

energytech.at

[energy technology austria]

*Die Internet-Plattform für
innovative Energietechnologien
in den Bereichen
Erneuerbare Energieträger
und Energieeffizienz*

<http://energytech.at>

Technologien der Passiven Kühlung



bmvit
Bundesministerium für
Verkehr, Innovation und
Technologie

energytech.at

1	Übersicht	1
2	Die Technologien in Detail	2
2.1	Bautechnische Maßnahmen	2
2.1.1	Isolierung	2
2.1.2	Verschattung	2
2.1.3	Wirksame thermische Masse	4
2.2	Interne Wärmelasten	5
2.3	Passive und hybride Kühltechnologien	6
2.3.1	Nachlüftung	6
2.3.2	Luft-Erdwärmetauscher (L-EWT)	8
2.3.3	Erdwärmesonden und Energiepfähle	9
2.3.4	Offene Systeme mit Grund- oder Seewasser.....	11
3	Weitere Information	13
4	Zitierte Quellen	13

1 Übersicht

Unter passiver Kühlung werden streng genommen bauliche Vorkehrungen verstanden, welche ohne zusätzlichen Energieaufwand die Überwärmung von Gebäuden verhindern, z.B.:

- Außen liegender Sonnenschutz
- Sommerlicher Wärmeschutz durch ausreichende Isolierung, vor allem des Daches
- Gezielte natürliche Belüftung (z.B. Nacht-/Taglüftung,...)
- Verdampfungskühlung durch Wasserflächen, Brunnen, Begrünung im Gebäudeumfeld oder im Innenraum

Im weiteren Sinne können zur passiven Kühlung auch haustechnische Installationen gezählt werden, die es erlauben „natürliche Kältesenken (kühles Erdreich, kalte Nachtluft, Strahlungskälte,...) gezielt zu nutzen und somit Wärme abzuführen und Speichereffekte zu erzielen“ (Zimmermann, 2003). Diese Systeme erlauben es, den Restkühlbedarf von effizienten Gebäuden zu decken. Hierzu zählen u.a.:

- Nachtkühlung mittels mechanischer Lüftung
- Luftvorkühlung mittels Erdwärmetauscher
- Verdunstungskühlung z.B. bei mechanischer Lüftung
- Erdsonden und Energiepfähle zur Nutzung des Erdreiches als Wärmespeicher/Kältepuffer
- Bauteilkühlung über Decken und Wände

Die Anwendung passiver Kühlung setzt eine systematische und konsequente Detailoptimierung des Gebäudekonzeptes voraus. Hierbei steht an erster Stelle die konsequente Vermeidung externer und interner Wärmelasten, so dass der Restkühlbedarf des Gebäudes möglichst minimiert wird und mittels passiver und hybrider Konzepte gedeckt werden kann. Hierzu ist es wichtig, dass frühzeitig im Planungsprozess das Zusammenspiel von Architekt (Gebäudeentwurf), Fachplanern (Gebäudetechnik) und ggf. einem neutralen Berater, der mit der Erstellung des Energiekonzeptes betraut ist, funktioniert. Nur unter dieser Voraussetzung kann es gelingen, das Ziel eines energieoptimierten und zukunftsfähigen Gebäudekonzeptes zu erreichen.

Die folgende Checkliste kann Gebäudeeigentümern und planern helfen, alle wichtigen Aspekte zu berücksichtigen:

1. Den gewünschten Komfortstandard explizit definieren
2. Die Umgebung des Gebäudes optimieren
3. Den Wärmeeintrag auf die Gebäudehülle reduzieren
4. Die Erwärmung des Gebäudeinneren verzögern
5. Die internen Wärmelasten reduzieren
6. Individuelle Anpassung: z.B. in Hitzezeiten die Kleiderordnung lockern anstatt das Gebäude zu unterkühlen
7. Wärme aus dem Gebäude mit Hilfe passiver Kühlung entfernen
8. Aktive Kühlsysteme mit erneuerbaren Energiequellen einsetzen
9. Effiziente aktive Kühlsysteme nur für den Restbedarf einsetzen
10. Anlagen richtig einstellen, betreiben, warten, Energieverbrauch überwachen

In keinem Gebäude wird es möglich und auch kaum notwendig sein, alle zehn Punkte zugleich anzuwenden. Sie sollten jedoch bei der Planung oder der Sanierung alle durchdacht und die passenden ausgewählt werden. Im Folgenden stellen wir einige Technologien vor, mit denen die einzelnen Schritte erfüllt werden können.

2 Die Technologien in Detail

2.1 Bautechnische Maßnahmen

Um den Kühlwärmebedarf im Sommer gering zu halten, muss ein Gebäude im österreichischen Klima über drei Dinge verfügen:

- Ein isoliertes Dach und eine isolierte Fassade;
- Eine Verschattung, die das Sonnenlicht im Sommer wirksam abschirmt, jedoch sowohl Tageslichtnutzung als auch die Nutzung des Solareintrags im Winter zulässt
- Eine wirksame thermische Masse, die die täglichen Temperaturschwankungen aufnimmt und ausgleicht.

2.1.1 Isolierung

Isolierung reduziert den Wärmedurchgang durch Dächer, Wände und Böden. Sie hilft im Winter die Wärme drinnen und im Sommer draußen zu halten. Für die Kühlung ist vor allem eine gute Isolierung des Daches wichtig. Die kalten Winter im österreichischen Klima verlangen jedoch auch einen ausreichenden Schutz der Fassade und der Kellerdecke.

