

# Beheizung von Kirchen

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

## Sonderfall Kirche

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

## Sonderfall Kirche

### Keine Kirche ist gleich

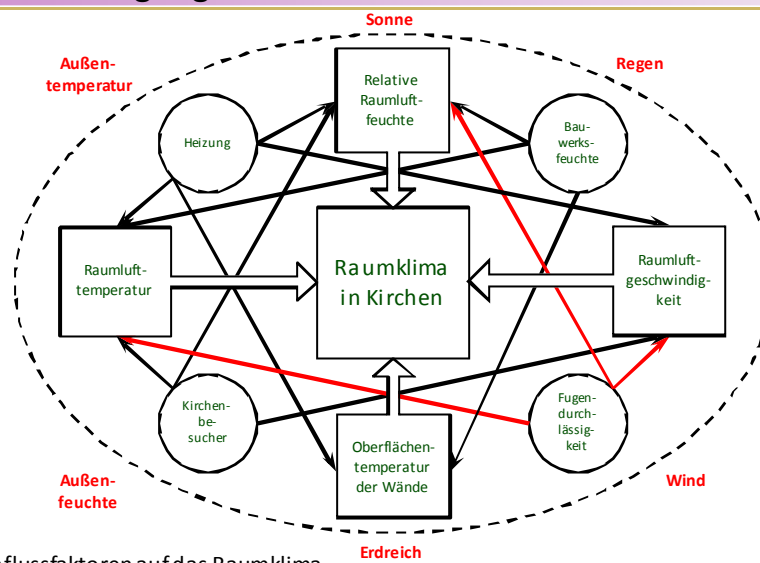
Die Kirchen unterscheiden sich in:

- Baujahr
- Baumaterialien (Fußböden, Wände, Fenster)
- Raumhöhe
- Raumgeometrie
- Verschattung
- Art und Aufstellungsort von Einbauten (Altar, Orgel, Gestühl usw.)
- Kunst (Malereien, Skulpturen)

Besonderheiten

3

## Randbedingung Raumklima



4

## Wärmebedarf und Klimatisierung

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

5

## Wärmebedarf und Klimatisierung

### Wir unterscheiden in stationärer und instationärer Beheizung

- Der stationäre Fall setzt eine kontinuierliche Beheizung voraus, eine Heizungsart also, die für die meisten Kirchen zwar erwünscht ist, aber bei Einhaltung der maximalen 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 ändern wechseln die Luftzustände ständig und belasten dadurch die Innenausstattung.
  - Das Kosten-Nutzen-Verhältnis bleibt hier äußerst ungünstig (Erwärmung massiver Baukörper)

6

## 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:

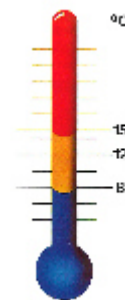
durch die kontinuierliche Grundheizung wird sehr langsam ein neues Feuchtgleichgewicht der Ausstattungsteile erreicht und damit werden die Belastungsspitzen bei Stoßbetrieb vergleichsweise geringer

7

## 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. 70 %



8

## 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

9

## Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Wasserdampfgehalt im Verhältnis zur Temperatur

