

Ressourcen schonen

Minimallösungen für Temperieranlagen

Thermische Gebäudesanierung alternativ

Henning Großschmidt, Thermische Bauphysik, D-82347 Bernried

DIN-Normen sind keine Rechtsnormen

"Meersburg"- Urteil vom 22.05.1987. Bundesverwaltungsgericht, Az. 4C33-35/83

„Die Normenausschüsse des Deutschen Instituts für Normung sind so zusammengesetzt, dass ihnen der für ihre Aufgabe benötigte Sachverstand zu Gebote steht. Daneben gehören ihnen aber auch Vertreter bestimmter Branchen und Unternehmen an, die deren Interessenstandpunkte einbringen. Die Ergebnisse ihrer Beratungen dürfen daher im Streitfall nicht unkritisch als ‚geronnener Sachverstand‘ oder als reine Forschungsergebnisse verstanden werden.

Zwar kann den DIN-Normen einerseits Sachverstand und Verantwortlichkeit für das allgemeine Wohl nicht abgesprochen werden. Andererseits darf aber nicht verkannt werden, dass es sich dabei zumindest auch um Vereinbarungen interessierter Kreise handelt, die eine bestimmte Einflussnahme auf das Marktgeschehen bezwecken. Den Anforderungen, die etwa an die Neutralität und Unvoreingenommenheit gerichtlicher Sachverständiger zu stellen sind, genügen sie deswegen nicht. Besondere Zurückhaltung ist gegenüber technischen Normen dort geboten, wo ihre Aussagen Bewertungen entgegengesetzter Interessen einschließen, die an sich einer demokratisch legitimierten politischen Entscheidung in der Form einer Rechtsetzung bedürften (z.B. *offizielle Anerkennung physikalischer "Neben"-Effekte alternativer Verfahren, so dass zusätzliche aus konventioneller Sicht erforderliche Maßnahmen eingespart werden können*). Als Ersatz für derartige rechtliche Regelungen sind sie ungeeignet“.

VOB für Architekten und Ingenieure. Aktuelles Praxishandbuch. Motzke, Gross, Kromik et alii, 1999

„Das Werkvertragsrecht fordert als Leistung den Erfolg und nicht die Handlung (*wie die Durchführung einer Maßnahme nach DIN*). Es kann daher ein anderer Technikstandard als der in den allgemein anerkannten Regeln der Technik oder den DIN-Normen niedergelegte vereinbart werden, wenn dadurch ein mangelfreies zweckgerechtes Werk zu gewährleisten ist. Die dem zu Grunde liegenden Regeln können auf Praxis beruhen, müssen also weder durch Regelwerksetzer wie z. B. DIN, VDI, VDE erarbeitet worden, noch in den a.a.R.d.T. enthalten sein. Diese geben nämlich die wissenschaftlichen, technischen und handwerklichen Erfahrungen im Bauwesen wieder, die sich ändern können. Juristisch maßgeblich sind daher die im Bauvertrag getroffenen Vereinbarungen“.

Hinweise für den Anwender von DIN-Normen. Deutsches Institut für Normung e.V. (Regel-Vorspann der DIN-Taschenbücher)

„Die Normen des Deutschen Normenwerkes stehen jedermann zur Anwendung frei. Festlegungen in Normen sind aufgrund ihres Zustandekommens nach hierfür geltenden Grundsätzen und Regeln fachgerecht. Sie sollen sich als anerkannte Regeln der Technik einführen. Bei sicherheitstechnischen Festlegungen in DIN-Normen besteht überdies eine tatsächliche Vermutung dafür, dass sie anerkannte Regeln der Technik sind. DIN-Normen sind nicht die einzige, sondern eine Erkenntnisquelle für technisch ordnungsgemäßes Verhalten im Regelfall. Es ist auch zu berücksichtigen, dass DIN-Normen nur den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden Stand der Technik berücksichtigen können.

Durch das Anwenden von Normen entzieht sich niemand der Verantwortlichkeit für eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit auf eigene Gefahr. Jeder, der beim Anwenden einer DIN-Norm auf eine Unrichtigkeit oder eine Möglichkeit einer unrichtigen Auslegung stößt, wird gebeten, dies dem DIN unverzüglich mitzuteilen, damit etwaige Mängel beseitigt werden können“. (*Beispiel: Die DIN-gemäße Berechnung des Gebäude-Wärmebedarfs und der Leistung von Strahlungsheizungen führt zu Überdimensionierung und vermeidbaren Zusatzmaßnahmen, da die energetischen Vorteile des Wirkungsprinzips nicht berücksichtigt werden. Bei entsprechender Ausführung kann daher der Kostenvorteil nicht realisiert werden.*)

„Effektiver Wärmeschutz verschiedener Ziegel-Außenwandkonstruktionen“

Messungen der Fraunhofergesellschaft in Holzkirchen 1983

Messergebnisse zum Wärmeschutz:

Dämmstärke

- 23 cm Dämmstärke (5):
 - Verbrauch 3 % geringer als bei 10 cm Dämmstärke (4a)
(Effekt = „Hintergrundsrauschen“ der Messung)

Speichermasse

- 49 cm ungedämmte Porenziegel (3):
 - Verbrauch 8 % geringer als bei 23 cm Dämmung

Dass bei **hoher Dichte** (= z.B. unporosierte „Alt“-Ziegel) die Einsparung deutlich höher ist, lässt sich ableiten aus:

- 36,5 cm Porenziegel, Raum *mit* Fenster (1):
 - Verbrauch 12 % höher als gleicher Raum *ohne* Fenster (2) – **größere Speichermasse**

- 2-schaliges Mauerwerk (*schwerer* Blendziegel, ρ 1600, Luftspalt, 24 cm Porenziegel, mit Fenster) (6):
 - gleicher Verbrauch wie 36,5 Poren-Ziegel ohne Fenster (2)
 - für die Solarspeicherung genügen **10 cm Speichermasse**
 - siehe geringen Verbrauch in Fachwerkbauten mit schwerer Gefachfüllung und Grundofenheizung

