

Beheizung von Kirchen

Architekt Bernd Ehrhardt, Master of Engineering, Dipl.-Ing.(FH), Dipl.-Wirtsch.-Ing(.FH)

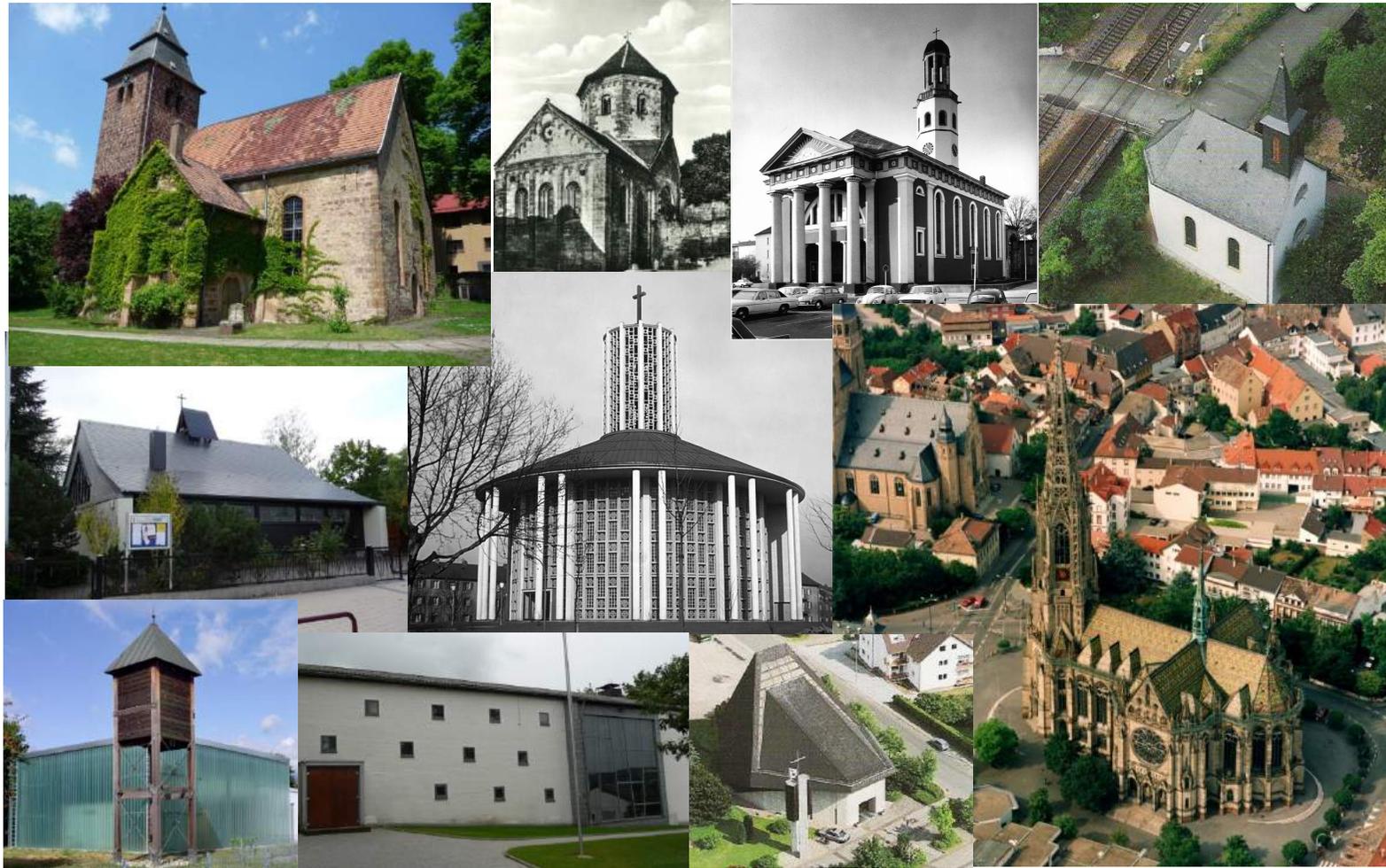
Sonderfall Kirche

Die meisten Kirchen wurden ohne Heizsystem errichtet.

Es soll nicht das Gebäude beheizt werden, sondern der Kirchenbesucher soll nicht frieren.

Sonderfall Kirche

Keine Kirche ist gleich



Sonderfall Kirche

Die Kirchen unterscheiden sich in:

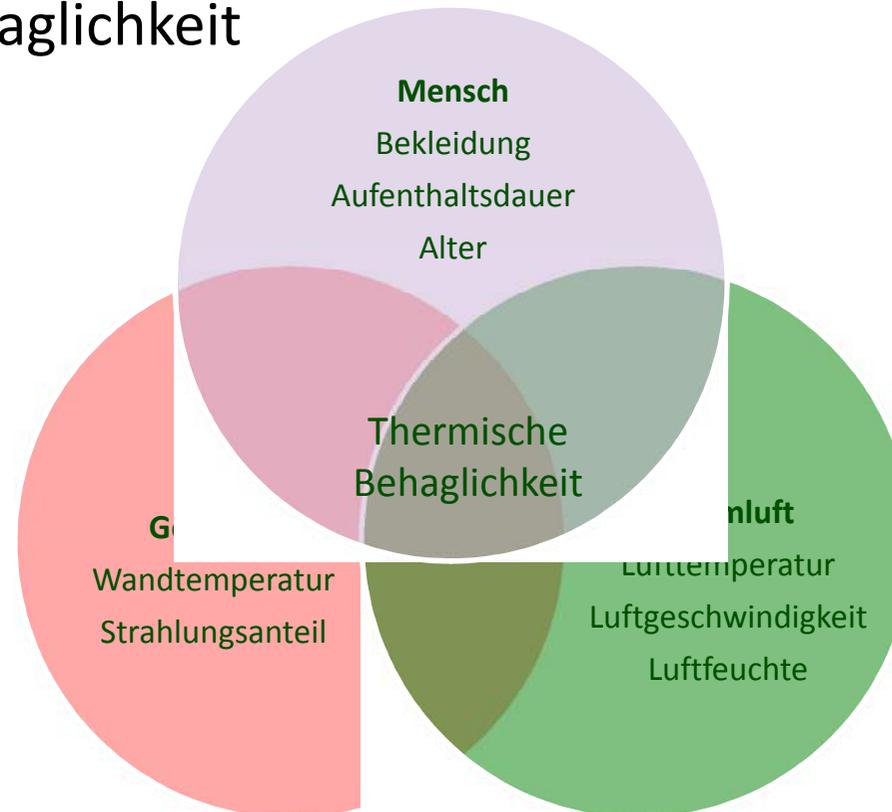
- Baujahr
- Baumaterialien
- Gründung
- Fußböden
- Wände, Fenster
- Art der Verglasung
- Deckenkonstruktion
- Raumhöhe
- Raumgeometrie
- Verschattung
- Art und Aufstellungsort von Einbauten (Altar, Orgel, Gestühl usw.)
- Art und Ort von Malereien sowie Fresken

- Eventuell bereits vorhandene Schadensmerkmale

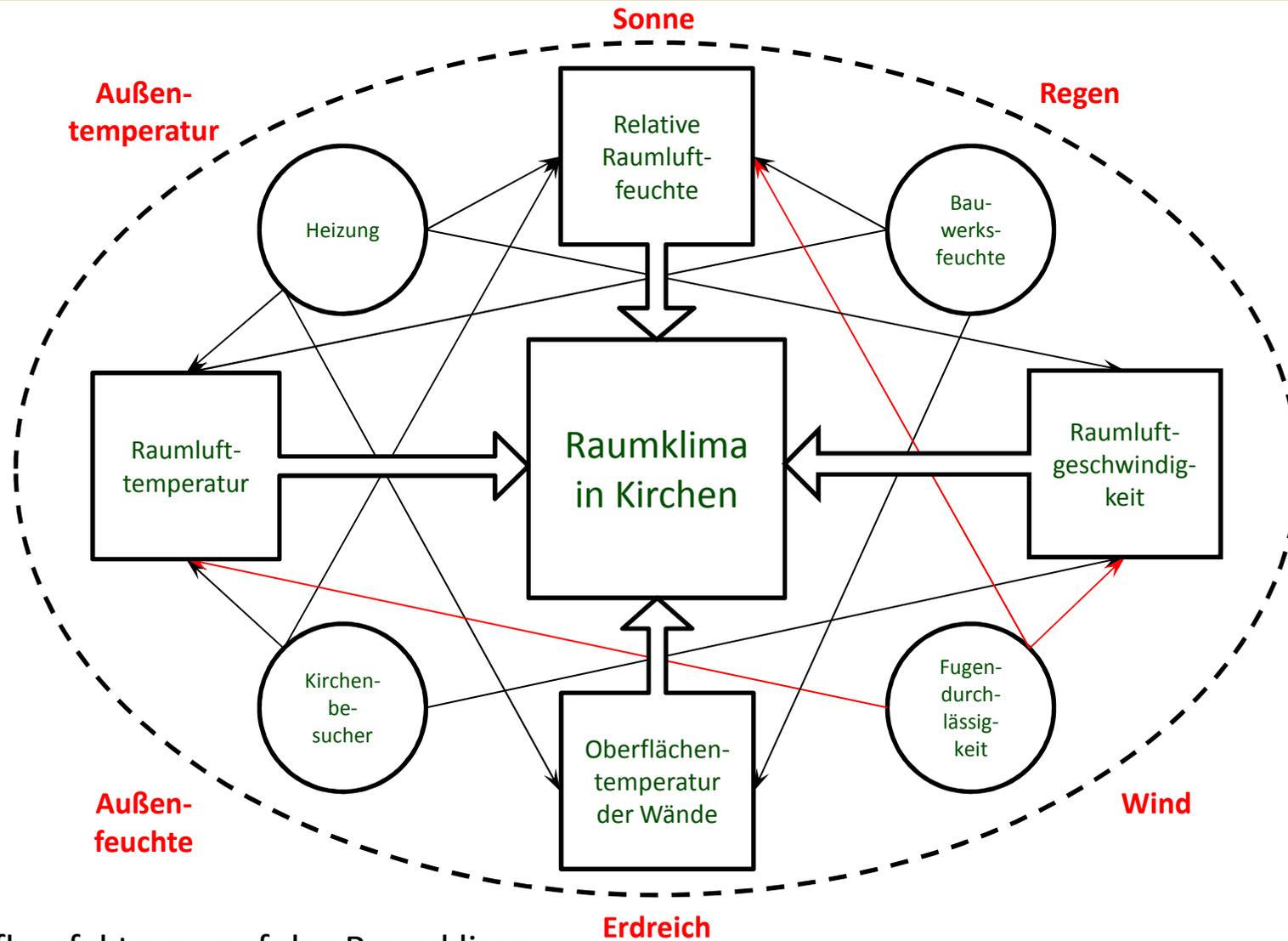
Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

