

# CIRCULAGO

## WÄRME UND KÄLTE AUS DEM ZUGERSEE

**Circulago ist ein zukunftsweisendes Projekt zur Versorgung der Stadt Zug und Baar-Süd mit umweltfreundlicher Wärme- und Kälteenergie. Gewonnen wird sie aus dem Wasser des Zugersees. Geplant, realisiert und betrieben wird Circulago vom Zuger Versorgungsunternehmen WWZ AG. Bereits in der zweiten Hälfte des nächsten Jahres können die ersten Gebäude angeschlossen und mit Wärme und Kälte versorgt werden. Die Erschliessung erfolgt etappenweise.**

*Thomas Tschan; Robert Watts\*, WWZ Energie AG*

### RÉSUMÉ

#### CIRCULAGO – CHALEUR ET FROID DU LAC DE ZOUG

Les travaux de construction du réseau énergétique Circulago ont démarré à la mi-2017. D'importants tronçons de conduite du projet sont identiques au tracé du nouveau canal d'évacuation des eaux pluviales de Zoug, ce qui explique pourquoi la compagnie de distribution zougoise WWZ AG coordonne les travaux de tunnelage avec la ville de Zoug. Circulago devrait pouvoir ensuite approvisionner de vastes zones de la ville de Zoug et, dans le nord, la région limitrophe de Baar Sud, en chaleur et en froid pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage, le refroidissement et la climatisation. La source d'énergie utilisée est l'eau du lac de Zoug, acheminée via des conduites vers les centrales de quartier du périmètre de recordement. Là-bas, la chaleur est récupérée par le biais d'échangeurs thermiques, le froid transmis par refroidissement direct en circuit fermé. La chaleur et le froid sont ensuite distribués aux bâtiments raccordés via des réseaux conventionnels de chauffage à distance et de refroidissement à distance. Les premiers clients devraient être approvisionnés dès le second semestre 2019, et l'extension des réseaux devraient être achevée vers 2040. Circulago doit permettre de réduire de 80% les émissions de CO<sub>2</sub> et d'apporter ainsi une contribution essentielle à la réalisation de l'objectif de 2000 watts de la ville de Zoug. WWZ investit plus de 100 millions de francs dans ce projet de générations.

### VORGESCHICHTE

2011 haben die Zuger Stimmbürger Ja zur Volksinitiative «2000 Watt für Zug» gesagt, deren Ziel es ist, in der Stadt Zug langfristig die Werte einer 2000-Watt-Gesellschaft anzusteuern. Als Zwischenziel sollen bis 2050 der CO<sub>2</sub>-Ausstoss auf zwei Tonnen pro Person und Jahr, der Primärenergieverbrauch auf 3500 Watt gesenkt werden. Dafür sollen unter anderem die Erneuerungsrate von Gebäuden erhöht, der Gebäudestandard verbessert und ein Grossteil der fossil betriebenen Heizungen auf lokale Umweltwärme umgestellt werden; heute gewinnt man rund 85% der Wärmenutzung der Stadt Zug aus fossiler Energie. Im Rahmen der Umsetzung der Initiative gaben Stadt und Kanton 2014 eine Machbarkeitsstudie in Auftrag, die unter anderem das Potenzial von Seewasser zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs öffentlicher und privater Liegenschaften aufzeigen sollte. Sie bestätigte, dass das Heizen und Kühlen der Stadtquartiere mit Seewasser möglich ist. Seen sind riesige Energiespeicher, und die Lage der Stadt Zug am Zugersee ist in dieser Hinsicht ideal.

### WWZ ÜBERNIMMT LEAD

*Andreas Widmer*, CEO des Zuger Versorgungsunternehmens WWZ AG, gab daraufhin den Startschuss für die Ausarbeitung

*\* Kontakt: robert.watts@wwz.ch*

einer Vorstudie für einen solchen Energieverbund: «WWZ engagiert sich seit ihren Anfängen vor mehr als 125 Jahren für visionäre Versorgungsprojekte in der Region. Mehr denn je erachten wir es heute als unsere Mitverantwortung, eine proaktive, tragende Rolle bei der Umsetzung von Energielösungen für die kommenden Generationen zu übernehmen.»