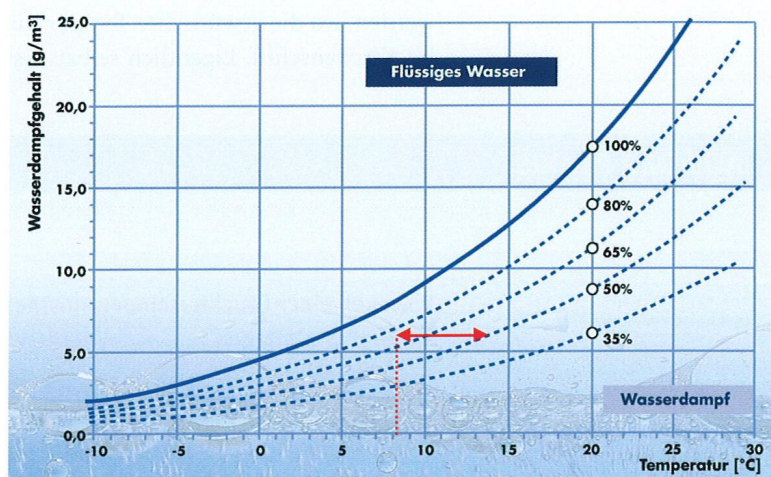


Abb.: EnergieAgentur NRW, KVI im Dialog, 08.2011, C. Dahm

10

## Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

### Achtung !

- Die Festlegung der optimalen Raumluftfeuchte für Kirchen mit 50 % bis 70 % relativer Feuchte ist nur eine Orientierungshilfe.
- Wichtiger ist der Erhalt des für die Kirche charakteristischen Raumklimas!
- Geringe und langsame jahreszeitliche Schwankungen belasten das Feuchtigkeitsgleichgewicht der Materialien nur wenig.

11

## Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

Die Ausstattungen von Kirchen bestehen meist aus natürlichen Baustoffen

- Gestühl, Kanzel usw. bestehen meist aus Holz
  - 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.)

12

## Anforderung an die Klimatisierung des Kirchenraums

In Kombination zweier Werkstoffe kommt es bei Temperatur-, oder Feuchteschwankungen zu Spannungen zwischen den Materialien

- Es entstehen Risse
- Es kommt zu Materialablösungen (lösende Farbschichten)
- Bei Orgeln werden diese Spannungen als sogenannte »Heuler« hörbar, (undichte Lederdichtungen auf den Ventilen)

13

## 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 bei ständiger Beheizung die Raumluftfeuchtigkeit um 20 % bis 30 % gesenkt und dies ausgerechnet dann, wenn durch Beheizen zusätzliche Feuchtigkeit erwünscht wäre.

14

## Luftbefeuchter

Eine technisch sinnvolle Luftbefeuchtung ist nur bei Warmluftheizungen möglich.

Es sind drei Verfahren in Kirchenheizungen anwendbar:

- Verdunster
- Verdampfer
- Zerstäuber



15

## Luftbefeuchter

### 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

16



## Kirchenheizsysteme

Physikalisch drei Möglichkeiten der Wärmeübertragung:

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

17

## Kirchenheizsysteme

Technisch werden folgende Heizsysteme unterschieden:

- Warmluftheizung
  - Zentrale Warmluftheizung
  - Dezentrale Warmluftheizung
- Infrartheizung
  - IR-Beheizung durch Gasverbrennung
  - IR-Beheizung durch elektr. Heizstrahler
- Konvektoren/Radiatoren als Raumheizung, Einzelheizgeräte
- Fußbodenheizung
- Kirchenbankheizung

18

## Warmwasser/Warmluftheizung



Direktbefeuerter Luftherhitzer

Luftherhitzer mit WW-  
Heizregister



19

## 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 Ausströmigittern. Über ein oder mehrere Abluftgitter und Kanäle strömt die entwärmte Luft zum Luftherhitzer zurück.

### Nachteile:

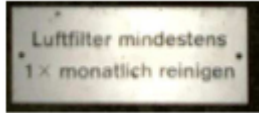
- Hoher Aufwand für die Luftfilterung.
- Kanäle müssen sauber gehalten werden.
- Keine oder schlechte Wärmedämmung der Luftkanäle = Hohe Verluste.
- Teilbeheizung der Kirche praktisch nicht möglich.



### Wärmeluftheizung

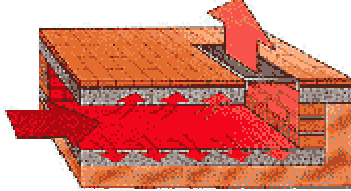


Der Luftkanal lebt !?!



Luftfilter mindestens  
1 x monatlich reinigen

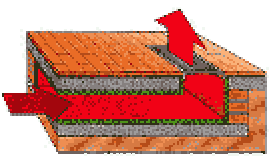
Wärmeverluste durch  
fehlende Dämmung!



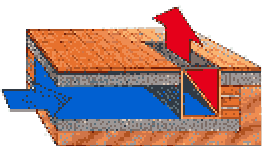
21

### Wärmeluftheizung

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.