1. Bedürfnisse der Kirchennutzer
2. Anforderungen an die Raumgestaltung
3. Erhalt der Bausubstanz

Faktoren der Behaglichkeit



Raumklima in Kirchen



Einflussfaktoren auf das Raumklima

Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Bei Erreichen von 12°C im Bereich der Kirchenbesucher muss das 10 – 50-fache Luftvolumen beheizt werden.

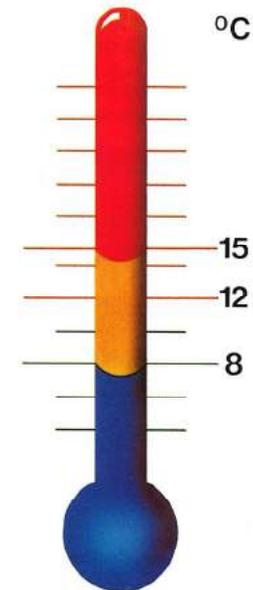
Problem:

- Vertikale Temperaturschichtung bis 25°C unter der Decke, Kuppel
- Verlust des Jahrhundert alten bauphysikalischen Gleichgewichts

Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Rahmenbedingungen bei ständiger Beheizung:

- Grundtemperatur ca. 8°C
- Gottesdiensttemperatur ca. 12 - 15°C
- Veranstaltungstemperatur 18-20°C, je nach Dauer
- Aufheizgeschwindigkeit 0,5 bis 1,5 Kelvin pro Stunde !
- Relative Feuchte min. 45 %, max. 75 %



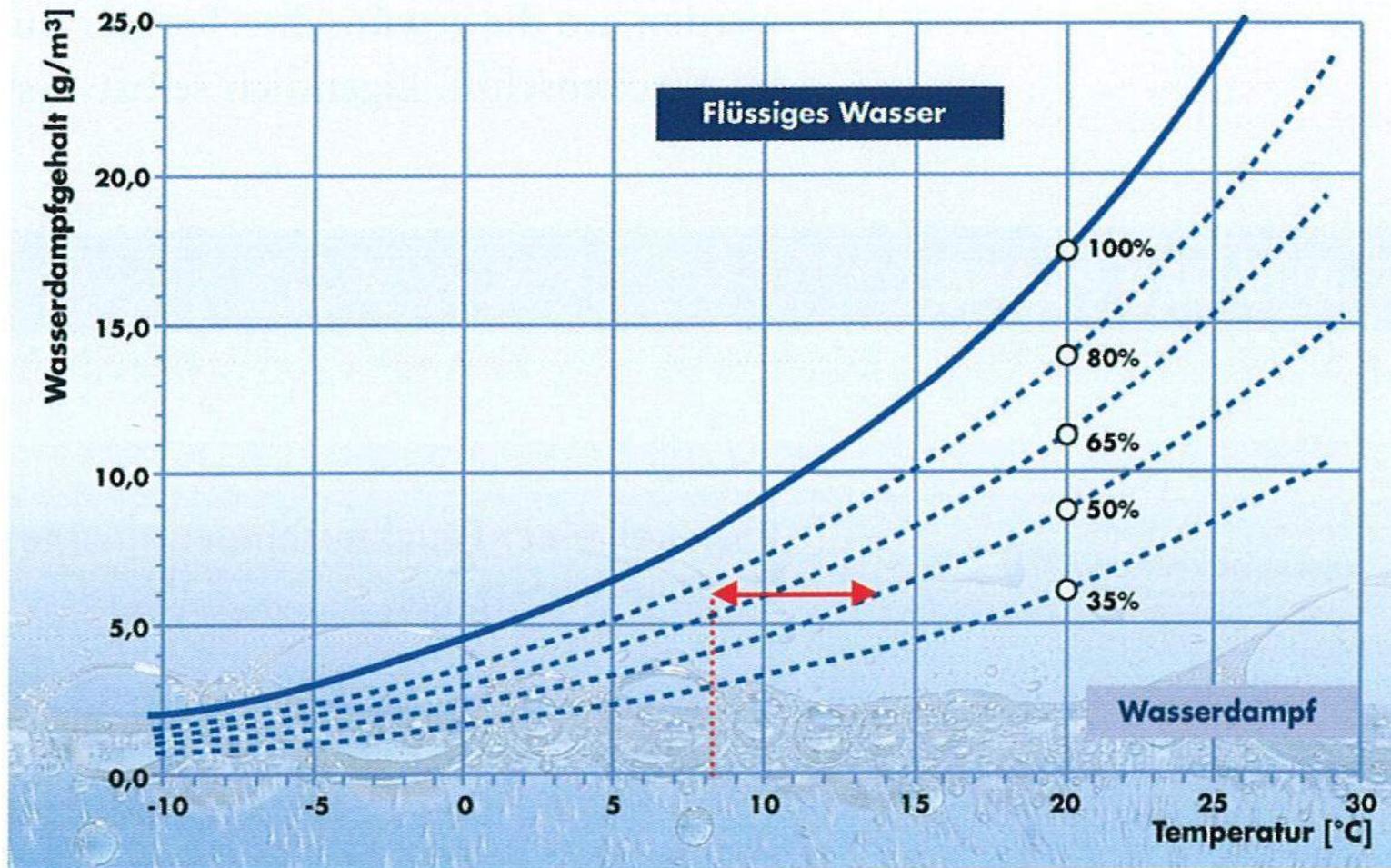
Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Dieses Verfahren hat zwei positive Effekte

1. Durch die Grundtemperatur von 8°C erhöht sich die Oberflächentemperatur an der Innenseite der Außenwand
 - Somit Reduzierung der Temperaturdifferenz zwischen Wand und Lufttemperatur
 - Verringerung der Kondensationsgefahr
 - Angenehmerer Aufenthalt im Kirchenraum
2. Geringe Temperaturdifferenz von 5°C zwischen Grundtemperatur und Gottesdiensttemperatur
 - Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit nur innerhalb der empfohlenen Schwankungsbreite von 50-70 Prozent

Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Wasserdampfgehalt im Verhältnis zur Temperatur



Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Achtung !

Die Festlegung der optimalen Raumluftfeuchte für Kirchen mit 50 % bis 70 % relativer Feuchte ist kein alleingültiger Wert sonder eine Orientierungshilfe. Wichtiger für den Erhalt der Kirchengestaltung, ist das Beibehalten des für die Kirche charakteristischen Raumklimas, deren geringe und vor allem langsame jahreszeitliche Schwankungen, welche das Feuchtigkeitsgleichgewicht der Holzteile und bemalten Putzschichten nur wenig belastet.

Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Klassische Kirchen und deren Ausstattung bestehen aus natürlichen Baustoffen

- Orgeln bestehen aus Holz und Leder
 - Bilder sind auf Putze und Holztafeln gemalt
-
- Ihnen geht es gut wenn konstante Luftverhältnisse herrschen
 - Durch Änderungen des Raumklimas (Temperatur und Feuchte) ergibt sich eine Volumenänderung der Werkstoffe
Je Werkstoff unterschiedliche Volumenänderung nach Faserrichtung und Material (Holz, Putz, Farbe etc.)

Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

In Kombination zweier Werkstoffe kommt es zu Spannungen zwischen den Materialien

- Es entstehen Risse
- Es kommt zu Materialablösungen (abbröckelnde Farbe)

Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

- Bei Orgeln werden diese Spannungen als sogenannte »Heuler« hörbar, das sind hängende Tasten oder undichte Lederdichtungen auf den Ventilen, die auf Passung gearbeitet sind, aber durch die Volumenänderung nun verklemmen.