Häufigste Isolierungsmaterialien sind:

- Zellulose
- Glaswolle
- Steinwolle
- Kork
- Holzfaser
- Perlit
- Polyurethan
- Polystyren
- Polyisocyanurat

Geeignete Isolierung kann den Kühlwärmebedarf um bis zu 40% senken. Die optimale Isolierung ergibt sich aus Klimafaktoren, internen Lasten und der verwendeten Lüftungsstrategie im Gebäude. Bei Dienstleistungsgebäuden mit hohen internen Wärmelasten kann zu viel Isolierung sogar die Auskühlung in der Nacht behindern.

2.1.2 Verschattung

Der solare Wärmeeintrag ist die wichtigste Quelle sommerlicher Überhitzung. Selbst durch die besten Fenster dringt ein großer Teil der solaren Strahlung durch. Fensterlose Gebäude oder zu dunkle Fenster induzieren wiederum beleuchtungsbedingt hohe interne Wärmelasten.

Verschattungssysteme schützen das Gebäudeinnere vor der Überhitzung durch die direkte Sonneneinstrahlung, und lassen zugleich genügend Sonnenlicht herein, damit künstliche Beleuchtung auf ein Minimum begrenzt werden kann.

Es gibt eine ganze Reihe von bekannten Verschattungssystemen:

- Unbewegliche Verschattung als Teil der Gebäudekonstruktion:
 - Dachüberhänge
 - Balkone
 - Senkrechte Schattenspender für Ost- und Westfassaden
 - Bäume vor der Fassade
- Bewegliche Verschattung
 - Jalousien
 - Rollläden
 - Stoffrollläden
 - Markisen

Abbildung 1 zeigt den Abschattungskoeffizienten verschiedener Verschattungssysteme. Der Abschattungskoeffizient ist ein Maß für die Wirksamkeit der Verschattung: Es ist das Verhältnis der durch das jeweilige System in den Raum gelassenen Strahlungsmenge zu derjenigen Strahlungsmenge, die eine unbeschattete 3 mm Glasscheibe hereinlassen würde.

Extern angebrachte Jalousien und verstellbare große Schattenspender zählen zu den wirksamsten Systemen, die bis zu 90% der Strahlung abblocken. Innen liegende Jalousien und Stoffrollläden sind für den Wärmeschutz praktisch ungeeignet, weil sie die Strahlung blockieren, wenn diese schon im Gebäudeinneren ist. Nur ein kleiner Teil der Wärmestrahlung wird wieder durch das Fenster reflektiert.

Horizontale Verschattung ist vor allem an der Südfassade wirksam, vertikale an der Ost- und der Westfassade. Bei der Materialauswahl muss besondere Sorgfalt herrschen: es ist wichtig, dass die Verschattung den größten Teil der Strahlung reflektiert, und nur geringe Mengen absorbiert. Anderenfalls würde sie sich aufheizen und die Wärme als Wärmestrahlung in das Gebäude abgeben.

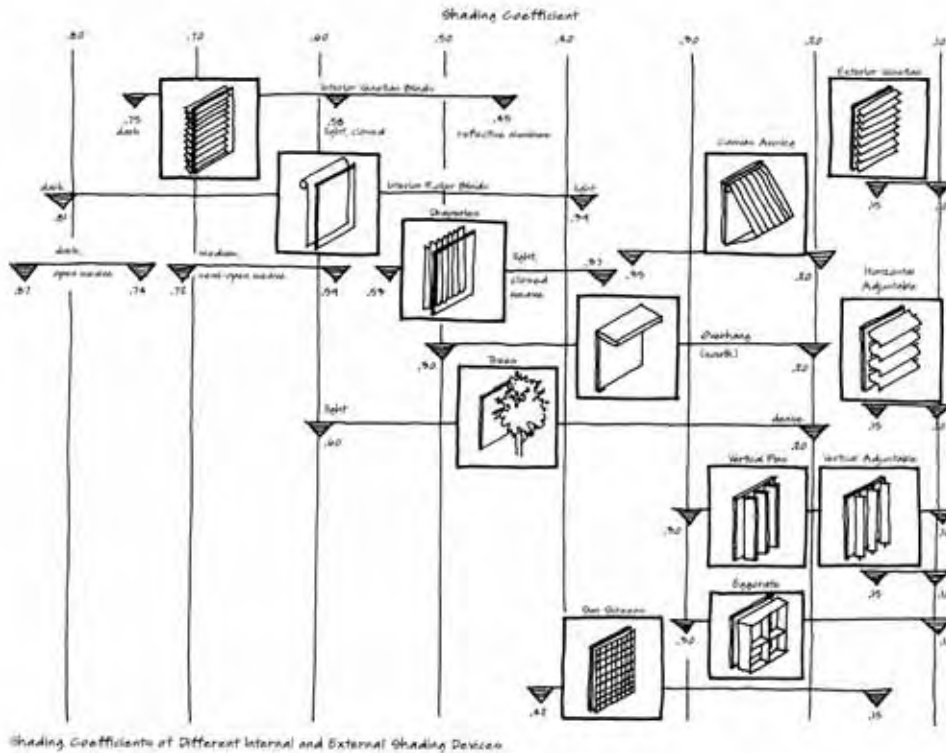


Abbildung 1: Vergleich der Verschattungswirkung verschiedener Technologien. Bildquelle: Brown & DeKay, 2000

2.1.3 Wirksame thermische Masse

Österreich hat im Vergleich zu anderen Regionen große tägliche Temperaturschwankungen. Mit genügend thermischer Masse lassen sich diese zur passiven Temperierung des Gebäudes nutzen. Die Gebäudemasse kühlt tagsüber das Gebäude, und in der Nacht gibt sie ihre Wärme an die Umgebung ab. Dadurch gleicht sie die Temperaturschwankungen, die durch die Außenluft, den Solareintrag und die internen Lasten entstehen, zu einem großen Teil aus.

