

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 69 (1977)
Heft: 11-12

Artikel: Wärmepumpen in Sportzentern
Autor: Sturzenegger, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941508>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

und die Kosten für die Energie zum Hochpumpen des Grundwassers die Jahreskosten in einem Mass, das nicht mehr ohne weiteres tragbar ist. Analog verhält es sich bei der Wärmeentnahme aus einem Fluss, einem Bach oder einem See.

Bei Wärmeentnahme aus der Aussenluft kommt ein Aussenverdampfer relativ teuer zu stehen, und bei Innenmontage des Verdampfers verteuern die Luftkanäle mit dem Ventilator und der Betrieb des letzteren die Anlage in beträchtlichem Masse. Aehnlich verhält es sich bei der Benützung des Erdbodens als Wärmequelle. Wärmepumpenanlagen in Kleinbauten mit Erdreich oder Luft als Wärmequelle weisen Jahreskosten auf, die, je nach Energietarif und Heizungsart, 20 bis 40 % höher liegen als bei einer entsprechenden Elektro- oder Ölheizung.

In grösseren Bauten, insbesondere in Hallenbädern, fallen die Kosten für die Zuluhr der Wärme von der Wärmequelle zum Verdampfer gegenüber den übrigen Kosten weniger ins Gewicht, so dass für solche Fälle in der Regel mit einer Wettbewerbsfähigkeit einer Wärmepumpenheizung gegenüber anderen Heizsystemen gerechnet werden kann.

Zusammenfassung

Mit der Wärmepumpe ist es möglich, einem Stoff verhältnismässig tiefer Temperatur Wärme zu entnehmen und auf

einen Stoff höherer Temperatur zu übertragen. Die Temperatur der Wärmequelle kann bis zu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ und diejenige des Wärmeempfängers bis zu $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen. Das Verhältnis zwischen der Nutzleistung aus Verflüssiger und der dem Verdichter zugeführten Leistung bezeichnet man als Leistungsziffer. Sie ist immer grösser als 1. Als Wärmequellen kommen Grund- und Oberflächenwasser, die Aussenluft, das Erdreich, Sonnenkollektoren sowie Fortluft und Abwasser in Frage. Es ist möglich, Bauten irgendwelcher Art mit Wärmepumpen zu heizen, sofern eine geeignete Wärmequelle vorhanden ist. In günstigen Fällen ist eine Wärmepumpenheizung mit einer Heizung anderer Energieträger konkurrenzfähig.

Die für den Betrieb einer Wärmepumpe aufzuwendende Energie dient nur zum Transport der Wärme von der Wärmequelle zum Wärmeempfänger. Sie ist immer kleiner als die dem Empfänger zugeführte Energie. Damit wird die Wärmepumpe zu einem Mittel zur Ausnützung von Kreislaufenergie und damit zum äusserst sparsamen Gebrauch der verfügbaren Energie.

Adresse des Verfassers: Otto Schär, El.-Ing. HTL, Chef Büro für Beratung und Kundendienst, Bernische Kraftwerke AG, BKW, Victoriaplatz 2, 3000 Bern.

Wärmepumpen in Sportzentren

DK 621.577:725.82:79

E. Sturzenegger

Wärmepumpen sind vielfach die optimale Lösung bei komplexen Energieproblemen. Das Sportzentrum Chur ist hierfür ein besonders typischer Anwendungsfall.

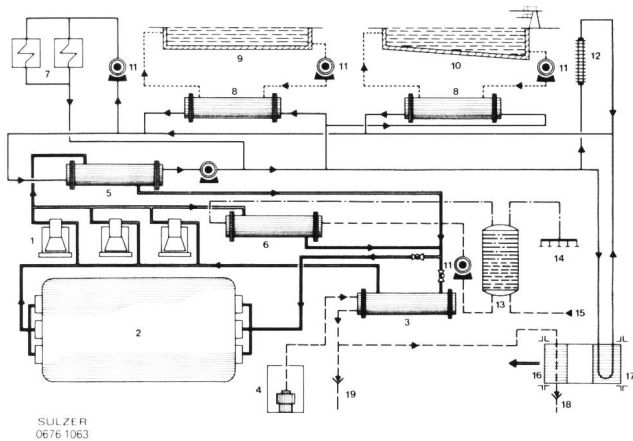
Werden im Bereich der Wärmeversorgung die verschiedenen Möglichkeiten zum Einsparen von Energie diskutiert, steht die Wärmepumpe oft an bevorzugter Stelle. Häufig wird die Wärmepumpe als etwas Neues betrachtet. Dass dies nicht so ist, beweist die Tatsache, dass Sulzer bereits vor dem letzten Weltkrieg und besonders in der Zeit der Brennstoffknappheit während und nach dem Kriege eine beachtliche Anzahl Wärmepumpenanlagen erstellte. Da die Wärmepumpe komplizierter ist als die direkten Methoden der Wärmeerzeugung, wurde ihr Einsatz während rund zweier Jahrzehnte kaum diskutiert. Erst die stark angestiegenen Preise für das Erdöl und seine Derivate brachten Massnahmen zum Einsparen von Primärenergie.