Im Normalfall bilden sich diese Störungen bei Normalisierung der Luftfeuchtwerte wieder zurück.

Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Veränderung des Mikroklimas bei Einbau eines neuen Heizungssystems (Ständige Beheizung)

- Eine Systemänderung beeinflusst das Raumklima entscheidend.
- In Kirchenräumen wird unter Umständen die Raumluftfeuchtigkeit um 20 % bis 30 % gesenkt.

Wärmebedarf und Klimatisierung

Wahl und Auslegung des Heizungssystems bestimmen Wirkung und Kosten der Kirchenheizung.

Wir unterscheiden in stationärer und instationärer Beheizung

Wärmebedarf und Klimatisierung

- Der stationäre Fall setzt eine kontinuierliche Beheizung voraus, eine Heizungsart also, die für die meisten Kirchen zwar erwünscht ist, aber bei Einhaltung der maximale Temperatur jedoch zu teuer wird.
- Im instationären Fall wird der Raum stoßweise nach Bedarf beheizt.
 - Dies widerspricht einmal den Grundsätzen des Behaglichkeitsempfindens, nach denen die Temperatur der Raumluft und der raumumschließenden Flächen sich möglichst stark nähern sollen; zum andern wechseln die Luftzustände ständig und belasten dadurch die Innenausstattung.
 - Das Kosten-Nutzen-Verhältnis bleibt hier äußerst ungünstig (Erwärmung massiver Baukörper)

Wärmebedarf und Klimatisierung

Anzustreben wäre bauphysikalisch eine Mischung der beiden genannten Fällen

- Mit stationärer Heizungsart die Grundtemperatur halten
- Mit einer Zusatzheizung die erwünschte Temperatur zu den Nutzungszeiten bringen.

Vorteil:

durch die kontinuierliche Grundheizung wird sehr langsam ein neues Feuchtegleichgewicht der Ausstattungsteile erreicht und damit werden die Belastungsspitzen bei Stoßbetrieb vergleichsweise geringer

Kirchenheizsysteme

Physikalisch drei Möglichkeiten der Wärmeübertragung:

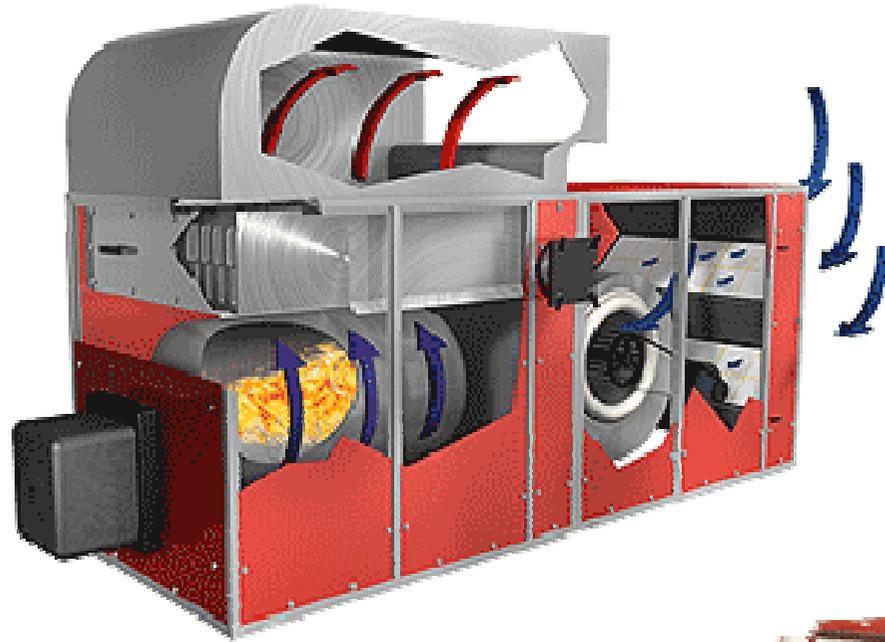
- Wärmestrahlung
Strahlung erwärmt nur die bestrahlten Körper
Beispiele: Sonne, Glühlampe, Heizstrahler
- Wärmeleitung
Beispiele: Topf auf der Herdplatte, Bügeleisen
- Wärmekonvektion
Konvektive Erwärmung durch Luftbewegung
Beispiele: Zentralheizung, Heizlüfter, Haarfön

Kirchenheizsysteme

Technisch werden folgende Heizsysteme unterschieden:

- Warmluftheizung
 - Zentrale Warmluftheizung
 - Dezentrale Warmluftheizung
- Infrarotheizung
 - IR-Beheizung durch Gasverbrennung
 - IR-Beheizung durch elektr. Heiz- und Halogenstrahler
- Konvektoren/Radiatoren als Raumheizung, Einzelheizgeräte
- Fußbodenheizung
- Kirchenbankheizung

Warmwasser/Warmluftheizung



Direktbefeuerter Lufterhitzer

Lufterhitzer mit WW-
Heizregister



Warmluftheizung

Funktionsweise:

Die Anlage wird, je nach Außentemperatur mit Außenluft und/oder Umluft betrieben. Die angesaugte Luft wird an der Brennkammer bzw. durch das Heizregister erwärmt und strömt durch (Boden)kanäle zu den Ausströmgittern. Über ein oder mehrere Abluftgitter und Kanäle strömt die entwärmte Luft zum Luftheritzer zurück.

Nachteile:

- Hoher Aufwand für die Luftfilterung
- Kanäle müssen sauber gehalten werden
- Keine oder schlechte Wärmedämmung der Luftkanäle = Hohe Verluste
- Teilbeheizung der Kirche praktisch nicht möglich



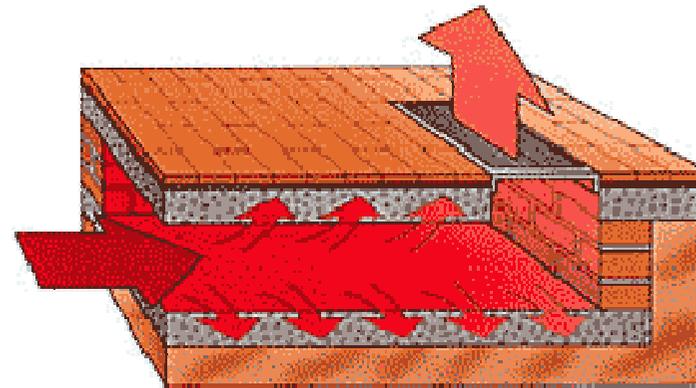
Warmluftheizung



Der Luftkanal lebt !?!

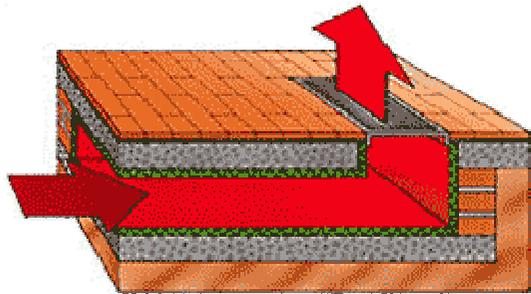
Luftfilter mindestens
1 x monatlich reinigen

Wärmeverluste durch
fehlende Dämmung!

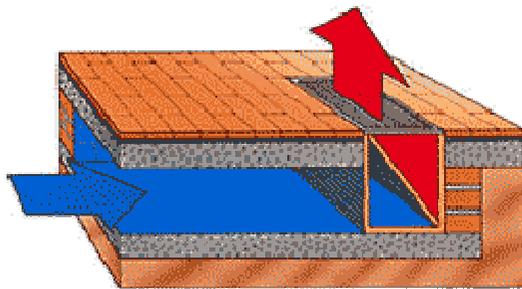


Warmluftheizung

Mögliche Sanierung:



Kanäle reinigen und auf der Innenseite mit geeignetem Material entsprechend dämmen.



Warmwasser- Heizregister unmittelbar vor der Ausblaseöffnung einbauen Es strömt nur noch kalte Luft durch den Kanal.