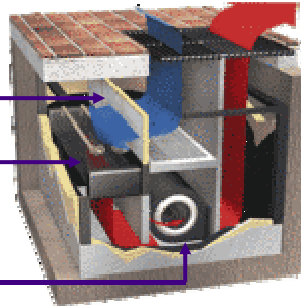
## Unterflur-Wärmestationen

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.

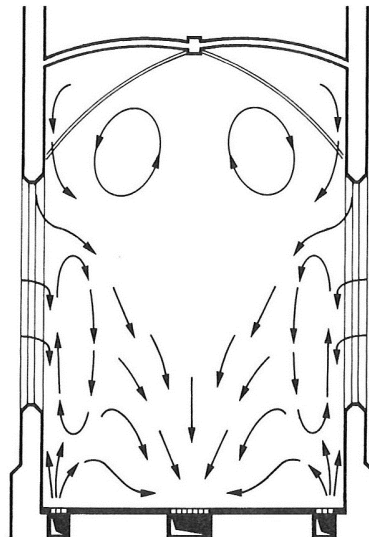
Jeder im Boden eingebaute Gebläsekonvektor kann separat angesteuert werden, die Ventilator Drehzahl wird Last- und Bedarfsabhängig gesteuert.

23

## 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



24

### Luftführung bei Orgeln und Emporen

Wärmestaus  
Zuglufterscheinung



25

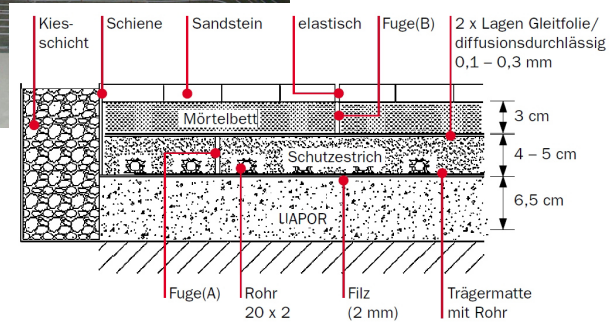
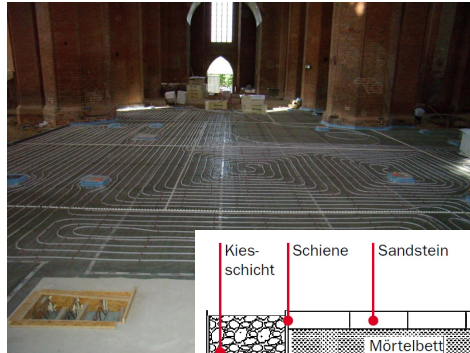
### Luftstrom

Kaltluftabfall am Verlauf des Strömungsfadens zu erkennen



26

## Fußbodenheizung



27

## Fußbodenheizung

Wir unterscheiden drei Arten der Fußbodenbeheizung

### Warmwasser-Fußbodenheizungen

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

### 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

28

## 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.
- häufig in Kombination mit einer Warmluftgebläse-Heizung

29

## Fußbodenheizung

### Vorteil:

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

### Nachteil:

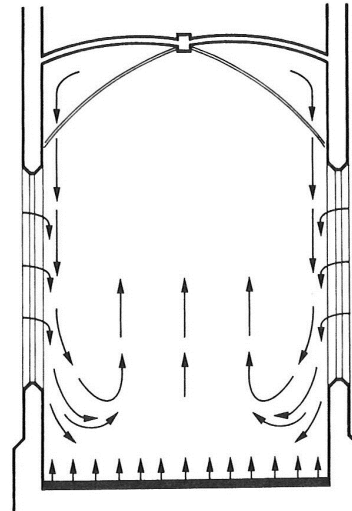
- Hoher bauliche Aufwand
- Fußbodenerneuerung (bei historischen Böden nicht möglich)
- Verhältnis Grundfläche zur Raumhöhe ungenügend

