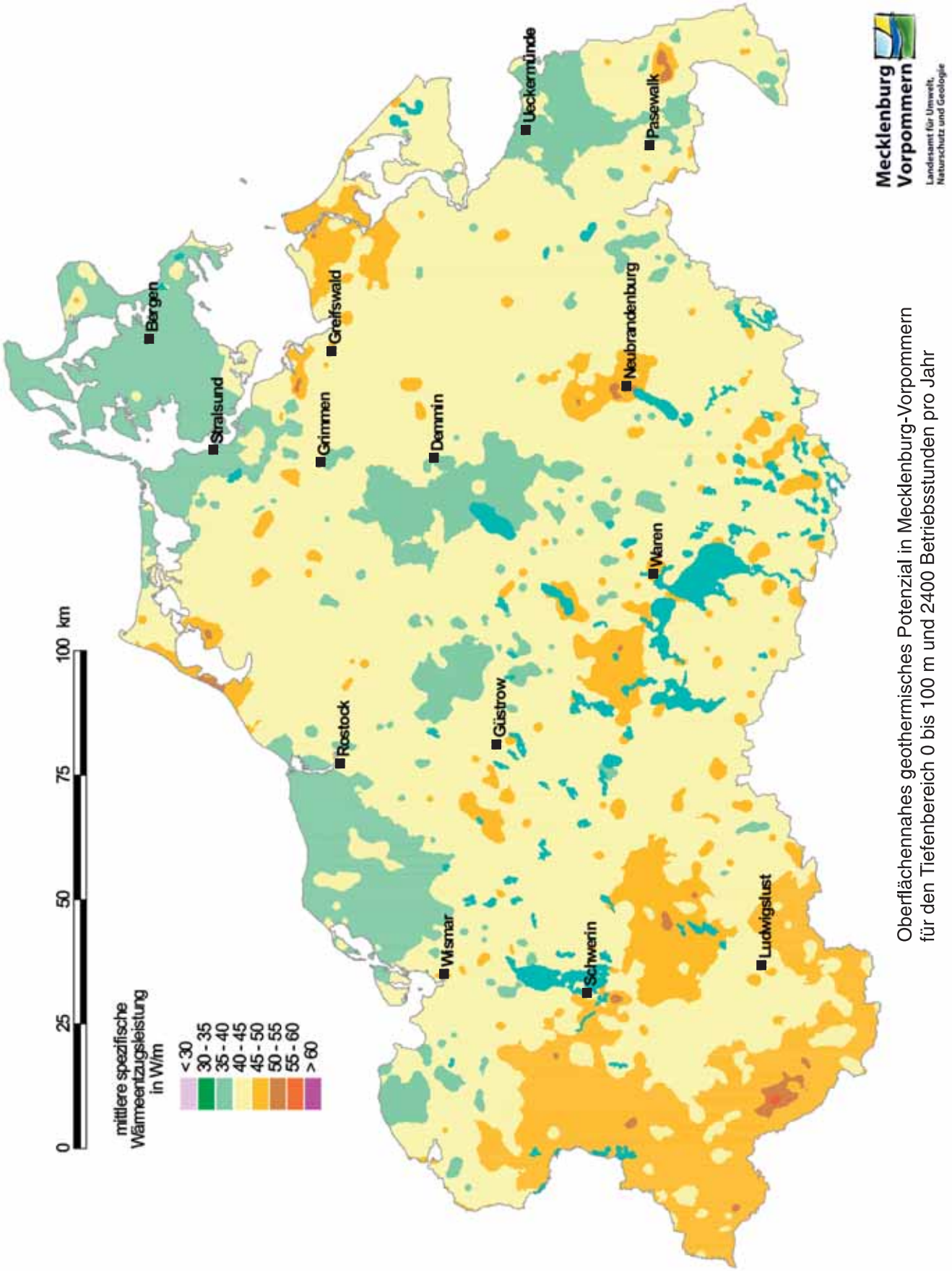



Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 80 m und 2400 Betriebsstunden pro Jahr

