

Temperieranlagen

Temperieranlagen sind Warmwasser-Wandheizsysteme, die auf Grund ihrer Anordnung neben der Behaglichkeit sowohl die energetische wie auch die Feuchtesanierung des Gebäudes herbeiführen. Sie bestehen aus wenigen fingerstarken Heizrohren, angeordnet in allen Geschossen eines Gebäudes an den Sockeln aller Außenwände und der Trennwände, die über Erdreich stehen, jeweils auf deren ganzer Länge, 1 cm unter Putz oder auf Putz in Wandkontakt.

Dieser geringe Installationsbedarf erklärt sich aus dem Zusammenwirkungen mehrerer Faktoren:

- Ziel ist nicht die Beheizung der Raumluft von Einzelräumen, sondern die Temperierung der Gebäudehülle, so dass alle Räume des Gebäudes warm sind.

Daraus folgen zwei physikalische Effekte, die ohne Zusatzmaßnahmen und bei üblichem Nutzerverhalten zur Energieeinsparung führen:

- Verringerung der *Transmissionswärmeverluste*, der Verluste durch *Wärmeleitung* in der Gebäudehülle, da diese entfeuchtet wird und feuchteschutz ist,
- Verringerung der *Lüftungswärmeverluste*, der Verluste auf dem Luftweg, da die Raumluft nicht als Wärmeträger eingesetzt wird, es also keine Heizluft gibt, die ungenutzt aus dem Aufenthaltsbereich unter die Raumdecke oder ins Treppenhaus entweicht bzw. durch Fugen oder Öffnungen nach außen verlorengeht.

Aus dem alternativen Ziel folgt auch die Vermeidung von *Umwegverlusten*, da die Wärme ausschließlich an denjenigen Raumhüllflächen abgegeben wird, an denen die Wärmeverluste auftreten, die also beheizt werden müssen, damit die Räume warm bleiben: außenluft- und erdberührte Wandflächen (Böden s. 3.). Dabei haben Räume mit erdberührten Flächen auch im Sommer einen - geringen - Wärmebedarf, der gedeckt werden muss, um Behaglichkeit zu ermöglichen, Putzschäden durch Erdfeuchte, Sommerkondensat und überhöhte Werte der relativen Raumluftfeuchte auszuschließen. Diese "Sommertemperierung" trägt ebenfalls zur Energieeinsparung bei, da sie den Wärmebedarf des Gebäudes im Winter verringert.

Zugleich sinkt der physiologische Wärmebedarf und die Behaglichkeit steigt: Dank der unbeheizten, ruhenden Raumluft entstehen keine Zugerscheinungen, nur ein kleiner Teil der Stoffwechselwärme wird an der nur zwei qm großen, durch die Kleidung gedämmten Haut abgegeben, der größere Teil dagegen über die fußballfeldgroße Lungenoberfläche beim Ausatmen. Die Weite der Hautgefäße wird durch die über die gesamte Hautoberfläche verteilten Kältefühler bestimmt. Bei Heizluftatmung dagegen droht ein unzulässiger Anstieg der Körperkerntemperatur, der "Zu-warm"-Fühler muss die Kältefühler ausschalten, damit die Hautgefäße erweitert und - bei gesteigertem Herzschlag - Stoffwechsel- und Luftwärme an der Haut abgegeben werden können. Zusätzlich müssen die Schweißdrüsen aktiviert werden, um die Hautkühlung durch Verdunstung zu steigern.

1. Konstruktion von Temperieranlagen

Die folgenden Angaben beziehen sich auf Massivbauten mit Mauerstärken zwischen 30 und 50 cm und Kantenlängen bis 50 m, in denen nicht nur die Feuchtesanierung, sondern auch die Beheizung erreicht werden soll. Die Abbildungen auf S. 8 bis 10 zeigen das Verlege-Prinzip und die im Folgenden angesprochenen Details.