Erstgespräche mit potenziellen Ankerkunden liessen auf ein grosses Interesse schliessen, und innert kurzer Zeit waren erste Absichtserklärungen mit Industriebetrieben und Investoren von Arealüberbauungen unterzeichnet. Gleichzeitig begann WWZ mit der Ausarbeitung von Teilprojekten: Leitungsverläufe und Clusterkonzepte für die Quartiersversorgung

galt es zu beurteilen, mögliche Seewasser-Fassungspunkte wurden analysiert, aber auch Überbrückungslösungen für Interessenten mit zeitnahe Versorgungsbedarf wurden ausgearbeitet.

Im Endausbau, der um 2040 erwartet wird, soll dank Circulago der CO<sub>2</sub>-Ausstoss um 80 Prozent gesenkt werden können. WWZ-CEO Andreas Widmer: «Circulago leistet einen bedeutenden Beitrag zur regionalen erneuerbaren Energiezukunft. Im Endausbau streben wir eine jährliche Reduktion von 25 000 Tonnen CO<sub>2</sub> an. Dies entspricht dem Ausstoss von mehr als 4000 durchschnittlichen Autos bei einer Erdumrundung.» In die Realisierung des Generationenprojekts investiert WWZ mehr als 100 Millionen Franken.

## MICROTUNNELING UNTER ZUG

Die ersten Bauetappen von Circulago koordiniert WWZ mit der Stadt Zug, die zeitgleich eine neue Hauptvorflutleitung realisiert, die das Regenwasser aus dem dicht besiedelten Norden der Stadt in den See transportiert. Auf derselben Achse verlaufen die ersten Leitungsabschnitte des neuen Energieverbunds, was beträchtliche bauliche Synergien bietet: Im südlicheren Bereich nahe des Sees werden im selben Verfahren zwei parallele Tunnels gebaut – einer für die Entwässerung und einer für die Energieversorgung; im Norden der Stadt werden die Circulago-Leitungen im Inneren des Meteorkanals verlegt werden (Fig. 1).