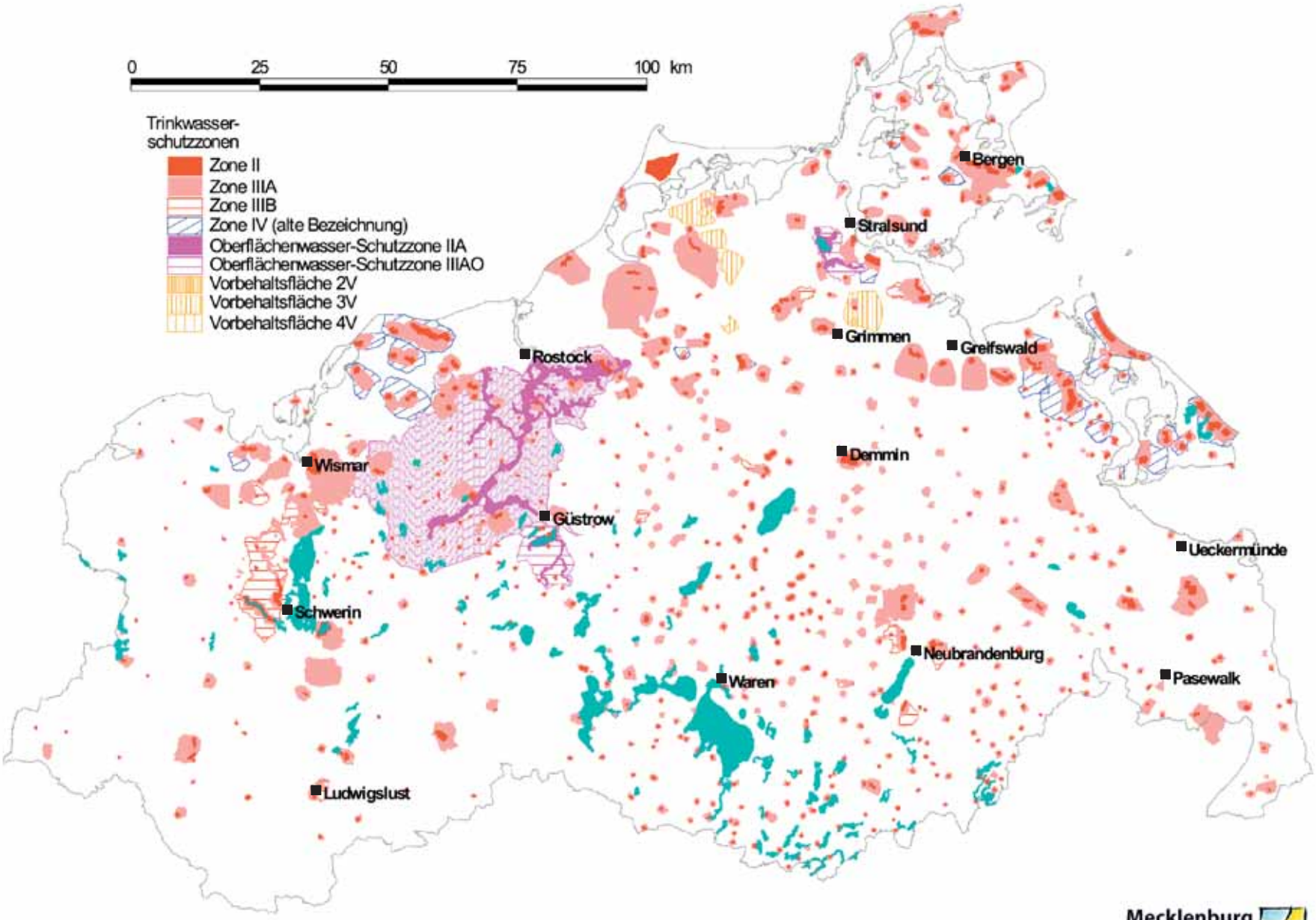
Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Anlage 6.2.3

Anlage 6.2.4




Oberflächennahes geothermisches Potenzial in Mecklenburg-Vorpommern
für den Tiefenbereich 0 bis 100 m und 2400 Betriebsstunden pro Jahr