In allen Geschossen eines Gebäudes werden entlang der Außenwandsockel aller Räume bis zu vier Rohre verlegt, zusätzlich je ein Rohr beidseitig der Trennwandsockel von Kellerräumen bzw. nicht unterkellerten EG-Räumen. In der Regel liegen die Rohre im Putz mit einem Zentimeter Überdeckung, knapp über dem Niveau des Fertigfußbodens (bei Holz-Fußleisten direkt über diesen). Entlang von Außentüren verlaufen die ungedämmten Rohre abgesenkt in einem monolithischen mineralischen Aufbau mit max. 20 mm Überdeckung (z. B. Naturstein).

Durch kontinuierliche Beheizung der Wandsockel entsteht dort ein Wärmestau, der an der Oberfläche der geringen Putzüberdeckung Temperaturen je nach Vorlauftemperatur zwischen 28 °C (VL 35 °C) und 60 °C (VL 70 °C) hervorruft. Dadurch entstehen die „Heizflächen“: Putzstreifen von ca. 8 cm Höhe auf ganzer Wandlänge, deren Oberfläche eine Leistung von 40 – 120 Watt pro Meter abgeben. Dies erfolgt durch Wärmeabstrahlung in den Raum und Warmluftauftrieb an der Wandfläche, so dass Rohre oberhalb des Fensterbankniveaus überflüssig sind.

1.1 Das Rohrmaterial

Hierfür besonders geeignet ist blankes Kupfer (Qualität "halbhart"), wegen seiner Vorteile gegenüber anderen

Materialien: Es besitzt die zweithöchste Wärmeleitfähigkeit aller Metalle. Während der Leitkoeffizient von Stahl nur 60 W/m·K beträgt, liegt der von Kupfer bei 390 W/m·K. Nur der von Silber liegt höher, mit 420 W/m·K aber nur marginal. Das Material erlaubt die geringste Wandstärke aller Rohrarten, so dass bei geringer Rohrstärke eine höhere Meterleistung vorliegt. Die Verarbeitbarkeit von Kupfer ist optimal. Kupfer ist korrosionssicher, d. h. es ist geeignet für *alle* Putz- und Mörtelarten und unempfindlich gegenüber Bodensalzen bei Ausfall der Wärme.

1.2 Grundprinzip

Für die Verteilung in die Geschosse genügen zwei senkrechte Leitungen (Ø 22-28 mm). Davon zweigen in jedem Geschoss beidseitig je zwei Rohre ab ("Primärschleifen", Ø 15-18 mm, Überdeckung 10 mm), die spiegelbildlich jeweils die Hälfte der Außenwandabwicklung eines Geschosses am Sockel abfahren. In Zweckgebäuden (Lager, Archive, Depots etc.) wäre diese Mindest-Installation bereits ausreichend. In Räumen mit höherem Temperaturbedarf werden von den Primärschleifen pro Raum zwei weitere Rohre abgezweigt ("Sekundärschleifen", Ø 12-15 mm, Überdeckung 10 mm) und auf ganzer Wandlänge in Höhe Fensterbank-Unterkante (oberes Rohr) verlegt. Es ergeben sich also max. vier Rohre pro laufendem Meter Außenwand mit max. 10 mm Überdeckung. Die Sekundärschleifen erlauben auch die Herstellung individueller Einzelraumtemperaturen.

1.2.1 Steigleitungen

Die Verteilung in die Geschosse erfolgt mit zwei senkrechten Leitungen (Ø 22-28 mm), bei Unterputzausführung in einem Trennwandschlitz nahe der zugehörigen Außenwand mit bis zu 25 mm Putzüberdeckung. Die max. Schlitztiefe von 52 mm entspricht ca. einem Viertel der bei Heizkörperheizung üblichen, die mit gedämmten Steigleitungen mit min. 20 cm viermal größer ist. Dank des Wärmestaus ist der Wärmeverlust vernachlässigbar, die Wärmestrahlung aus der Raumecke willkommen.

