

## **Thermalwasserkreisläufe tiefengeothermischer Projekte aus glasfaserverstärktem Kunststoff**

**Dipl.-Ing. Thorsten Weimann, MBA**

gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH

**Keywords:** Thermalwasserkreislauf, GFK, glasfaserverstärkter Kunststoff, Niederlande, Gewächshäuser, Wärmeübertrager, Booster-Pumpen, Blow-down-Tank

### **Zusammenfassung**

gec-co Global Engineering & Consulting-Company GmbH hat erstmals in den Niederlanden eine vollständig aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehende Anlage für die Fernwärmeversorgung von Gewächshäusern geplant und umgesetzt, damit Wartungszeiten aufgrund von thermalwasserbedingter Korrosion und weiterer negativer Effekte erheblich verlängert werden können. Die Anlage befindet sich seit Februar 2017 störungsfrei in Betrieb. Nun liegen erste, langfristige Betriebserfahrungen vor.

#### **1. Das Projekt**

Für das Geothermie-Projekt der Aardwarmte Vogelaer hat das in der Planung von geothermischen Heizwerken erfahrene Ingenieurbüro gec-co mit Sitz in Augsburg die gesamte Planung für eine Fernwärmanlage übernommen, die auf der heißen, thermalwasserbeaufschlagten Seite komplett aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) besteht. Die niederländische Firma Verkade Klimaat hat die Anlage inklusive der Übergabestationen in den Gewächshäusern sowie die Fernwärmeleitungen errichtet.

Aardwarmte Vogelaer ist ein Zusammenschluss von sieben niederländischen Gewächshausbetreibern (Optiflor, Fachjan, Kwekerij Apartus, Amazone Pflants, Gebr Grootscholten Handelskwekerij, Kwekerij Barendse und Zuidgeest Growers) in der Region Westland, südlich von Den Haag. Diese Unternehmen haben nun ihre Gewächshäuser auf Wärme aus Tiefer Geothermie umgestellt. Bisher wurden die Gewächshäuser über ein erdgasbasiertes Heizsystem mit Wärme versorgt. Die angeschlossene Gewächshaussiedlung produziert vorwiegend Gemüse (unter anderem Paprika) sowie Blumen. Im Vergleich zu früher ist mit dem Auslaufen der staatlichen Förderung von Wärme aus Erdgas in den Niederlanden die Wärmeversorgung aus Geothermie nun wirtschaftlich geworden. Dementsprechend konkurriert Tiefe Erdwärme hier marktfähig mit anderen Technologien und liefert ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis als Energien aus fossilen Energieträgern. In 2.400 m Tiefe wurde ein 85 °C heißer Thermalwasserhorizont im Sandstein erschlossen, der nun über eine Produktions- und Injektionsbohrung genutzt wird. Das Projekt befindet sich in Poeldijk in direkter Umgebung zur Wohnbebauung, sodass während der gesamten Planungs- und Umsetzungsphase Lärmschutz eine wesentliche Rolle gespielt hat. Durch die Errichtung des Geothermie-Heizwerkes spart der Verbund Aardwarmte Vogelaer nun jährlich circa 13,5 Mio. m<sup>3</sup> Erdgas ein, das heißt, es werden etwa 24.000 t Kohlenstoffdioxid weniger produziert (dies entspricht dem Verbrauch von rund 9.000 Haushalten).

#### **2. Rahmendaten Heizwerk**

Anlagentemperatur: 85 °C

Anlagendruck: 10 bar

Schüttung: 150 l/s  
Leistung: 35 MWth  
Bohrung: Dublette (jeweils ca. 2.400 m True Vertical Depth)

### 3. Anlagenplanung

Aufgrund des äußerst NaCl-haltigen Thermalwassers wurden große Teile der obertägigen Anlage komplett aus GFK geplant und erstellt. Dabei wurde auch die von der holländischen Geothermie-Vereinigung TNO empfohlene Messtechnik berücksichtigt. Über Coupons (Metallblättchen) wird im Thermalwasser kontinuierlich eine Korrosionsmessung für verschiedene Metallarten durchgeführt. Darüber hinaus ist in der Anlage eine Inhibitoreinspeisung zur Vermeidung von Korrosion installiert.

