



Circulago – Nachhaltige Wärmeenergie aus Seewasser

Eine der größten Herausforderungen im Rahmen der Transformation zu einer CO₂ neutralen Energieversorgung ist die thermische Energie. Die Wärmegewinnung aus See-, Fluss-, Meer- und Grundwasser gewinnt in diesen Tagen an vielen Orten in Europa rasant an Bedeutung. Einige Pioniere haben bereits vor Jahren begonnen die in Oberflächen-Wasser gespeicherte Energie zu nutzen.

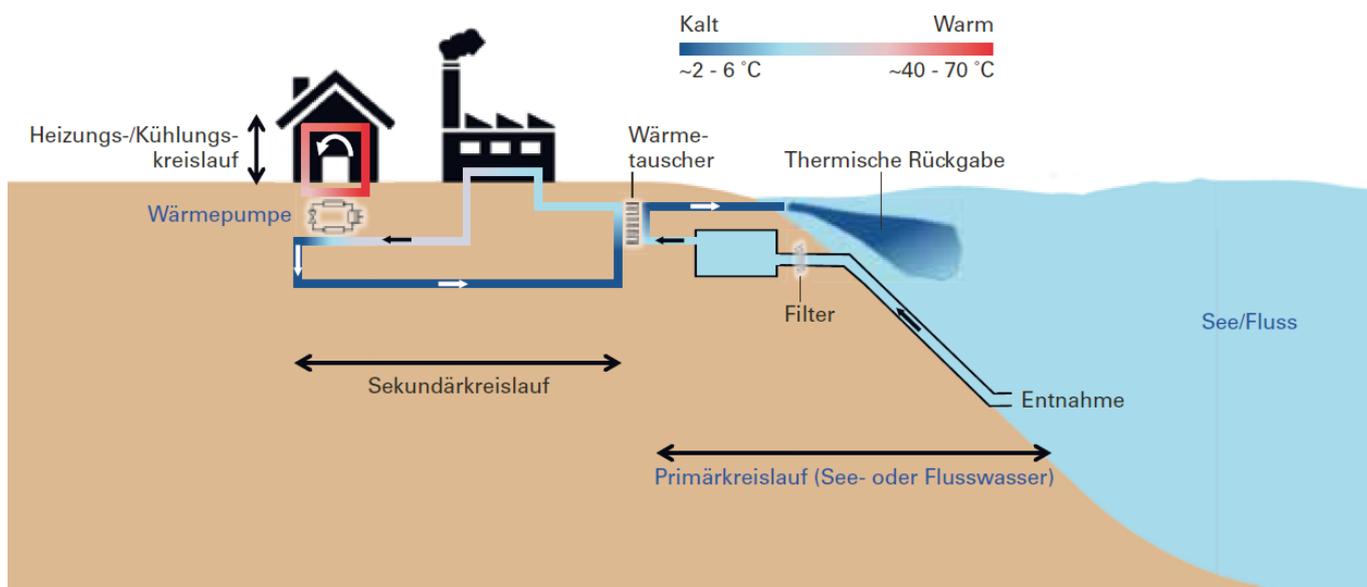


Bild-Quelle: fact sheet Eawag; Januar 2022; Wärmenutzung aus Seen und Fließgewässern; A. Gaudard (<https://thermdis.eawag.ch/de>)

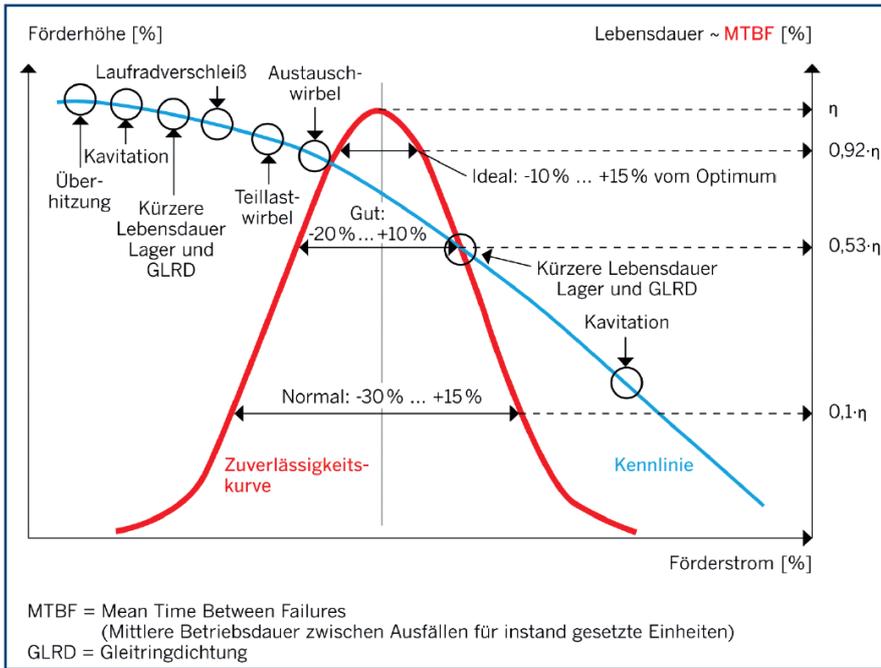
Das visionäre Projekt Circulago wurde von der WWZ AG im Auftrag der Stadt Zug bereits 2019 begonnen. Genutzt wird die im Zugersee gespeicherte Energie zur Wärmeerzeugung und Kühlung. 400 Meter vom Ufer entfernt in 26 Metern Tiefe wird das 4 bis 8 Grad warme Seewasser gefasst.