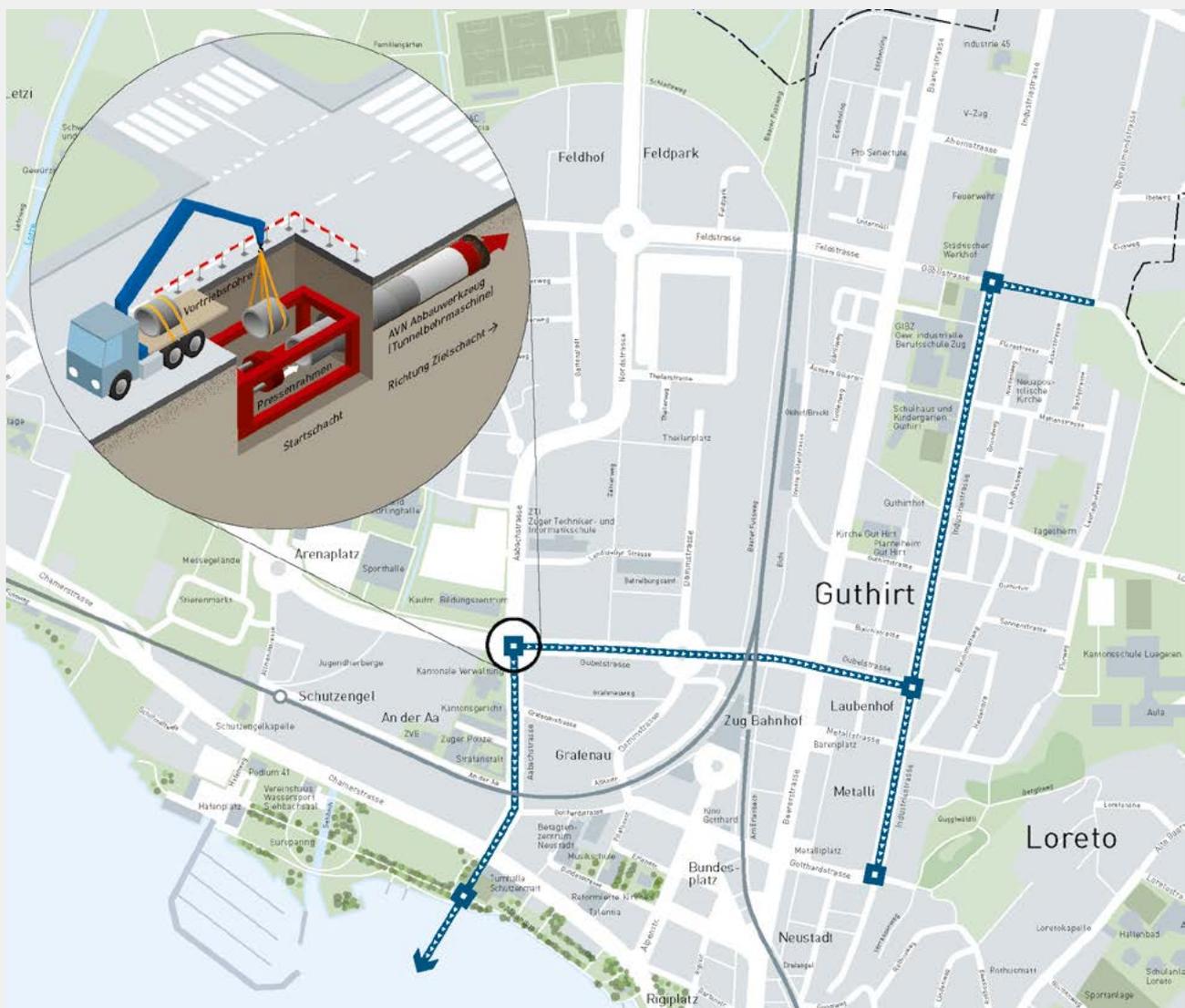


Fig. 1 Der Verlauf der ersten Leitungsabschnitte von Circulago ist mit der neuen städtischen Meteorwasserleitung identisch. Gegraben wird vom Aabachkreisel nach Süden zur Schützenmatt beim See sowie nach Osten zur Industriestrasse und schliesslich von der Göbli- bis zur Gotthardstrasse. (Bildquelle: Stadt Zug)

Le tracé des premiers tronçons de conduite de Circulago est identique à celui de la nouvelle conduite d'évacuation des eaux pluviales de la ville. Les travaux d'excavation partent du rond-point d'Aabach vers le sud jusqu'au stade Schützenmatt proche du lac et vers l'est jusqu'à l'Industriestrasse, ainsi que vers le nord et le sud jusqu'à la Göblistrasse et à la Gotthardstrasse.



Fig. 2 Die Zukunft beginnt traditionell und unter den Augen der Schutzpatronin Barbara: Mit der Taufe des Bohrkopfs auf den Namen Isabelle ging das WWZ-Generationenprojekt Circulago im Sommer 2017 in Zug in Bau. (Fotos: A. Busslinger Photography)

*L'avenir commence traditionnellement sous les yeux de Sainte-Barbe: le lancement des travaux du projet de générations Circulago de WWZ durant l'été 2017 a été marqué par le baptême de la tête de forage nommée Isabelle. (photos: A. Busslinger Photography)*

Das Tiefbauprojekt erfolgt mit Microtunneling – ein grabenloses Rohrvortriebsverfahren, das trotz der Dimensionen (insgesamt wird auf einer Länge von 2,8 Kilometern gegraben) die baulichen Belastungen für Anwohner und Verkehr markant reduziert, da es ein Aufreissen ganzer Strassenzüge vermeidet. Hinzu kommt, dass sich der Leitungsbau in rund acht bis zehn Metern Tiefe so auch viel schneller realisieren lässt, als dies konventionell möglich wäre. «Es ist ideal, dass wir den Bau des Rückgrats von Circulago mit dem Entwässerungsprojekt der Stadt koordinieren können», kommentiert Andreas Widmer. «Wir können so einen beträchtlichen Teil des künftigen Versorgungsperimeters innert nützlicher Frist erschliessen.»

