

Allerdings müßte sich diese Gruppe erst noch bilden, scheint zudem eine Kooperation des rüttgerschen Zukunftsministeriums wegen der Konzentration der wenigen Mittel auf Soultz ziemlich ungewiß. Und wie sich die EU in einem solchen Fall verhalten würde, das wäre mehr als fraglich.

US-Energieministerin Hazel O'Leary schüttelte, verfolgt von italienischen und internationalen Medien, in der den Kongress begleitenden Messe amerikanischen Ausstellern werbewirksam die Hände und schaute natürlich auch im Stand ihres eigenen Hauses vorbei. Eine Etage höher, beim einzigen in Florenz vertretenen deutschen Industrieunternehmen spielten sich solche Szenen nicht ab. Die Vertreter der Hagusta GmbH aus Renchen waren trotzdem guter Stimmung. Der Hersteller von Pumpensteigrohren oder Brunnenköpfen aus hartgummiertem Edelstahl entsprach mit seinen Produkten offensichtlich genau den vom internationalen Markt verlangten Anforderungen.

Weitere Informationen zum WGC '95 in den Rubriken **Aus der Branche und Dokumentation - Diskussion**

## Energiepfähle

Burkhard Sanner\*

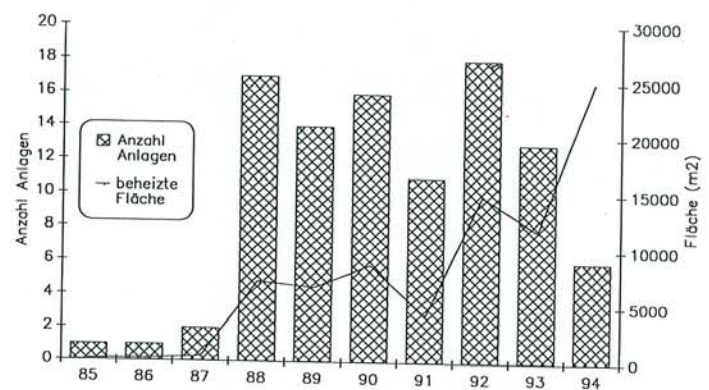
*Energy piles are heat exchangers installed inside concrete foundation piles (they should be named correctly **heat exchanger piles**). On such building sites, where pile foundation is mandatory, energy piles can be an easy way to provide heat source and sink at low additional cost. In Austria, Nägelebau installed the first energy piles as heat source for a residential heat pump in 1985. The specific heat extraction through energy piles has to be much lower than in vertical earth heat exchanger (**earth probes**), to avoid impact on the load-carrying function of the piles. Since the additional costs are also much lower than the cost of earth probes, energy piles can be an economic alternative. The piles are either cast in drillholes on site, the heat exchanger pipes attached to the steel, or prefabricated in the factory and rammed into soft ground. In the early 90's, heating and cooling plants with energy piles for commercial buildings up to 21 600 m<sup>2</sup> floor area have been built by Nägelebau.*

Diese Technik müßte korrekt eigentlich "Wärmetauscherpfähle" heißen (Hadorn, 1993); handelt es sich dabei doch um Wärmetauscherrohre, die in ansonsten für die Bauwerksgründung notwendige Betonpfähle eingebaut sind. Pfahlgründungen werden überall dort erforderlich, wo der Untergrund die Bauwerkslasten ohne unzulässige Setzungen nicht mehr über ein normales Fundament aufnehmen kann. Die Pfähle werden dann entweder bis zu einer festeren Schicht im Untergrund eingebracht (Spitzendruckpfähle), oder sie tragen die Bauwerkslasten über die Reibung zwischen Erdreich und Pfahl über die gesamte Pfahllänge ab (Mantelreibungspfähle). Pfahlgründungen sind in ganz Norddeutschland verbreitet, so in Berlin, aber auch im Rhein-Main-

Gebiet (Frankfurt) und andernorts, wo setzungsgefährdete Schichten anstehen.