Auf Basis der von gec-co verfassten technischen Due Diligence (Machbarkeit und Kosten) ist das Basic und Detail Engineering mithilfe von AutoCAD Plant 3D erstellt worden.

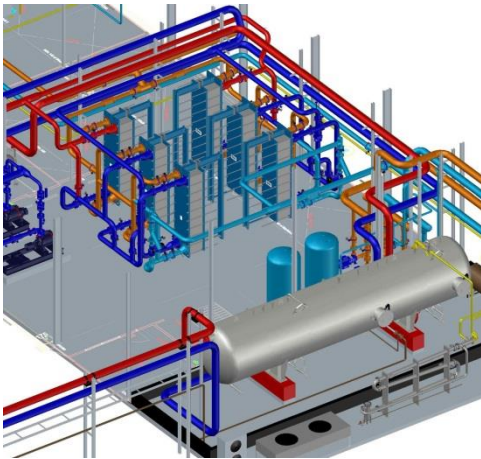


Abb. 1: Auszug aus dem 3D-Plan für das Geothermie-Heizwerk in Poeldijk; besonders gut zu sehen sind im Gebäudeabschnitt die Wärmeübertrager und der Degasser.

Das Basic Engineering umfasste konkret:

- Konzepterstellung auf Basis der technischen Due Diligence
- Technische Spezifikation (Fließschema/Auslegungs- und Produktionsdaten)
- Grundlegende Dimensionierung der Apparate
- Layoutplanung
- Grundlagenerstellung für die Genehmigungsplanung

Das Detail Engineering umfasste konkret:

- Rohrleitungsplanung
- Aufstellungs- und Layoutplanung
- Auslegung und Spezifikation von Komponenten
- EMSR (Elektrisches Messen, Steuern und Regeln)
- Inbetriebnahmeplanung
- As-Built-Dokumentation

Im Basic und Detail Engineering wurden 3D-Pläne, Rohrleitungsisometrien und 3D-Modelle nach den geltenden Prozessingenieurstandards erstellt (Abb. 1). Im holländischen Markt waren bis dato 3D-Pläne für die Errichtung von geothermischen Heizwerken unbekannt. Die neue Qualität der Planungsunterlagen führte dazu, dass die Anlage nahtlos in ein von einem Architekten vorgegebenes Gebäude wartungsfreundlich eingeplant werden konnte. Auch bei der Auswahl der Wärmeübertrager und weiterer Komponenten (beispielsweise Injektionspumpe) war gec-co maßgeblich beteiligt. Aufgrund der Parameter vor Ort empfahl sich ein robuster, eingängiger Plattenwärmeübertrager im Gegensatz zu den üblichen, mehrgängigen Wärmeübertragern. Darüber hinaus wurde aufgrund der hohen Gaskonzentrationen des Thermalwassers in Ploedijk ein Gasabscheider in Kombination mit einem Gaskessel mit einer Leistung von 6 MW<sub>th</sub> eingebaut. Die durch die Verbrennung des Gases erzeugte Wärme wird nun ebenfalls in das geothermisch geführte Fernwärmenetz eingespeist. Seit Februar 2017 befindet sich die Anlage in Betrieb (Abb. 2).



Abb. 2: Ausschnitt aus der fertigen Anlage mit den 4,5 Meter hohen und 6,5 Tonnen schweren Wärmeübertrager nach erfolgter Installation im Gebäude.



Abb. 3: Eingängige Wärmeübertrager im Einbauzustand.