Dies kann passiv, in Kombination mit Nachtlüftung, oder auch mittels Bauteilkühlung geschehen. In diesem Verfahren wird eine gekühlte Flüssigkeit durch die Bauteile gepumpt, die die Wärme abführt. Gegenüber der klassischen Klimaanlage hat die Temperierung über die Bauteile zwei große Vorteile:

1. Da Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, werden bei der herkömmlichen Luftkühlung sehr große Luftmengen gebraucht, um die Wärme aus dem Gebäude zu schaffen. Mit der Bauteilkühlung kann die Lüftung wieder ihrem eigentlichen Zweck gemäß verwendet und auf das hygienisch notwendige Maß beschränkt werden.
2. Die kühlen Bauteile nehmen Strahlungswärme auf bzw. „strahlen Kälte ab“, was auch bei höheren Lufttemperaturen für ein Komfortgefühl sorgt. Umgekehrt nützt auch kühle Luft wenig, wenn Decken und Wände Hitze abstrahlen.

Die thermische Masse muss nicht nur vorhanden, sondern auch wirksam sein. So koppeln z.B. abgehängte Decken aufgestellte Böden oder Wandverkleidungen die thermische Masse der Wände und Deckenplatten vom Innenraum ab und setzen ihre Fähigkeit, Wärme aufzunehmen und abzugeben, erheblich herab.

2.2 Interne Wärmelasten

Alle elektrischen Verbraucher emittieren Wärme. Beleuchtung und elektronische Geräte wie Computer etc. wandeln die elektrische Energie fast vollständig in Wärme um. Die Beschaffung energieeffizienter Beleuchtung und energieeffizienter Büroausstattung und ihr energieeffizienter Betrieb spart somit zweimal Strom: Beim eigenen Verbrauch und noch einmal beim reduzierten Kühlenergiebedarf.

Tabelle 1: Energieeffiziente Geräte¹

Auswahl energieeffizienter Produktgruppen	Einsparpotenzial
Ersetzen von Desktop PC und CRT Monitoren durch Notebooks	50 - 80 %
Ersetzen von CRT Monitoren durch Flachbildschirme (LCD)	Ca. 50 %
Ersetzen von einzelnen Geräten durch zentrale Multifunktionsgeräte (nur wenn die Funktionen tatsächlich genutzt werden)	Bis zu 50 %
Ersetzen persönlicher Drucker durch zentrale Drucker (nur, wenn richtig dimensioniert)	Bis zu 50 %
Auswahl energieeffizienter Geräte innerhalb einer Produktgruppe	
Die richtige Dimensionierung ist der wichtigste Faktor für die Energieeffizienz	Nicht bezifferbar
Energieeffizienz als Standardkriterium für die Beschaffung: Hilfe auf der Website www.topprodukte.at	20 - 70 %
Energiemanagement als Bestandteil der Ausschreibungsunterlagen	Bis zu 30 %
Manuell ausschaltbare Bürogeräte, um Stromverbrauch im ausgeschalteten Modus zu vermeiden	Bis zu 20 %
Energiemanagement und energieeffizienter Gebrauch	
Energiemanagement richtig installiert in allen Geräten	Bis zu 30 %
Schnelle Umschaltung auf Stand-By anstatt Bildschirmschoner, die keine Energie einsparen	Bis zu 30 %
Ausschaltbare Steckleisten für jeden Arbeitsplatz, um Stromverbrauch in der Nacht und bei Abwesenheit zu vermeiden (es gibt auch Steckleisten, die die Stromzufuhr bei Nichtgebrauch automatisch abschalten)	Bis zu 20 %
Bildschirme und Drucker bei Besprechungen und Pausen ausschalten	Bis zu 15 %

¹ Tabelle aus dem Projekt GreenBuilding, http://www.eu-greenbuilding.org/fileadmin/Greenbuilding/gb_redaktion/modules/GB_Module_Office_Equipment_V3.pdf

Tabelle 2: Energieeffiziente Beleuchtung

1. Beleuchtungsplanung	Einsparpotenzial mit der gleichen Beleuchtungsstärke
Lokale Beleuchtung der Arbeitsplätze	Nicht bezifferbar
Tageslichtnutzung bei Abschaltung der künstlichen Beleuchtung	Nicht bezifferbar
2. Auswahl energieeffizienter Leuchten	
Aluminiumreflektoren anstatt weiß lackierten Reflektoren	Bis zu 25%
Gerichtete Leuchten, die die Anzahl der benötigten Leuchten reduzieren	20-50%
Nachrüstung älterer Leuchten mit Reflektorsystemen	20-50%
3. Auswahl energieeffizienter Lampen	
Halogenlampen statt konventioneller Glühlampen	15-30%
Leuchtstofflampen statt konventioneller Glühlampen	Bis zu 80%
Gasentladungslampen statt konventioneller Glühlampen	Bis zu 90%
4. Auswahl energieeffizienter Starter	
Elektronische Starter anstatt magnetische Starter	Bis zu 15%
5. Steuerungssysteme	
Leicht erreichbare Schalter	Nicht bezifferbar
Bewegungsmelder zur Beleuchtungssteuerung	Nicht bezifferbar
Zeitschaltuhren zur Beleuchtungssteuerung	Nicht bezifferbar
Tageslichtabhängige Steuerung	Nicht bezifferbar
6. Regelmäßige Wartung	
Regelmäßige Reinigung der Leuchten	Nicht bezifferbar
Ersetzen von alten Lampen (mit herabgesetzter Leuchtkraft) durch neue	Nicht bezifferbar

2.3 Passive und hybride Kühltechnologien

2.3.1 Nachtlüftung

Das Verfahren der Nachtlüftung nutzt die kühle Nachtluft, um thermische Gebäudemassen während der Nacht herunterzukühlen. Dies geschieht dadurch, dass kühle Nachtluft durch offene Fenster und/oder Lufteinlassöffnungen das Gebäude durchströmt und dabei die in der Gebäudemasse angesammelte Wärme dem Gebäude entzieht. Hierzu sind neben höheren nächtlichen Luftwechselraten ($> 2/h$) auch das Vorhandensein einer hohen Speicherkapazität des Gebäudes notwendig – d.h. die Hitze, die tagsüber durch Wände, Decken, Gebäudeeinrichtung gespeichert wird, soll durch die nächtliche Auskühlung wieder abgeführt werden.

