

# enercret

# thermoaktive Fundamente

Energiepfähle   Energie-Schlitzwände   Energie-Fundamente

## Planungshinweise

### 1. Planungsgrundlagen

#### 1.1 Geotechnische Grundlagen

Als geotechnische Grundlagen sind der Schichtaufbau mit den folgenden bodenmechanischen Kennwerten relevant:

- die Temperatur
- die Wärmeleitfähigkeit und
- die Wärmekapazität des Untergrundes
- die Höhe des Grundwasserspiegels und
- die Fließrichtung und –geschwindigkeit des Grundwassers.

Die mittlere Temperatur im Boden liegt in Mitteleuropa erfahrungsgemäß bei ca. 10° C – 12° C. Tages- und jahreszeitlich bedingte Schwankungen sind schon in relativ geringer Tiefe praktisch ausgeglichen.

Zur Speicherung von Energie sind Bodenschichten über dem Grundwasserspiegel oder zumindest solche mit geringer Durchlässigkeit und ruhendem Grundwasser geeignet, da durch das fließende Grundwasser die eingespeiste Energie rasch abgeführt wird.

Aus denselben Gründen sind zur Wärmeentnahme und Kühlung durchlässigere Böden im fließenden Grundwasser die geeigneteren Medien.

Schwankungen des Grundwasserspiegels sind zu berücksichtigen.

Untersuchungen zeigen, dass Temperaturschwankungen, die durch Energiepfahlanlagen erzeugt werden, auf sonst temperaturempfindliche Böden wie schrumpfung- und quellungsanfällige Tone in der Regel keine Auswirkungen haben.

Allerdings sind Abkühlungen unter die Nullgradgrenze durch zu geringe Vorlauftemperatur unbedingt zu vermeiden, da dadurch Frostschäden auftreten können.

#### 1.2 Bautechnische Grundlagen

Für die Ausarbeitung eines Vorentwurfs für die enercret-Installation und die Berechnung bzw. Simulation der thermischen Leistungswerte sind folgende bautechnische Angaben erforderlich:

- Art und Größe der erdberührten und zu nutzenden Betonteile (Durchmesser, Stärke, Länge, Tiefe)
- Tiefenlage der Fundamenteile bezogen auf die Terrainoberkante
- Lagemäßige Darstellung der Fundamenteile
- Angaben über die Bewehrung
- Behördliche Auflagen

Untergeschoßpläne und Schnitte mit Angabe der Lage der Technikzentrale und Fundamentpläne sind zumindest in Vorentwurfsqualität bereitzustellen. Der Aufbau der Bodenplatte inkl. Isolierung und Unterbau muss geklärt sein. enercret-Anlagen beeinflussen die Tragfähigkeit der Fundamente nicht.

Zum Einbauen der Absorberleitungen in Pfähle und Schlitzwände wird ein Armierungskorb benötigt, an welchen die Rohrleitungen angebunden werden können. Es können alle Stahlbeton-Pfahlarten, wie Bohrpfähle, Ortbeton-Rammpfähle, Fertigteil-Rammpfähle, Schnecken-Bohrpfähle, Mixed-in-Place-Pfähle, duktile Gusspfähle zur Bestückung mit dem enercret-System verwendet werden.

### 1.3 Energietechnische Grundlagen

Zur Berechnung des Energiepotentials, welches durch die enercret-Anlage dem Gebäude zur Verfügung gestellt werden kann, ist es erforderlich die Spitzenleistungen und Monatsverteilung des Heiz- und Kühlenergiebedarfs des Gebäudes zu kennen. Lange anhaltende Kühl- oder Heizperioden, welche keine Regenerierungszeiten für das System zulassen, reduzieren die Leistungsspitzen. Deswegen ist auch die Wochenverteilung des Heiz- bzw. Kühlenergiebedarfs des Gebäudes zu berücksichtigen.

Bei Bodenplattenbelegungen müssen auch Angaben über die Raumtemperaturen der darüberliegenden Räume und die Isolierung gemacht und bei der Auslegung der enercret-Anlage berücksichtigt werden.