Speziell hinsichtlich des Umweltschutzes ist die Wärmepumpe vorteilhaft, denn es kann Wärme erzeugt werden, ohne die Umwelt durch Rauchgase zu belasten, und in vielen Fällen lässt sich eine Belastung durch Abwärme, zum Beispiel Aufheizen eines Flusses, vermeiden oder verringern. Ein günstiger Anwendungsfall liegt vor, wenn in einer Anlage Kunsteisbahn und Schwimmbad vereint sind. Die Kälteanlage der Kunsteisbahn muss die auf tiefem Temperaturniveau aus der Eisfläche aufgenommene Wärme bei geeigneter höherer Temperatur wieder abgeben können. Je nach den Verhältnissen wird diese Wärme an einen Bach oder Fluss, an Grundwasser oder mit Kühlturm an die Atmosphäre abgegeben. Anstatt diese Wärme als Abwärme bei möglichst tiefer Temperatur an die Umwelt abzugeben, besteht mit der Wärmepumpe die Möglichkeit, sie auf ein höheres Niveau zu bringen, so dass

eine direkte Nutzung zum Aufwärmen eines Schwimmbades, zur Raumheizung und auch zur Warmwasserbereitung möglich wird. Damit wird die Kälteanlage zu einer kombinierten Heiz/Kühl-Anlage, wobei der Unterschied in der Benennung weitgehend nur durch die Nutzungsart entsteht, denn das eigentliche System — der Kältemittelkreislauf — erfährt keine Umstellung. Auch bei einem weiteren Schritt, der zur reinen Wärmepumpe führt, bleibt der Kreislauf prinzipiell unverändert. Abgesehen von den unterschiedlichen Temperaturen besteht der Hauptunterschied zwischen einer Kälteanlage und einer Wärmepumpe darin, dass das eine Mal die kalte, das andere Mal aber die warme Seite genutzt wird.

Bild 1. Sportzentrum Obere Au in Chur (CH) mit Kunsteisbahn und Hallenbad im Hintergrund.





..... Badewasser
 - - - - - Kaltwasser (Grundwasser)
 - - - - - Brauchwarmwasser
 == Kältemittelkreislauf
 — Heizwasser

- 1 Kältekompressoren
- 2 Kunsteisbahnpiste mit einbetonierten Verdampferrohren
- 3 Wärmepumpenverdampfer für Grundwasser-Wärmegewinnung
- 4 Grundwasserpumpe
- 5 Kältemediumkondensator für die heiz- und lufttechnischen Installationen
- 6 Kältemediumkondensator für die Brauchwarmwasser-Erzeugung
- 7 Heizkesselanlage zur Spitzenwärmebedarfsdeckung
- 8 Wärmeaustauscher zur Erwärmung des Badewassers
- 9 Hallenbad
- 10 Freiluftbäder
- 11 Umwälzpumpen
- 12 Raumheizungsanlagen
- 13 Brauchwarmwasser-Speicher
- 14 Brauchwarmwasser-Zapfstellen
- 15 Kaltwassernetz
- 16 Luftkühler
- 17 Lufterhitzer
- 18 Kühlwasserablauf
- 19 Grundwasserablauf bzw. Sickerschacht

Bild 2. Schema der Anlage Obere Au.

Eine solche Kombination von Kälteanlage und Wärmepumpe wurde im Sportzentrum Obere Au in Chur (Bild 1) verwirklicht. In dieser Anlage sind vereint:

- Freiluftschwimmbecken
- Hallenbad
- Kunsteisbahn (64×37 m) für die allgemeine Nutzung

Für späteren Ausbau sind geplant:

- Kunsteisbahn (60×30 m) speziell für Eishockey
- Zwei Curlinghallen (je 45×12 m) mit je drei Bahnen.

