

## JAHRESBERICHT 1997

**Über die Arbeiten gemäss Auftrag:** DIS?????

**Titel des Projektes:** Energiepfähle für Dock Midfield des Flughafens Zürich  
Detaillierte Simulation und Optimierung der Anlage

### **Zusammenfassung:**

Das Dock Midfield muss wegen schlechtem Baugrund auf Pfählen fundiert werden. Es sind stehende Bohrpfähle mit 1 bis 1,5 Meter Durchmesser vorgesehen, welche bis auf die Grundmoräne in ca. 30 Meter Tiefe reichen. Es sind über 350 Pfähle erforderlich.

Das Erdreich unter dem Dock Midfield soll als saisonaler Speicher genutzt werden. Dazu werden 304 der Pfähle als Energiepfähle genutzt, das heisst mit Rohren ausgerüstet, welche von einem Wärmeträgermedium durchflossen sind.

Dank den Energiepfählen kann ca. 1100 MWh Wärme gewonnen werden (Bedarf von 40 Einfamilienhäusern). Der Mehrstrombedarf für die Wärmepumpe wird dank der Kälteproduktion im Sommer (ca. 600 MWh) kompensiert.

Dank einer detaillierten Simulation und Response-Tests zur Bestimmung der thermischen Bodenkennwerte soll eine Optimierung der Anlage erreicht werden. Die noch bestehenden Planungsunsicherheiten für solche Anlagen sollen ausgeräumt werden. Gleichzeitig sollen Erfahrungen mit den heutigen Simulationswerkzeugen gewonnen werden.

**Dauer des Projektes:** 1. Dezember 1997 bis 20. Dezember 1998

**Beitragsempfänger:** ARGE ZAYETTA, EPFL-LASEN

**Berichtersteller:** Markus Hubbuch, Electrowatt Engineering AG, Zürich

**Adresse:** ARGE ZAYETTA  
Sihlramtstrasse 10  
CH-8002 Zürich

**Telefon:** +41 1 286 50 20 / 1 385 20 83

## 1. Projektziele 1997

Grundlagenerarbeitung und Konzept der hydraulischen Schaltung zur Wärme und Kältengewinnung aus den Energiepfählen.

Erste Simulation des Ertrags der Energiepfähle.

Machbarkeitsstudie und Abschätzung der wirtschaftlichen Machbarkeit der Energiepfahlanlage im Vergleich zu einer konventionellen Lösung mit Kältemaschinen und Fernwärme.

Vorbereitung der detaillierten Simulation und der Response-Versuche zur Bestimmung der thermischen Bodenkennwerte.

## 2. 1997 geleistete Arbeiten und Ergebnisse

### Konzept Energiepfähle:

Das Erdreich unter dem Dock Midfield soll als saisonaler Speicher genutzt werden. Dazu werden 304 der Pfähle als Energiepfähle genutzt, das heisst mit Rohren ausgerüstet, welche von einem Wärmeträgermedium durchflossen sind.

Im Sommer wird die interne Abwärme des Umluftkühlnetzes direkt ans Erdreich abgeführt. Voraussichtlich wird es für einige wenige Spitzen erforderlich, noch zusätzliche Kälteleistung mit einer Kältemaschine zu erzeugen, welche gleichzeitig als Redundanz dient. In der Übergangszeit wird die interne Abwärme mit Free-Cooling über die Kühltürme an die Aussenluft abgegeben. Im Winter wird die interne Abwärme zur Wärmerückgewinnung genutzt. Dazu wird die erwähnte Kältemaschine als Wärmepumpe genutzt.

Die Kälte für die Zuluftkühlung im Sommer wird mit separaten Kältemaschinen erzeugt.

Im Winter wird bei zusätzlichem Wärmebedarf dem Boden die gespeicherte Wärme wieder entzogen. Dazu wird die oben erwähnte Kältemaschine ebenfalls als Wärmepumpe genutzt. Die Spitzen werden mit Fernwärme gedeckt.

### Ertrag der Energiepfähle:

Der energetische Ertrag der Energiepfähle wurde von der EPFL, Herr Dr. Pahud, simuliert. Die Grundlage für diese Simulation war einerseits der Pfählungsplan (Entwurf) vom 4. Sept. 1997. Andererseits diente die stundenweise Abschätzung des Energiebedarfes als Input. Die geologischen Daten wurden den Unterlagen des Büros Jäckli entnommen.

Dank der Energiepfähle kann der nach WRG und Free-Cooling übrigbleibende Kältebedarf für Umluftgeräte (interne Abwärme) fast vollständig mit den Energiepfählen gedeckt werden. Nur für wenige Spitzen und als Redundanz ist es notwendig, noch die Erdwärme- resp. WRG-Wärmepumpe als Kältemaschine nutzen zu können. Es können voraussichtlich ca. 600 MWh Kälte erzeugt werden, nur 5 MWh sind mit der Kältemaschine zu decken.

Für die Kühlung der Zuluft ist Spitzenkälte erforderlich, welche unabhängig von den Energiepfählen mit Kältemaschinen erzeugt wird.

Im Winter wird der Wärmebedarf des Gebäudes primär mit interner Abwärme gedeckt. Vom restlichen Bedarf kann die ganze Grundlast mit der Erdwärmepumpe gedeckt werden. Dem Boden werden ca. 800 MWh Wärme entzogen, die Wärmepumpe (mit einem angenommenen COP von 3.5) liefert 1100 MWh, die max. Wärmeleistung beträgt 700 kW. Ab Fernwärme werden noch 170 MWh Wärme zur Spitzendeckung bezogen, die maximale Leistung wird auf ca. 1.5 MW begrenzt (Auslegung auf -11° C Aussentemperatur).