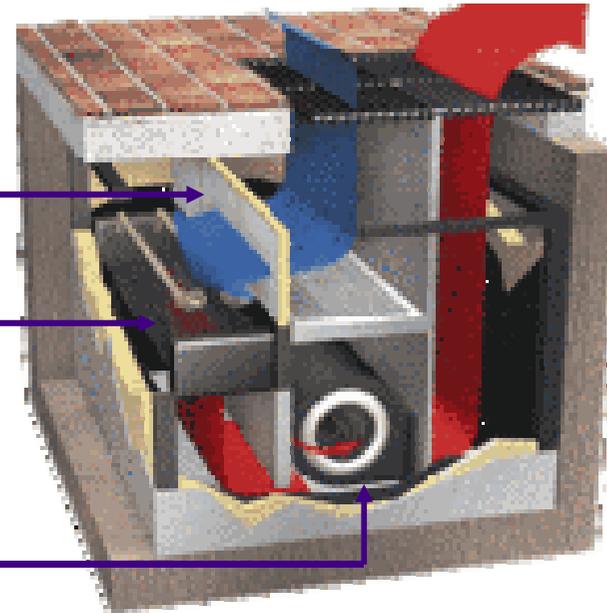
Unterflut-Wärmestationen

Die bessere Lösung, dezentrale Warmluftheizung:

Filterelement

Heizregister

Radialventilator



Funktionsweise:

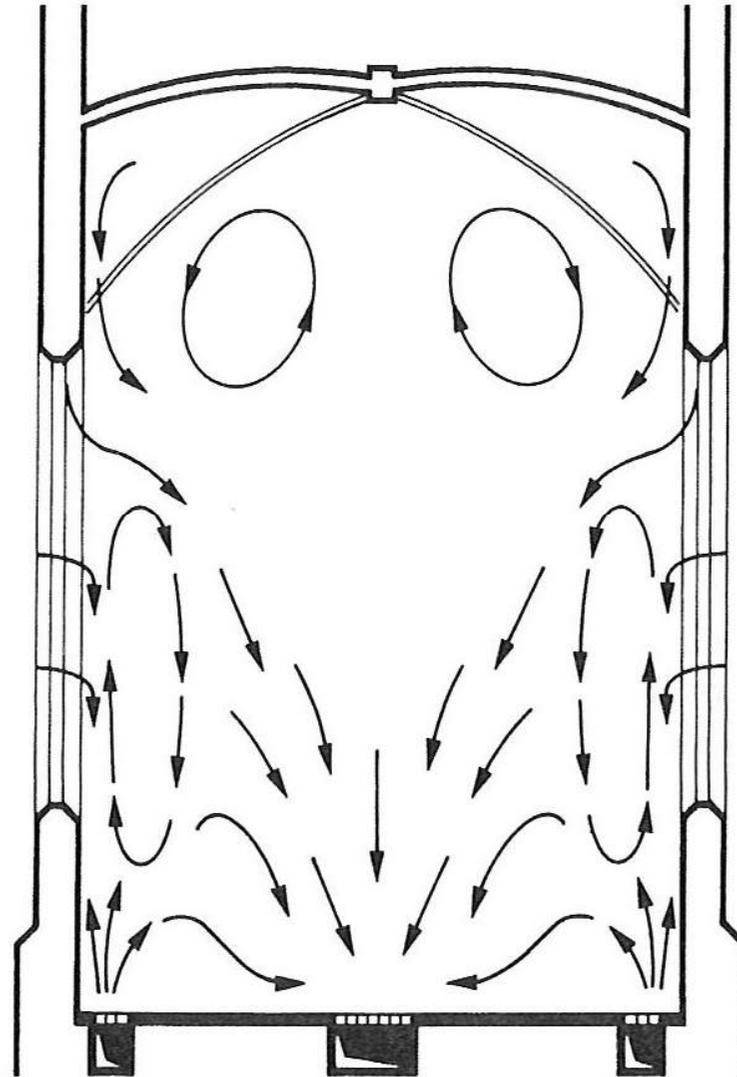
Ein geräuscharmer Radialventilator saugt über ein Filterelement die kalte Luft an, führt sie über ein an die Warmwasserheizung angeschlossenes Heizregister und bläst die warme Luft in den Raum ein.

Jeder im Boden eingebaute Gebläsekonvektor kann separat angesteuert werden, die Ventilatordrehzahl wird Last- und Bedarfs abhängig gesteuert.

Warmluftheizung

System der Luftbewegung bei einer Warmluftheizung:

- Die Warmluft kann entweder als Bodenheizung geführt oder, wie es korrekt unter „Warmluftheizung“ verstanden wird, durch Ausblasöffnungen der Kirche zugeleitet werden; eine Kombination ist möglich.
- Max. Luftgeschwindigkeit am Auslass von 2 m/s

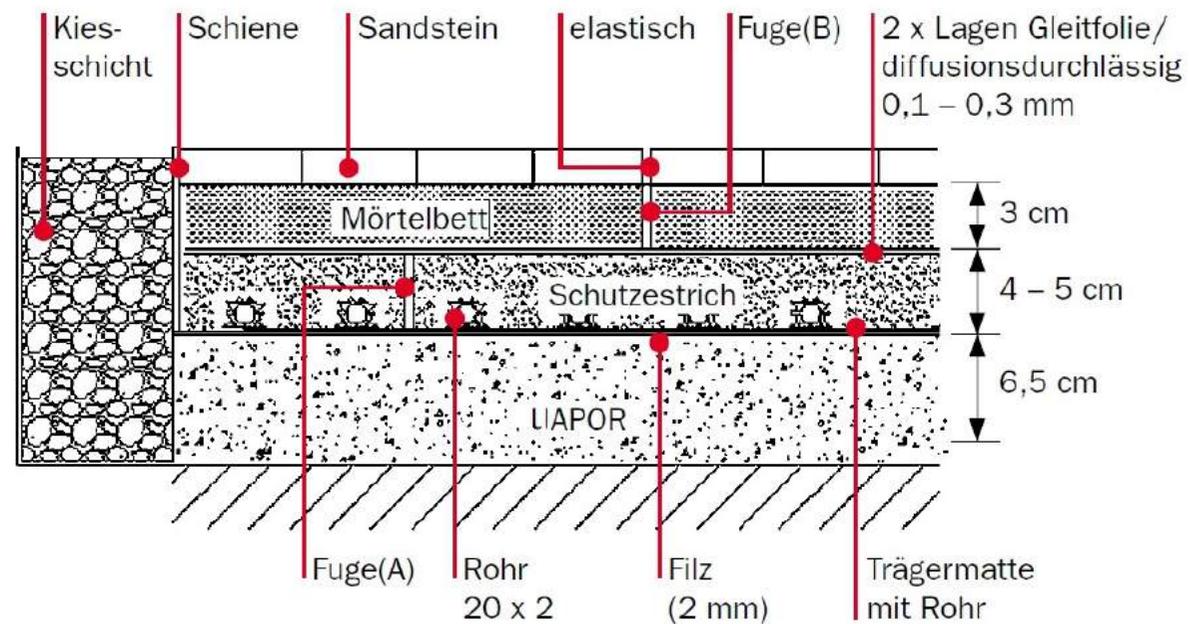
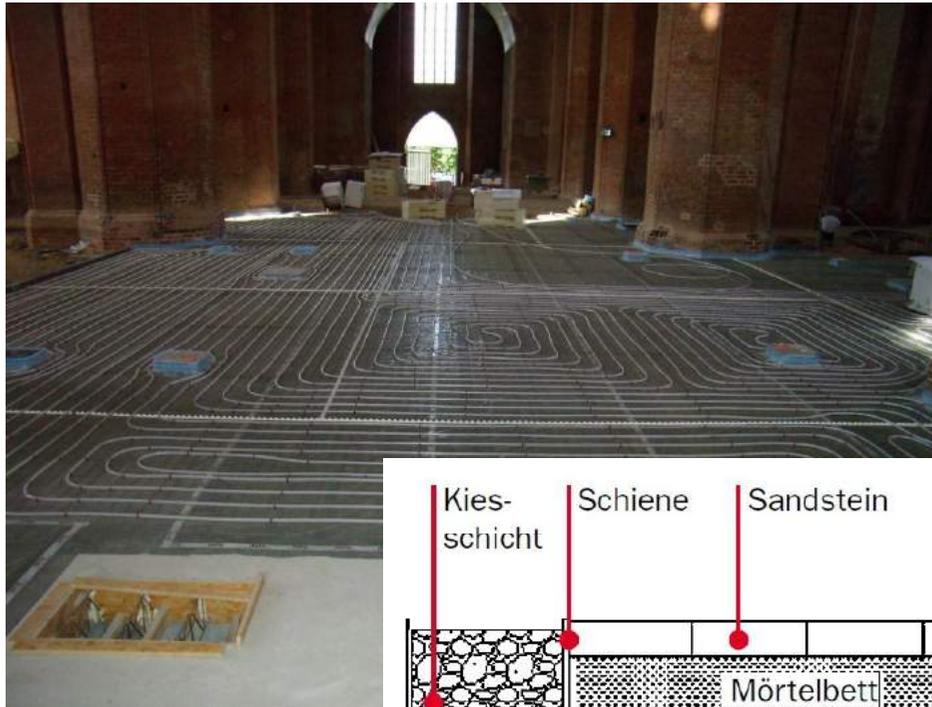


Luftstrom

Kaltluftabfall am Verlauf des Strömungsfadens zu erkennen



Fußbodenheizung



Fußbodenheizung

Vorteil:

- langsame Temperaturveränderung
- hoher Strahlungsanteil
- homogene Temperaturschichtung im Raum
- Luftverwirbelungen im Kirchenschiff reduziert

Nachteil:

- Hoher bauliche Aufwand
- Fußbodenerneuerung im bei historischen Böden
- Verhältnis Grundfläche zur Raumhöhe ungenügend

Wir unterscheiden drei Arten der Fußbodenbeheizung

Fußbodenheizung

Warmwasser-Fußbodenheizungen

- entspricht der Technik aus dem Wohnungsbau.
- Einsatz eines Brennwertkessels oder einer Erdreich-Wärmepumpe
- Temperaturniveau des Heizwassers ist niedrig

Fußbodenheizung

Elektro-Fußbodenheizung

- sind mit besonderer Vorsicht zu behandeln
- Strombezug erheblich teurer
- Werden in der Nacht mit sehr großen Heizleistungen vorgeheizt
- Schädigungen der Einbauten sind schnell die Folge