Besonders der Einsatz von eingängigen Wärmeübertragern (Abb. 3) ist in geothermischen Heizwerken in den Niederlanden neu. Das Konzept von gec-co sieht ein anderes Design der Wärmeübertrager als bisher üblich vor. Bis zur Realisierung des Geothermie-Projektes in Poeldijk wurden vor allem dreigängige Wärmeübertrager eingesetzt, in welchen allerdings aufgrund der aggressiven Thermalwasser immer wieder Leckagen auftraten. Die nun eingesetzten eingängigen Wärmeübertrager mit einem Gewicht von jeweils 6,5 t vermeiden durch ihre geringere Plattenanzahl große Ausdehnungen und Leckagen. Zusätzlich verkürzen sie Wartungs- und Standzeiten, da keine Rohrleitungen demontiert werden müssen. Die Rohrleitungsanschlüsse befinden sich alle auf einer Seite (Abb. 4).



Abb. 4: Rohrleitungsanschlüsse der Wärmeübertrager, die alle auf einer Seite liegen, um Wartungsfreundlichkeit zu gewährleisten.

Darüber hinaus wurden anstatt der fünf parallelen, dreigängigen Wärmeübertrager zwei parallele Wärmeübertrager-Straßen aufgebaut, die jeweils aus drei seriellen Apparaten bestehen. Gegenüber der dreigängigen Wärmeübertragerkonfiguration ermöglichen serielle, eingängige Wärmeübertrager eine Redundanz und gewährleisten eine jeweils einzelne Wartung auch während des Betriebs. Das heißt, wenn ein Wärmeübertrager zu Reinigungs- bzw. Wartungszwecken nicht in Verwendung ist, stehen noch fünf weitere zur Verfügung. Nicht nur die Art des Einsatzes der Wärmeübertrager weicht von dem bis dato üblichen Schema ab, sondern jeder Wärmeübertrager ist mit Double-block-and-bleed-Armaturen sowohl auf der Thermalwasser- als auch auf der Süßwasserseite ausgestattet. Zwischen diesen Absperrventilen ist ein Entlüftungsanschluss eingebaut, sodass jeder einzelne Wärmeübertrager im laufenden Betrieb sicher abgesperrt und gewartet werden kann. Die Wärmeübertrager sind wartungsfreundlich ins Anlagegebäude eingepplant, sodass eine Zugänglichkeit mit Hebebühnen von drei Seiten besteht.

Eine weitere Neuerung ist der Umgang mit den sogenannten Booster-Pumpen. In vergleichbaren Projekten in den Niederlanden werden diese Pumpen zur Druckerhöhung nach dem Entgaser eingesetzt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die starre Kopplung von Booster- und Injektionspumpen zu Schwierigkeiten und Druckspitzen führt. Für das Projekt in Poeldijk sind solche Pumpen durch intelligentes Anlagendesign vermieden worden. Durch die Anlagenplanung von gec-co wird ein sicheres Ausgasen mit etwas höherem Systemdruck im Entgaser ermöglicht. Die Booster-Pumpen als störanfälliges Bauteil entfallen, was Kosten reduziert und die Betriebsstabilität des Systems erhöht. Diese innovative Auslegung und Realisierung ist gleichzeitig Pilot für alle zukünftig gebauten Anlagen dieser Art.

Der Entgaser trennt das geförderte Thermalwasser in seine verschiedenen Phasen. Im Fall des Gewächshausprojektes von Aardwarmte Vogelaer enthält das Thermalwasser in einem Kubikmeter Wasser etwa einen Kubikmeter Gas. Das heiße Wasser wird anschließend in den Wärmeübertrager eingespeist. Das Gas wird einem Gaskessel zugeführt und zur weiteren Wärmeenergieerzeugung genutzt. Die derzeitigen Förderraten lassen eine Gasnutzung von bis zu 350 m<sup>3</sup> pro Stunde zu.