1.2.2 Die Primärschleifen

Die Primärschleifen (Ø 15-18 mm; Rohrabstand: 3 cm bei Verwendung einer Doppel-Fixbride, Steinhöhe bei Nutzung der Lagerfugen von z. B. Ziegelmauerwerk) verlaufen oberhalb der Fußleiste (für erdberührte Geschosse s. Null-Leitungen, Punkt 1.2.4). In der Regel genügen zwei Schleifen pro Geschoss, d. h. mit je einer Schleife wird jeweils die Hälfte der Außenwände eines Stockwerks vollständig abgefahren (1x links herum, 1x rechts herum). Sie erfüllen mehrere Funktionen: In erdberührten Räumen leisten sie die Trockenlegung, in allen Räumen decken sie den außerhalb der Nutzungszeiten bestehenden Grundwärmebedarf - jegliche Rohrdämmung entfällt daher - und dienen zugleich als Zuleitungen für die Sekundärschleifen. Entlang von Außentüren, deren Wärmebedarf sie decken müssen, werden sie leicht abgesenkt in monolithischem Mörtelbett geführt, mit max. 20 mm mineralischer, mit dem übrigen Bodenbelag oberflächenbündiger Überdeckung (Naturstein, Fliesen). Bei vier Rohren (s. 1.2.3) beträgt die Mindestbreite des mineralischen Streifens 12 cm (s. 2.4).

Die Regelung der Primärschleifen erfolgt unabhängig von der Raumtemperatur über die Erfassung der Rohrkühlung. Dies geschieht mit sog. Rücklauftemperaturbegrenzern ("RTL", s. 1.2.5.1) am Rücklaufende der Einzelschleife (neben dem Steigstrang).

1.2.3 Die Sekundärschleifen

In jedem Raum wird von der Primärschleife je eine Sekundärschleife (Rohrabstand 3 cm, Ø 12-15 mm) abgezweigt und parallel dazu verlegt, das obere Rohr in Höhe Fensterbank-Unterkante, im Fensterbereich in Kontakt mit der Bank, bei Kastenfenstern unter der Bank zum Fensterkasten hin abgewinkelt. In Eckräumen erfolgt die Abzweigung in der Außenecke, da dort ein höherer Wärmebedarf herrscht. Die Schleife wird dann T-förmig geführt. Bei Außentüren verlaufen die Rohre U-förmig in den Leibungen und im Bereich der Schwelle, wo sie zwischen Primärschleife und Tür liegen.

Der Betrieb der Sekundärschleifen gewährleistet die über die Grundtemperatur hinaus gewünschte Einzelraumtemperatur. Die Regelung erfolgt mit üblichen Heizkörperthermostaten, die an beliebiger Stelle der Schleife eingesetzt werden können. Raumluftaufheizende Heizkörper werden nicht benötigt. Wenn der Sekundär-Rücklauf auf der Brüstungsfläche zwei Umwege macht (sechs Rohre in der Fensterachse), ist eine max. Vorlauftemperatur von 50 °C ausreichend, bzw. - bei diskontinuierlicher Raumbelagung (Gästezimmer, Schulräume) - können beim Zuschalten kurzfristig höhere Raumtemperaturen hergestellt werden. In Fensternischen können die Rohre ohne Schlitzung auf Putz verlegt und dann eingeputzt werden. Außer bei überbreiten Fenstertüren, in deren Leibungen der Sekundär-Rücklauf einen Umweg bis in 1,50 m Höhe macht, ist über Fensterbankniveau dank des Warmluftauftriebs kein Rohr erforderlich. Bei Wandgestaltung verlaufen beide Schleifen am Sockel.

1.2.4 Die Null-Leitungen

Bei Holzböden mit höheren Fußleisten in nichtunterkellerten Erdgeschossen werden zur Sicherstellung der Trockenlegung an allen Wandsockeln zusätzlich "Null-Leitungen" in Höhe Seitenkante Bodenbelag oder direkt darüber ver-

legt (Ø 15-18 mm), wieder spiegelbildlich pro Geschosshälfte: je ein Rohr läuft als Vorlauf entlang der Hälfte der Außenwände, bei anstoßenden Trennwänden durch eine Bohrung geführt, dessen Rücklauf die Trennwände der zugehörigen Räume beidseitig abfährt, jeweils durch die Bohrung auf die andere Seite geführt. So können alle Wandsockel lückenlos abgefahren werden, bei leichter Rohrabsenkung entlang aller Türen. Bei Türen in Trennwänden kann ein Holzboden über die Rohre gehen. Auch die Null-Leitungen erhalten RTL-Ventile (s. 1.2.5.1). In kleineren Gebäuden genügt diese Rohrführung für die Sanierung der Kellerräume. In größeren Kellergeschossen, insbesondere in solchen mit Räumen mit höherem Temperaturanspruch, fahren spiegelbildlich zwei Primärschleifen alle Außenwandsockel ab, ergänzt durch eine Null-Leitung, die um alle Trennwandsockel geführt wird (in größeren Kellern zwei spiegelbildlich geführte Kreise).