Fußbodenheizung

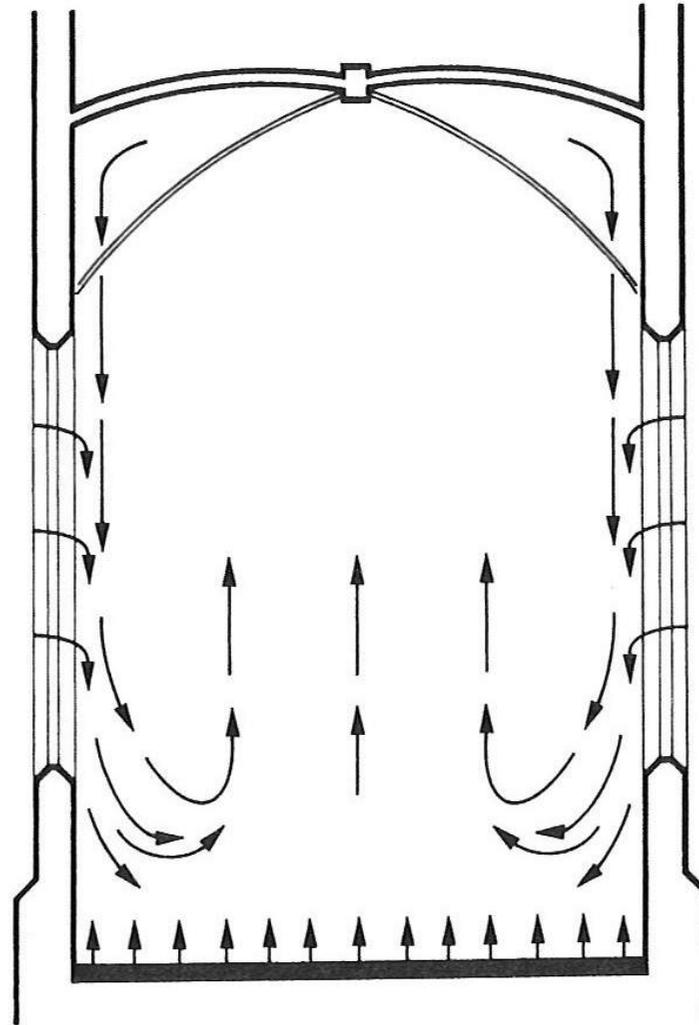
Warmluft-Fußbodenheizung

- warme Luft strömt unter den Fußbodenplatten entlang und erwärmt sie so von unten
- Röhren sind nur selten zugänglich und daher nur sehr schwer zu reinigen
- Filter müssen regelmäßig gereinigt werden.

Fußbodenheizung

System der Luftbewegung bei einer Fußbodenheizung:

- ungünstigen Verhältnisses Kirchenvolumen zu nutzbarer Bodenfläche
- zusätzliche Heizsysteme notwendig
- Eine Sonderstellung nimmt die Fußbodenwärmeluftheizung ein, wenn die Luft im offenen System nach Durchspülen des Fußbodens noch durch Luftauslässe an den Raum abgegeben werden kann.



Konvektionsheizung

Konvektoren-, Radiatoren, elektr. Einzelspeicheröfen,
Gaseinzelöfen

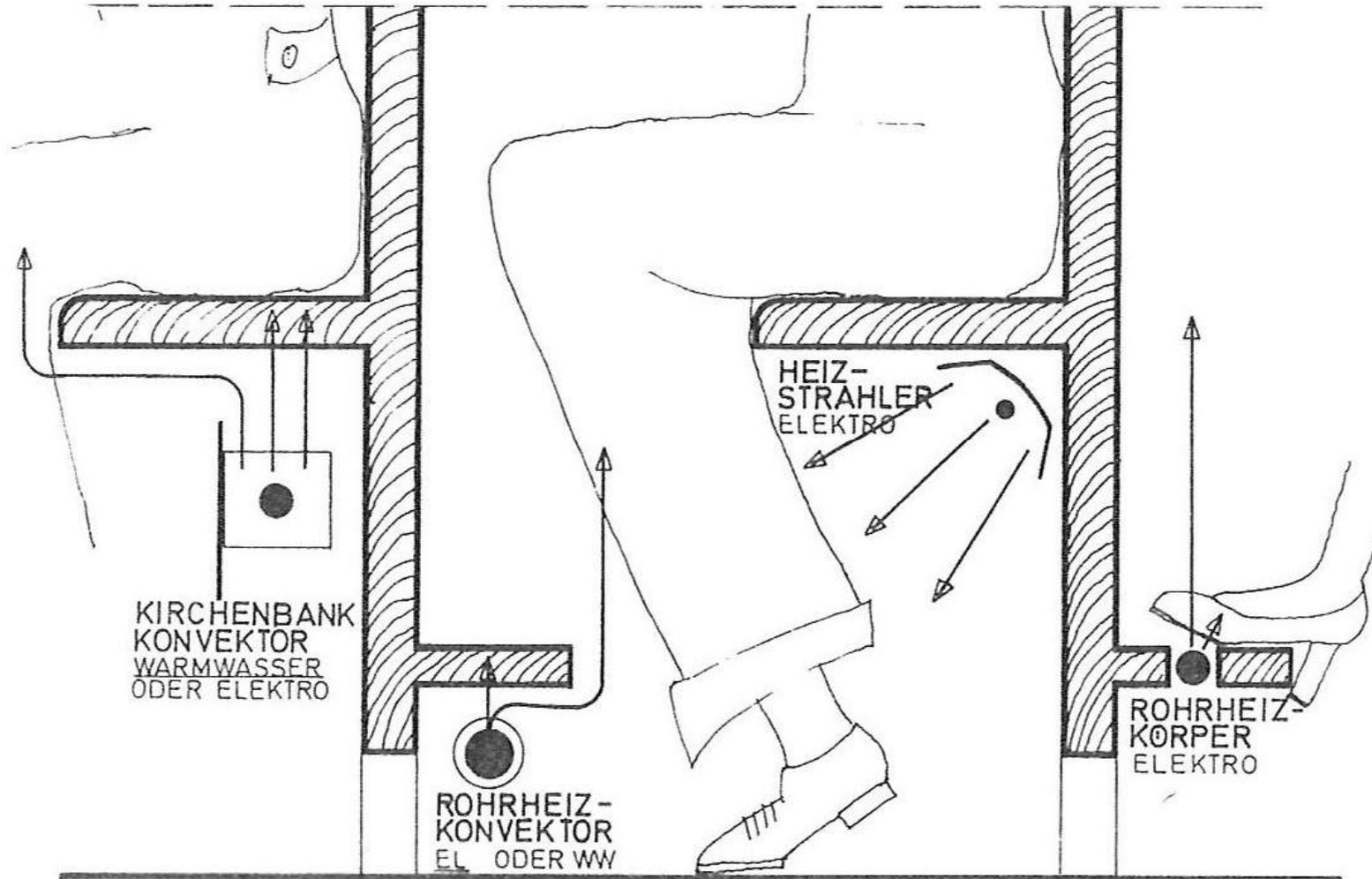
- Leitungsführung problemlos
- formale Schwierigkeiten
- hohe Oberflächentemperatur führt schon in Kürze zu starken Schmutzfahnen

Konvektionsheizung

Deckenheizsysteme u. Heizkörper



Kirchenbankheizung

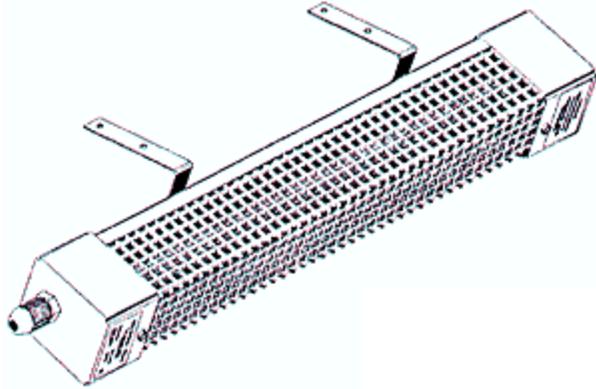


Kirchenbankheizung

- Diese Heizungsart dient sinnvollerweise ausschließlich zur Erwärmung während des Gottesdienstes
- die Belastung des Raumklimas ist sehr gering.
- Als Wärmeträger können Warmwasser oder auch ölgefüllte Elektrokonvektoren oder ähnliches verwendet werden.



Kirchenbankheizung



Heizstrahler erwärmen in der Regel Fuß und Bein des Kirchenbesuchers und einen Teil des Fußbodens und Gestühls, wovon dann Wärme konvektiv aufsteigt.

Bankheizungen, vor allem elektrisch betriebene Heizstrahler eignen sich insbesondere für kleine, selten benutzte Kirchen.