Um diese Einrichtungen mit der notwendigen Kälte und Wärme zu versorgen, wurde eine kombinierte Anlage erstellt. Bild 2 zeigt das für die erste Ausbautetappe gültige Schema. Alle folgenden Bezeichnungen in () beziehen sich auf Bild 2.

Der Kältemittelkreislauf umfasst als Verdampfer die Behöhrung der Kunsteisbahn (2) und einen geschlossenen Wärmeaustauscher (3), (Bild 3), in dem Grundwasser abgekühlt wird. Beim Verdampfen nimmt das Kältemedium Ammoniak Wärme auf und gibt sie, nach der Verdichtung, bei entsprechend höherer Temperatur in den Kältemittelkondensatoren wieder ab. Der Kondensator (5) dient als Wärmequelle im Heizwasserkreislauf. Die erzeugte Wärme wird in den Wärmeaustauschern (8) an das Badewasser des Hallenbades und der Freiluftbäder abgegeben. Ein Teil dieser Wärme wird auch noch zur direkten Raumheizung (12) und im Wärmeaustauscher (17) zum Erwärmen der im Hallenbad benötigten Frischluft verwendet. Im Kondensator (6) wird das in der Anlage benötigte Brauchwarmwasser erwärmt. Als Antrieb dienen drei Sulzer-Kältekompressoren (1) mit Labyrinthkolben. Diese Kompressoren des Typs K 105-2 B (Bild 4) arbeiten je nach Einsatz unter verschiedenen Betriebsbedingungen und erbringen dabei

die in Tabelle 1 spezifizierten Leistungen. Es ergibt sich somit eine gesamte Kälteleistung von 1380 kW (1 185 000 kcal/h), ausreichend zum Betrieb der bestehenden und der geplanten Kunsteisbahnen und Curlinghallen.

Im kombinierten Betrieb kann die Wärmeleistung maximal 1815 kW (1 560 000 kcal/h) betragen, während im reinen Wärmepumpenbetrieb 2268 kW (1 950 000 kcal/h) abgegeben werden können. Dies entspricht etwa der Hälfte der errechneten maximalen Heizleistung, weshalb zur Spitzendeckung noch eine Heizkesselanlage (7) erstellt wurde (Bild 5).

Im reinen Wärmepumpenbetrieb wird die von den Kompressoren erzeugte Kälteleistung von $3 \times 600 = 1800$ kW (1 548 000 kcal/h) dem Grundwasser entzogen. Zu diesem Zweck werden 387 m³/h Grundwasser von +8 °C im Kältemediumverdampfer (3) auf +4 °C abgekühlt und dann durch einen Sickerschacht wieder in den Grundwasserstrom eingeleitet. Zur Erzeugung des nötigen Wärmegefälles muss dabei das Kältemedium bei -1 °C verdampfen. Mit dem Aufwand von $3 \times 164 = 492$ kW für den Antrieb der Elektromotoren kann im Kältemediumkondensator (5) eine Heizleistung von $3 \times 756 = 2268$ kW (1 950 000 kcal/h) abgegeben werden, das heisst, mit jedem Kilowatt dem Netz entnommener Leistung werden 4,61 kW (3965 kcal/h) Heizleistung erzeugt, wovon 3,61 kW (3105 kcal/h) dem Grundwasserstrom entzogen wurden.

Ist die Kunsteisbahn in Betrieb, wird diese Wärme oder ein Teil davon der Eisfläche (2) entzogen, weil dann das Kältemedium in den einbetonierten Rohren verdampft. Zur Eiszerzeugung wird eine tiefere Verdampfungstemperatur von -7 °C benötigt. Da nun die Kompressoren ein grösseres Temperaturgefälle überwinden müssen, ist die maximale Leistung etwas geringer. Auch die sogenannte Leistungsziffer wird etwas ungünstiger, dem Aufwand von 1 kW elektrischer Leistung entspricht dann nur noch eine Wärmeleistung von 4,03 kW (3470 kcal/h). Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass mit dieser etwas ungünstigeren Leistungsziffer auf beiden Seiten ein Nutzen gewonnen wird, nämlich Kälte und Wärme. Da das Kältemedium Ammoniak bei +47 °C im Kältemediumkondensator (5) verflüssigt werden soll, können das Heizwasser und das Brauchwarmwasser auf maximal +43 °C erwärmt werden. Im Vergleich zu den allgemein üblichen, wesentlich höheren Heizwassertemperaturen erfordert dies eine weitgehende Anpassung der heiztechnischen Einrichtungen.

