

2.3.4 Luftbrunnen, Thermolabyrinth

Als energetisch und ökologisch günstig erweist sich die Ansaugung über Ansaugbauwerke und Luftführung über Erdkanäle (Luftbrunnen) (Abb. 2.3-11) oder Kanäle im Außenbereich des Kellers oder im Keller (Thermolabyrinth) (Abb. 2.3-13).

Diese Lösung wurde schon Anfang des 20. Jahrhunderts angewendet, wie z. B. die Außenluftansaugung über einen langen Kanal entlang der Donau zur Belüftung des Parlamentsgebäudes, wobei im Winter noch zusätzlich Eis in dem Kanal eingelagert wurde.

Luftbrunnen mit Ansaugbauwerk

Die angesaugte Luft wird über einen im Erdreich verlegten Kanal geführt, der eine möglichst große Übertragungsfläche (Umfang) zum Erdreich haben sollte. Als zweckmäßiger Richtwert für die notwendige Kanaloberfläche ist von einem spezifischen Wert $A_{\text{Kanaloberfl.}} / q_V = 0,04 \text{ m}^2/\text{m}^3/\text{h}$ auszugehen [2-33]. Abbildung 2.3-8 zeigt den Zusammenhang zwischen spezifischer Kanaloberfläche, Luftgeschwindigkeit und erreichbarer Temperaturabsenkung [2-22]. Die Luftgeschwindigkeit im Kanal sollte zwischen 2 und 4 m/s liegen.

Da die Erdreichtemperatur, die sich ab 2... 3 m der Grundwassertemperatur ($\theta_{GW} = 8 \dots 10 \text{ }^\circ\text{C}$) hinreichend nähert, über das Jahr gesehen relativ konstant ist, kann das Erdreich als „Energiespeicher“ genutzt werden.

Unter sommerlichen Bedingungen ist eine Vorkühlung (s. a. Abbildung 2.3-9) und unter winterlichen Bedingungen eine Vorheizung der Außenluft möglich. Dadurch sind zu beachtende energetische Einsparungen möglich. Tabelle 2.3-4 gibt Orientierungswerte zur Dämpfung der Außenlufttemperatur d. h. Verringerung der Temperaturamplitude und mögliche energetische Leistungseinsparungen [2-34].

Diese günstige Gestaltung der Außenluftansaugung führt zu:

- energetischen Einsparungen,
- einer Verkleinerung der heizungstechnischen bzw. raumlufttechnischen Zentralen einschließlich notwendiger Rückkühlwerke und
- einer Verkleinerung der Kesselgröße bzw. des RLT-Kastengeräts.

Zu beachten ist: Im Kanal können Taupunktunterschreitungen auftreten. Deshalb ist er mit Gefälle (ca. 1 %) in Richtung Ansaugbauwerk zu verlegen und an das Entwässerungssystem anzuschließen, um neben der Entwässerung eine Reinigung des im Allgemeinen begehbar auszubildenden Kanals zu ermöglichen.

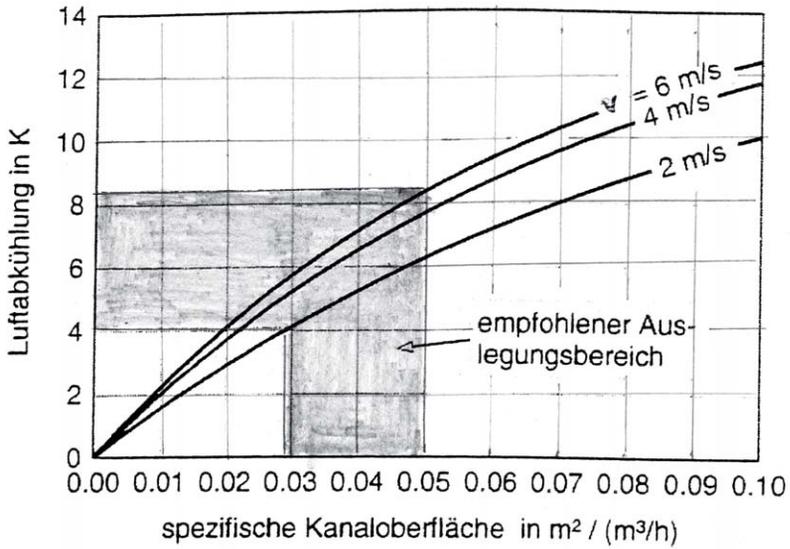


Abb. 2.3-8 Luftabkühlung bei maximaler Außenlufttemperatur in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen der Kanaloberfläche und dem Luftvolumenstrom für unterschiedliche Luftgeschwindigkeiten nach [2-33]