Nachdem das Prinzip bereits in der ersten Hälfte der 80er Jahre beschrieben und auch in einigen Patentanmeldungen in Deutschland und der Schweiz niedergelegt worden war (HAG-Consult, Frankipfahl, Leo Gut), wurden die ersten Energiepfähle in Österreich, in Vorarlberg verwendet. Im Herbst 1985 rüstete die Fa. Nägelebau aus Sulz-Röthis ein Einfamilienhaus von 177 m<sup>2</sup> Nutzfläche in Hohenems mit Energiepfählen aus. Nägelebau hatte seit 1982 Erfahrungen mit Massivabsorbern aus Beton für Wärmepumpenheizungen gesammelt, und da in den jungen Ablagerungen im Hochrheintal etwa ab Götzis bis zum Bodensee fast für jedes Gebäude eine Pfahlgründung erforderlich ist, wurde versucht, diese Pfähle als Wärmequelle für eine Wärmepumpe heranzuziehen.

Abb. 5: Anzahl der durch Nägelebau erstellten Energiepfahlanlagen und Größe der entsprechenden Gebäudeflächen (nach Werten aus der Referenzliste Nägele Energie- und Haustechnik, 1995)



In den Folgejahren stieg die Zahl der durch Nägelebau erstellten Anlagen steil an, vor allem aber wuchs auch die Gebäudefläche (Abb. 5). Neben Wohnhäusern und Wohnanlagen wurden auch Gewerbegebäude ausgerüstet. Im Herbst 1991 wurde bei einer Wohnanlage im schweizerischen Sargans erstmals mehr als 1.000 m<sup>2</sup> in einer Anlage beheizt, und im Juli 1992 ging mit dem Betriebsgebäude Photocolor in Kreuzlingen (Abb. 6) eine Anlage mit 4.500 m<sup>2</sup> Gebäudefläche in Betrieb (Schärli, 1993).

Bei Photocolor werden die Energiepfähle nicht nur als



Abb. 6: Betriebsgebäude Photocolor; Kreuzlingen



Wärmequelle für eine Wärmepumpe benutzt, sondern dienen im Sommer auch zur Kühlung des Gebäudes nach dem Prinzip der direkten Kühlung (Sanner, 1990). Die bislang größte Anlage dient der Firma Pago in Grabs bei Buchs zur Kühlung ihres 21.600 m<sup>2</sup>-großen Betriebsgebäudes (ca. 500 kW Kühlleistung, Abb. 7).

Typische Pfahllängen sind 10-40 m, wobei für die Wärmetauscher in der Regel nur die obersten 10-15 m in Frage kommen. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen vorgefer-

tigten Rammpfählen und Ortsbetonpfählen. Die vorgefertigten Pfähle werden im Werk gegossen, mit den eingebauten Wärmetauscherrohren. Diese bestehen aus HDPE und liegen in Schleifen (bis zu achtmal) im Beton. Am oberen Pfahlende befindet sich seitlich eine offene Kammer, in der die Anschlüsse der Wärmetauscherrohre geschützt, aber zugänglich untergebracht sind. Diese Pfähle werden in den lockeren Untergrund gerammt. Es können mehrere Pfähle übereinander gesetzt werden, wobei nur der oberste einen Wärmetauscher trägt.