Lüftungskonzepte

Als Lüftungsverfahren werden zunächst die freie (natürliche), mechanische und hybride Nachtlüftung unterschieden.

Bei den freien Lüftungsverfahren sind die einfache Lüftung durch geöffnete Fenster, sowie die Querlüftung über Fenster oder über automatisch betätigte Ein- und Auslassklappen an gegenüber liegenden Raumwänden zu nennen. Weiterhin wird auch in vielen freien Lüftungskonzepten der thermische Auftrieb im Gebäude genutzt.

In mechanisch betriebenen Lüftungskonzepten wird der Luftwechsel über eine Lüftungsanlage (meist Abluftanlage) und definierte Lüftungsöffnungen fest eingestellt. Ein hybrides Lüftungskonzept sieht eine Kombination aus freier und mechanischer Lüftung vor – dies bietet den Nutzen einer Ressourcen

schonenden freien Lüftung, die bei nicht ausreichenden Luftwechselraten vorhandene Abluftventilator(en) hinzuschaltet.

Freie/Natürliche Nachtlüftung

Die freie/natürliche Lüftung wird durch Druckdifferenzen als Resultat von Temperaturdifferenzen zwischen der Gebäudeaußenhülle und dem Innenraum hervorgerufen, welche einen Luftzug herbeiführen. Oft arbeiten natürliche Lüftungssysteme zusätzlich mit Windströmungen oder benutzen durch Temperatur induzierte Kaminwirkungen. Ob zusätzliche Windeffekte eingesetzt werden können, ist abhängig von der Gebäudeform, dem Standort des Gebäudes sowie von der vorherrschenden Windrichtung und -geschwindigkeit.

Beim Kamineffekt ist im Inneren des Gebäudes die Temperatur höher als draußen. Warme Luft steigt im Innern des Gebäudes hoch, nimmt die Gebäudehitze auf und entweicht schließlich oben im Bereich des Gebäudedachs. Im Gebäude steigt der Luftdruck somit nach oben an - hierdurch kann kältere Luft in die tieferen Gebäudeteile nachströmen.

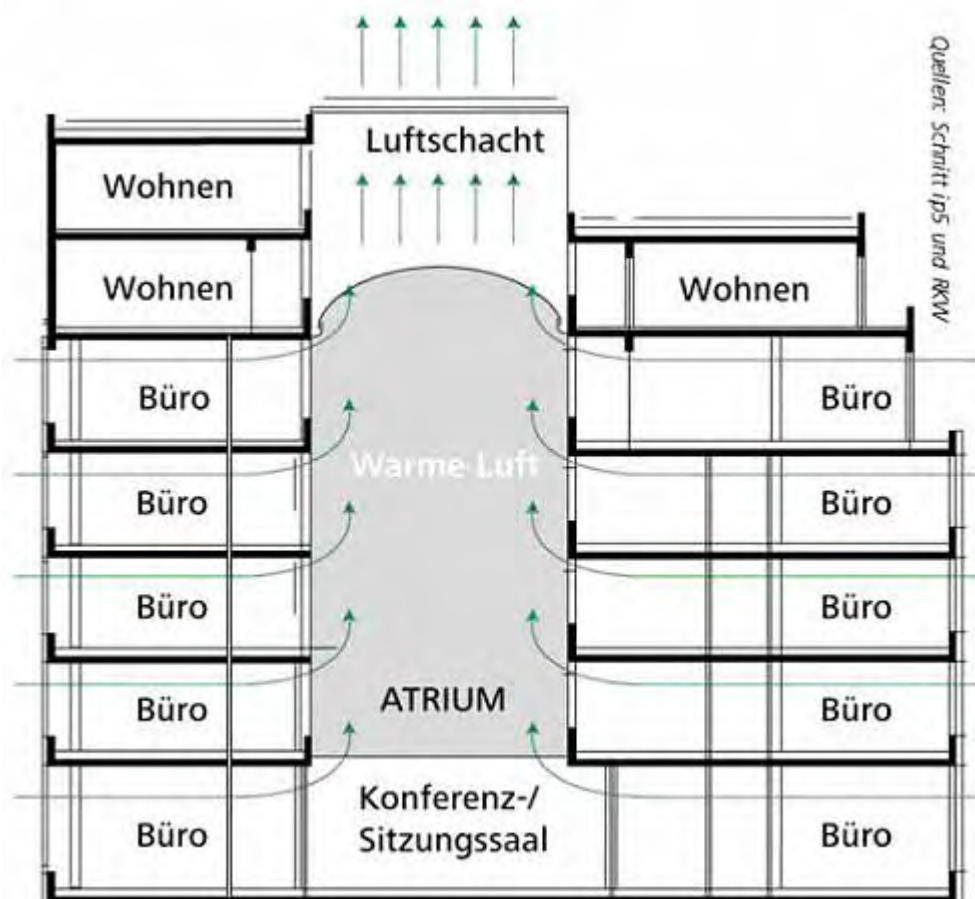


Abbildung 2: Kamineffekt (IZES, Saarbrücken)

Mechanische Nachtlüftung

Mechanische Lüftungssysteme nutzen ebenfalls die sommerliche Nachtkühle der Umgebungsluft aus. Mit Hilfe von Ventilatoren wird Luft über Fenster bzw. automatisch betriebene Lufteinlässe, oftmals mit Hilfe eines zentralisierten Gebäudeautomationssystems, durch das Gebäude gespült.