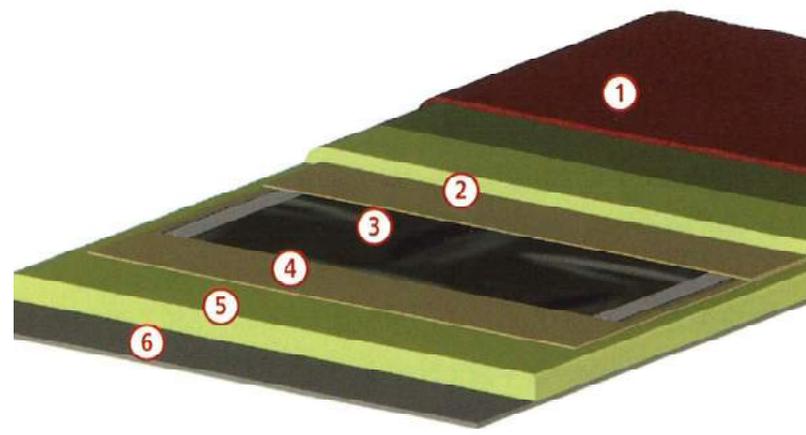


Kirchenbankheizung

Sitzkissenheizung

Vorteil

Es wird nicht die Raumluft, sondern die Personen beheizt. Dadurch vermeidet man unangenehme Luftschichtungen sowie Staubaufwirbelungen und Kondensation.

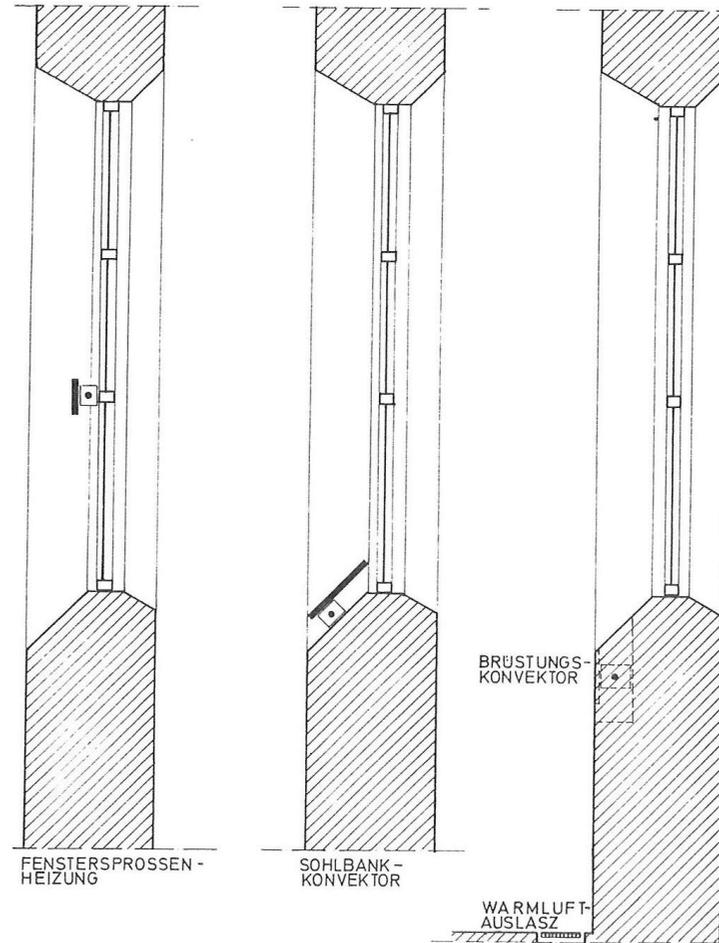


Nachteil

Wird teilweise als unangenehm empfunden

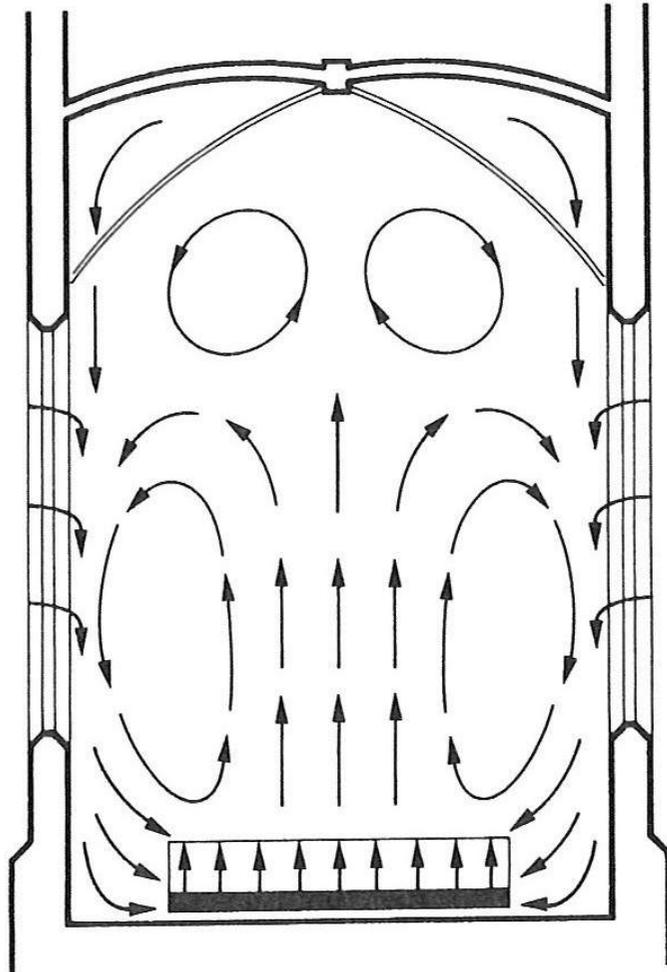


Zusatzheizflächen

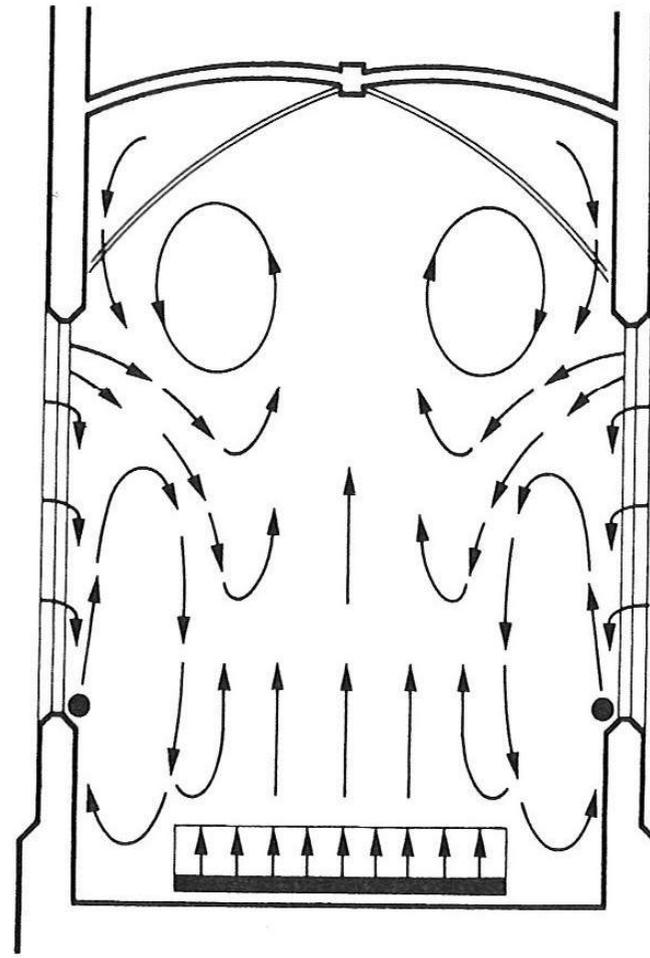


Kirchenbankheizung mit und ohne Zusatzheizung

Luftbewegung ohne Zusatzheizung



Luftbewegung mit Zusatzheizung



Luftführung bei Orgeln und Emporen

Wärmestaus
Zuglufterscheinung



Infrarotheizung

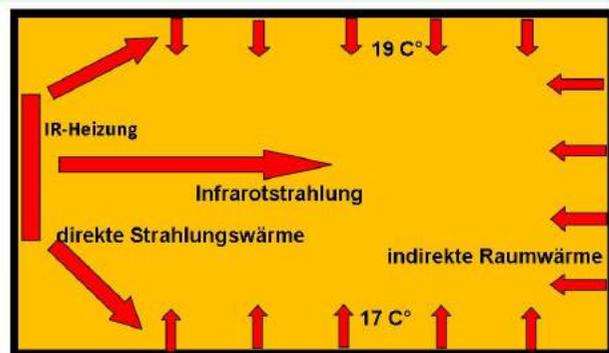
Eigenschaften

Prinzip der Wärmestrahlung

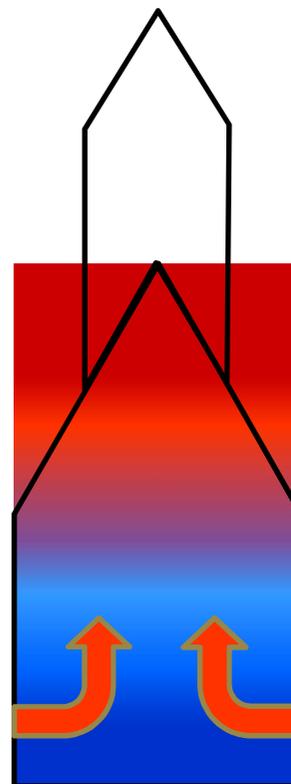
sehr geringe Lufterwärmung und Bewegung

Infrarotstrahlen erwärmen nicht die Luft sondern den Menschen, die Einbauten und die Wände.