Weitere Messergebnisse (1984):

Tageslichtstrahlung / Wärmebedarf

- bereits die diffuse Zustrahlung (Morgen) mindert den Wärmedurchgang

Oberflächenfarbe / Strahlungsabsorption

- nichtweiße Oberflächen: gute *Absorption*
- weiße Oberflächen: starke *Reflexion*
= geringere Wärmeaufnahme aus der Tageslichtstrahlung

Nachtabenkung bringt *keine* Einsparung

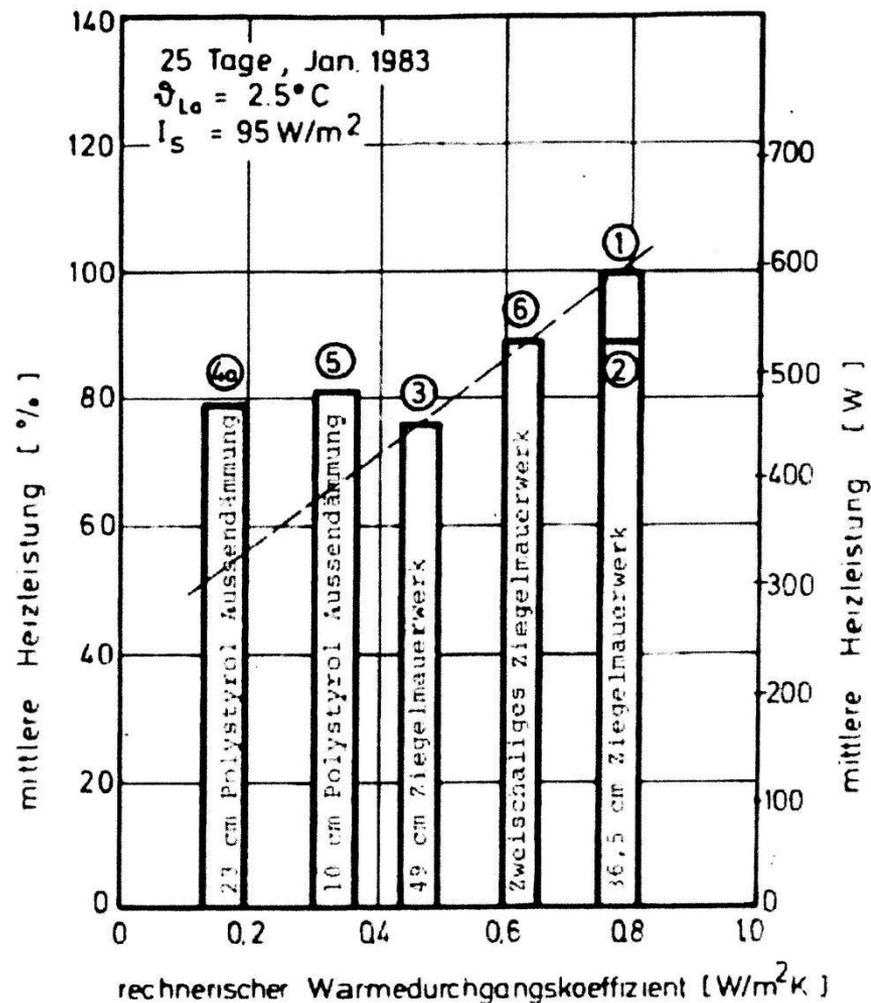


Bild 9: Gemessene mittlere Heizleistung in der 2. Messperiode (Januar 1983), in

Innendämmung

die „Rettung“ für Baudenkmäler?

- nach der 1. Messperiode der FHG (1983)
wegen *Feuchteproblemen* in der – dank der
Dämmung - nicht mehr beheizten Wand
aus dem Messprogramm genommen

Haupt-Qualitäten kontraproduktiv:

hydrophil: wasseraufnahmefähig
- Erhöhung der Leitfähigkeit

kapillaraktiv: Wohnfeuchte wird an die
Wand weitergegeben

diffusionsoffen: gute Bewegung der Feuchte
im Querschnitt

nicht brennbar: wie Mauerwerk ohne Dämmung,
nur teurer

Bei Wandtemperierung

durch Heizrohre (Temperieranlage)
oder
durch Heizluftumlenkung (Heizkörper, s. nächste Folien)

sind diese „Qualitäten“ sinnlos



Minerale Dämmplatte Pura

- Hydrophil
- Kapillaraktiv
- Diffusionsoffen
- Nicht brennbar
- Ökologisch
- Faserfrei



Nennlänge und Nennbreite
500 x 380 mm

D10-260711-5/1

100 mm

Innendämmung

Energieeinsparung durch „Sanierung“ einer Heizkörperheizung (1):