Für einzelne Zonen müssen oftmals individuelle Sequenzen programmiert werden, die auch Ausnahmeregelungen vorsehen, wie z.B. das Schließen der Fenster bei Regen, Feueralarm oder bei nächtlichen Aufhalten der Gebäudenutzer.

Die Vorteile eines mechanischen Systems liegen auf der Hand: Luftbewegungen innerhalb des Gebäudes können auch über weite Strecken kontrolliert werden. Im Vergleich zur rein natürlichen Lüftung ermöglicht die mechanische Nachtlüftung eine stabilere Temperatureinstellung. Die Probleme offener Fenster insbesondere in den unteren Stockwerken des Gebäudes, wie z.B. Lärm und Abgasbelastung sowie Sicherheitsbedenken, können durch geeignete Lufteinlässe vermieden werden.

Vor- und Nachteile von Nachtlüftungskonzepten

Vorteile der Nachtlüftungskonzepte liegen im Vergleich zu aktiven Kühlkonzepten mittels Kältemaschinen in den geringeren Kosten zur Bereitstellung der Kühlenergie, sowie in der Regel geringeren Investitions- und Wartungskosten. Es muss allerdings festgestellt werden, dass Einsparungen auf der gebäudetechnischen Seite oftmals durch Mehrkosten in der Gebäudesubstanz sowie sicherheitstechnischen Anforderungen ausgeglichen werden.

Ein weiterer psychologischer Effekt ergibt sich bei natürlich gekühlten Gebäuden – die Behaglichkeitsschwelle wird nach oben verschoben – d.h. höhere Raumtemperaturen werden in natürlich/passiv gekühlten Gebäuden aufgrund der direkten Kopplung mit der Umgebung eher als erträglich empfunden als in aktiv gekühlten Gebäuden.

Nachteile der natürlichen Kühlung durch Nachtlüftung können

- ggf. Sicherheitsprobleme,
- brandschutztechnische Aspekte sowie
- Lärm- und Abgasprobleme in den unteren Stockwerken darstellen.

Des Weiteren kann über natürliche/passive Kühlkonzepte die Einhaltung von festen Vorgaben bzgl. der Behaglichkeitsanforderungen (Raumlufttemperaturen, Feuchtigkeit) nicht in allen Fällen gewährleistet werden.

2.3.2 Luft-Erdwärmetauscher (L-EWT)

In den letzten Jahren wurde zunehmend das Erdreich als Energiespeicher zum Heizen von Gebäuden im Winter sowie zum Kühlen im Sommer genutzt. Dabei wird die durch die Temperaturverzögerung des Erdreiches gegenüber der Außenluft vorhandene Temperaturdifferenz ausgenutzt. Dieses Prinzip kann jedoch nur dort angewandt werden, wo die Temperaturdifferenz zwischen Sommer und Winter sowie Tag und Nacht ausreichend groß ist.

Aufbau eines L-EWT

Ein L-EWT besteht aus horizontal, in der Regel ab einer Tiefe von 1,50 m verlegten Rohren im Erdreich. Die Außenluft wird durch diese Rohre über eine Lüftungsanlage in das Gebäude geführt. Dabei wird die Luft beim Durchströmen der Rohre im Sommer gekühlt und im Winter aufgewärmt. Je tiefer die Rohre verlegt sind, umso höher ist die Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und der Zufuhrluft in das Gebäude.

Voraussetzung für den Betrieb eines L-EWT ist das Vorhandensein einer mechanischen Lüftungsanlage im Gebäude. Der relativ geringe Aufwand an elektrischer Energie für den Antriebsventilator macht den L-EWT zu einem wirtschaftlich günstigen und umweltfreundlichen System.

Anwendungsbereiche

Heiz- und Kühlenergiezufuhr:

Nichtwohngebäude wie z.B. Verwaltungs- und Bürogebäude sowie Produktionshallen. Der L-EWT dient hier als Ersatz von konventionellen Kühlaggregaten.

Kühlenergiezufuhr im Sommer:

Nichtwohngebäude mit einem Luftvolumenstrom ab 1.000 m³/h. Die Kühlung mit L-EWT unterteilt sich in Komfort-, Raum- und Ergänzungskühlung. Faktoren, wie eine obere Temperaturbegrenzung und Kühllast bestimmen diese Unterteilung.

Heizenergiezufuhr im Winter:

Niedrigenergie- und Passivhäuser mit einem Luftvolumenstrom unter 1.000 m³/h. Hier wird der L-EWT als Luftvorwärmer und Schutz vor Vereisung des Wärmetauschers im Lüftungsgerät eingesetzt.