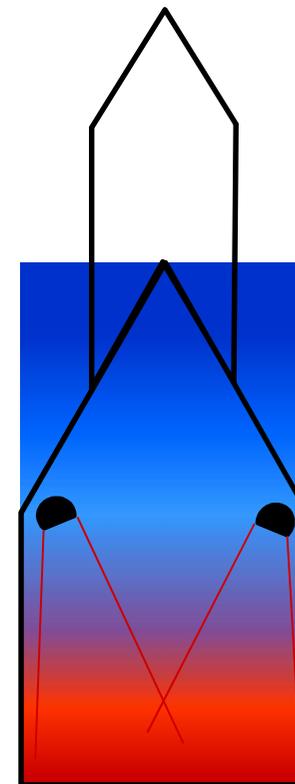
die erwärmten Körper geben die Wärme wieder an die Umgebung ab



Warmluftheizung



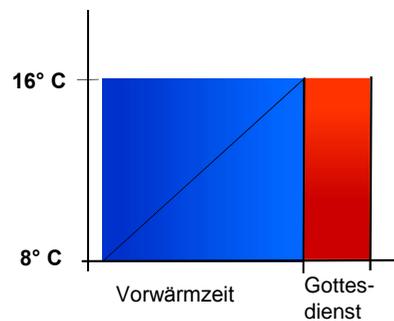
Infrarotheizung



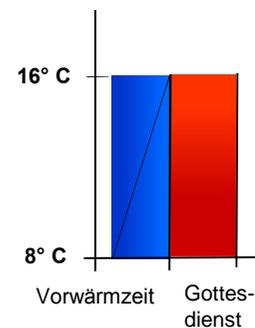
Infrarothheizung

Unterschied der Vorwärmzeiten

Warmluftheizung



Infrarothheizung



Vorteile

- einfache Installation
- geringe Anschaffungskosten
- erzeugt keinen Schmutz
- erzeugt kein CO₂
- lange Lebensdauer
- fast überall einsetzbar

Nachteile

- Kosten sind vom Stromtarif abhängig (gut bei Einsatz mit Fotovoltaik)
- Schwierig im sakralen Raum
- Platten werden sehr warm

Infrarotheizung

Hochtemperaturstrahler



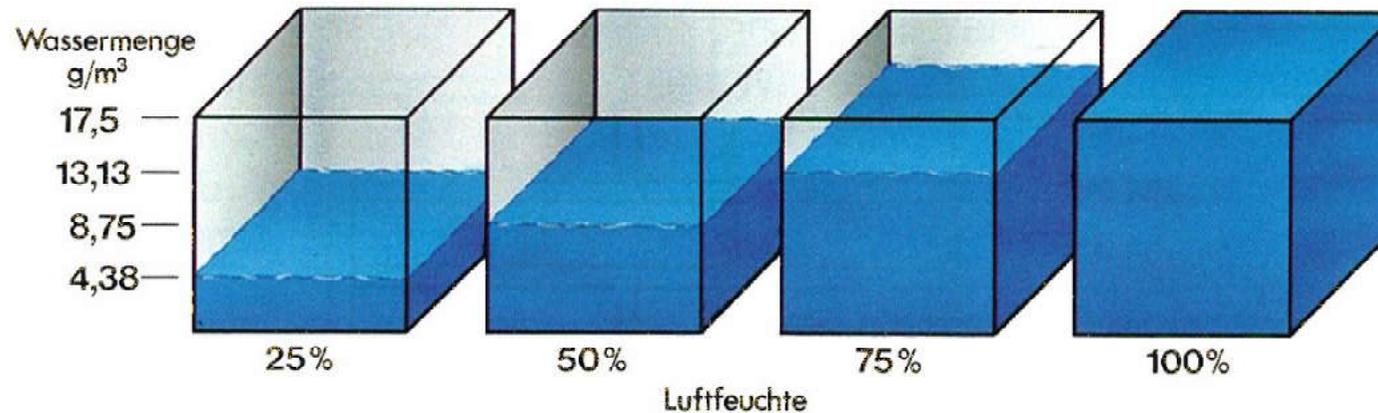
Sie können in Lichthöhe von 3,50 m bis 10 m verwendet werden.

Niedertemperaturstrahler



Einsatz unterhalb 3,5m

Relative Luftfeuchtigkeit

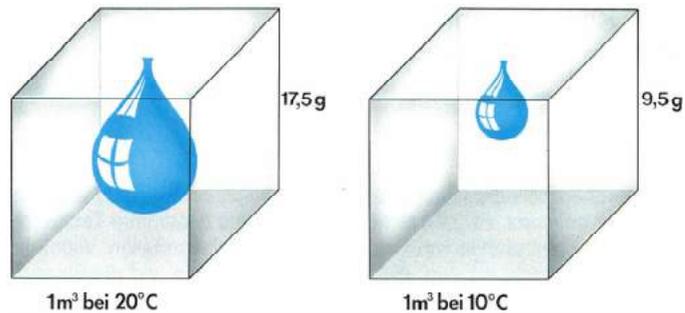


Gramm Wasserdampf in 1 m³ Luft bei 20 °C und verschiedener relativer Luftfeuchte.

- warme Luft trägt mehr Feuchtigkeit als kalte Luft;
d.h. der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft sinkt bei Erwärmung,
- die Luft ist –relativ! – trockener,
- der Luft muss künstlich Feuchtigkeit zugeführt werden, wenn die relative Feuchtigkeit der bisher nicht erwärmten Luft beibehalten werden soll

Relative Luftfeuchtigkeit

Wieviel Wasserdampf kann Luft maximal aufnehmen?



Gramm Wasserdampf in 1 m³ Luft bei unterschiedlichen Temperaturen.

Temperatur	Maximale Sättigung
0°C	4,8 g/m ³
5°C	6,8 g/m ³
10°C	9,5 g/m ³
15°C	12,8 g/m ³
20°C	17,5 g/m ³
25°C	23,1 g/m ³
30°C	30,3 g/m ³
35°C	39,6 g/m ³
40°C	51,1 g/m ³

Relative Luftfeuchtigkeit

Wärme- und Wasserdampfabgabe des Menschen

Lufttemperatur [C°]	Wärmeabgabe [W]	Wasserdampfabgabe [g/h]
10	157	30
12	147	30
14	136	30
16	127	30
18	121	33
20	119	38
22	118	47
24	118	58
26	118	70
28	117	85
30	116	98
32	114	116
34	110	127

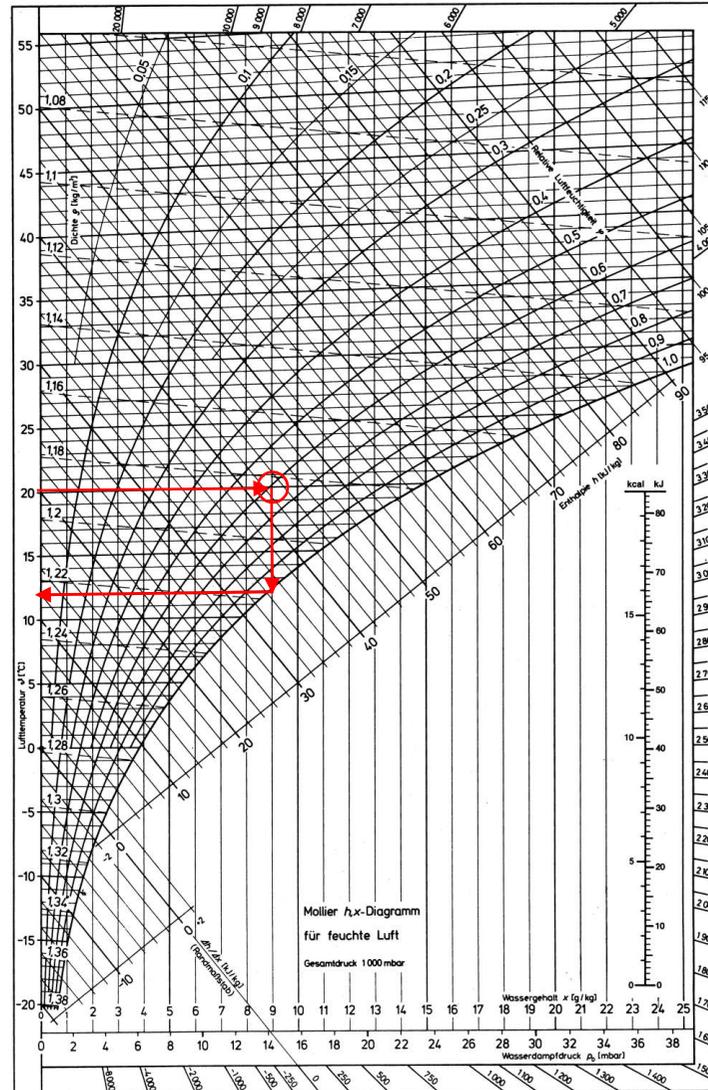
Normal bekleideter sitzender Mensch bei leichter Beschäftigung und ruhender Luft, Luftfeuchte 30-70%

Relative Luftfeuchtigkeit

Beispiel:

Veranstaltung im Winter,
Temperatur 20°C,
60% r.F.