### ISABELLE

Die Taufe des Bohrkopfs durch eine Frau als Patin hat im Tunnelbau Tradition. Sie amtiert während der Bauphase als irdische Vertreterin der heiligen Barbara, Schutzpatronin der Bergleute, und soll den Mineuren Glück bringen.

Mit der Taufe des Bohrkopfs «Isabelle» durch die im Kanton Zug aufgewachsene Musicaldarstellerin Isabelle Flachsmann ging am 7. Juli 2017 Circulago in Bau (Fig. 2). Das Pionierprojekt in Sachen städtische Energieversorgung soll dereinst weite Teile der Stadt Zug und des nördlich angrenzenden Gebiets Baar-Süd mit Wärme- und Kälteenergie für Brauchwasser, Heizung und Raumklima versorgen.

### SO FUNKTIONIERT DER VORTRIEB

Für das Einbringen des Bohrkopfes und der Rohrelemente wurden zwei Startschächte gebaut, für die Entnahme des Bohrkopfes sind drei Zielschächte nötig. Im Startschacht wird zuerst die Pressstation mit ihren vier Hydraulikzylindern an der Rückwand installiert. Die Schachtwand ist so dimensioniert, dass sie Anpresskräfte von bis zu 1000 Tonnen aufnehmen kann. Für das Graben des Tunnels werden dann der Bohrkopf samt Schneidrad sowie die Maschinenrohre, in denen sich der Steuerzylinder befindet, vor der Pressstation positioniert (Fig. 3). Während des Grabens wird der Aushub im Bohrkopf mit einer



Fig. 3 Isabelle wird im Startschacht für den ersten Tunnelabschnitt Richtung See vorbereitet.

*Isabelle se prépare dans le puits de départ à creuser le premier tronçon en direction du lac.*

Bentonitsuspension quasi verflüssigt und über Förderleitungen in eine Separieranlage auf den Bauplatz des Startschachts gepumpt. Dort wird das Erdreich von der Suspension getrennt und diese dem Förderkreislauf wieder zugeführt.

### BAUSTELLENBESICHTIGUNGEN

Während des gesamten Microtunnelings, das noch bis Mitte 2018 andauert, bieten WWZ und die Stadt Zug Interessierten die Möglichkeit, die Baustelle unter fachkundiger Leitung zu besichtigen. Allein in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahres haben 1200 Personen diese Möglichkeit genutzt und sich vor Ort ein Bild von der Zukunft der Stadtentwässerung und der städtischen Energieversorgung gemacht.

Während sich der Bohrkopf langsam durch das Erdreich gräbt, wird das Gesamtsystem gleichzeitig von der Pressstation nachgeschoben. Alle drei oder vier Meter wird – je nach Grösse – ein neues Betonrohrelement in den Schacht gelassen und auf das davorliegende Rohrelement gesteckt (Fig. 4). Begünstigt wird der Vortrieb, der rund um die Uhr von einem Bohrmeister überwacht wird, vom verhältnismässig weichen städtischen Untergrund aus Sand, Seekreide und Lehm.

Der Steuerzylinder im Bohrkopf und die flexiblen Dichtungen zwischen den Betonrohrelementen erlauben es dem Bohrmeister, leichte Radien zu fahren. Dies ist unter anderem vor der Unterquerung des SBB-Viadukts in Richtung See der Fall, wo sich der Circulago-Tunnel, der anfangs neben dem Meteorkanal-Tunnel geführt wird, aus Platzgründen über diesen schiebt.

Im Zielschacht (Fig. 5) werden Bohrkopf und Steuerzylinder demontiert und geborgen, die Leitung für den Betrieb vorbereitet, die Baugruben zu Kontrollschächten umgebaut und anschliessend wieder zugeschüttet.