Umlenkung des Heizluftkreislaufes in die Wandebene

Tischlerplatten in Kontakt mit den Heizkörperrippen

Wandverkleidung als Hängefläche



aus der oberen Querfuge

durch die Seitenfugen

Austritt der Heizluft

Nachströmung der Luft

Raumluftwalze ausgeschaltet

aus den Fensterbankschlitzen

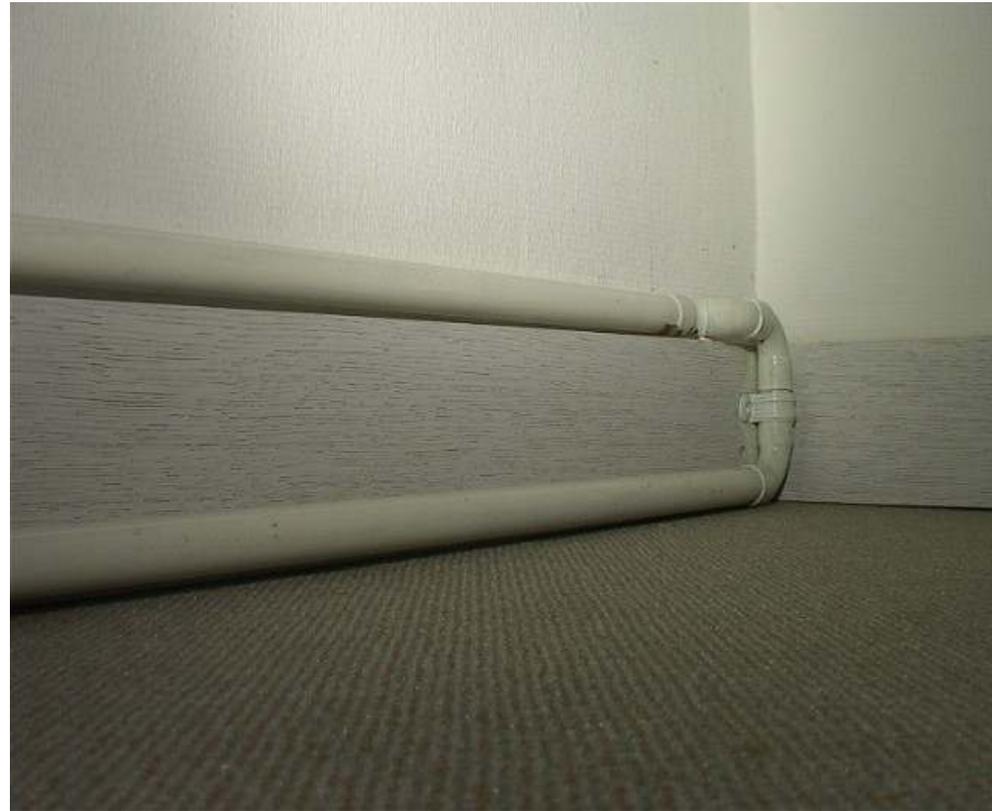
über die Oberkante der Wandpaneele

München, Alter Hof (Infostelle)

Bayreuth, Kunstmuseum

Sanierung einer Heizkörperheizung (2):

Regel: Außenwand ohne Fenster = Außenwand ohne Heizelement
Daher: Nachrüstung einer Rohrschleife (\varnothing 15 mm!) erforderlich



Raumluftwalze - Ursache aller Nachteile der konventionellen Beheizung:

- Zug, ungleiche Wandtemperaturen,
- Kapillarkondensat in kälteren Wandbereichen mit der Folge der Schimmelbildung,
- höhere Verluste durch Wärmeleitung,
- höhere Verluste auf dem Luftweg, Staubverteilung

Zur Vermeidung der Raumluftwalze müssen **alle Außenwände direkt und ohne Umweg beheizt** werden. Bei fensterlosen Wänden genügt die Ergänzung einer Sockelschleife (auf Putz in Anstrich, unter Putz).



Kompaktheizkörper : Heizluft-Umlenkung durch Z-Profilblech (auch bei Nischenposition wirksam)
- Wärmestrahlung ohne Zugerscheinungen

Konventionelle Bausanierung (1)



„Sanierung“ durch Erdreich-Verpressung

Sperrung der aufsteigenden Feuchte

Da geht viel rein,
denn die Wege der Sanierungs-Suspension sind unergründlich

Konventionelle Bausanierung (2): Hoher Kostenaufwand für die Lösung eines Teilproblems

- Sperrung der aufsteigenden Feuchte durch Edelstahlbleche in gesägter Horizontalfuge



Dagegen „Thermische Sanierung“ durch Sockelheizrohre (nächste Folie):

1. Lösung der *Feuchte- und Schadsalzprobleme* (aufsteigende Feuchte, Kondensationsfeuchte, Schimmelbildung, Putzschäden),
2. optimale *Raumbeheizung, Energieeinsparung* durch Materialtrocknung (Wärmedämmung, verbesserte Wärmespeicherung) + durch Wärmestrahlung (geringere Verluste auf dem Luftweg),
3. *Normalputz, kein Abgraben*

Die Temperierung

Wirkungsmechanismus

in „historischer“ Situation: Bauteile ohne Wärmedämmung und Feuchtesperre,
durch kontinuierliches Wärmeangebot trocken gehalten

Lange Pfeile: radiale Wärmeverteilung durch Wärmeleitung im Material der Wandbodenecke

Rote Kreise: Wärmestau mit zylindrischen Isothermen.

Doppelpfeil: Strahlungsaustausch mit den Festkörpern (Innenwänden und Mobiliar)