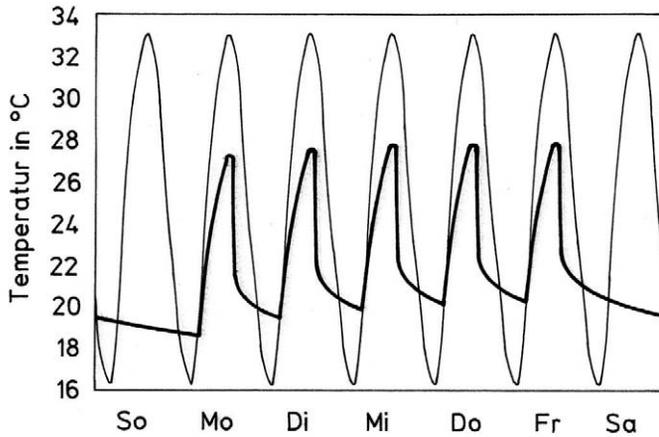


Abb. 2.3-9 Luftein- und -austrittstemperaturen in der zweiten Woche einer 14-tägigen Hitzeperiode nach [2-33]

Die Kanäle können gemauert, aus Betonfertigteilen oder Kunststoffrohre (z. B. Abbildung 2.3-10a bis 2.3-10d) sein.

Abb. 2.3-10

a Rohre mit Verbindungs- und Abdichtelementen



b Formstücke



c Rohre mit Überdeckung



d Senkrechtes Ansaugrohr



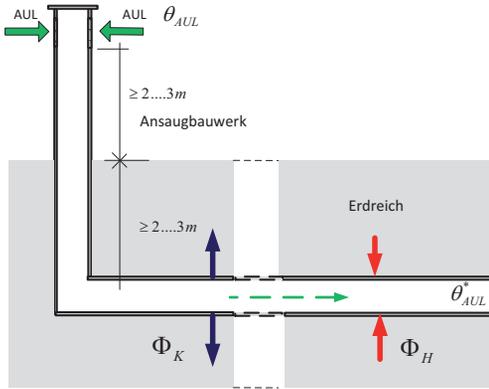


Abb. 2.3-11 Schematische Darstellung eines Luftbrunnens mit Wärmegewinn Φ_H im Winter und Wärmeverlust (Kältegewinn) im Sommer Φ_K

Tab. 2.3-4 Mögliche Effekte bei Anwendung von Luftbrunnen auf die angesaugte Außenlufttemperatur und die Einsparung von Aufbereitungsenergie

	Dämpfung	
	Mittelwert $\Delta \theta_{e,m}$	Amplitude $\Delta \theta_e$
	in °C	in K
Sommer	0,2 ... 2	1 ... 8
Winter	0,2 ... 1	2 ... 4
	Einsparung	
	MWh/Monat	%
	Kühlenergie	20 ... 60
Heizenergie	10 ... 25	10 ... 17

Luftbrunnen mit Schotterspeicher

Die angesaugte Luft kann auch über einen Schotterspeicher geführt werden und somit vorgekühlt oder vorgewärmt werden. Details für diese Lösung sind Kapitel 7.2 zu entnehmen.

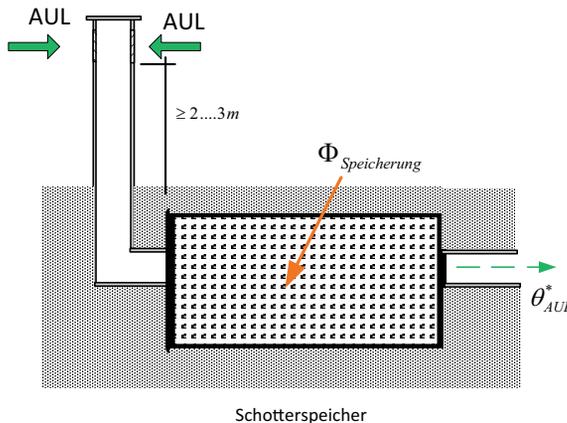


Abb. 2.3-12 Luftbrunnen mit Schotterspeicher

Thermolabyrinth

Der Außenluftkanal kann auch im Außenbereich oder im Innenbereich eines Kellergeschosses geführt werden. Hier wird neben der Ausnutzung des Temperaturgefälles zum Erdreich vor allem die Speicherwirkung der Betonkonstruktion ausgenutzt.