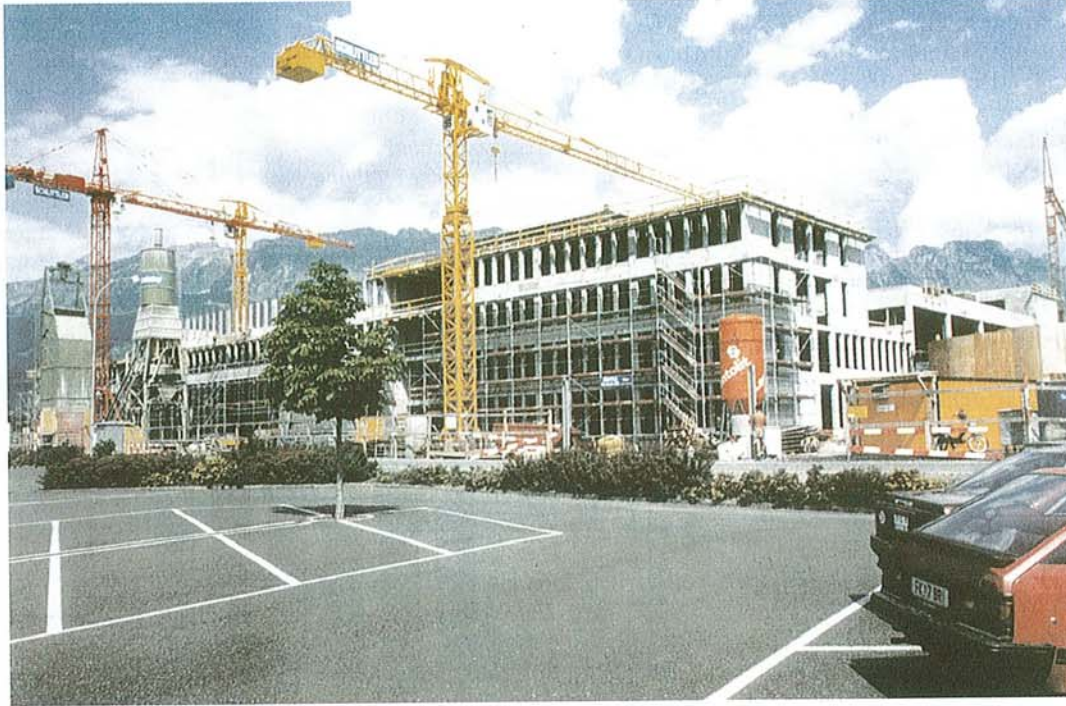


Abb. 7: Betriebsgebäude der Fa. Pago, Buchs, im Bau (1994)

Ortsbetonpfähle werden auf der Baustelle im Bohrloch gegossen. Abb. 8 und 9 zeigen den Bau von Ortsbetonpfählen mit HDPE-Wärmetauscherrohren am Medienhaus Vorarlberg in Schwarzach im Februar 1995. In das im Schlagbohrverfahren erstellte Bohrloch wird mit einem Kran der Bewehrungskorb eingehoben. Im Korb sind die Wärmetauscherrohre angebracht, die bereits im Werk geprüft und mit Druckluft gefüllt wurden. Die Druckluft dient dazu, dem Außendruck des frischen Betons im Bohrloch standzuhalten. Manometer lassen eine ständige Überwachung des Drucks und damit die Erkennung von Leckagen zu.