Vorteile

- Niedrige Energiekosten durch Reduzierung oder Vermeidung von konventionellen Kühlanlagen
- Umweltschutz durch geringere Kohlendioxidemissionen
- Das Erdreich liefert nicht nur Kühle im Sommer, sondern auch Wärme im Winter
- Das Prinzip ist je nach Bedarf am Tag oder bei Nacht umsetzbar
- Hygienische Luftzufuhr in den Räumen durch die eingesetzten Filter in den Lüftungsanlagen

Nachteile

- Kosten durch das Verlegen der Rohre
- Erhöhter Platzbedarf zum Verlegen der Rohre
- Die Nutzleistung variiert je nach Bodenbeschaffenheit und Wettersituation wie Niederschlag oder Trockenheit sowie Hitze und Kälte. Ist eine genaue Leistungsanforderung notwendig, so müssen zusätzliche raumluftechnische Anlagen betrieben werden.
- Filteraustausch in regelmäßigen Zeitabständen notwendig

2.3.3 Erdwärmesonden und Energiepfähle

Erdwärmesonden und Energiepfähle nutzen das Erdreich als saisonaler Wärmespeicher. Bei beiden Systemen wird Wasser durch ein geschlossenes, im Untergrund verlegtes Leitungssystem gepumpt, welches je nach Saison Wärme an das Erdreich abgibt oder Wärme aufnimmt. Als „Energiepfähle“ werden Pfahlfundamente von Neubauten benutzt, die 20 bis 30 m in den Boden hineinreichen. Bei einer einzelnen Bodenplatte, oder bei bestehenden Gebäuden können hingegen Erdsonden eingesetzt werden, die neben dem Gebäude 70 bis 150 m tief gebohrt werden. Während bei den Luft-EWT praktisch nur die Frischluft gekühlt bzw. vorgeheizt werden kann, können an diese Systeme Kühldecken, Bauteilkühlung, Wärmepumpen oder auch direkt Geräte mit hoher Abwärmeleistung angeschlossen werden.

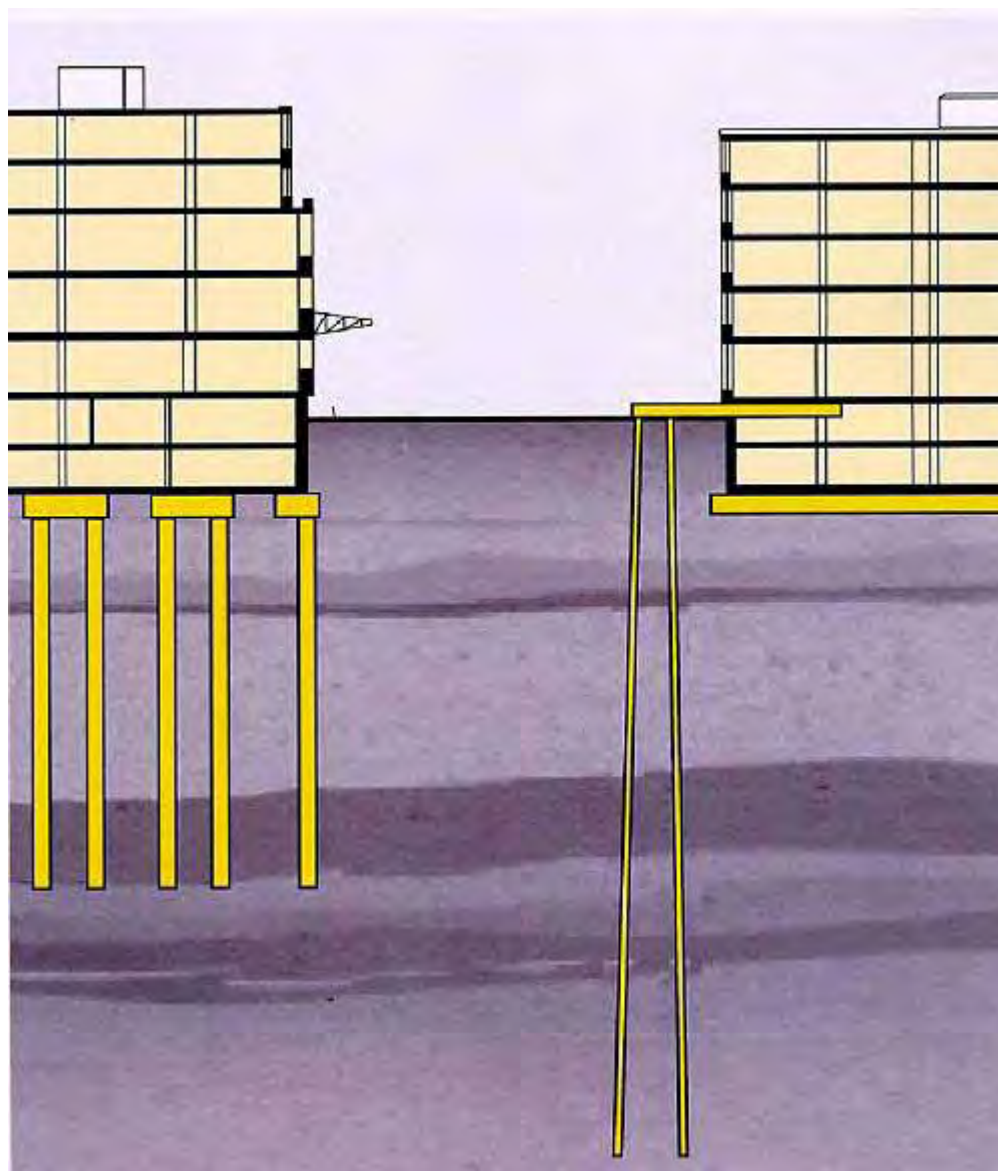


Abbildung 3: Energiepfähle (links) und Erdsonden (rechts)

Beide Systeme nutzen die Speicherefähigkeit des Bodens in großer Tiefe. Ab ca. 15 m Tiefe sind die saisonalen Schwankungen der Oberflächentemperatur nicht mehr messbar; die Temperaturen steigen dann mit der Tiefe konstant an. Steht die Kühlleistung im Vordergrund, wählt man deshalb Sonden mittlerer Länge (50-100 m). Steht die Heizleistung im Vordergrund, so sind längere Sonden (100-200 m) empfehlenswert (Zimmermann, 2003).