1.2.5 Thermostate und Ventile

Thermostatventile bei Temperieranlagen können direkt in den Rohrverlauf unter Putz eingebaut werden, wenn die Ventilkörper durch eine "Etag" leicht nach hinten in den Untergrund eingelassen werden. Dies ist gerade für historische Bauten vorteilhaft, da die heute üblichen Unterputzkästen besonders im Brüstungsbereich eine starke optische Störung und generell einen unnötigen Eingriff in die Bausubstanz verursachen (Verteilerkästen s. 1.2.7). Die gegen die Unterputzmontage angeführten Bedenken sind jedoch nicht stichhaltig: Für die Schraubverbindungen selbst ist das Einputzen unschädlich. Der Ventileinsatz kann von vorn gewechselt werden, ein Wechsel des Ventilunterteils fällt praktisch nie an. Wegen der geringen Putzüberdeckung wäre der Putzschaden minimal, der dann oder bei einem ausnahmsweise erforderlichen Nachziehen einer Schraubverbindung entstehen würde, da beim dazu nötigen geringfügigen Vorrücken des Ventilkörpers lediglich auf 20 cm Länge beidseitig des Ventils Putz vor dem Rohr abspringen würde.

1.2.5.1 Rücklauftemperaturbegrenzer (RTL) für die Primärschleifen

Diese einfachen thermomechanisch wirkenden, kostengünstigen, wartungsfreien Thermostaten öffnen und schließen je nach der Rohrabkühlung, die Regelung reagiert daher auf den Wärmebedarf des Wandsockels. Bei Neuinstallation werden sie am Rücklaufende des Einzelkreises neben dem Hauptrücklauf bzw. an entsprechender Stelle in einem Verteiler eingebaut. Der Name (die Abkürzung RTL geht auf engl. 'return temperature limiter' zurück) deutet auf die Herkunft: Entwickelt wurden sie zur Vermeidung von zu hohen Oberflächentemperaturen bei Fußbodenheizung. Zur Nachrüstung an vorhandenen Verteilern werden auf die Ventilsitze des Vorlaufbalkens Thermostate mit Fernfühlern aufgeschraubt, deren Fühler an den Enden der Rückläufe der Einzelschleifen montiert werden, z. B. in ein Stück Dämmschlauch geschoben. Zur Einstellung der RTL s. Punkt 4.

1.2.5.2 Heizkörperthermostate (HKT) für die Sekundärschleifen

Die Sekundärschleifen werden durch übliche Heizkörperthermostate geregelt, die wie bei Heizkörpern auf die Umgebungstemperatur reagieren. Bei Temperieranlagen ist jedoch nicht die Temperatur der Raumluft, sondern die Wärmestrahlung der Umgebung maßgebend. Sie können daher an beliebiger Stelle im Rohrverlauf eingesetzt werden, wenn keine optische Störung im Bereich von Fensterbänken entstehen soll.

1.2.6 Die Heizkörper-Rücklaufverschraubung (HKV)

In den Rücklauf jeder Primärschleife wird hinter der Einbindung des Rücklaufs der letzten Sekundärschleife eine sog. Heizkörperücklaufverschraubung gesetzt, deren Kappe aus dem Putz herauschaut. Sie bietet mehrere Vorteile:

- Die *luftfreie Erstbefüllung* des Rohrsystems: Befüllung der Primärschleife bei offenem RTL und offener HKV, jedoch geschlossenen Heizkörperthermostaten; Befüllung der einzelnen Sekundärschleifen einer Primärschleife nach Schließen der HKV und Öffnen des Thermostatventils der ersten Sekundärschleife, nach deren Füllung Öffnen des 2. Sekundärschleifen-Thermostaten usw.
- *Optimierung der Hydraulik* einer Primär- und ihrer Sekundärschleifen: Vollständiges Öffnen der HKV nach der Befüllung der zugehörigen Sekundärschleifen und anschließendes Zudrehen der HKV um 1 - 2 Umdrehungen (ggf. auch etwas mehr) zur leichten Erhöhung des Widerstandes in der Primärschleife zugunsten der Sekundärschleifen, die nun sicher durchströmt werden
- "Heizkörperentlüftung": *Spülen* einer später evtl. durch Lufteinschluss verlegten Sekundärschleife *ohne Einsatz von Frischwasser*, in dem analog zur Erstbefüllung die HKV und die Thermostatventile der übrigen Sekundärschleifen geschlossen werden und der volle Pumpendruck auf die verlegte Schleife gelenkt wird. Dabei wird die Pumpenleistung händisch hoch eingestellt. Im Luftabscheider hinter dem Wärmeerzeuger tritt die Luft dann aus.

Je ein Handentlüfter am oberen Ende der Steigleitungen (für die Erstbefüllung) und ein Gasabscheider im Heizraum am Anfang des Hauptvorlaufs (für den Betrieb) sind sinnvoll.

1.2.7 Verteilerkästen

Bei Temperierung besteht für Verteilerkästen und die mit ihnen verbundenen Wandausbrüche kein Bedarf, wenn das Gebäude in allen Geschossen von der gleichen Partei genutzt wird. Die gilt auch bei unterschiedlichster Raumnutzung. Der heute als zwingend angesehene "hydraulische Abgleich" bezieht sich auf Heizkörperheizung und soll im Rohrnetz die Wassermengen, die in den einzelnen Strängen fließen, abstimmen auf den Wärmebedarf verschiedener Räume, deren Heizkörper jeweils an einem Strang hängen. Dies setzt Einrichtungen voraus, für die ein Verteiler in einem Wandkasten erforderlich ist. Bei Temperierung der Gebäudehülle ist jedoch schon die Voraussetzung, die Ermittlung des Wärmebedarfs nach DIN oder EN, fehlerhaft, da sie den bedarfssenkenden Einfluss des Heizverfahrens nicht berücksichtigt.

Ferner bilden die Primär- und Sekundärschleifen gemeinsam mit der Gebäudehülle, in deren innerer Oberfläche sie integriert sind, ein Speicher-Heizsystem, im Gegensatz zur Heizkörperheizung, wo mit gedämmten Zuleitungen Heizkörper versorgt werden, die die Luft aufheizen sollen.

Da alle Schleifen Thermostate und die Primärschleifen zusätzlich das Drosselventil (HKV) hinter der letzten Abzweigung haben, erübrigt sich ein statischer „Massenstromabgleich“ (mittels Abgleichventilen und voreinstellbaren Thermostaten), vielmehr ergibt sich ein dynamischer Abgleich allein durch die Thermostate (Standardform). Auch die Aufgabe von Strangreguliventilen wird besser von den RTL der Primärschleifen erfüllt, so dass diese direkt von den Steigleitungen unter Putz abgezweigt werden können. Dank der Thermostatventile und dem Drosselventil in jeder Primärschleife sind auch Spülung, Befüllung und Entlüftung jeder einzelnen Schleife möglich (1.2.6).

2. Einputzen von Cu-Rohren

2.1 Putzarten

Nicht nur das Einputzen mit Lehm ist unbedenklich. Das Deutsche Kupferinstitut bestätigte in den 1990er Jahren die Kompatibilität von Kupfer mit allen Putzarten. In der Regel werden die üblichen Innenputzarten verwendet: Kalk-Gips- oder Kalk-Zement-Fertigmischungen mit der Bezeichnung XX-150. In erdberührten Altbau-Räumen mit großer Anfangsfeuchte der Wände empfiehlt sich reiner Zement (gute Abbindung in feuchter Umgebung).