Eine Leitung transportiert das Wasser zur unterirdischen Seewasserzentrale in der Schützenmatt. Mittels Wärmetauscher wird die Energie des Seewassers an ein zweites Leitungsnetz übergeben. Das Sekundärnetz leitet die Energie zu Energiezentralen in den Quartieren weiter. Kälte wird dort wiederum mittels Wärmetauscher direkt an ein separates Fernkältenetz übertragen und zu den Abnehmern transportiert. Für den Wärmebedarf wird Wasser in den Energiezentralen mit Wärmepumpen auf 70 Grad erhitzt und dann die Wärme über ein konventionelles Fernwärmenetz zu den angeschlossenen Verbrauchern gebracht.

Sekundärnetze zur Versorgung der kommunalen oder industriellen Wärmeverbraucher gibt es an vielen Orten. Die notwendigen Technologien werden von vielen erfahrenen Anbietern angeboten. Primärkreisläufe mit den entsprechenden Entnahmestellen in See und Flüssen erfordern Erfahrungen im konstruktiven Wasserbau und profunde hydraulische Kenntnisse. Zahlreiche Vorschriften hinsichtlich Sicherheit, Umweltschutz, Fischerei usw. müssen im Rahmen der Genehmigung des Entnahmebauwerks beachtet werden.

Zur hohen Energieeffizienz im Projekt Circulago tragen die geschlossenen Kreisläufe mit Wärme beziehungsweise Kälterückgewinnung bei. Es müssen große Wassermengen transportiert werden und daher kommt der Gesamteffizienz der Pumpensysteme eine zentrale Bedeutung zu. Neben der hydraulischen Effizienz der Zentrifugalpumpe und des verwendeten Motors gibt es zahlreiche weitere Faktoren, die den Energieverbrauch beeinflussen. Beispielsweise hat die optimale Gestaltung der saug- sowie druckseitigen Rohrinstallation und der Umgang mit Gasrücklösungen einen entscheidenden Einfluss auf die Leistung des Pumpensystems. Gewünschte bzw. zwingend notwendige Redundanzen müssen im Rahmen des Risikomanagements berücksichtigt werden.

Kreiselpumpen sollten aus energetischer Sicht nahe des Nennbetriebspunktes betrieben werden. Idealerweise sollte der Betriebspunkt in einem Bereich von -10 % bis +5% vom Nennbetriebspunkt liegen. Trotz Frequenzumrichter kann daher jede einzelne Pumpe nur in einem engen Fenster energie-effizient betrieben werden. Demzufolge ist die sinnvolle Staffelung der verwendeten Pumpen von entscheidender Bedeutung. Pumpen und Frequenzumrichter sind eine funktionale Einheit und sollten sorgfältig aufeinander abgestimmt werden. Die im Frequenzumrichter hinterlegte Pumpenkennlinie ermöglicht es den optimalen Zeitpunkt zu bestimmen, ab wann eine weitere Pumpe zu- oder abgeschaltet wird.



Gemeinsam mit den Ingenieuren von *Anex Ingenieure AG* wurden zahlreiche Varianten untersucht. Durch hydraulisch günstige Gestaltung des Druckleitungsauslaufs wurde die Förderhöhe bestmöglich reduziert. Es wurde zudem der Einbau von motorisch (elektrisch, pneumatisch) betätigten Schiebern anstelle von (gewichts- oder federbelasteten) Rückschlagklappen bevorzugt. Gleichzeitig wurden saugseitige Verluste durch strömungsgünstige Gestaltung der Rohrleitung minimiert. Erfahrungsgemäß ist eine sorgfältige und energie-optimierte Planung der Rohrleitung die Basis für einen effizienten Betrieb des Gesamtsystems.