Bei der Planung von Erdsonden und Energiepfählen muss die geologische Beschaffenheit des Bodens abgeklärt werden. Die Wärmeleitfähigkeit der Gesteine, sowie das Vorhandensein, Fließgeschwindigkeit und -richtung von Grundwasser bestimmen neben der vom Gebäude benötigten Wärme- und Kältemengen die Anwendbarkeit und Dimensionierung der Systeme.

Als oberstes Gebot muss bei der Dimensionierung von Erdwärmesonden die progressive Erwärmung des Bodens vermieden werden. In Gesteinen mit geringer Wärmeleitfähigkeit und ohne Grundwasser kann dies nur erreicht werden, wenn dem Grund im Jahresverlauf gleich viel oder mehr Wärme entzogen wie darin eingespeichert wird. Fließendes Grundwasser wirkt sich positiv auf die Regeneration aus: Schon bei geringen Fließgeschwindigkeiten steigt die Toleranz des Systems, und ab einer Fließgeschwindigkeit von 0,5 m/Tag ist sogar die tägliche Regeneration gewährleistet.

Vorteile:

- Geeignet für hohe Kühllasten (bis 400 Wh pro m² und Tag)
- Geeignet für Bauteilkühlung und direkte Kühlung
- Kostengünstig
- Wartungsarm
- In Österreich weit verbreitet und erprobt

Nachteile:

- Die Anwendbarkeit hängt ab vom Untergrund: Bei der Planung ist deshalb immer eine geologische Untersuchung notwendig.

2.3.4 Offene Systeme mit Grund- oder Seewasser

In der Nähe von tiefen Seen oder an Orten mit einem hinreichend großem Grundwasservorkommen können auch offene Systeme zum Einsatz kommen. In diesen Systemen wird Grund- oder Seewasser entnommen, zur Kühlung oder zur Heizungsunterstützung verwendet und dann wieder dem natürlichen Reservoir zugeführt. Offene Systeme werden zur Kühlung von großen Gebäuden, Gebäudekomplexen verwendet. In Toronto speist die Trinkwasserversorgung aus dem Lake Ontario sogar ein Fernkältenetz, mit dem an die 100 Bürogebäude mit Kälte versorgt werden.

Für die **Grundwasserkühlung** sind zwei Bohrungen notwendig. Im Sommer wird dann Wasser mit einer Temperatur von ca. 2-12 °C aus dem sog. „kalten Brunnen“ ins Gebäude gepumpt, und dort über Wärmetauscher mit dem geschlossenen Kühlkreislauf des Gebäudes verbunden und dann über den „warmen Brunnen“ wieder dem Grundwasserreservoir zugeführt. Im Winter kann dieser Verlauf umgedreht werden, um entweder die Frischluft des Gebäudes vorzuwärmen oder eine günstige Wärmequelle für Wärmepumpen herzustellen. Bei stehendem Grundwasser kann man sogar teilweise von der über den Sommer zugeführten Wärme profitieren.

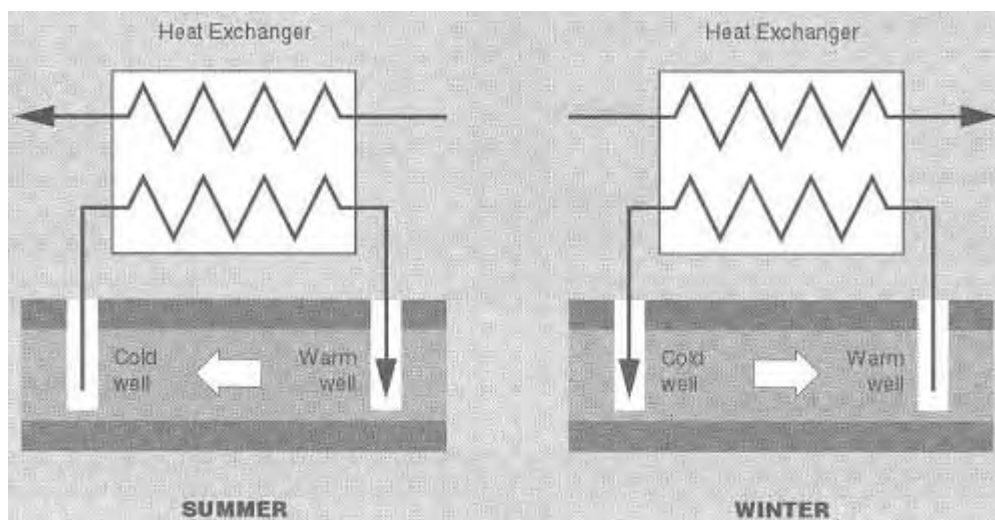


Abbildung 4: Grundwasserkühlung im Sommer und Heizungsunterstützung im Winter.

Seewasser wird in großer Tiefe entnommen, wo es unabhängig von der Jahreszeit eine Temperatur um 4-5 °C hat. Wie das Grundwasser wird es auch über Wärmetauscher zur direkten Kühlung der Bauteile oder der Luft verwendet und dann nahe der Wasseroberfläche wieder dem See zugeführt.