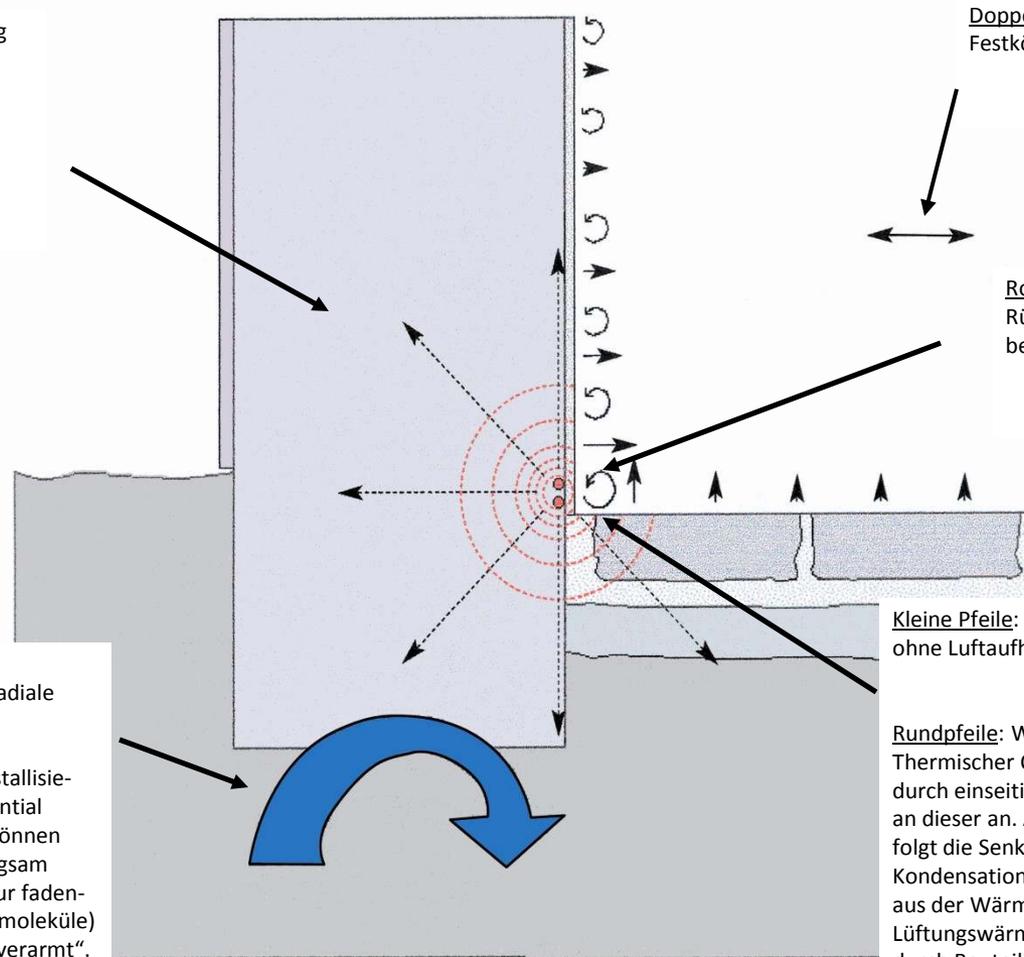
Rote Punkte: Heizrohrschleife (Vor- und Rücklauf, CU blank, \varnothing 15 mm) im Innenputz bei 10 +/- 5 mm Überdeckung

Kleine Pfeile: Wärmeabstrahlung der Bauteiloberfläche ohne Luftaufheizung

Rundpfeile: Wärmeverteilung durch Konvektion. Thermischer Coanda-Effekt: Der Warmluft-Auftrieb liegt durch einseitige Entwärmung durch die Wandoberfläche an dieser an. Aus der Temperierung der Wandoberfläche folgt die Senkung der Wärmeleitfähigkeit (Schutz vor Kondensation und Feuchteverdrängung im Wärmegefälle), aus der Wärmeabstrahlung folgt die Senkung der Lüftungswärmeverluste (Dämmen), durch Bauteilbeheizung)

Blauer Pfeil: Bodenfeuchte.

- *Thermische Horizontalsperre* durch die radiale Wärmeausbreitung mit der Folge von zylindrischen Isothermen
- die Bodensalze im Sockelquerschnitt kristallisieren im Kapillarraum ohne Schadenspotential durch „*Verarmungskristallisation*“: Sie können sich hinter der sich in den Kapillaren langsam nach außen zurückziehenden Feuchte nur fadenförmig bilden, da der Elektrolyt (Wassermoleküle) im radialen Wärmegefälle nach außen „verarmt“.