Je höher die Kondensationstemperatur gewählt wird, um so mehr Kompressionsarbeit ist notwendig, um die von aussen aufgenommene Wärme auf dieses höhere Niveau

Tabelle 1: Leistungsdaten der Kältekompressoren

Betriebsart	Eisbahn/Wärmepumpe kombiniert	Reine Wärmepumpe
Verdampfungstemperatur (°C)	-7	-1
Kondensationstemperatur (°C)	+47	+47
Drehzahl (U/min)	960	960
Kälteleistung (kW)	460	600
(kcal/h)	395 000	516 000
Leistungsaufnahme an der Kompressorwelle (kW)	150	164
Wärmeleistung (kW)	605	756
(kcal/h)	520 000	650 000
Leistung der Antriebsmotoren (kW)	200	200

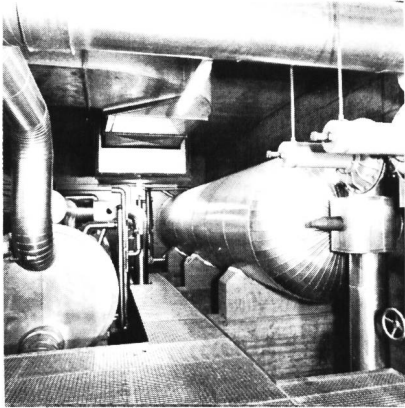


Bild 3. Hinten im Maschinenraum (links im Bild) befinden sich der Wärmepumpenverdampfer (Bild 2, 3) für die Grundwasser-Wärmegewinnung und der zum System der Kunsteisbahn gehörende Kältemediumakkumulator.

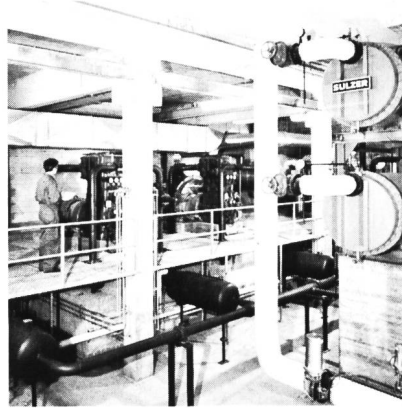


Bild 4. Maschinenraum der Anlage mit den drei Sulzer-Kältekompressoren. Im Vordergrund rechts der aus zwei Apparaten bestehende Kältemediumkondensator (Bild 2, 5) und der drei kleine Apparate umfassende Brauchwarmwasser-Erzeuger (Bild 2, 6).

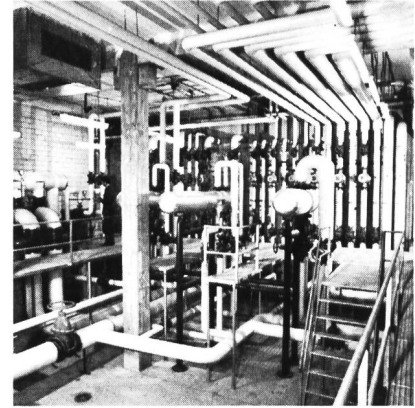


Bild 5. Die Verteilerzentrale der heiztechnischen Installationen mit den Umwälzpumpen. In Bildmitte drei Wärmeaustauscher, mit denen die vom Heizkessel gelieferte Wärme an das lufttechnische System, den Heizwasserkreislauf der Wärmepumpe und das Brauchwarmwasser-System übertragen wird.

zu bringen. Solange vorausgesetzt werden kann, dass die zum Antrieb des Kompressors notwendige elektrische Energie mit Wasserkraft erzeugt wird, hat die Leistungsziffer wenig Bedeutung. Auch bei extremen Temperaturen wird eine Wärmepumpe mehr Wärme abgeben, als die hierzu benötigte elektrische Energie in einem Heizkörper abgeben könnte.