Bild-Quelle: <https://www.aft.com/documents/AFT-Optimizing-Pumping-Systems.pdf>
nach Judy Hodgson (Du Pont)

Nach intensiver Systemanalyse bei unterschiedlichen Lastzuständen wurden die gewünschten Geschwindigkeiten bzw. Rohrdurchmesser und Betriebsparameter definiert. Große und komplexe Wärmeverbundsysteme entstehen nicht über Nacht, sondern die Erstellung erstreckt sich über mehrere Projektstufen. Einzelne Projektstufen dauern teilweise Jahre und zu jedem Zeitpunkt muss ein wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet sein. Der Endausbau von Circulago ist um 2040 vorgesehen. Gewöhnlich werden in der ersten Phase Leitungen verlegt, die bereits für die Volumenströme des Endausbaus dimensioniert wurden. Mit dem Resultat, dass in den ersten Ausbaustufen die dynamischen Rohrverluste sehr gering sind und lediglich geodätische Verluste überwunden werden müssen. Dies muss im Sinne einer energie-effizienten Auslegung der Zentrifugalpumpe Berücksichtigung finden. Das Optimierungsergebnis vieler Ingenieurstunden ist in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst.

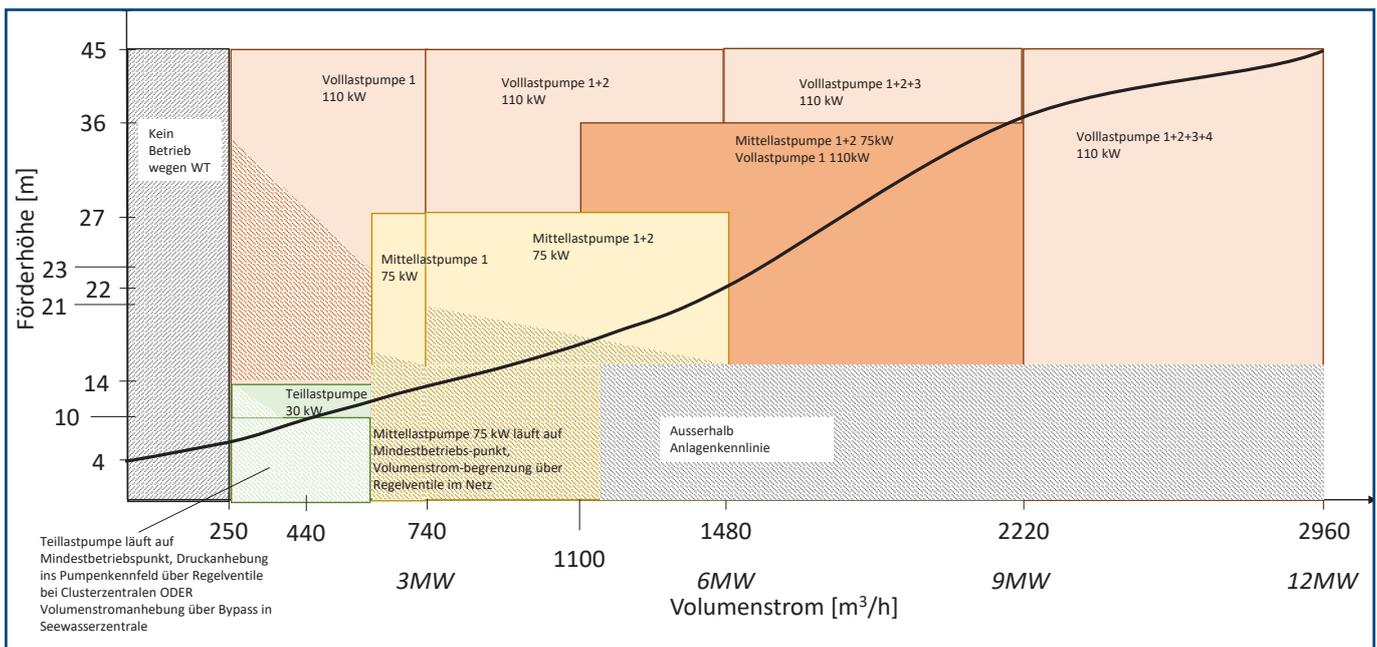


Bild-Quelle: *Anex Ingenieure AG*



Bild-Quelle: Anex Ingenieure AG / Grundfos

Eine ganzheitliche Planung des Pumpensystems unter Effizienz-Gesichtspunkten sowie die enge Zusammenarbeit zwischen Planungsunternehmen und Pumpenspezialisten führt zu einem optimalen Ergebnis. Lediglich Pumpen und Motoren mit den besten Wirkungsgraden auszuschreiben, führt nicht zum gewünschten Ergebnis. Wie erwähnt ist der ingenieurtechnische Aufwand für eine umfassende Systemanalyse erheblich. Bedenkt man jedoch, dass die Lebenszykluskosten eines Pumpensystems in den meisten Fällen zu über 90 % von den Energiekosten dominiert werden, rechnet sich der Planungsaufwand, angesichts der hohen spezifischen Energiepreise, bereits nach kürzester Zeit. Mit dem Projekt Circulago ist es eindrucksvoll gelungen die im See zwischengespeicherte Sonnenenergie mithilfe moderner Technik wirtschaftlich zu nutzen und eine CO₂ neutrale Wärmeversorgung sowie Kühlung zu realisieren.



Bild-Quelle: Anex Ingenieure AG / Grundfos