### 1.4 Fragebögen

Die unter dem Punkte 1.1 bis 1.3 angeführten wichtigsten Grundlagen werden mittels der Fragebögen 1 + 2 eingeholt. Diese Angaben dienen als Grundlage für eine Berechnung mit Simulation einer enercret-Anlage.

## 2. Planungsschritte

### 2.1 Voruntersuchungen

Es kann für ein konkretes Gebäude abgeschätzt werden, ob eine enercret-Anlage technisch sinnvoll und wirtschaftlich ist.

In der Regel kann gesagt werden, dass bei einem Gebäude mit tiefliegenden erdberührten Betonteilen (Pfehlgründung, Baugrubensicherung mittels Schlitzwand oder Pfehlwand) und mit Kühlbedarf die Anwendung der enercret-Technologie immer sinnvoll ist und eine entsprechende Wirtschaftlichkeit bringt. In vielen Fällen ist eine monovalente Lösung möglich – dies hängt im wesentlichen vom Verhältnis der Größe der Fundamente und des Objektes ab. Weiters sind die Bodenverhältnisse und der spezifische Energiebedarf des Gebäudes mit in der Abschätzung zu berücksichtigen.

Es sollte bereits bei den Voruntersuchungen die gesamte Klimakonzeption des Gebäudes berücksichtigt werden, wobei zu beachten ist, dass das enercret-System zum Heizen und Kühlen (Energiebilanz im Boden) genutzt wird

und der Eintrag der Energie in das Gebäude über ein Niedrigtemperaturheizsystem, welches auch zum Kühlen geeignet ist, erfolgt. Nachfolgend werden Leistungswerte für die grobe Abschätzung des Energieertrags einer enercret-Anlage angegeben:

Energiepfahl  $\varnothing$  30–50 cm: 40–60 W/lfm

Energiepfahl  $\varnothing$  60 cm  
und größer: 35 W/m<sup>2</sup>  
belegte Fläche

Schlitzwand, Pfehlwand: 30 W/m<sup>2</sup>  
belegte Fläche

Bodenplatte: 15 – 30 W/m<sup>2</sup>  
belegte Fläche

Leistung per lfm Rohr: 2 – 8 W/m

Annahmen:

feuchter Boden oder stehendes Grundwasser, normale Nutzungszeiten, Bodenarten mit guter Wärmekapazität, übliche Belegungsdichte mit Rohren, 5 m Mindesttiefe im Erdreich

Abschläge zu obigen Leistungsangaben:

- trockene Böden, Böden mit niedriger Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität
- lange Nutzungszeiten
- nur 1 Nutzungsart (Heizen oder Kühlen)
- externe Einflüsse auf Untergrundtemperatur

Zuschläge:

- fließendes Grundwasser

Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität einiger Materialarten:

Material	W/mK	MJ/m <sup>3</sup> K
Erde trocken	1,0	2,0
Erde feucht-naß	2,2	2,4
Lehm trocken	0,4	1,6
Lehm feucht-naß	1,6	2,4
Sand, trocken-kompakt	1,2	1,7
Sand, feucht	1,0	1,8
Schlick, feucht-naß	1,8	2,2
Feinsand, Grundwasserfließgeschwindigkeit 0,1 m/d	4,0	
Mittelsand, Grundwasserfließgeschwindigkeit 1 m/d	15,0	
Feiner Kies, Grundwasserfließgeschwindigkeit 8 m/d	100,0	

W/mK → Wärmeleitfähigkeit  
MJ/m<sup>3</sup>K → Wärmekapazität

Beim Heizfall erhöht sich die Leistung für das Gebäude je nach Leistungsziffern um die Antriebsenergie der Wärmepumpe.

Die Nutzungsdauer der „direkten Kühlung“ ist beschränkt, wenn kein fließendes Grundwasser vorhanden ist, da beim Erreichen einer Bodentemperatur von 19° C die Absorptions-/Trägerflüssigkeit nicht mehr ausreichend gekühlt wird. Mittels Kältemaschine (umschaltbare W.P.) kann das System weiter betrieben werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Wärme der Antriebsenergie in den Boden abgeführt werden muss.