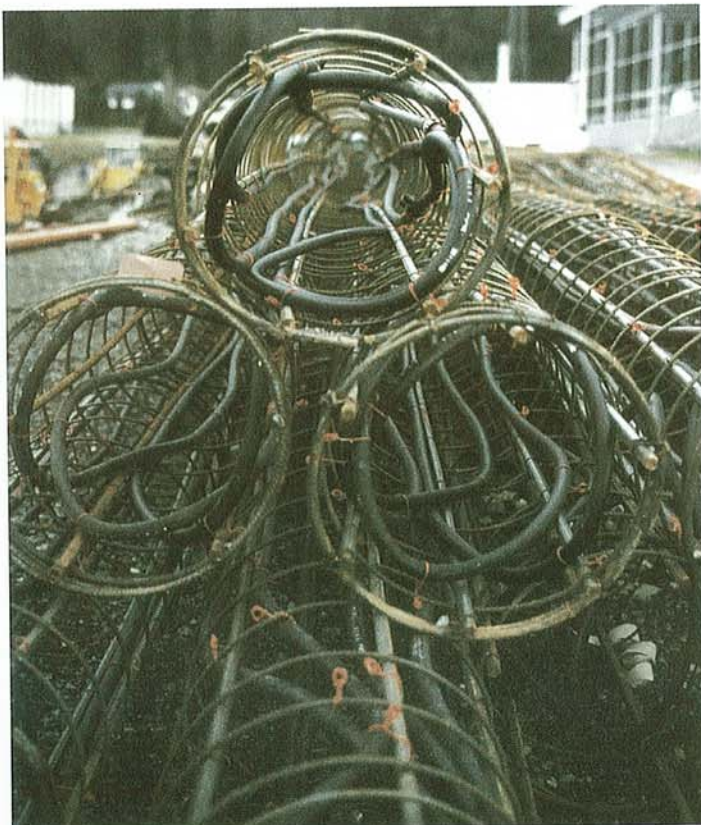


Abb. 8: Bewehrungskörbe mit HDPE-Wärmetauscherrohren, einbaufertig an der Baustelle Medienhaus Vorarlberg, Schwarzach (Februar 1995)



Abb. 9: Einbau eines Bewehrungskorbes mit HDPE-Wärmetauscherrohren an der Baustelle Medienhaus Vorarlberg, Schwarzach (Februar 1995)



Gemeinsam für sämtliche Energiepfähle ist die Tatsache, daß die Pfahltemperatur nicht unter 0 °C absinken soll. Zermürbung des Betons oder aber auch Herabsetzung der Mantelreibung durch Eisbildung könnten die Folge sein. Die spezifische thermische Belastung der Pfähle muß gering bleiben, die statische Aufgabe ist sicherheitsrelevant und geht daher in jedem Fall vor. Die Faustregeln für Erdwärmesonden im Einfamilienhaus mit 50-60 W/m können hier nicht angewendet werden. Umgekehrt ermöglicht eine entsprechend großzügig dimensionierte Anlage aber auch den Verzicht auf Frostschutzmittel, reines Wasser ist als Wärmeträgermedium geeignet. Eine genaue, auf Berechnungen basierende Auslegung größerer Energiepfahlanlagen ist aber in jedem Fall erforderlich.

Eine neue Variante sind Wärmetauscher in Schlitzwänden. Derartige Schlitzwände dienen der Baugrubensicherung in dicht bebauten Arealen, sie verhindern ein Abrutschen von Nachbargebäuden in die Baugrube und sind nach Ende der Bauarbeiten statisch nicht mehr belastet. Ähnlich wie bei Ortsbetonpfählen werden Wärmetauscherrohre an den Bewehrungskörben befestigt und eingegossen. Eine der ersten Anlagen dieser Art wird zur Zeit bei einem Neubau (ca. 3000 m<sup>2</sup>) des Kunsthauses Bregenz verwirklicht.

Als ein Pionier für Energiepfähle hat Nägelebau vor allem im österreichisch-schweizerischen Hohe Rheintal viel Erfahrung sammeln können. Inzwischen wird die Technik auch durch andere Firmen angewendet, und ein bedeutendes Potential für Gebiete mit schlechtem Untergrund kann zukünftig erschlossen werden (Kapp, 1994). Eine Nische für kostengünstige Erdreichwärmetauscher hat sich damit für die Fälle aufgetan, wo die Pfahlgründung bereits durch den Untergrund vorgegeben ist.

#### Schrifttum:

Hadorn, J.-C. (1993): Problématique des pieux "échangeur". - Mitt. Schweiz. Ges. Boden- und Felsmechanik, Nr. 127, S. 17-18

Kapp, C. (1994): Energiepfähle: Stand der Technik und bisherige Erfahrungen. - IZW-Berichte 1/94, S. 173-178, Karlsruhe

Sanner, B. (1990): Ground Coupled Heat Pump Systems, R&D and practical experiences in FRG. - Proc. 3rd IEA Heat Pump Conf. Tokyo 1990, S. 401-409, Pergamon Press, Oxford