Sobald jedoch angenommen werden muss, dass die zum Antrieb der Wärmepumpe benötigte elektrische Energie in einem thermischen Kraftwerk erzeugt werden muss, wird ein anderer Aspekt wichtig. Der Wirkungsgrad eines guten thermischen Kraftwerks beträgt rund 40 %. Werden ausserdem die Uebertragungsverluste eingerechnet, so ergibt sich, dass 3 bis 3,5 kW an thermischer Energie aufgewendet werden müssen, um 1 kW elektrische Energie zu erzeugen. Weil die Verbrennung von Gas oder Oel auch

nicht verlustfrei ist, sollte die Wärmepumpe eine Leistungsziffer von mindestens 3 haben. Bei niedrigeren Leistungsziffern würde die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpe mehr thermische Energie, das heisst Gas oder Oel, erfordern als die Wärmeerzeugung durch Verbrennung. Die genannte Grenze darf aber nicht streng ausgelegt werden, denn es sind auch andere Faktoren zu berücksichtigen. So kann die abgasfreie Erzeugung von Wärme oder der Wegfall eines Tanklagers durchaus für den Einsatz einer Wärmepumpe sprechen, auch wenn die direkte Verbrennung billiger ist.

Adresse des Verfassers:

E. Sturzenegger, Gebrüder Sulzer AG, Abteilung Kälteanlagen, Kompressoren und Verfahrenstechnik, 8401 Winterthur

Dieser Aufsatz wurde uns freundlicherweise aus der «Technischen Rundschau Sulzer», 3/1977 (59. Jahrgang) zur Verfügung gestellt.

Eine Neuentwicklung für die Abwasserreinigung

DK 628.28

Nachdem die Chemische Fabrik Uetikon im Jahre 1959 auf der ARA Uster gezeigt hatte, dass die Simultanfällung der Phosphate im kommunalen Abwasser nach dem Vorschlag von Prof. Dr. E. A. Thomas durchführbar und wirkungsvoll ist, richteten die Kläranlagen rund um den Zürichsee in den darauffolgenden Jahren sukzessive dieses heute allgemein als «Dritte Reinigungsstufe» bezeichnete Verfahren ein. Die weitere Zunahme der Ueberdüngung des Zürichsees konnte dadurch aufgehalten und der Zustand des Sees verbessert werden.

Leider trifft dies nicht für alle Seen der Schweiz im selben Umfang zu. Bei einigen hat die Ueberdüngung bereits ein solches Mass erreicht, dass eine Stabilisierung des Phosphatgehalts nicht mehr genügt, sondern nur noch eine massive Herabsetzung die Qualität des Wassers verbessern kann. Dazu ist eine Verminderung des Phosphatgehalts im gereinigten Abwasser auf weniger als die heute gestattete Menge von 1 mg Phosphor/l notwendig.

Diese weitergehende Phosphatentfernung wurde in den letzten Jahren mit verschiedenen Methoden zu erreichen versucht. Als aussichtsreichstes Verfahren konnte bis heute die Flockungsfiltration angesehen werden, welche in der ARA Hochdorf durch die EAWAG genau untersucht werden soll. Vorgeschlagene biologische Verfahren dagegen vermochten sich nicht durchzusetzen.

Die Chemische Fabrik Uetikon hat dafür einen gänzlich anderen Weg eingeschlagen.

Von der Voraussetzung ausgehend, dass sich ein Verfahren zur weitergehenden Phosphatentfernung in die schon bestehende Dritte Reinigungsstufe integrieren lassen muss und dass nach Möglichkeit gleichzeitig weitere Verunreinigungen beseitigt werden sollten, hat sie in mehrjähriger Arbeit das FERAK-Verfahren entwickelt.

Dieses Verfahren, das während mehrerer Monate in einer Versuchsanlage auf der ARA Meilen praktisch geprüft und bereits in verschiedenen Ländern zum Patent angemeldet worden ist, gestattet es nicht nur, den Phosphatgehalt des Abwassers auf 0,1 mg Phosphor/l und darunter zu senken, sondern verringert gleichzeitig noch den gelösten organischen Kohlenstoff und die Trübung.

Da der Reinigungsprozess auf einer Chemisorption an einer körnigen Masse beruht, kann er im Durchlauf durch eine Kolonne betrieben werden, wobei Schwankungen der Menge des eintretenden Phosphats ausgeglichen werden. Ist die Masse verbraucht, so kann sie mit den gleichen Chemikalien, welche zur Phosphatfällung in der vorhandenen Dritten Reinigungsstufe benötigt werden, wieder regeneriert werden.

Es ist möglich, das Verfahren mit geringem Aufwand so weitgehend zu automatisieren, dass sich die Arbeit des Kläranlagepersonals auf eine tägliche Funktionskontrolle beschränken kann. Eine laufende Bestimmung des Phosphatgehalts im Zu- und Ablauf und eine Anpassung der Fällmittelzugabe entfällt.