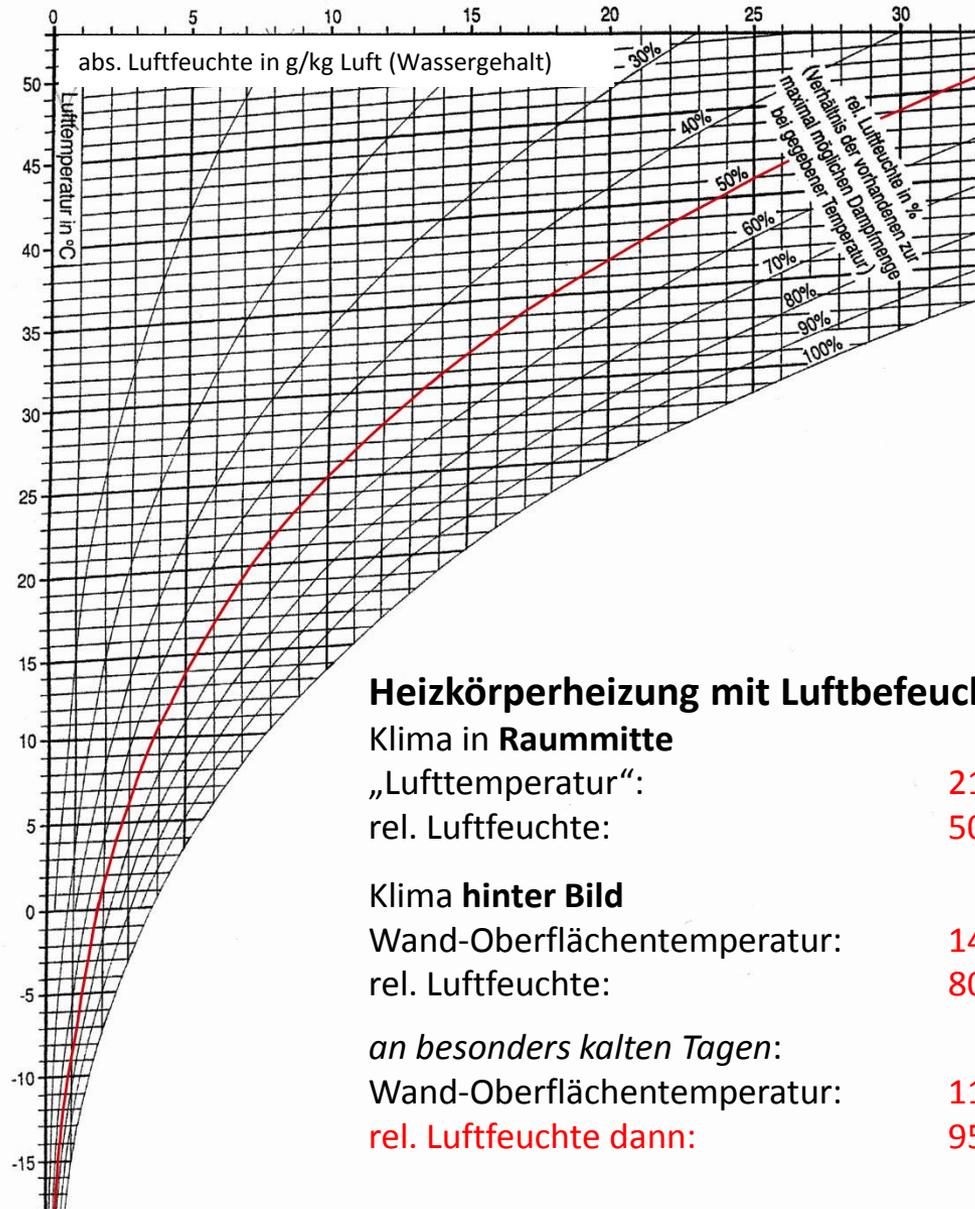


Mollier-h-x-Diagramm

Begriff
„Relative Luftfeuchte“:

Der örtliche Wert der r. LF. ist abhängig vom Wassergehalt der Luft und von der Oberflächen-Temperatur der jeweiligen Stelle

Beispiel: Tizians „Nympe und Schäfer“
Kunsthistorisches Museum Wien
(Messungen: Maria Ranacher)



Heizkörperheizung mit Luftbefeuchtung

Klima in **Raummitte**

„Lufttemperatur“: 21,5 °C
rel. Luftfeuchte: 50,0 % = 8 g/kg

Klima **hinter Bild**

Wand-Oberflächentemperatur: 14,1 °C
rel. Luftfeuchte: 80 % = 8 g/kg

an besonders kalten Tagen:

Wand-Oberflächentemperatur: 11,0 °C
rel. Luftfeuchte dann: 95,0 % = 8 g/kg

Bei Wandtemperierung dagegen homogene Luftfeuchte

Vergleich „Wand“-Heizung und „Luft“-Heizung



Kapelle: temperiert

- je 1 Rohr an den Sockeln (Vorlauf)
und unter den Fensterbänken (Rücklauf)
- Wandsockel schadensfrei

Rhenus-Kapelle, Schloss Oberschleißheim b. München

Flur

Wohnteil, Heizkörperheizung

- zahlreiche Stellen mit Putzschäden →

„Warme“ Sanierung (Temperierung)



6 Jahre nach Sanierung: außen keine Putzschäden, innen keine Feuchteschäden
dagegen nächste Folie: „Kalte“ Sanierung

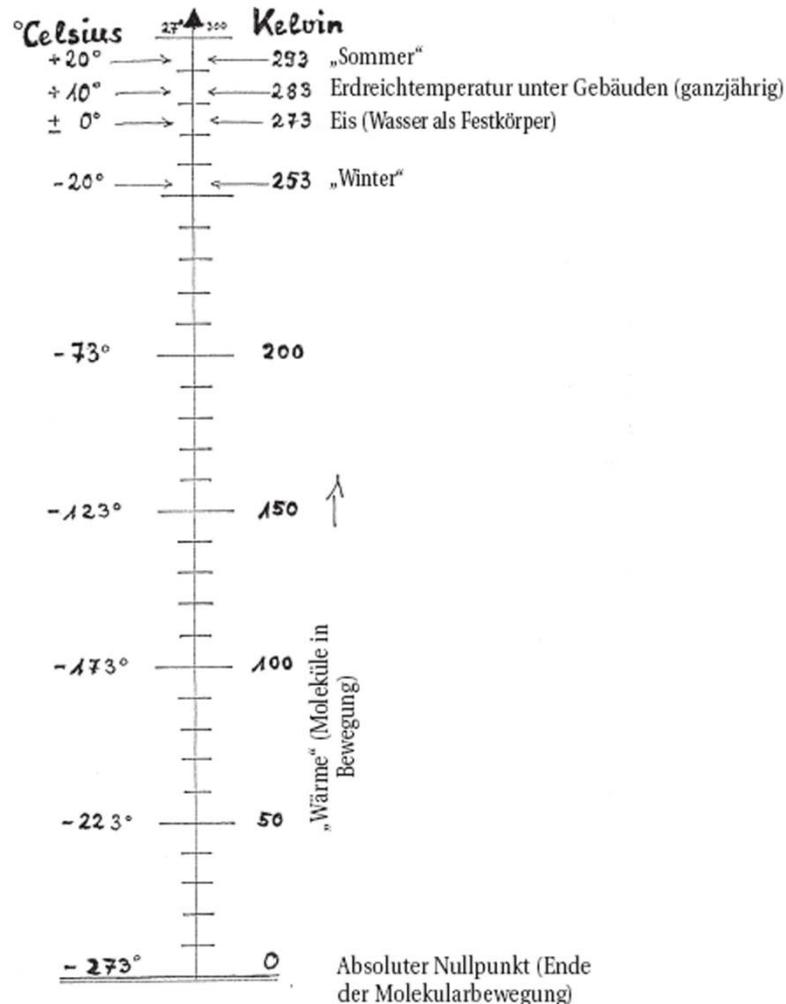
„Kalte“ (konventionelle) Sanierung durch Spezialputze



6 Jahre nach Sanierung: außen Putzschäden bis 1 m Höhe, innen bis 1,6 m

Vergleich der Temperaturskalen von Celsius und Kelvin

Die **Celsius**-Skala bezieht sich auf die Zustandsänderung von Wasser.