30

## 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.



31

## Konvektionsheizung

Konvektoren-, Radiatoren, elektr. Einzelspeicheröfen,  
Gaseinzelöfen

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

32



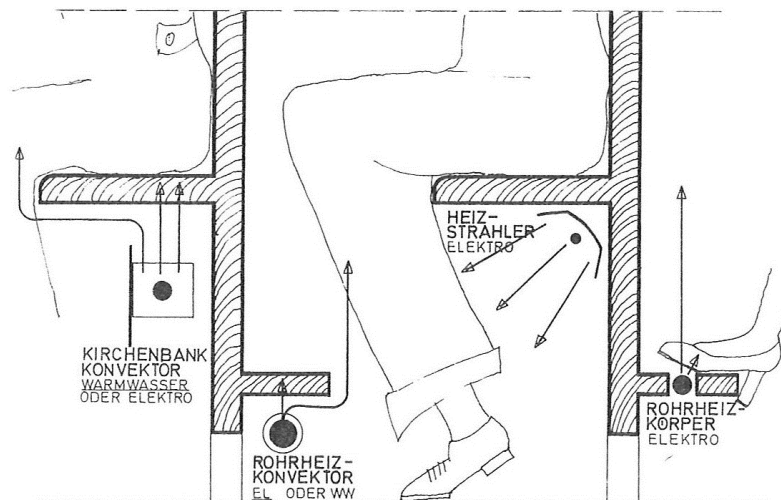
## Konvektionsheizung

Deckenheizsysteme u. Heizkörper



33

## Kirchenbankheizung



34

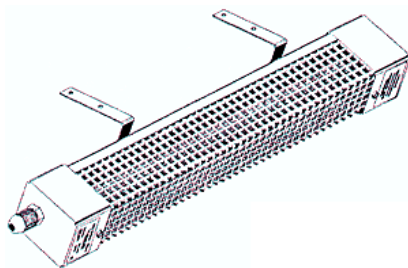
## Kirchenbankheizung

- Diese Heizungsart dient sinnvollerweise ausschließlich zur Erwärmung während des Gottesdienstes
- die Belastung des Raumklimas ist sehr gering.



35

## Kirchenbankheizung



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

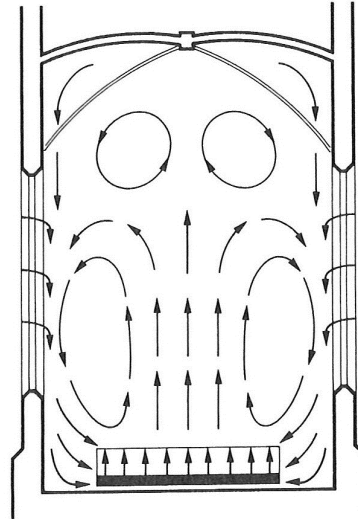
Bankheizungen, vor allem elektrisch betriebene Heizstrahler eignen sich insbesondere für kleine, selten genutzte Kirchen.

36

## Kirchenbankheizung

System der Luftbewegung  
bei einer Bankheizung:

- Soll im Bereich der Kirchenbesucher eine Grundwärme bieten
- zusätzliche Heizsysteme notwendig



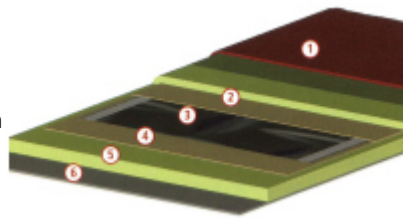
37

## 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



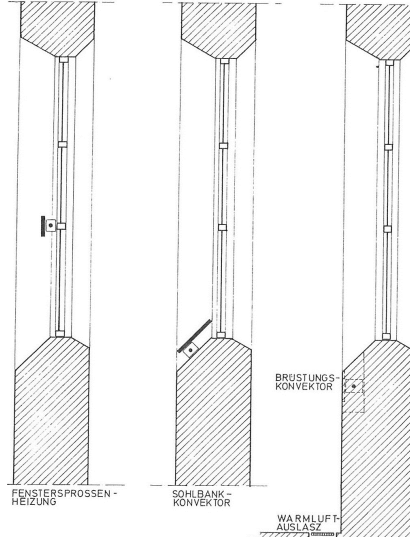
38

### Zusatzheizflächen



Schleierheizung als:

