

### Kurzfassung:

Vom Ingenieurbüro Geotex wurden seit 1988 verschiedene Bauweisen für den Straßen- und Tiefbau entwickelt, die sich bei den bisher ausgeführten Baumaßnahmen hervorragend bewährt haben. Die Kies- und Elektroosmosepfähle können mit geringfügigen Ergänzungen bei weichem Untergrund auch im Bereich der oberflächennahen Geothermie eingesetzt werden. Die Membranwannen tauchen in der Regel dauernd in das Grundwasser ein. Befindet sich in der Wanne ebenfalls eine Wasserfüllung (Regenwassernutzung) kann sich durch die große Sohlfläche der Wanne die Wärme des Grundwassers mit dem Wannenwasser austauschen. Somit kann das Wasser in der Wanne zum Betrieb einer Grundwasserwärmepumpe genutzt werden. Die bei den Membranwannen eingesetzte Elektroosmose besitzt im Vergleich zu natürlichen Gesteinen eine gute Wärmespeicherkapazität. Mit diesem Wissen wurden zwei Speichertypen entwickelt, die sich von den bisher bekannten Speichern in vielen Punkten positiv unterscheiden. Der Sprühspeicher kann durch die Unterteilung in Zellen nachgeladen werden. Der HDS-Speicher wird im Temperaturbereich bis etwa 250°C betrieben. Er eignet sich damit auch für eine zeitlich versetzte Stromerzeugung.

### Erprobte Geotex-Bauweisen zur Wärmenutzung aus dem Regen- und Grundwasser sind:

#### Kiespfähle - Membranwannen - Hauswannen und Grundwasser in Verkehrswegen

1988 wurde von Geotex Ingenieuren im Auftrag des Straßenbauamtes Traunstein das Verfahren der Geotex-Kiespfähle zur Gründung von Straßen auf weichem Untergrund entwickelt. Dabei wird ein mit einem hochfesten geotextilen Gewebestrumpf umhülltes

## Gewinnung und Speicherung erneuerbarer Wärme

Stahlrohr in den Untergrund gedrückt. Das Stahlrohr wird dabei mit Kies oder Splitt aufgefüllt. Nach dem Erreichen der notwendigen Einbautiefe wird das Stahlrohr gezogen. Der mit Splitt gefüllte „Strumpf“ verbleibt im Boden. Über den Kiespfählen wird jetzt eine lastverteilende Schicht, die so genannte Kiesmatratze hergestellt. Sie verteilt die Last des Straßendamms und einer temporär aufzubringenden Ballastschicht auf die Kiespfähle und den dazwischen vorhandenen Boden. Durch die Auflast wird das überschüssige Porenwasser des weichen Bodens ausgepresst. Durch die Verringerung des Wassergehalts verbessern sich die



Umhüllung des Stahlrohres mit Geotextil



Befüllen des Stahlrohres



Eindrücken des Kiespfahles



Ziehen des Stahlrohres



Abschluß der Pfahlherstellung



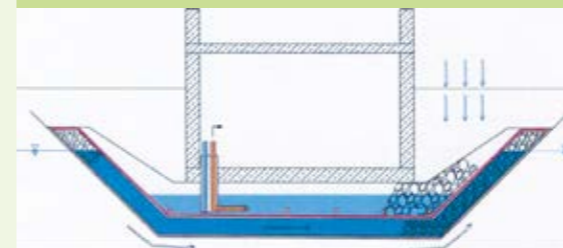
Fertiggestellter Damm

Grafik 1: Quelle: Geotex, P. Mohr

Bodeneigenschaften, wodurch wiederum seine Tragfähigkeit zunimmt. Zum Einbau der Kiespfähle ist ein mittelschwerer Bagger von ca. 30 t Betriebsgewicht notwendig, dessen Ausleger eine für den Einbau der Kiespfähle erforderliche

Länge ausweist. Die Einbaulänge der Kiespfähle reicht von 3 - 15 m. Unter 3 m ist die Bodenconsolidierung nicht wirtschaftlich. Über 15 m wird der technische Aufwand zu groß und die Wirkung der Ballastschicht ist nicht mehr gegeben. Die Konsolidierung des Bodens durch Auflast ist ein natürlicher Vorgang. Er benötigt deshalb Zeit. Die Zeit, bis die Setzungen abgeklungen sind, dauert je nach Durchlässigkeit des Bodens, der Höhe der Auflast und dem Abstand der Pfähle etwa 2-5 Monate. Das Verfahren hat sich seit vielen Jahren bewährt. Es kann auch zur Gründung von Gebäuden verwendet werden.