Folgende Richtkosten können für eine grobe Wirtschaftlichkeitsberechnung angesetzt werden.

Investitionskosten (inkl. Verteiler):

Energiepfähle, Schlitzwände üblicher Ausführung:	ca. 460,- €/kW installierte Leistung
Bodenplatten:	ca. 560 €/KW installierte Leistung

Betriebskosten:  
(Bei Stromkosten: 7 Cents/kWh)

„direct cooling“: fast 0

Heizen mit geotherm. W.P.: ca. 2 Cents/kWh

Kühlen mit Kältemaschine oder umschaltbarer W.P.: ca. 2 Cents/kWh

## 2.2 Entwurf

Ergeben die Voruntersuchungen, dass die Kühlung/Heizung eines Gebäudes mit Energie aus einer enercret-Anlage sinnvoll ist, kann mit der Planung begonnen werden.

Als erster Schritt wird die Belegung der Fundierungselemente meistens mit geeigneten HDPE-Rohre DN 20/2.0 bzw. 25/2.3 mm geplant. Im Wesentlichen ist hierbei die Belegung einer Fundamentplatte mit eventueller Isolierung zum Innenraum, von Pfählen als Ortbeton- oder Fertigteilvariante, von Schlitzwänden als Fundament- oder Baugrubensicherungselemente und Kombinationen dieser Fundierungsarten oder andere erdberührten Betonteilen, wie Pfahlwände zu unterscheiden.

Die Abstände der Rohrleitungen ergeben sich aus der Berechnung über die Energienutzung und liegen bei 15 bis 30 cm; die Dimension und Länge der Rohrsysteme ergeben sich aus der hydraulischen Berechnung. In der Regel soll ein Rohrkreis (Wasserkreis) vom Verteilerbalken bis zum Sammelbalken 120 bis 250 m betragen. Die Fließgeschwindigkeit des Trägermediums soll 0,2 bis max. 1,0 m/sec betragen.

Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass die Anschlussleitungen aus den Fundierungselementen während der folgenden Arbeiten in der Baugrube geschützt sind und die Anschlussleitungen einwandfrei angebunden werden können.

Rohrverbindungen werden meistens mittels Elektro-Schweißmuffen hergestellt.

Die Verbindungsleitungen der einzelnen Wasserkreise in den Fundierungselementen zum Verteiler werden in der Regel in der Magerbetonschicht unter der Bodenplatte und an der Außenwand geführt. Druckwasserdichte Durchführungen durch die Bodenplatte können aus planerischen Gründen erforderlich sein. Wo Kantenpressungen und Scherkräfte (z.B. Bauwerksfugen) auftreten können, sind die Rohre mittels Polsterschlauch zu schützen bzw. planerische Maßnahmen zu treffen.

Der Verteiler soll im Technikraum oder an der Außenwand des Technikraumes, oberhalb des Grundwasserspiegels in einem zugänglichen Schacht angeordnet sein. Die Durchflussmengen in die einzelnen Kreise sollten durch Feineinstellventile abgeglichen werden können. Vom Verteiler führt die Vor- und Rücklaufleitung in die Technikzentrale.

In vielen Fällen ist es zweckmäßig, Unterverteiler vorzusehen bzw. Ringleitungen nach dem Tichelmannverfahren zu planen. Dies hängt von der Form und Größe des Bauvorhabens ab.

## 2.3 Montageplanung

Bei der Montageplanung sind die genauen Belegungspläne für die Bauteile und deren Anschlussdetails an die Anbindeleitungen festzulegen, wobei die Rohranschlüsse im Bereich der Pfahlkopfausbildungen derart zu planen sind, dass die gegenseitigen Behinderungen mit der Baufirma gering sind.