Die folgenden Bilder zeigen die ersten Ergebnisse.

### Kälteerzeugung Dock Midfield

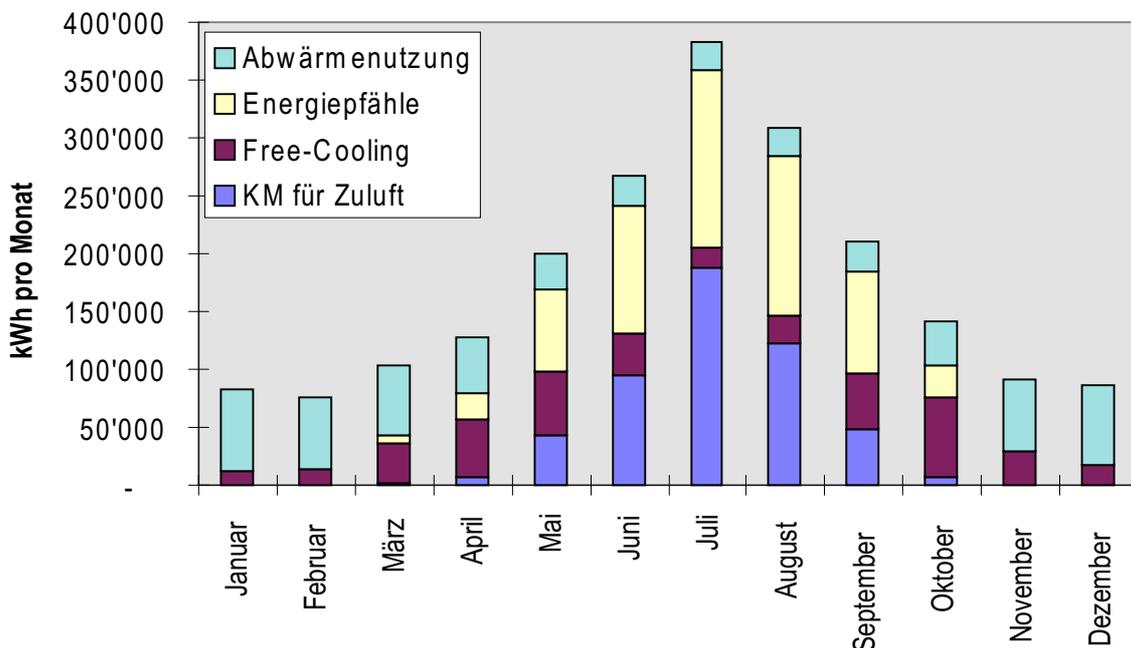


Bild 1: Monatliche Aufteilung der Kälteerzeugung mit den verschiedenen Quellen, erste Abschätzung

**Fehler! Kein gültiges eingebettetes Objekt.**

Bild 2: Monatliche Wärmeerzeugung mit den verschiedenen Quellen, erste Abschätzung

### 3. Zusammenarbeit mit anderen schweizerischen Institutionen, internationale Kontakte

Für die erste Abschätzung der wirtschaftlichen Machbarkeit der Energiepfahlanlage wurde mit der Firma nägelebau, Nägele Energie- und Haustechnik GmbH, A-6832 Sulz-Röthis, zusammengearbeitet.

Zur Berechnung des Energiebedarfes wurden Resultate verwendet, welche auf Simulationsrechnungen des Gebäudes beruhen, welche von der EMPA, Abt. Haustechnik, berechnet wurden.

### 4. Transfer in die Praxis

Die Ergebnisse dienen der Planung der Energiepfahlanlage des Docks Midfield.

### 5. Perspektiven für 1998

Für die Abwicklung des Projektes sind folgende Schritte für 1998 vorgesehen:

#### Weiterbearbeitung des Projektes durch ARGE ZAYETTA

Dieser zweite Schritt dient dazu, weitere bessere Nutzungsdaten über das Projekt zu beschaffen. (Festlegen der genauen Pfahlanordnung, Pfahldurchmesser, Heiz- und Kühllasten, Bewirtschaftung des Speichers usw.) Zudem werden auch Überlegungen über den Bauvorgang für die Energiepfähle angestellt (wie können die Wärmetauschrohre in den Pfahl eingebracht werden).

#### Thermische Leistungsprüfung

Vom Büro Dr. Jäckli AG wurde ein Bericht über die Geologie des Baugrundes im Gebiet des Dock Midfield verfasst. Darin sind für die zu erwartenden Bodenschichten die wichtigsten geothermischen Kennwerte (Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärme, Dichte, Wassergehalt) aus der Literatur enthalten. Der Streubereich der Werte ist allerdings relativ gross, so dass es in Anbetracht der Grösse des Projektes angebracht erscheint, Versuche zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Energiepfähle durchzuführen (in situ Tests). Dazu werden anfangs 1998 am West- und Ostende des Dock Midfield 2 Erdsonden auf die Tiefe der für die Fundation der Energiepfähle vorgesehenen Schicht (Moräne) abgeteuft. Es werden Response Tests durchgeführt und auf Grund der Messresultate genauere thermische Kennwerte bestimmt.

#### Detaillierte Simulation des Energiepfahlsystems

Die zuverlässigeren Daten aus dem Response-Test dienen zusammen mit den Resultaten aus der vertieften Planung als Input für eine detaillierte Simulation mit dem Programm TRNSYS. Dabei wird auch die Wärmepumpe simuliert. Auf Grund stündlicher Lastwerte wird das energetische Verhalten des Energiepfahlsystem durchgerechnet und es werden Wirtschaftlichkeitsrechnungen durchgeführt, um die ganze Anlage nicht nur technisch sondern auch wirtschaftlich zu optimieren.

## **6. Publikationen 1997**

Keine.