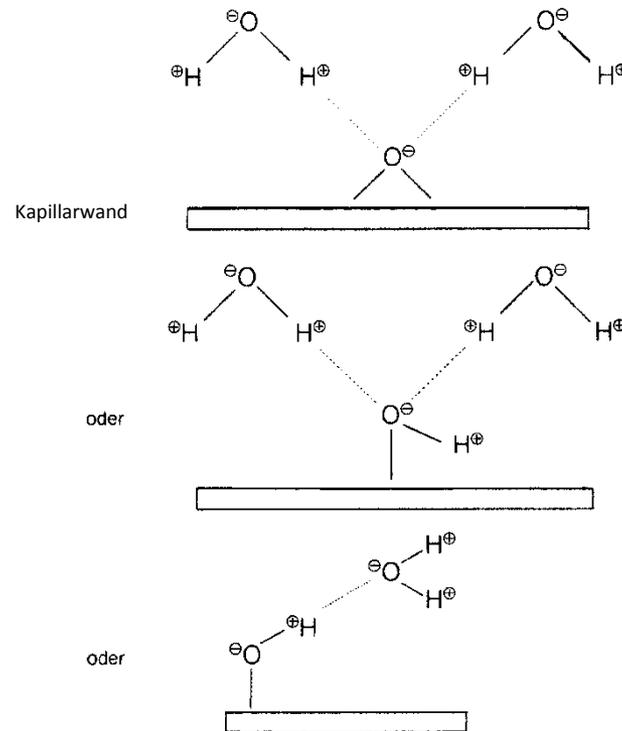
Die Absolute Temperatur in **Kelvin** (K) ist ein Maß für die Wärmeschwingung der Moleküle eines Stoffes.

Wasserstoffbrücke

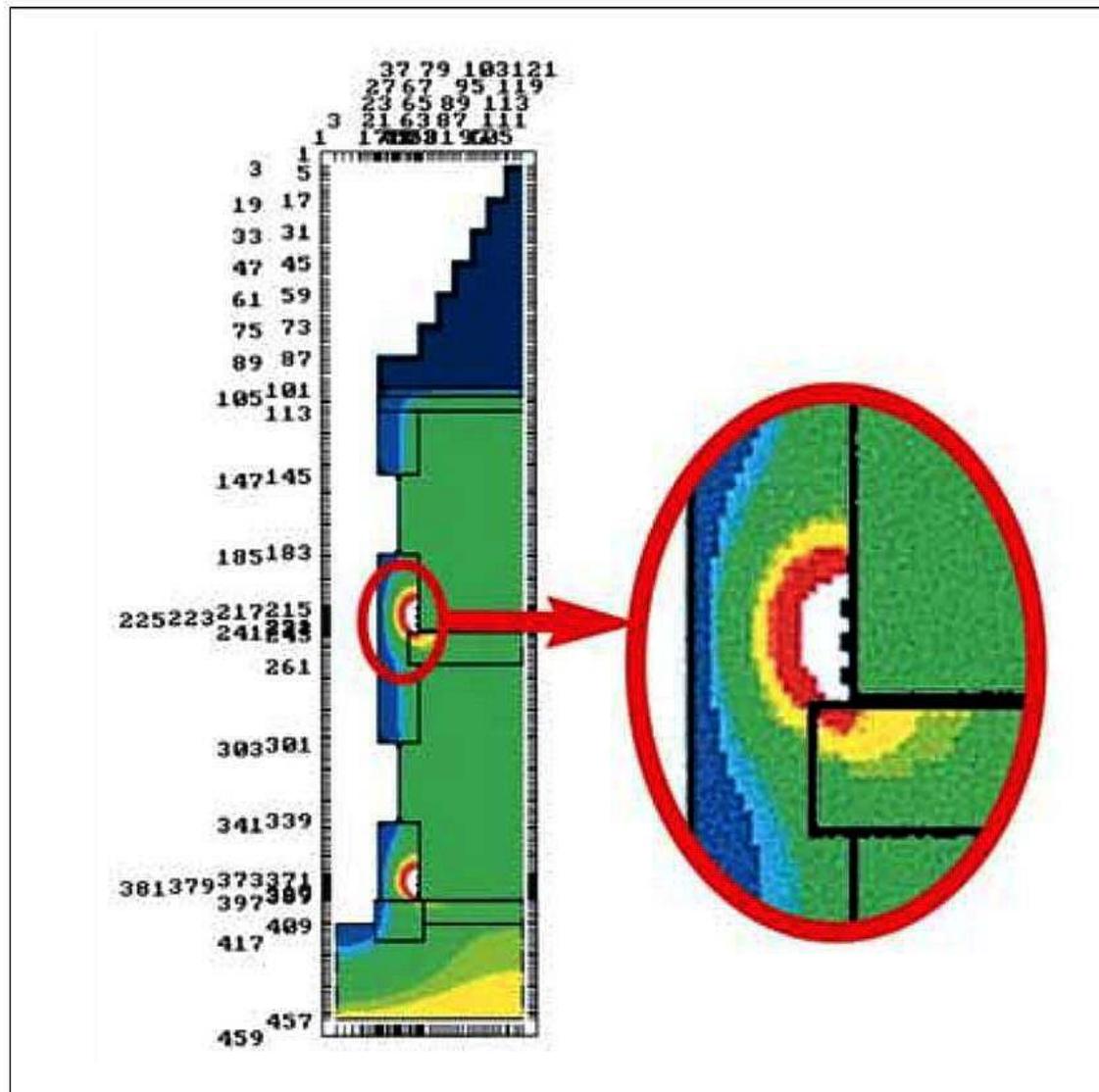
Bauteiloberflächen, die kälter als die Raumluft sind, nehmen Feuchte aus der Raumluft auf („Kondensation“).

Wegen der Anziehungsfähigkeit des *dipolförmigen Wassermoleküls* findet die Feuchteaufnahme jedoch schon bei geringem Temperaturunterschied durch unsichtbares Kapillarkondensat statt, d.h. durch Bildung von Wasserstoffbrücken an Sauerstoffatomen oder OH-Gruppen an der inneren Oberfläche von Kapillaren, da die Wärmeschwingung dieser Bindungspartner der Wasserstoff-Brücke nicht mehr ausreicht, die Adhäsion des Wassermoleküls abzuwehren.