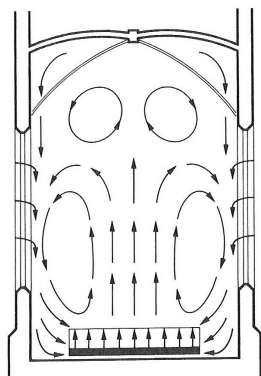
- Fenstersprossen-Heizung
- Sohlbankkonvektor
- Brüstungskonvektor



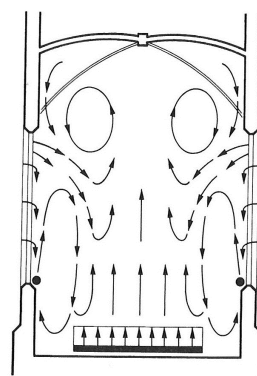
39

### Kirchenbankheizung mit und ohne Zusatzheizung

Luftbewegung ohne Zusatzheizung



Luftbewegung mit Zusatzheizung



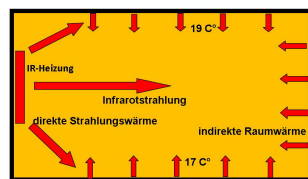
40

## Infrartheizung

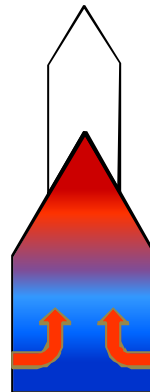
### Eigenschaften

Prinzip der Wärmestrahlung  
sehr geringe Lufterwärmung und  
Bewegung

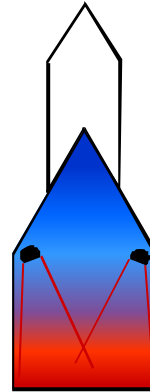
Infrarotstrahlen erwärmen nicht die  
Luft sondern den Menschen, die  
Einbauten und die Wände.  
die erwärmten Körper geben die  
Wärme wieder an die Umgebung ab



### Warmluftheizung



### Infrartheizung



41

## Infrartheizung

### Vorteile

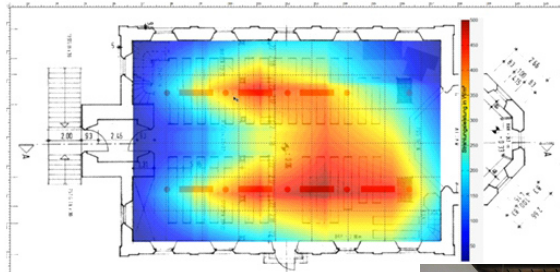
- einfache Installation
- „geringe Anschaffungskosten“
- wartungsfrei
- lange Lebensdauer

### Nachteile

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

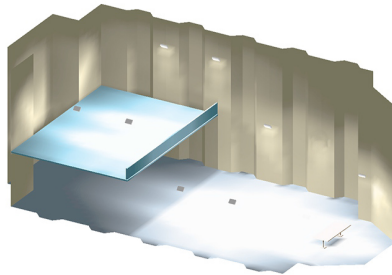
42

## Infrartheizung



Pilotprojekt mit der  
Universität  
Kaiserslautern

Ev. Kirche Lauterecken



43

## Infrartheizung

Hochtemperaturstrahler



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

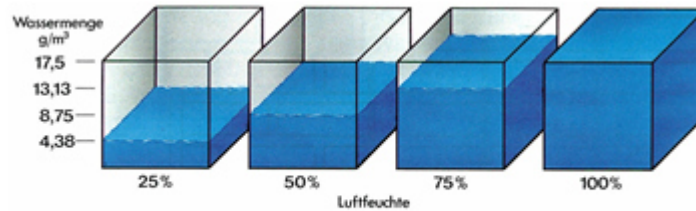
Niedertemperaturstrahler



Einsatz unterhalb 3,5m

44

## Relative Luftfeuchtigkeit



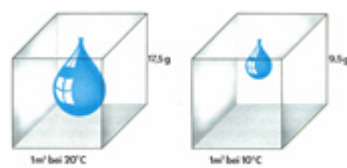
Gramm Wasserdampf in 1 m<sup>3</sup> Luft bei 20 °C und verschiedener relativer Luftfeuchte.