### Beispiel: Energienutzung durch Membranbauweisen



Grafik 2: Quelle: Geotex, P. Mohr

Die Herstellung von Baugruben im Grundwasser oder in Bereichen mit stark schwankenden Wasserständen (z.B. in Flusstälern) erfordert eine langwierige und teure Wasserhaltung. Als kostengünstige Alternative wurden die Geotex-Membranwannen entwickelt. Diese bestehen aus einer ein- oder mehrlagigen Abdichtung mit geotextilen Schutzschichten

Das in der Wanne gespeicherte Wasser gehört rechtlich zum Grundstück und kann deshalb genehmigungsfrei genutzt werden. Nachteile, wie sie bei der klassischen Grundwasserentnahme auftreten können, sind bei der Membranwanne ausgeschlossen.

### Beispiel: Grundwasserwanne in Verkehrswegen



Grafik 3: Quelle: Geotex, P. Mohr

Zur höhenfreien Kreuzung von Verkehrswegen bei hohem Grundwasserstand werden als kostengünstige Lösung Grundwasserwannen in Membranbauweise erstellt. Zum Schutz der mehrlagigen Wannendichtung vor Beschädigung durch grobkörnige Steine wird als erste Lage ein Schutzvlies verlegt. Dieses Schutzvlies kann als zweilagiges Vlies mit Einschubkanälen ausgeführt werden. In den Einschubkanälen sind Kollektorrohre verlegt, welche die Wärme des unter der Grundwasserwanne befindlichen Grundwassers aufnehmen. Diese Lösung ist bei innerörtlichen Grundwasserwannen empfehlenswert, da hier die entnommene Wärme an Nutzer abgegeben werden kann. Ebenso kann über diese Konstruktion auch Wärme aus Klimaanlagen großflächig in den Untergrund abgeleitet werden. Eine weitere Möglichkeit besteht bei Tieferlegungen von Bahnstrecken, wie beispielsweise in Neu-Ulm. Hier hätte sich mit einer Membranwanne neben der erheblichen Einsparung von Kosten auch eine Verkürzung der Bauzeit ergeben. Mit der aus dem Grundwasser entnommenen Wärme wären auch die Umsteiganlage über dem Bahnhof, sowie die Bahnsteige von Schnee und Eis freigehalten worden.

### Speicherung von Wärme - Bekannte Speichertechniken

Zur Speicherung von Wärme sind bisher Wasserspeicher, Kies-Wasserspeicher, Aquiferspeicher und Erdsondenspeicher errichtet worden. Die ersten beiden Speichertypen benötigen eine wasserdichte Umhüllung, die beim Wasserspeicher außerdem noch den Wasser- und Erddruck aufnehmen muss.



Grafik 4: Sandwichhülle mit Vlies-Speicherdichtung

Entscheidender Nachteil aller bisherigen Speicher ist die fehlende Unterteilung in kleinere Zellen, um bei abnehmendem Wärmeinhalt den Speicher nachladen zu können.

### Die Geotex-Sprüh Speicher

Der Speicher besteht aus mindestens 2 Zellen von ca. 3x3 m Grundfläche und einer Höhe von minimal 3,0 m. Als Wandung werden Sandwich-Paneele verwendet, die der darin verlegten Kunststoffabdichtung als Schalung und gleichzeitig der Wärmedämmung dienen. Am Boden jeder Speicherzelle werden gelochte Rohre zur Wasserentnahme eingebaut. Nach Fertigstellung der Zellen, der Abdichtung und der Entnahmerohre wird der Speicher gleichmäßig innen mit Splitt und außen mit geeignetem Hinterfüllboden aufgefüllt. Der Splitt der Speicherfüllung soll möglichst schwer sein, weil damit die Speicherkapazität des Zellenvolumens höher ist. Durch die Bodenfüllung innen und außen trägt sich der Speicher ohne technischen Aufwand selbst.