Taupunkt auf kalter Oberfläche
bei ca. 12°C

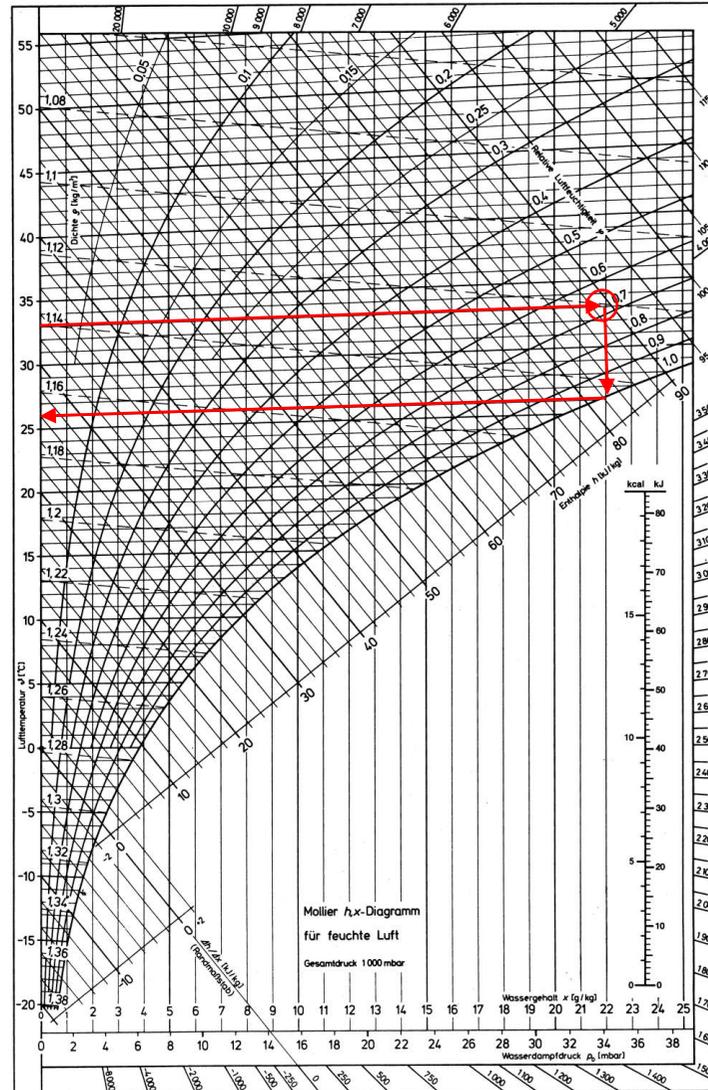


Relative Luftfeuchtigkeit

Beispiel:

Sommerschwüle
Außentemperatur
33°C, 65% r.F.

Taupunkt auf
kalter Oberfläche
bei ca. 26°C



Hinweise auf unzulängliche Beheizung

Staubverschmutzungen

Sich „nassdunkel“ abzeichnende Mauersteine sind deutliche Hinweise auf falsche Beheizung bzw. mangelhafte Heizungsanpassung.

Warme feuchte Luft kondensiert an kalten Oberflächen.



Hinweise auf unzulängliche Beheizung



Schimmel am Holzwerk

sind ebenfalls deutliche Hinweise
auf falsche Beheizung bzw.
mangelhafte Lüftung

Luftbefeuchter

Eine technisch sinnvolle Luftbefeuchtung ist nur bei Warmluftheizungen möglich.

Es sind drei Verfahren in Kirchenheizungen anwendbar:

- Verdunster
- Verdampfer
- Zerstäuber



Risiko!

- Im Kirchenschiff tritt die erwärmte und befeuchtete Luft auf Umschließungsflächen und Ausstattungsstücke, die durch ihre Masse die Kälte relativ lange halten
- Es tritt nun der umgekehrte Prozess auf, die warme befeuchtete Luft kühlt am Bauteil ab, die relative Feuchtigkeit wird erhöht und der Taupunkt überschritten

Wirtschaftlichkeit

Jede Kirchenheizung ist ein „individuelles“ Projekt, so dass sich keine pauschalen Kostenaussagen treffen lassen.

Bei den Überlegungen sollten jedoch verschiedene Überlegungen überdacht werden.

- Einsatz von fossile oder erneuerbare Energien
- Kopplung des Heizsystems mit anderen Gebäuden möglich
- Wie ist das Verhältnis der Investition zum folgenden Unterhalt
- Verhältnis des technischen Aufwandes zum tatsächlichen Nutzen
- Winterkirche

Wirtschaftlichkeit

Einsparungsmöglichkeiten:

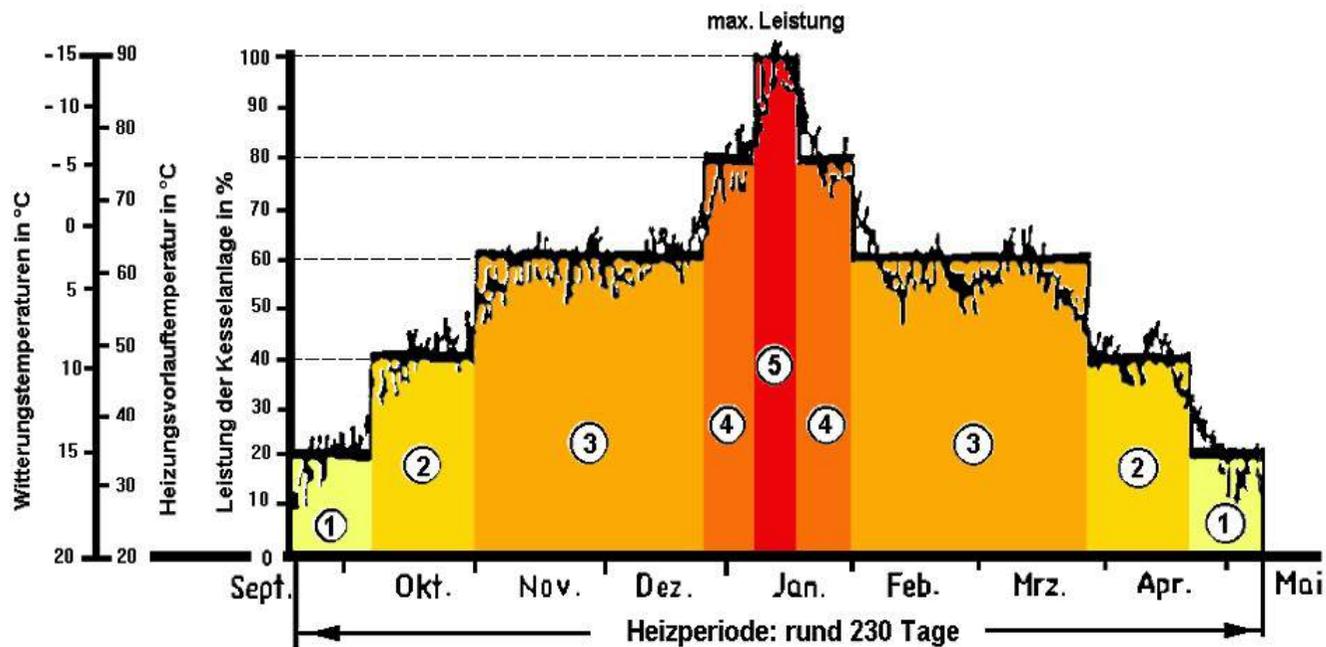
Ca. 25% weniger Energieaufwand für die Beheizung von temporär genutzten Gebäuden mit Grundtemperierung 10 °C / Nutzungstemperatur 16 °C statt durchgehender Temperierung auf 14 °C.

Reduzierung des Energieaufwandes von ca. 7-10% durch Wärmedämmung von Decken. Dies muss jedoch immer geprüft werden (evtl. Schäden an Deckenbalken, Deckenfresken etc. möglich).

Konventionelle Anordnung von Messfühlern in Kirchen sollte überdacht werden.

Verteilung von Wärmequellen in temporär genutzten Gebäuden muss überdacht werden

Heizlastverteilung



1 = 20% an ca. 35 Heiztagen

3 = 60% an ca. 110 Heiztagen

5 = 100% an ca. 10 Heiztagen

2 = 40% an ca. 50 Heiztagen

4 = 80% an ca. 25 Heiztagen

Schematisierte Heizlastverteilung einer Kesselanlage während der Heizperiode bei 1.800 Betriebsstunden

Winterkirche

Alternative

Ausweichen ins Gemeindehaus

oder wenn möglich:

Einbau eines abgetrennten Bereiches,
z. B. unter der Empore / im Seitenschiff mit
zusätzlicher Nutzung als Gemeindehaus



Gesichtspunkt Denkmalpflege

- Beste Heizung = keine Heizung
- Heizung dient dem Menschen, nicht dem Gebäude
- Relation Heizzeit zur Nutzungszeit
- Zerstörung unwiederbringliches Kulturgut / leichte Winterbegleitung