Um die Anlage stabil zu halten, wird das System und das zugehörige Abwasser während der Filterreinigung in einen separaten Blow-down-Tank geführt, um die Betriebsstabilität zu erhöhen und die Filterreinigung bei niedrigem Druck durchführen zu können. Die Entlüftung ist somit sicher von der Hauptanlage getrennt. Dementsprechend niedriger ist der Druck für das Spülen der Filter mit Stickstoff. Dies erhöht die Arbeitssicherheit signifikant. In der Praxis kann die Anlage auch Kohlenstoffdioxid abscheiden, um es anschließend in den Gewächshäusern zur Düngung zu verwenden. Allerdings ist diese Technik gegenüber konventioneller Kohlenstoffdioxideinspeisung noch zu teuer.



Abb. 5: Angelieferte GFK-Rohre auf der Baustelle des Geothermie-Heizwerkes in Poeldijk

Eine weitere Besonderheit ist die Ausführung der gesamten Anlage in glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) (Abb. 5). Die Thermalwasseranalyse für das Projekt der Aardwarmte Vogelaer hat ergeben, dass sich im Thermalwasser vor allem korrosive Stoffe, Blei und radioaktive Elemente befinden. Mögliche Kalkausfällungen, wie sie beispielsweise im bayerischen Molassebecken der Fall sind, treten nur am Rande auf. Das aggressive Thermalwasser bestimmte die Materialauswahl. Glasfaserkunststoffe sind besonders unempfindlich gegenüber korrosiven Inhaltsstoffen des Thermalwassers. Hinzu kommt eine besonders strömungsgünstige Auslegung der Anlage mit einem Betriebsdruck von unter 10 bar, um druckinduzierte negative Effekte zu vermeiden. Zusätzlich weisen GFK-Rohre geringere Installations- und Wartungskosten auf, da sie nicht korrosionsanfällig sind und geringere Abnutzungserscheinungen auftreten. Außerdem weisen die einzelnen GFK-Teile grundsätzlich eine längere Lebenszeit auf.



Abb. 6: Filtertribüne im Heizwerk mit den Kerzenfiltern

Andere anlagentypische Komponenten, wie beispielsweise das Filtersystem (Abb. 6), sind ebenfalls auf die Erfordernisse des Thermalwassersystems ausgelegt. Um den Wärmeübertrager vor Sand sowie kleinen und kleinsten Partikeln zu schützen, wurde das Filtersystem zweistufig aufgebaut. Zwischen Ausgaser und Wärmeübertrager erfolgt eine Filtration sowohl über Kerzen- als auch Korbfiler. Insbesondere um die Injektionsfähigkeit der Injektionsbohrung zu erhalten, wurde die Filterfeinheit der Kerzenfilter sehr engmaschig geplant (bis zu  $0,5 \mu\text{m}$ ). Beim Design der Filtration wurde auch die Wartungsfreundlichkeit berücksichtigt.

Weitere Anlagenteile, wie das Entlüftungssystem, die Überdruckabsicherung sowie das Automation- und Leitsystem sind ebenfalls an den Bedürfnissen des Projekts beziehungsweise des Heizwerks ausgelegt worden.

### **Die Betriebserfahrungen**

Inzwischen ist das Geothermie-Heizwerk der Aardwarmte Vogelaer etwa anderthalb Jahre in Betrieb. Während das Fernwärmenetz mit einer maximalen Anschlussleistung von  $35 \text{ MW}_{\text{th}}$  auf eine Länge von insgesamt 20 Kilometern ausgebaut wird (Vorlauftemperatur  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ , Rücklauftemperatur  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ), haben sich alle an die GFK-Anlage gerichteten Erwartungen vollauf erfüllt. Die eingesetzten GFK-Anlagenteile (insbesondere Verrohrung und Instrumentierung) weisen auch nach 16 Monaten Einsatz keinerlei Verschleiß oder Korrosion auf.