- 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

45

## Relative Luftfeuchtigkeit

Wie viel Wasserdampf kann Luft maximal aufnehmen?



Gramm Wasserdampf in 1 m<sup>3</sup> Luft bei unterschiedlichen Temperaturen.

Temperatur	Maximale Sättigung (100% relative Luftfeuchtigkeit)
0°C	4,8 g/m <sup>3</sup>
5°C	6,8 g/m <sup>3</sup>
10°C	9,5 g/m <sup>3</sup>
15°C	12,8 g/m <sup>3</sup>
20°C	17,5 g/m <sup>3</sup>
25°C	23,1 g/m <sup>3</sup>
30°C	30,3 g/m <sup>3</sup>
35°C	39,6 g/m <sup>3</sup>
40°C	51,1 g/m <sup>3</sup>

46

## 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

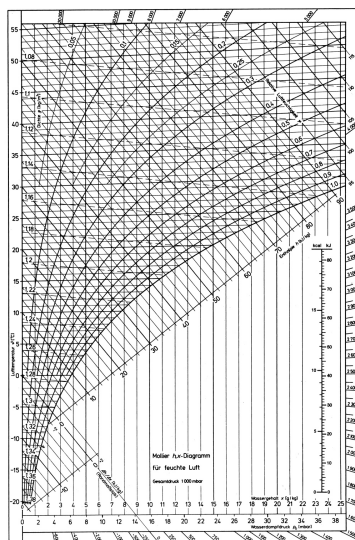
Normal bekleideter sitzender Mensch bei leichter Beschäftigung und ruhender Luft, Luftfeuchte 30-70%

47

## Relative Luftfeuchtigkeit

### H-X-Diagramm

Zur Bestimmung von Luftzuständen, insbesondere der relativen Feuchte und zur Ermittlung des Taupunktes



48

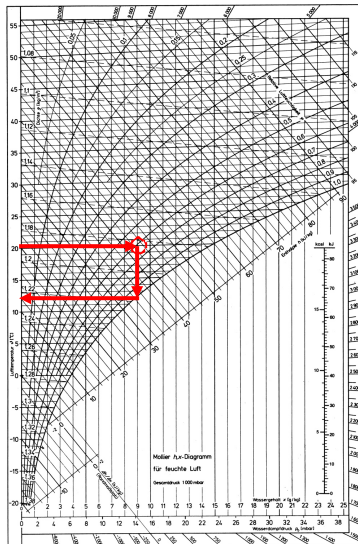


## Relative Luftfeuchtigkeit

Beispiel:

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

Taupunkt auf  
kalter Oberfläche  
bei ca. 12° C



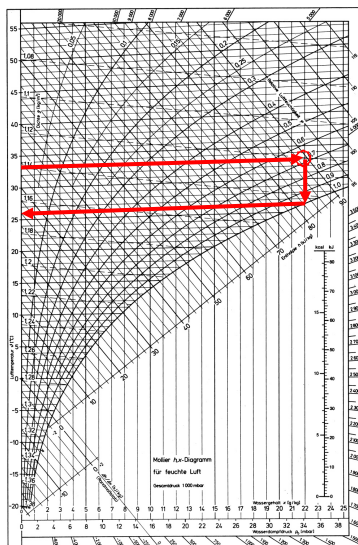
49

## Relative Luftfeuchtigkeit

Beispiel:

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

Taupunkt auf  
kalter Oberfläche  
bei ca. 26° C



50

## Relative Luftfeuchtigkeit

### Staubverschmutzungen

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



## Relative Luftfeuchtigkeit



### Schimmel am Holzwerk

sind ebenfalls deutliche Hinweise  
auf falsche Beheizung bzw.  
mangelhafte Lüftung

## Wirtschaftlichkeit

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

Bei den Überlegungen sollten jedoch verschiedene Möglichkeiten in Betracht gezogen werden:

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

53

## Wirtschaftlichkeit

Einsparungsmöglichkeiten:

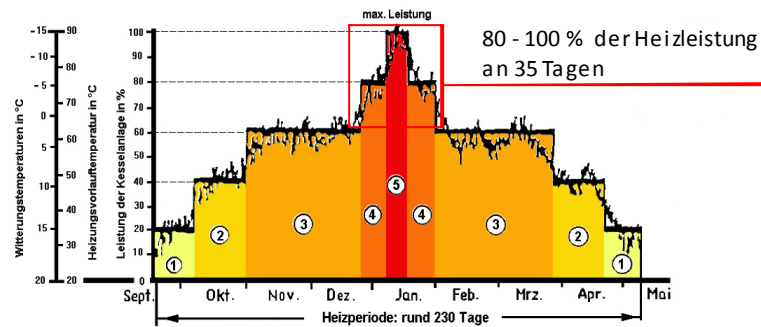
•Ca. 25% weniger Energieaufwand für die Beheizung von temporär genutzten Gebäuden mit Grundtemperierung 10 °C / Nutzungstemperatur 16 °C statt durchgehender Temperierung auf 14 °C.

•Reduzierung des Energieaufwandes von ca. 7% - 10% durch nachträgliche Wärme dämmung von Decken. Dies muss je doch immer geprüft werden (evtl. Schäden an Deckenbalken, Deckenfresken etc. möglich).

Anordnung von Feuchte-Messfühlern in Kirchen sollte bedacht werden.

54

## 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

55

## Winterkirche

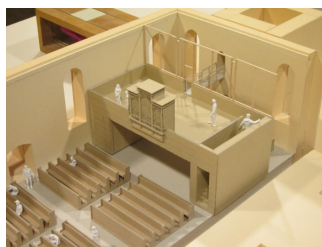
Ev. Kirche Baumholder

### Alternative

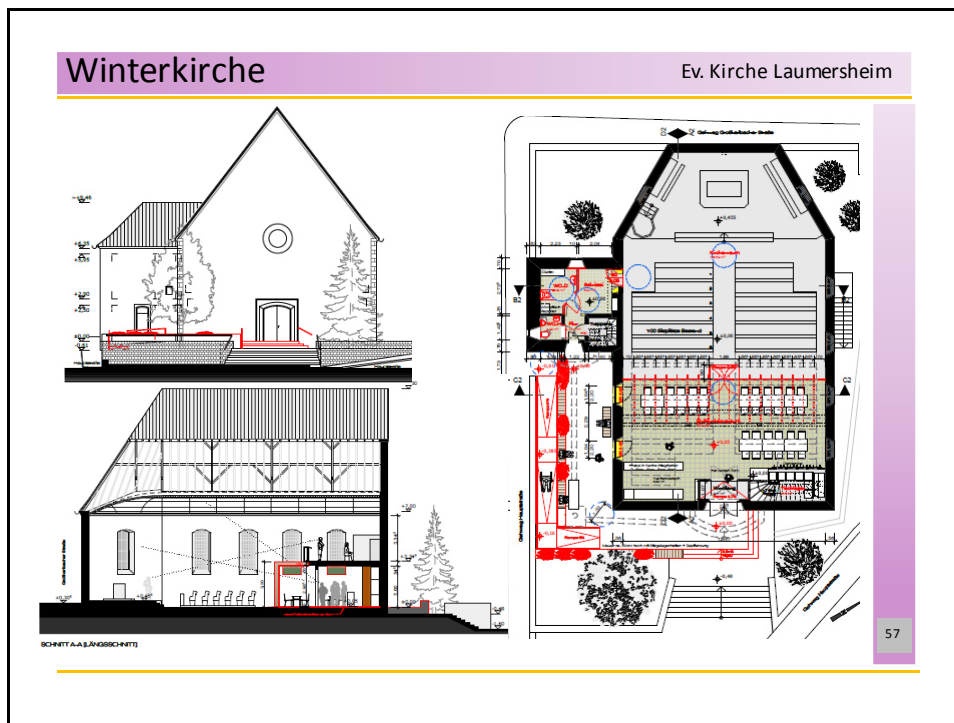
Ausweichen ins Gemeindehaus

oder wenn möglich:

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



56



### Gesichtspunkt Denkmalpflege

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