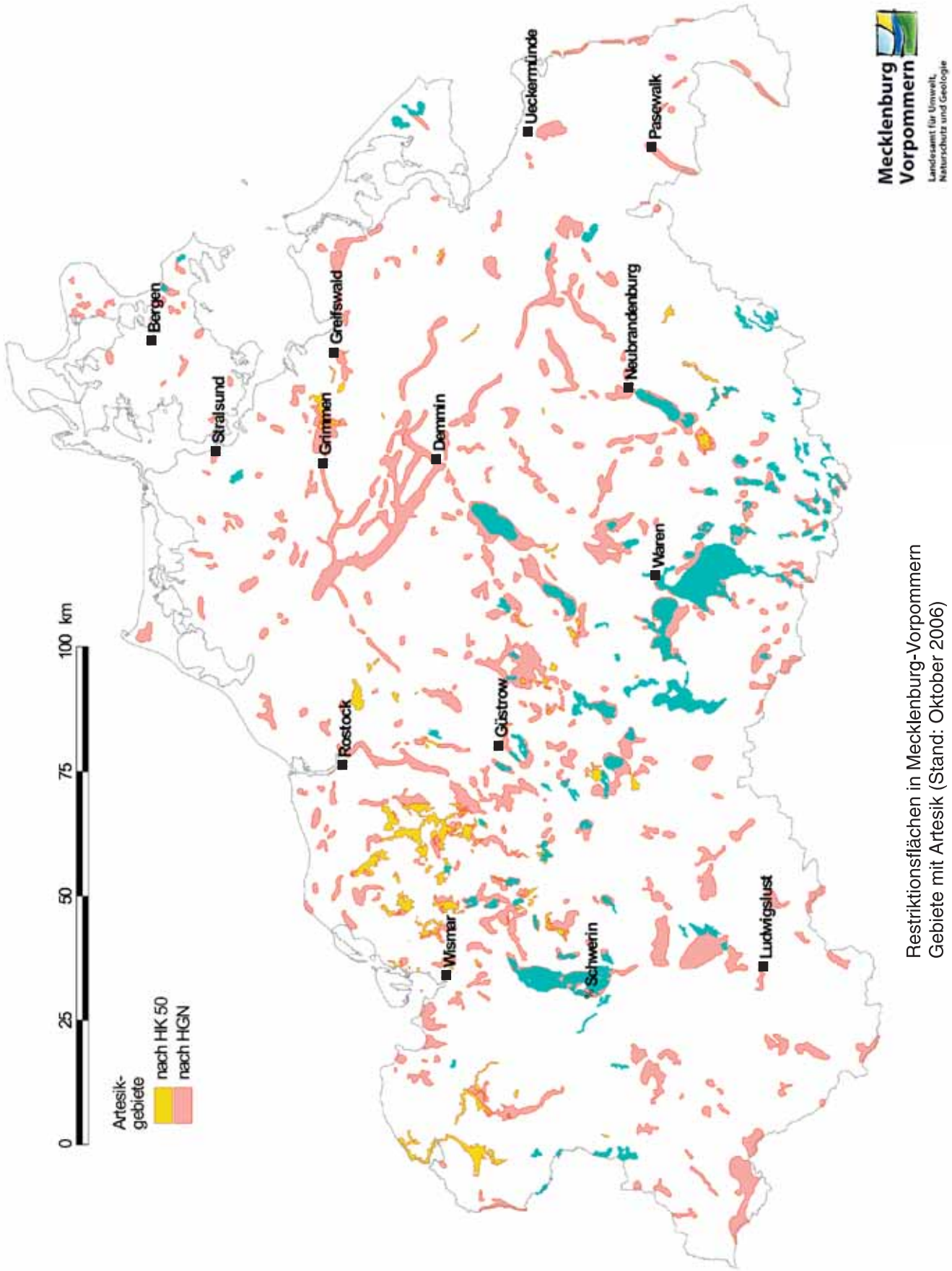



Restriktionsflächen in Mecklenburg-Vorpommern
Trinkwasserschutzgebiete (Stand: Oktober 2006)