### CIRCULAGO

#### DAS PROJEKT WÄCHST MIT ZUG

Ciculago übertrifft alle gängigen gebäudeenergetischen Anforderungen wie jene der MuKE 2014 und eignet sich für Neubau- wie auch für Sanierungsprojekte gleichermaßen. Solche

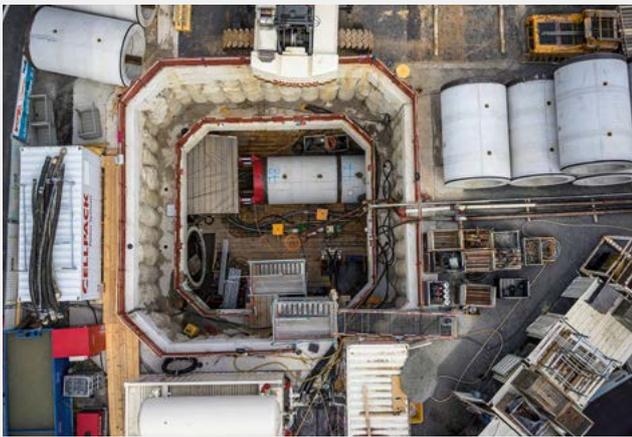


Fig. 4 Luftaufnahme des Startschachts Aabach mit der Pressstation und den Betonrohrelementen.  
 Vue aérienne du puits de départ d'Aabach avec station de pressage et tubes en béton.



Fig. 5 Nach 357 Meter erreichte am 17. Januar 2018 der Bohrkopf den Zielschacht beim See. Danach wurde er aus dem Schacht gekrant und für den nächsten Leitungsabschnitt vorbereitet.  
 Après 357 mètres, la tête de forage atteint le puits d'arrivée au lac le 17 janvier 2018. Par la suite, on l'a sorti du puits par grue et on l'a préparé pour la section suivante à creuser.

clusterbasierten Konzepte sind insbesondere für die Versorgung dichter innerstädtischer Gebiete optimal, bieten sie nicht zuletzt die Möglichkeit, erneuerbare Energielösungen im städtischen Ballungsraum bedarfsgerecht zu realisieren. Dass Zug auch in Zukunft wachsen wird, ist unbestritten. Die Verdichtung des innerstädtischen Raums wird im neuen städtischen Hochhausreglement geregelt. Dieses definiert, in welchen Zonen künftig bis in welche Höhe gebaut werden darf. Hochhäuser können nur noch auf Arealen innerhalb eines festgelegten Verdichtungsgebiets gebaut werden. Dies sorgt nicht zuletzt auch für Circulago für langfristige Planungssicherheit.

**FUNKTIONSPRINZIP**

Schon Name und Logo des Projekts versinnbildlichen das Funktionsprinzip (Fig. 6) des Energieverbunds: Ein Kreislauf, der dank der Energie des Seewassers Kunden mit Wärme und Kälte versorgt:

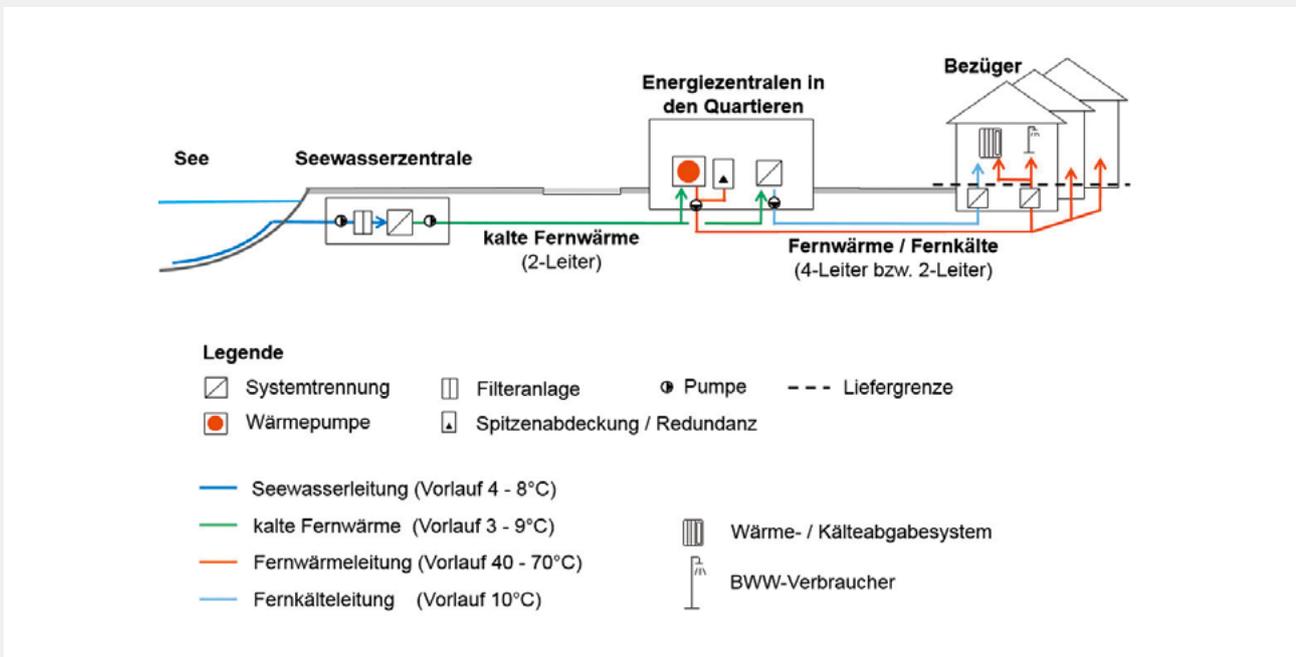


Fig. 6 Funktionsprinzip kompakt: Das Seewasser wird über eine Leitung zur Seewasserzentrale transportiert, wo seine Energie mittels Wärmetauscher an ein zweites, separates Leitungsnetz übergeben wird. Diese kalte Fernwärmeleitung führt die Energie in die Quartierzentralen, wo Wärme mittels Wärmepumpen erzeugt bzw. Kälte mittels Wärmetauscher direkt übertragen wird. Wärme bzw. Kälte werden dann an die angeschlossenen Gebäude feinverteilt.

Principe de fonctionnement compact: L'eau du lac est acheminée via une conduite vers la centrale d'eau du lac où son énergie est transmise à un second réseau de conduites distinct par le biais d'échangeurs thermiques. Cette conduite de chauffage à distance froide achemine l'énergie dans les centrales de quartier où la chaleur est produite avec des pompes à chaleur et le froid transmis par des échangeurs thermiques. La chaleur et le froid sont alors acheminés vers les bâtiments raccordés.

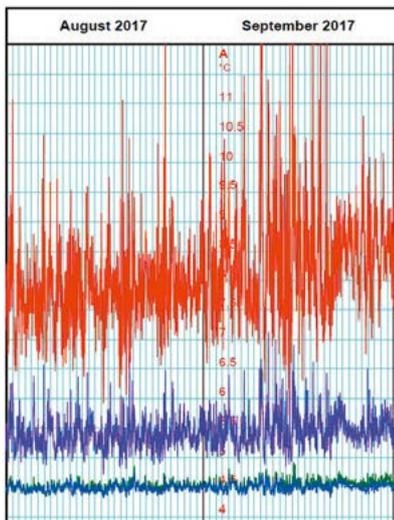


Fig. 7 Temperaturprofile in unterschiedlichen Tiefen:  
rot = 15 m; lila = 20 m; blau = 28 m; grün = 30 m  
Les températures de l'eau sont mesurées à différentes profondeurs: rouge = 15 m; violet = 20 m; bleu = 28 m; verte = 30 m

Das Wasser des Zugersees wird rund 400 Meter vor dem Ufer in einer Tiefe von 26 Metern gefasst. Hier beträgt die Wassertemperatur das ganze Jahr zwischen vier und acht Grad Celsius. Über einen Seiherr fließt es durch die Seewasserleitung in die Seewasserzentrale (Fig. 7).