Schärli, U. (1993): Energiepfahlanlage Photocolor, Kreuzlingen. - Mitt. Schweiz. Ges. Boden- und Felsmechanik, Nr. 127, S. 9-12

\*Dr. Burkhard Sanner, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Justus-Liebig-Universität, Gießen

## Energiepfahlanlage Photocolor, Kreuzlingen

### Teil 1: Grundlagen und Anlagenkonzept\*

U. Schärli\*\*

Die Photocolor AG wurde 1991/92 durch einen Neubau erweitert. Bei der Planung erwand man die Nutzung von Erdwärme zur Beheizung der Büroräume sowie zur Klimatisierung der Photoproduktionsräume mittels sog. Energiepfähle. Der Entschluß, die Anlage zu realisieren, wurde durch Beiträge des Bundesamtes für Energiewirtschaft sowie des Kantons Thurgau erleichtert.

#### Geologisch-hydrologische Situation

Der Untergrund des Areals Photocolor AG wurde durch eine Kernbohrung bis zum Molassefels untersucht (Abb. 10). Im obersten Teil, bis ca. 12 m Tiefe ab OKT, liegen setzungsanfällige, tonig-siltige Seeablagerungen. Darunter folgen ca. 6 m mächtige, sandigkiesige Deltaschotter. Die quartären Ablagerungen werden zuunterst durch eine ca. 7 m dicke Grundmoräne abgeschlossen, welche auf dem Molassefels aufliegt.

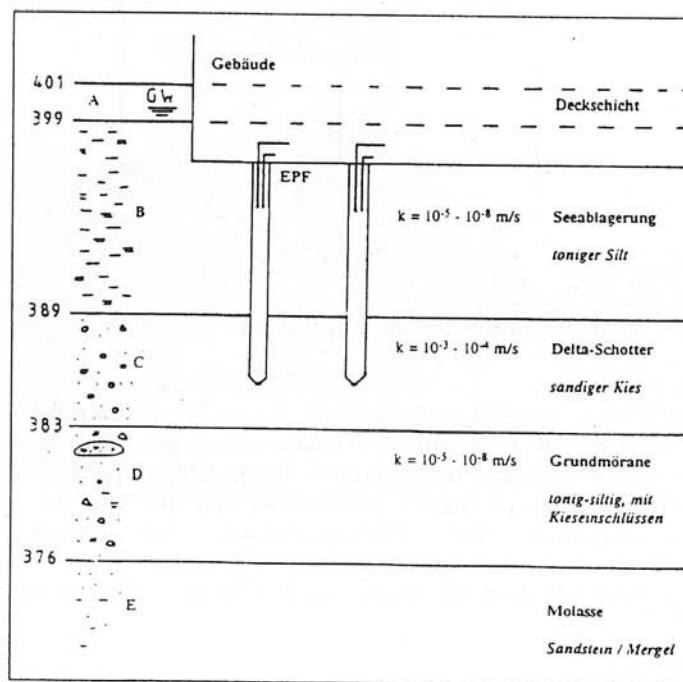


Abb. 10: Geologische und hydrogeologische Verhältnisse unter dem Neubau Photocolor AG, Kreuzlingen

Der Grundwasserspiegel liegt bei ca. 1.5.-2.0 m unter OKT. Die Durchlässigkeiten variieren vertikal sehr stark: Die feinkörnigen Seeablagerungen sind schlecht durchlässig ( $10^{-5}$  -  $10^{-8}$  m/s), die darunter liegenden Schotter dagegen sehr gut ( $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  m/s). Das in diesem Schotter zirkulierende Grundwasser ist gespannt. Der horizontale Grundwasserfluß ist in dieser Schicht relativ stark. Messungen über das Druckspiegelgefälle des Grundwassers liegen jedoch nicht vor. Die unter der Schotterschicht liegende Grundmoräne und der Molassefels wirken als Grundwasserstauer. Der Grundwasserfluß durch das Energiepfahlfeld ist für dessen Leistungen und Langzeitverhalten von entscheidender Bedeutung.