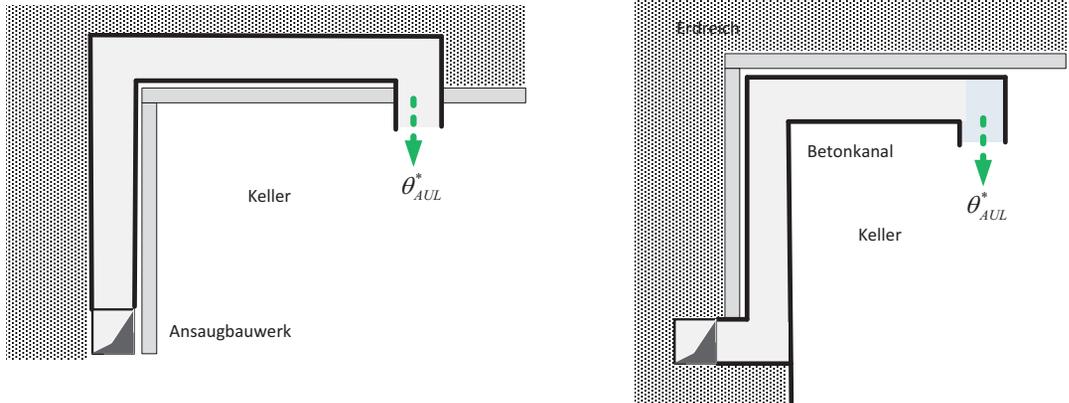


Abb. 2.3-13 schematische Darstellung eines Thermolabyrinths

2.3.5 Sonderform des Thermolabyrinths

Die Kühlrohre (Abb. 2.3-14) werden in der statisch neutralen Zone der Betondecke zwischen oberer und unterer Bewehrung verlegt (Abb. 2.3-15). Um ein Aufschwimmen zu vermeiden, werden die Rohre in ihrer Lage durch Abstandshalter fixiert (Abb. 2.3-16). Durch das anschließende Vergießen sind die Rohre im Beton eingebettet (Abb. 2.3-17).

Die Kühlrohre lassen sich in der Regel sowohl in Ortbeton als auch in Filigran- oder Fertigteildecken verlegen.

Die Kühlrohre (Abb. 2.3-13) bestehen aus gut wärmeleitendem Aluminium, wobei die Rohrinneenseite zur Verbesserung des inneren Wärmeübergangs bzw. der Übertragungsfläche (nahezu vervierfacht) berippt sind. Nach Angaben des Herstellers [2-35] können die Rohre im eingebauten Zustand entsprechend VDI 6022 [2-36] sowohl inspiziert als auch gereinigt bzw. desinfiziert werden. Die Kühlrohre werden in den Durchmesser 60 und 80 mm eingesetzt.

Die Decke kann je nach Dicke und Betonqualität eine effektive Speicherkapazität von $C_{\text{wirk}} = 165$ bis $200 \text{ Wh/m}^2\text{K}$ erreichen [2-37].

Ein wichtiger Vorteil des Systems ist die Energieeinsparung aufgrund der Nutzung des Kühlpotenzials der freien Kühlung mittels der Außenluft, die an über 6.000 Stunden mit einer Temperatur von weniger als $14 \text{ }^\circ\text{C}$ zur Verfügung steht.

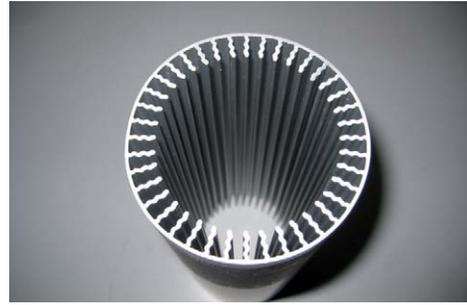


Abb. 2.3-14 Kühlrohr – Werkfoto: Fa. Kiefer

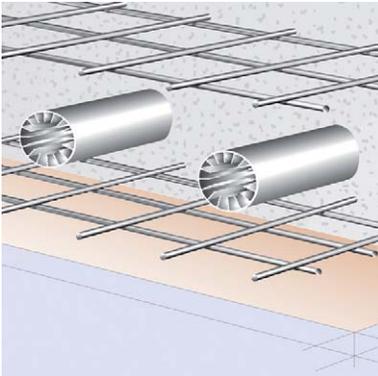


Abb. 2.3-15 (links) Werkzeichnung: Fa. Kiefer

Abb. 2.3-16 (rechts) Kühlrohre mit Abstandshalter (Werkfoto: Fa. Kiefer)