#### Seewasserzentrale

Die Seewasserzentrale wird unterirdisch in der Schützenmatt gebaut, einem Gebiet direkt am Seeufer (Fig. 8). Sie ist Schnittstelle zwischen der Energiequelle (Zugersee) und dem Verteilnetz (kalte Fernwärmeleitung), welches die über die Stadt verteilten Energiezentralen mit der Quellenergie für die Wärme-/Kältegewinnung versorgt. Zudem ist in der Seewasserzentrale die Technik für die Überwachung und Steuerung des Gesamtsystems untergebracht.

In der Seewasserzentrale wird die Energie des Seewassers via Plattenwärmetauscher (im Endausbau vier Stück à 3 MW) an ein zweites, geschlossenes Verteilnetz – die kalte Fernwärmeleitung – übergeben. Die hydraulische Trennung zwi-

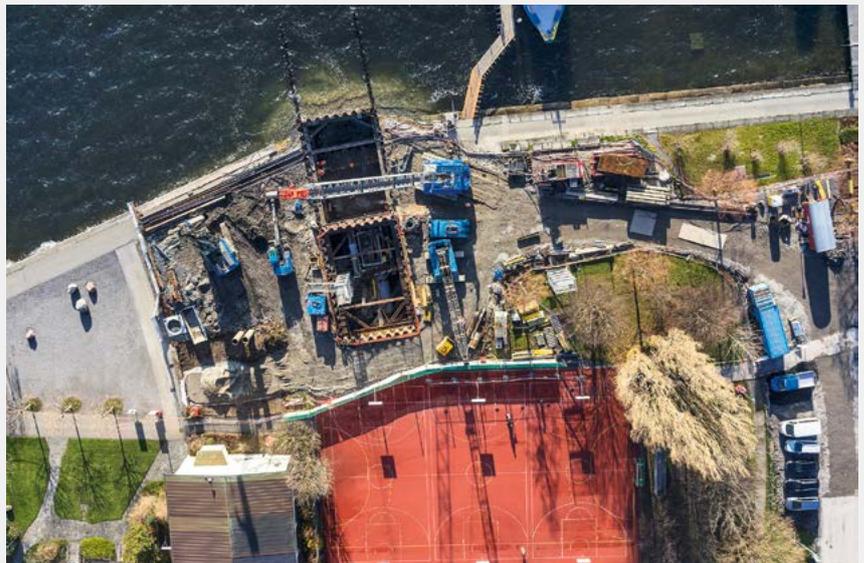


Fig. 8 Baustelle der Seewasserzentrale und des Zielschachts aus der Luft. Nach Abschluss der Arbeiten wird die Fläche wieder begrünt, nur zwei Einstiegsluken werden sichtbar sein.  
Le chantier de la centrale d'eau du lac et du puits d'arrivée. Après l'achèvement des travaux, la surface sera de nouveau végétalisée et seules deux trappes d'accès seront visibles.



Fig. 9 Konzept: Das Gebiet Zug/Baar-Süd wird in mehreren Etappen erschlossen, wobei sich der Ausbau nach den Kundenbedürfnissen richtet.

Concept: la zone Zoug / Baar sud sera raccordée en plusieurs étapes et l'extension sera adaptée aux besoins des clients.

sehen Seewasser und kalter Fernwärme verhindert eine organische Verschmutzung grösserer Leitungsabschnitte. Als Wärmeträgermedium wird in der kalten Fernwärmeleitung ein Wasser-Frostschutz-Gemisch eingesetzt, das die Betriebssicherheit der Wärmepumpen erhöht und eine grössere Temperaturspreizung erlaubt. Die Vorlauftemperatur der kalten Fernwärme wird über die

vier Pumpen des Seewasserkreislaufs reguliert. Das Seewasser wird anschliessend zurückgeleitet und dem See 290 Meter vor dem Ufer und 2,5 Meter über Grund zurückgegeben – anfangs direkt, im Endausbau zwecks Einhaltung der vorgegebenen maximalen Temperaturdifferenz zwischen Fassung und Rückgabe über einen Mischer.

#### UND DER EINFLUSS AUF DIE SEETEMPERATUR?

Eine Studie der Eawag hat nachgewiesen, dass Circulago auch im Vollausbau einen vernachlässigbar kleinen Einfluss auf die Seetemperatur haben wird.