Auf der Oberfläche der Splittfüllung werden gelochte Rohre zum Einbringen des Wassers verlegt. Versprühtes heißes Wasser sickert in den Splitt und gibt seine Wärme an die Gesteinsfüllung ab. Dabei verschiebt sich die Grenze zwischen heiß und kalt langsam zum Speicherboden. Das unterhalb vorhandene Kaltwasser wird am Boden abgesaugt und

Grafik 5: Speicher mit Splitt gefüllt

nach der Erwärmung im Wärmetauscher über den oberen Verteiler wieder in den Speicher zurückgepumpt.

Zur Wärmeentnahme wird das Heißwasser über die Rohre am Speicherboden abgesaugt und nach Abgabe der Wärme kalt auf der Splittschicht versprüht. Jetzt verschiebt sich die Grenze zwischen kalt und warm langsam zum Speicherboden. Wird dort nur noch Kaltwasser entnommen, ist die Zelle leer. Durch die Gesteinsfüllung der Speicherzellen können große Mengen Heißwasser in kurzer Zeit in die Zellen eingepumpt werden, ohne dass es dadurch zu Konvektion zwischen Heiß- und Kaltwasser kommt. Damit könnte ein Speicher, der normal mit solarer Wärme aufgeheizt wird, durch externe Zufuhr von nicht genutztem Heißwasser aus industriellen oder gewerblichen Betrieben oder aus Abfall- oder Blockheizkraftwerken versorgt werden. Aufwändige und kostenintensive Fernwärmenetze können damit entfallen. Durch die Aufteilung des Speichers in verschiedene Zellen beeinflusst die Nachfüllung die Wärmenutzung aus der gerade aktiven Speicherzelle nicht.

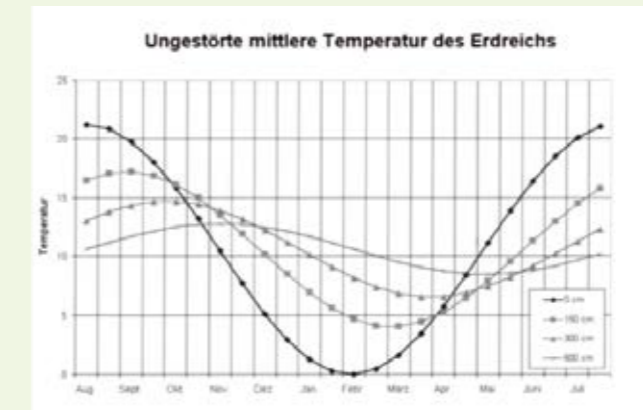
Dieser mobile Wärmetransport zum Ausgleich eines temporären Wärmedefizits ist derzeit noch nicht besonders wirtschaftlich. Aber unter dem Gesichtspunkt der Nutzung ohnehin erzeugter Wärme und damit einer CO<sub>2</sub>-Reduzierung ist er jedenfalls sinnvoller als die noch unwirtschaftlichere Dämmung bestehender Gebäude.

Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit würde sich ergeben, wenn die Politik ungenutzte Abwärme als Abfall definiert für deren Ableitung in die Umgebung Gebühren anfallen.

Grafik 7: Der Geotex – Wärmepfahl

### Der Geotex-Wärmepfahl

Mit geringen Änderungen an der Einpresstechnik und zwei U-förmigen Kollektorschläuchen, die vor der Auffüllung in den Pfahl eingeführt werden, wird der Kiespfahl zum Wärmepfahl. Eingebaut in Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit (nasse Wiese, Verlandungsfläche) kann darin überschüssige Wärme (solar oder BHKW) aus dem Sommer gespeichert werden. Wird ein 10 m langer Wärmepfahl in ein geeignetes Grundstück vertikal im Dreiecksraster mit einer Kantenlänge von 2 Metern eingebaut, erschließt er bei 3,6 m<sup>3</sup> Einzugsfläche ein Bodenvolumen von 36 m<sup>3</sup>. Die nachstehende Grafik zeigt die jahreszeitlichen Temperaturen in oberflächennahen Bodenschichten, die sich auf den Wärmeertrag von horizontalen Erdkollektoren auswirken. Für die vertikalen Wärmepfähle liegt das Temperaturniveau des umgebenden Bodens ab 5 m Tiefe ganzjährig um 10° C. Zum Schutz von Bodenlebewesen sollte der Boden zur Speicherung nicht über 35° C aufgewärmt werden.



Grafik 6: Diagramm