Abb. 2.3-17

Vergießen der Decke (Werkfoto: Fa. Kiefer)

Die in üblicherweise aufbereitete Außenluft (vortemperiert, gefiltert), die in einer Größenordnung von $4,5$ bis $7,2 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ liegen soll, strömt über die entsprechend verlegten Rohre in der Decke (Abbildungen 2.3-3 und 2.3-16) zu dem entsprechenden Luftdurchlass (Abbildung 2.3-18).

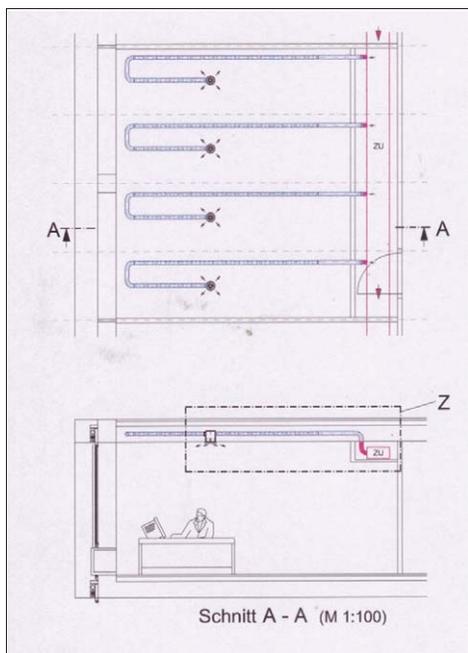


Abb. 2.3-18
 Prinzipschema: Kühlrohr in Kombination
 mit Deckendralldurchlass – Anschluss
 im Deckenkoffer (nach Werkzeichnung
 Fa. Kiefer)

Die realisierte Länge durch die U-förmige Verlegung und die Gestaltung der Rohrinnenseite ermöglicht eine große Übertragungsfläche. Dadurch können sich relativ hohe Übertragungsgrade (Rückwärmzahlen) ergeben, wie aus Abbildung 2.3-19 ersichtlich. Zusammen mit der WRG eines Kastengerätes kann das Gesamtsystem mit der Betonkernaktivierung mit Luft einen Wärmeübertragungsgrad von über 95 % erreichen.

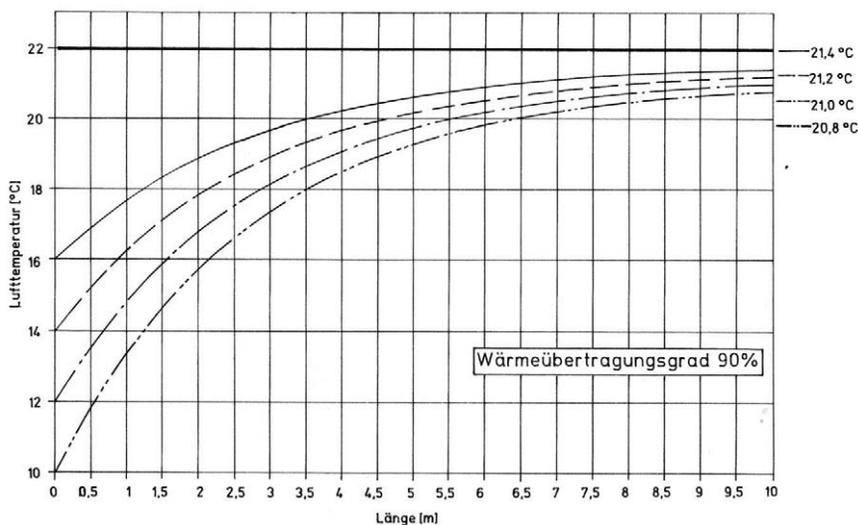


Abb. 2.3-19 Lufterwärmung im Kühlrohr – Temperaturstabilität nach [2-37]