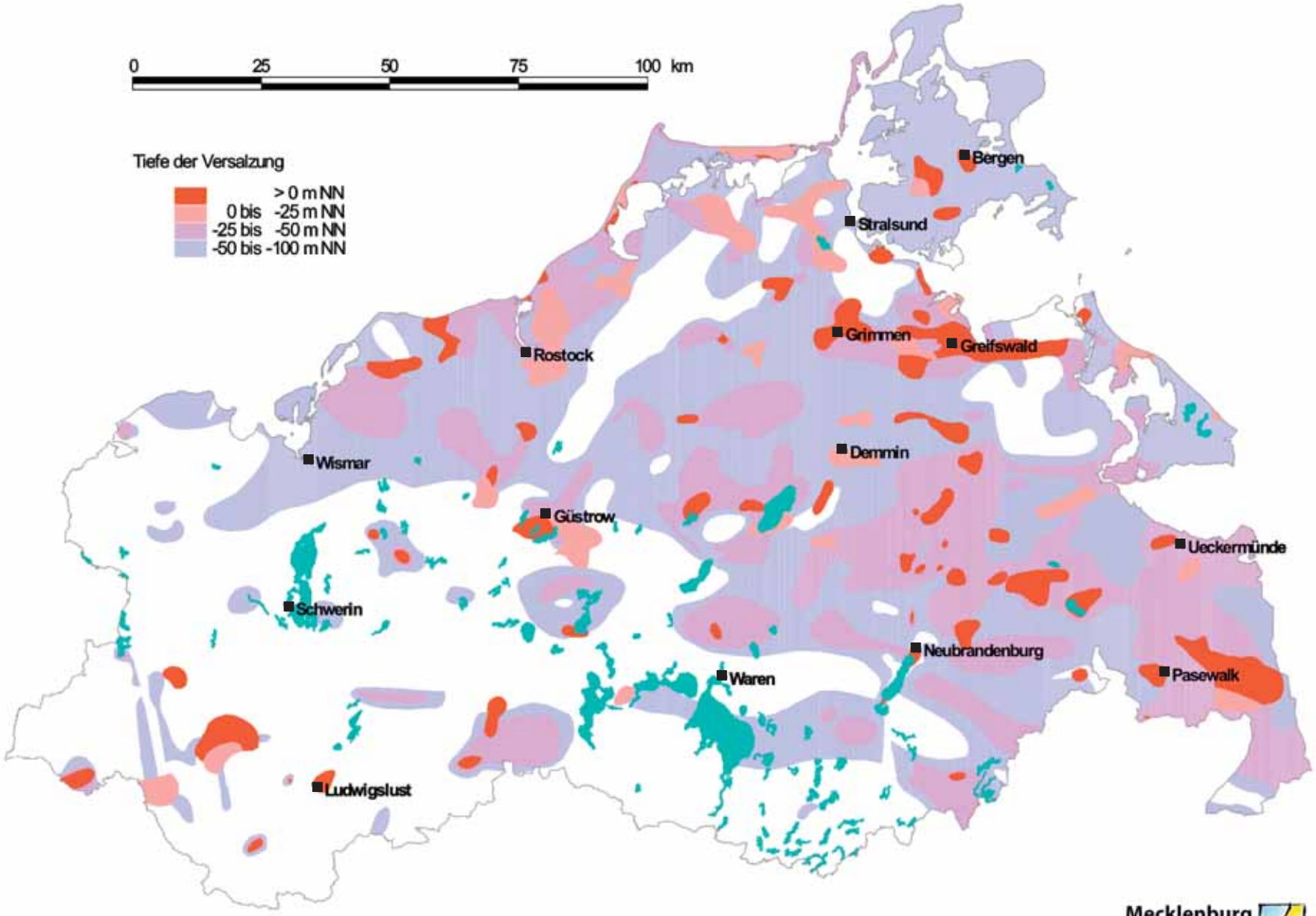
Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Anlage 7.1

Anlage 7.2




Restriktionsflächen in Mecklenburg-Vorpommern
Gebiete mit Artesik (Stand: Oktober 2006)




Restriktionsflächen in Mecklenburg-Vorpommern
Gebiete mit Grundwasserversalzung (Stand: Oktober 2006)

Mecklenburg Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie

Anlage 7.3