#### Quartierzentralen

Ebenfalls in der Seewasserzentrale sind vier Fernleitungspumpen untergebracht. Diese sorgen für den Betrieb des Zwischenkreislaufs und die Versorgung der Quartierzentralen mit Energie. Die Vorlauftemperatur dieser kalten Fernwärme beträgt zwischen 4 und 8 Grad Celsius. Daraus wird in den Quartierzentralen Wärme und Kälte gewonnen.

Für die Wärmeerzeugung (Bandlast) sorgen industrielle Grosswärmepumpen mit typischerweise 1 bis 1,5 MW Erzeugerleistung. Sie erhöhen das Temperaturniveau auf 70 Grad Celsius und übergeben diese Energie an ein konventionelles Fernwärmenetz. Beim Kunden wird die Wärmeenergie dann per Wärmetauscher an die gebäudeeigenen Systeme für Heizung und Warmwasser abgegeben.

Für die Abdeckung von Spitzenlasten werden zudem Erdgas/Biogas-Heizungen in den Quartierzentralen installiert. «Wir rechnen damit, dass wir maximal 15 Prozent der Energie mit dieser Reserve abdecken müssen», erklärt der Gesamtprojektleiter *Thomas Tschan*.

Die Kälte wird in den Quartierzentralen mittels Wärmetauscher direkt vom Zwischenkreislauf an ein konventionelles Fernkältenetz übertragen und mit einer

Vorlauftemperatur von 10 Grad Celsius an die angeschlossenen Gebäude verteilt, wo sie ebenfalls per Wärmetauscher an die gebäudeeigenen Systeme abgegeben wird – für Raumklima oder das Kühlen von Serverräumen.

#### ETAPPIERTER AUSBAU

Der Endausbau von Circulago ist um 2040 vorgesehen. Die Erschliessung von Zug und Baar-Süd erfolgt etappiert, abgestimmt auf die Kundenbedürfnisse; erste Gebäude können in der zweiten Hälfte des nächsten Jahres angeschlossen und versorgt werden (*Fig. 9*).

Standort und Dimensionierung einer neuen Quartierzentrale sind typischerweise abhängig vom Anschlussinteresse eines Ankerkunden, von seinem Energiebedarf sowie möglichen Räumlichkeiten. Hinzu kommt das Anschlusspotenzial weiterer Objekte in der Nachbarschaft, was bei der Dimensionierung der Zentrale ebenfalls berücksichtigt wird.

Eine der ersten Circulago-Quartierzentralen entsteht im Zusammenhang mit dem Neubauprojekt einer Wohnbaugenossenschaft im Nordosten der Stadt. Sie wird im Untergeschoss einer der drei neuen Liegenschaften realisiert und soll nebst 40 Genossenschaftswohnungen später

#### WWZ

Die heutige WWZ AG wurde 1892 gegründet, die Ursprünge gehen aber bis ins Jahr 1878 zurück. Anfänglicher Unternehmenszweck war es, die Bevölkerung und das Gewerbe in Zug zuverlässig mit Wasser und Elektrizität zu beliefern. In den 1970er-Jahren begann das Unternehmen mit dem Aufbau des Fernsehnetzes – Basis des heute flächendeckenden Glasfaserkabelnetzes – und schloss die Region 1990 an das europäische Erdgasnetz an. Heute zählt die privatwirtschaftliche Unternehmensgruppe mit über 400 Mitarbeitenden zu den 100 grössten Arbeitgebern in der Zentralschweiz und versorgt Kunden im Kanton Zug und darüber hinaus mit Wasser, Strom, Gas, Wärme und Telekommunikation.

auch weitere Objekte in der Umgebung versorgen.

Kunden erhalten ein Rundum-sorglos-Paket: WWZ übernimmt alle baulichen und Unterhaltmassnahmen bis und mit Wärmetauscher beim Kunden. «Wir rechnen damit, dass sich zwischen 50 und 60 Prozent der im Versorgungsperimeter in Frage kommenden Kunden für Circulago entscheiden», prognostiziert *Thomas Tschan*.