Besonders das neuartige Wärmeübertragerkonzept mit seinem modularen Single-Pass-System bedeutet eine erhebliche Kostenersparnis. Dank des modularen Aufbaus der Wärmeübertrager konnte so eine von Korrosion betroffene Wärmeübertragerstufe gewartet und durch ein höherwertiges Material ersetzt werden, ohne die gesamte Anlage abzuschalten. Auch die Leistung der Kombination der Thermalwasseranlage mit einem Entgaser liegt über den prognostizierten Erwartungen. Inzwischen hat sich auch durch die anhaltende gute Filtration des Filtersystems gezeigt, dass die installierten Re-Injektionspumpen außer Betrieb genommen werden können. Dadurch sinkt der Energieeigenbedarf der Anlage und die Kosten werden reduziert.

Letztendlich hat sich das neuartige Anlagenkonzept in allen Bereichen (Betrieb und Wartung) bewährt. Die Anlagenkomponenten sind dank frühzeitiger Planung optimal aufeinander abgestimmt.

#### 4. Zukunft

Perspektivisch sollen alle geothermischen Heizwerke auf dieselbe Art und Weise ausgerüstet werden, wie die Anlage von Aardwarmte Vogelaer. Insbesondere die Ersparnis der Booster-Pumpen ist hier wegweisend. Ziel ist, die Wärmegestehungskosten aus Geothermie niedrig zu halten, um mit Erdgas und anderen Technologien erfolgreich konkurrieren zu können. Der besondere Vorteil Tiefer Geothermie, geringe oder gar keine Arbeitspreise zu verursachen, muss sich in einer entsprechend haltbaren Anlagentechnik widerspiegeln. Weniger Komponenten bedeuten geringe Wartungskosten und kurze Standzeiten. GFK-Elemente werden in deutschen Geothermie-Projekten auch seit einiger Zeit eingesetzt, um verschleißbedingte Wartungsintervalle zu verlängern und Kosten zu reduzieren. Auch der im Kontrast zu Deutschland ungewöhnliche Projektverlauf setzt sich in Holland weiter durch. In den Niederlanden wird in der Regel die Anlage bereits während der Bohrphase errichtet - in Deutschland dagegen werden üblicherweise die Ergebnisse der Pumptests abgewartet, ehe die Planung und Errichtung der Anlage beginnt. Aardwarmte Vogelaer/Verkade Klimaat bzw. gec-co konnte durch die parallelen Arbeiten erhebliche Kosten bei Planung und Errichtung des Heizwerks einsparen, da aufwendige Umplanungsprozesse entfallen und keine Wartezeiten auftreten. Die geringen Wärmegestehungskosten des Geothermie-Heizwerkes führen unterdessen auch zu einem Umdenken bei anderen Gewächshausbetreibern. Potenzielle Unabhängigkeit von Energieimporten, Förderung von eigenem Methangas und Kohlenstoffdioxid sowie daraus resultierende niedrige Wärmegestehungskosten ermöglichen es niederländischen Gewächshausbetreibern preis- und konkurrenzfähig auf dem internationalen Lebensmittelmarkt zu bleiben. Gerade vor dem Hintergrund der Kostendiskussion in Deutschland bei Anlagen der Tiefen Geothermie ist das holländische Modell (frühzeitige Planung, Errichtung der Anlage im Bohrbetrieb) die Zukunft, um kostengünstiger zu werden. Inzwischen hat Wärme aus Tiefer Geothermie auch in Deutschland für Gewächshausbetreiber an Attraktivität gewonnen, da lokales beziehungsweise regionales Gemüse immer mehr in den Trend kommt. Im bayerischen Kirchweidach wird Gemüse wie Paprika und Tomaten als auch Erdbeeren in einem geothermisch beheizten Gewächshaus angebaut und regional vermarktet – ein weiteres Projekt, an dem gec-co maßgeblich beteiligt ist.

Bgm.-Wegele-Str. 6, 86167 Augsburg  
info@gec-co.de