Die Anbindeleitungen zum Verteiler sollen, wenn möglich, auf kürzester Distanz, parallel mit ausreichendem Abstand ohne Kreuzungspunkte geführt werden. Vor dem Verteiler sollen sie entsprechend aufgefädelt zusammengeführt werden, dass sie direkt an den Verteiler angeschlossen werden können. Mit der Baufirma sind die Betonierabschnitte abzuklären und bei der Planung zu berücksichtigen, damit unnötige Muffenverbindungen vermieden werden. Mit dem Statiker sind Setzungsbereiche zu prüfen, deren Querung vermieden werden sollten. Verschiedene Längsdehnungen auf Grund der Abbinde-temperatur des Betons müssen in Einzelfällen ebenfalls berücksichtigt werden.

Seitens der Statik ist auch die Vorgabe von Belegungstabuzonen zu berücksichtigen.

Bei der Situierung des Verteilers soll beachtet werden, dass er leicht zugänglich ist und die Einreguliertventile leicht bedien- und kontrollierbar sind. Alle Bauteile sind auf Frostsicherheit zu prüfen. Druckausgleichs- und Entlüftungsgeräte sind in der Regel nach dem Verteiler vorzusehen. Erforderliche Aussparungen für Rohrdurchführungen durch Fundamentriegel, Wände, Decken und Unterzüge für die Absorber-, Sammel- oder Ringleitungen sind bei der Bauplanung und Statik zu berücksichtigen.

### 3. Berechnung und Simulation

Mit den Angaben der Fragebögen 1 + 2 und ergänzenden Angaben aus dem Entwurf kann die enercret-Anlage mit der Software TRNSPILE/TRNSLAB berechnet werden.

Als wesentliche Information muss die Geometrie, Größe und Anzahl der Fundamente sowie die Dichte der Belegung mit Absorberleitungen eingegeben werden. Weitere wesentliche Parameter sind die Baugrundangaben mit dem Feuchtegehalt, der Grundwasserspiegel, dessen ungefähre Fließgeschwindigkeit und die Untergrundtemperatur. Zur Berechnung des Abdeckungsgrades des Lastprofils für den Heiz- bzw. Kühlbetrieb eines Gebäudes sind die Monats- und Wochenverteilung des Heiz- bzw. Kühl-Energiebedarfs sowie die Heiz- bzw. Kältespitzenleistung anzugeben.

Mittels den hinterlegten Datenbanken über die Wärmeleit- und Wärmespeicherfähigkeit der Bodenschichten und den entsprechenden Werten der Klimadatenbanken rechnet das

Programm das Energiepotential des Untergrundes bezüglich Heiz- und Kühlenergie aus. Zusätzlich wird der monatliche Abdeckungsgrad des Heiz- bzw. Kühlenergiebedarfs und die Spitzenheiz- bzw. Kühlleistung errechnet bzw. dargestellt. Die Temperaturfelder im Bereich der Fundamente können zu jedem Zeitpunkt der Heiz- bzw. Kühlperiode überprüft werden.

Es wird klar, dass eine enercret-Anlage unbedingt per EDV berechnet werden sollte, da sich im dreidimensionalen Raum mehrere Parameter gegenseitig beeinflussen, welche letztlich die Leistungsgrenze der Anlage bestimmen.

Im Bereich der Fundamente muss zum Beispiel unbedingt Frost vermieden werden, um die Statik der Fundamente nicht zu gefährden.

Die Software beinhaltet die Möglichkeit zur kostenmäßigen optimierten Nutzung der vorhandenen Energie im Boden entsprechend dem Energie-Bedarfsprofil des Gebäudes. Über Schnittstellen zur Gebäudesimulations-Software TRNSYS können die Auswirkungen der Energieflüsse aus der enercret-Anlage im Gebäude nachvollzogen werden.

**enercret**

**nägele**

**energie- und haustechnik gmbH**

Nägele Energie- und Haustechnik GmbH  
Bundesstraße 24  
A-6832 Sulz/Röthis  
Tel. 0043/5522/3627-404  
Fax 0043/5522/3627-400  
email: [info@enercret.com](mailto:info@enercret.com)  
Homepage: [www.enercret.com](http://www.enercret.com)