Die Raumbeheizung über Wandtemperierung vermeidet dies, da die Wandoberfläche grundsätzlich nicht kälter als die Raumluft bzw. der darin enthaltene Wasserdampf ist.



Simulation: auf der Basis von Standard-Baustoffwerten ergibt sich ein höherer Bedarf, als bei Temperierung dank Baustoff-Zwangstrocknung und Nichtbeheizen der Raumluft eintritt
- das Ergebnis der gleichlaufenden Messung war nur bei Annahme eines 3. Rohres zu simulieren



12
Zweidimensionale Simulation des temperierten Pavillons in Schloss Salsta, Schweden. In dieser Art der Simulation konnte die gemessene Raumtemperatur nur durch Annahme einer dritten Heizleitung (33% mehr Heizleistung) erreicht werden.

Offene Rohrverlegung (1)

Wien, Kunsthistorisches Museum, Zwischendepot Traviatagasse.

6 Heizrohre auf Beton-Außenwand (zur Optimierung der Wärmeabstrahlung angestrichen).
Die Minimallösung hatte keinen Lehreffekt. Das neue Depot hat:

- „Betonkern-Aktivierung“ (Hunderte Meter Rohr in jeder Betondecke)
- Kerndämmung der Beton-Außenwände

3. Schleife (Höhe 4 m)

2. Schleife (Höhe 1,80 m).....



1. Schleife

Offene Rohrverlegung (2)

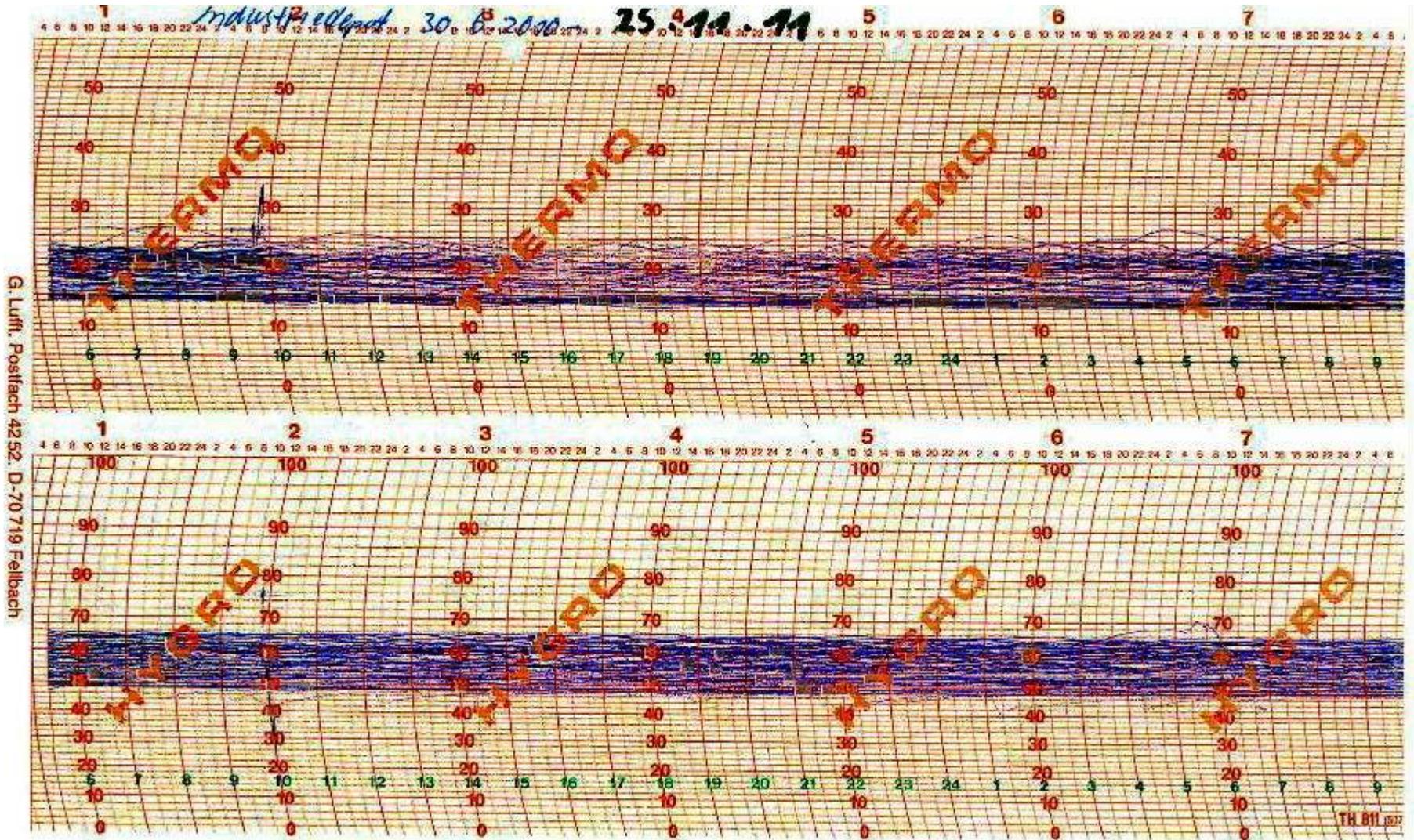
Schweinfurt, Industriedepot



4 Sockelheizrohre

- in 1 cm Abstand zur Holzverkleidung des gedämmten Sockels,
- gestrichen (mit Klarlack)

Schweinfurt, Industriedepot: Rundlauf des Thermo-Hygrographen (1,5 Jahre)



- Temperatur: 14 – 26 °C
- Rel. Luftfeuchte: 48 – 66 %
- = Klimatisierung ausschließlich durch gleitende Temperierung

Kirchentemperierung (Trockenlegung, Kondensatschutz und Raumtemperierung)



Sockelfliesen entfernt



Heizschleife verlegt (Cu halbhart)

Kirchenheizung konventionell (Bankheizung)

- Verstaubung der Raumschale, Zugscheinung, keine Feuchtesanierung



Raumschale: Vorzustand (nach Einbau der Temperierung)

Rechts: entstaubte Sockelzone

Sockelheizrohre verlegt und eingeputzt

- Mindest-Raumtemperatur im Winter: 15 °C

**Kirchentemperierung mit Sockel-
und „Konzertschleife“:**
ohne konservatorische Mängel
18 °C möglich

Obergrenze der Altschäden durch
aufsteigende Feuchte →

Wegen der ständig neu auftretenden
Sockelschäden und der Wandkälte wurde
in den 1930er Jahren eine Holzvertäfelung
montiert. Dazu wurden die Pfeilerprofile
z. T. abgeschlagen.