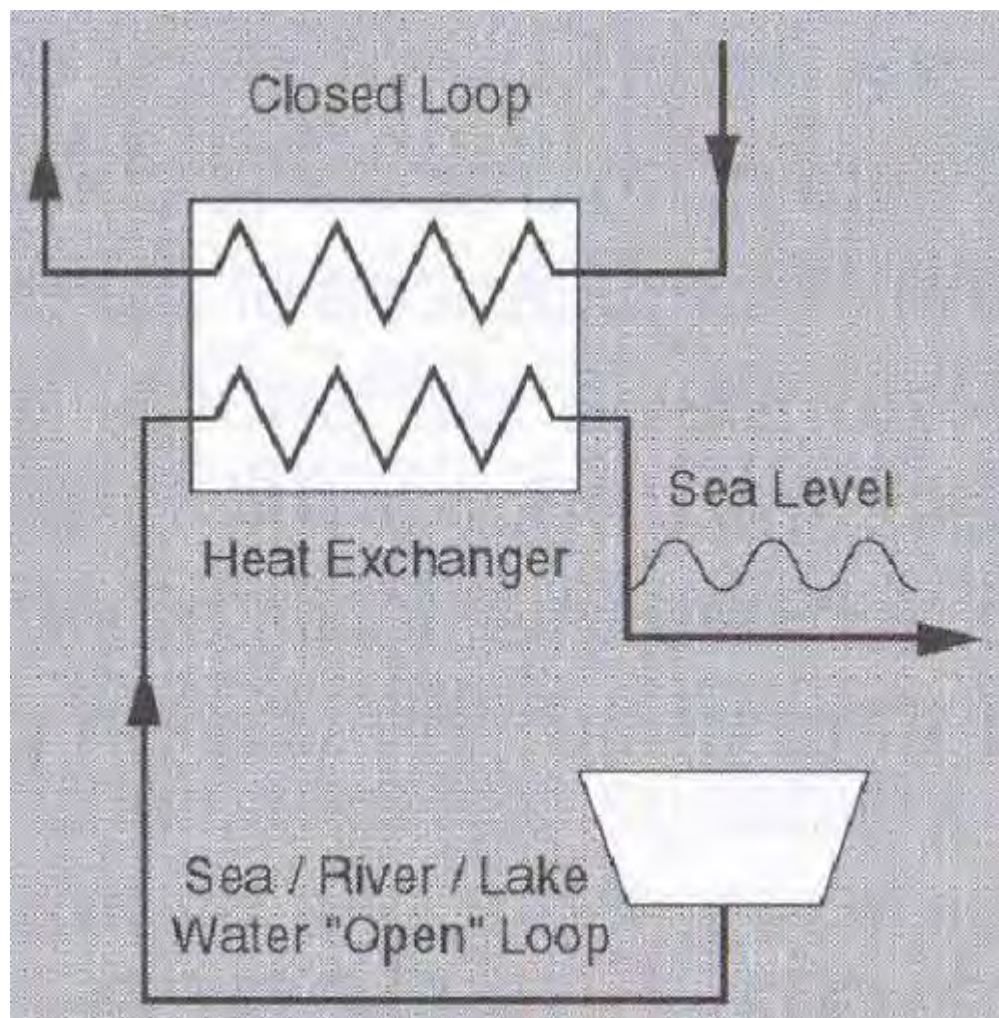


Abbildung 5: Funktionsweise der Seewasserkühlung

Neben der direkten Kühlung können beide Systeme verwendet werden, um die Kondensatoren von mechanischen Kältemaschinen rückzukühlen. Im Vergleich mit der konventionellen Luftkühlung können dadurch deutlich tiefere Temperaturen der Kondensatoren erzielt und damit der Wirkungsgrad der Kältemaschinen erheblich gesteigert werden. Daneben fällt der Energiebedarf für die Rückkühlung in Kühltürmen weg.

Vorteile:

- Geeignet für sehr große Wärmelasten: Heiz- und Kühlenergie bis zu mehreren GWh pro Jahr
- Hohe Energieeffizienz: COP-Werte (je nach Wassertemperatur und je nach dem, ob die Kälteverteilung im Gebäude mitgerechnet wird: 5 - 15).
- Sehr gut mit Bauteilkühlung, mechanischer Lüftung und auch mit konventionellen Kältemaschinen kombinierbar
- Kostengünstig

Nachteile:

- Technologie nur an entsprechenden Gewässern bzw. Grundwasserreservoirs anwendbar.
- Seewasser wirkt stark korrosiv: Die Rostfreiheit aller Komponenten ist besonders wichtig.

- Die Verwendung des Grundwassers setzt umfangreiche geologische Abklärungen voraus. Wie bei den geschlossenen Erdsonden muss auch hier die progressive Erwärmung des Grundwassers auf jeden Fall vermieden werden.

3 Weitere Information

Weiter gehende Information zu den einzelnen Technologien, Anwendungsbeispiele für Neubau und Sanierung, sowie eine Liste österreichischer Hersteller und Experten finden sich auf der Website des EU-Projektes KeepCool, unter: www.keepcool.info

Das klima:aktiv-Programm ecofacility bietet in Österreich geförderte Sanierungsberatungen von Dienstleistungsgebäuden an: www.ecofacility-klimaaktiv.at

Einzelne Themen wurden aus dem deutschen Online-Lexikon BauNetz Infoline Zukunftsfähige Bürogebäude entnommen, mit der freundlichen Zustimmung der Autoren. Diese Infoline ist eine Produktion der IZES GmbH in Saarbrücken, und wurde in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Energieagentur im Rahmen des Projektes KeepCool erstellt: <http://www.baunetz.de/infoline/buero/>

4 Zitierte Quellen

- Brown, G. Z. & DeKay, M. (2000). Sun, wind & light. Architectural design strategies. (2nd ed.) New York: Wiley.
- Givoni, B. (1991). Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems. Energy and Buildings, 17, 177-199
- Zimmermann, M. (2003). Handbuch der passiven Kühlung: Rationelle Energienutzung in Gebäuden. Stuttgart, Fraunhofer IRB