Bei der Sanierung wurde die Vertäfelung
entfernt und die Profile rekonstruiert.



Keller: Trockenlegung und Raumbeheizung durch Sockelheizrohre auf Putz, angemörtelt (Alpinmuseum München)

Außenwände: 2 Heizrohre

Trennwände: Einrohr-Ringleitung



Außenwand, kurze Wandabschnitte:

Schablone: Brett (Höhe 8 – 10 cm) an Kantholz



Trennwand kurze Wandabschnitte:

Schablone: Leiste (Höhe 5 cm) an flach liegender Leiste



Fertiges Sockelprofil vor Anstrich

Kellersanierung und Beheizung (Veranstaltung)



Gelände-Oberkante

Unterteil des Heizkörperthermostats
- zum Einputzen mit Schlauch
geschützt

Je 1 Heizrohrschleife entlang
jeder Hälfte der Außenwandsockel,
Regelung am Ende durch Rücklauf-
temperaturbegrenzer

Lange Wand:

Putzschiene, gegen Steine gelehnt

Außenwand im Veranstaltungsraum: Sockelschleife + 3. Rohr

Heizrohre geschlitzt, da Putz bis Brüstung verloren war

Veranstaltungsraum im KG, Endzustand

(Alpinmuseum München)

Gelände-Oberkante

Thermostat des
3. Heizrohrs

Boden nicht
gedämmt
(Parkett auf Beton)



Sommerkeller (4 Tonnen, 2 m unter Erdoberfläche): Veranstaltungen

(Bernried, Starnberger See)



Rohrkonzert wie im Hauskeller:

Trennwände: 1 Heizrohr beidseitig, Außenwände: 2 Heizrohre



Fertiger Ziegelboden

Geringstmögliche Überdeckung: seitlicher Rohrscheitel bündig mit Wandoberfläche,
Höhe oberer Rohrscheitel = Oberkante Bodenbelag

Alle Flächen ohne Wärmedämmung und Feuchtesperre! Ziegel auf Sandbett, ohne „kapillarbrechende“ Schicht

Bergstollen

(Obersalzberg, Bunkeranlagen)

Aufenthaltsräume

Filmraum



Rohre zur Verstärkung der Abstrahlung *gestrichen*

Hörraum



Primärdokumentbereich



Rohre *ungestrichen*: Räume kühl, keine Kondensation mehr

Großraum im Museum

(Hamburger Kunsthalle, OG des Altbaus)



4 Heizrohre bis 45 cm Höhe

Dach abgedichtet und temperiert

Lüftungsanlage: 1-facher Luftwechsel

- Staubdecke mit Abluftöffnung
- Zuluft als Quell-Lüftung über Bodenauslässe
- Luftbefeuchter (geringer Bedarf)



„Warmdach“

(3. Schleife am Sockel der Drempeiwände)

3 Heizrohr-Schleifen (angestrichen)
Staubdecke nicht
versiegelt

Glasdach dicht

Hamburger Kunsthalle, Gründungsbau





Heizkörpernischen: - ausgemauert mit Ytong
- Heizkörper-Anschlüsse genutzt

Wohnhaus (1974):
Ersatz der Heizkörper durch Temperierrohre





Vereinslokal der Initiative Denkmalschutz (IDMS), 1090 Wien, Fuchsthallergasse 11/5



↑ starke Sockelschäden, hoher Raum
linke Sockelschleife: L-förmig, kurzer Schenkel (s. nächste Folie)
fährt bis zur rechten Ecke der Außenwand)

Büro

Nische des Gasheizgeräts
ausgemauert

Vermeidung von Putzriszen

Mauerecke konvex : Festpunkte

Ecke konkav: Bewegungspunkte



Ende der Brüstungsschleife

Thermostat-Unterteil

Beginn
Brüstungsschleife

Detentor

Umweg der Brüstungsschleife
in der Schwelle

linke Sockelschleife

Ende der linken
Sockelschleife Ende der rechten
Sockelschleife

Geringe Putzüberdeckung (10 ± 5 mm)

- hohe Temperatur des Putzstreifens
- gute Raumwirkung
(gute Wärmeabstrahlung, guter Auftrieb)
- Boden nimmt ohne Dämmung
Raumtemperatur an

Sockelschleife mit Drosselventil (Detentor)
(zur luftfreien Befüllung und zum sicheren
Betrieb der Brüstungsschleife)



Beheizung von Türschwellen bzw. Glaselementen



Sockelschleife

Register im Schwellbereich
- Umweg der Brüstungsschleife

Rohrüberdeckung im Durchgangsbereich max. 30 mm

Türkreuzung mit 3 Rohren (Sockelschleife + 3. Rohr = Brüstungsrohr)



Rohrabdeckung mineralisch

Oberkante der Abdeckung bündig mit Bodenbelag

Auffüllung mit rohrscheitelbündigem Mörtelbett
(vor Abdeckung mit Solnhofer)

Abdeckung mit 20 mm Schiefer

Raumerweiterung (Bestand Baujahr 1967)

4 Rohre entlang der Glaswand vor Abdeckung mit 20 mm Solnhofer

- abgezweigt vom alten Verteilnetz

Das Parkett wurde bis zum Natursteinfries ergänzt



Brüstungsschleife

Sockelschleife