2.2 Schlitztiefen

Die Tiefe der Schlitzes beschränkt sich auf die Summe aus Rohrdurchmesser und Überdeckungsstärke. Es ist nicht erforderlich, hinter den Rohren Raum zu schaffen, sie dürfen am Schlitzgrund anliegen. Bei Primär- und Sekundärschleifen, durch die möglichst effiziente "Heizflächen" hergestellt werden müssen, sind 10 +/- 5 mm Überdeckung einzuhalten. Bei Steigleitungen, die wegen des Wärmestaus bei Materialkontakt nicht gedämmt werden müssen, wird durch 25 mm Putzstärke die Wärmeabstrahlung in den Raum ausreichend gedämpft. Eine vertikale linienförmige Strahlung von 35 °C wird als angenehm empfunden. Die Verluste durch Wärmeleitung sind vernachlässigbar.

2.3 Vermeidung von Putzrissen

Risse ergeben sich nicht durch die Rohrtemperatur, sondern wenn während der temperaturbedingten Rohr-Auslängung ein Rohrbogen anstößt, weil hinter ihm nicht genügend Spielraum besteht. Während die Zunahme des Umfangs vernachlässigbar ist, ergibt sich, bezogen auf einen Temperaturanstieg von 60 K (Beispiel: Raumtemperatur auf der Baustelle 10 °C, Vorlauf 70 °C), eine Auslängung von 1,2 mm pro Meter Rohr. Durch den im Folgenden beschriebenen Vorgang werden die nötigen Spielräume geschaffen, so dass weder weiche Zulagen noch ein Armiergewebe erforderlich sind. Vor dem Verputzen muss noch einmal überprüft werden, ob die Lage der Rohre erlaubt, eine max. Putzstärke von 10 mm über Rohrscheitel einzuhalten, da sich mit jedem Millimeter Putzstärke die Putzoberflächentemperatur um 1 K verringert! Hinter Pressfittings muss wegen der Wülste etwas Material abgetragen werden, damit die Rohrabschnitte daneben anliegen können. Nun können die Schleifen nacheinander einzeln wie folgt behandelt werden:

- An allen Bögen der ersten Schleife sowie an allen ihren T-Stücken und Pressfittings werden im kalten (= kurzen) Rohrzustand Mörtelbatzen angebracht und putzbündig (bei Verlegung in Putzschlitzen) bzw. scheitelbündig (bei Verlegung auf der Rohwand) abgezogen.
- Sofort nach Anbringen der Batzen wird die Schleife aufgeheizt, für ca. fünf Minuten mit min. 60 °C, um kurzfristig die im Winterbetrieb auftretende maximale Rohrauslängung zu erzwingen. Nur wenn der Putz noch feucht ist, kann die daraus folgende Bewegung des Bogens die für den späteren Maximalbetrieb erforderliche Toleranz schaffen. Wegen der guten Wärmeleitfähigkeit von Kupfer tritt die Bewegung so rasch ein, dass die Batzen währenddessen noch plastisch sind.
- Nach ca. fünf Min. (bzw. wenn am Rücklaufende min. 45 °C herrschen: Daumen "tut weh") wird die jeweilige Schleife wieder abgestellt.

Das Verputzen der Rohrstrecken erfolgt im kalten Rohrzustand. Bei Maschinenputz werden zuerst die Rohrtrassen ausgespritzt, bei Handputz wird der Mörtel eingespachtelt, damit er sich der Rohrwölbung bis zum Schlitzgrund anpasst. Das Wiedereinschalten zum Heizbetrieb kann nach ca. 24 Std. erfolgen (bei reinem Kalkputz nach einer Woche).

2.3 Anmörteln von Sockelschleifen

In Lagern, Depots und Archiven genügt die Verlegung von Primärschleifen an den Außenwänden, ergänzt durch Null-Leitungen an den Trennwänden über Erdreich. In solchen Räumen können die Rohre ohne Schlitzung auf Putz in Wandkontakt verlegt und entweder angestrichen oder zur Verbesserung der Wirkung mit einem Mörtelsockel (max. 20 mm Putzstärke über Rohrscheitel) dauerhaft abgedeckt werden. Der Mörtel passt sich an die an der Wand befestigten Rohre an, so dass er nach dem Abbinden "armiert" ist. Es ergibt sich daher ein stabiles rissfreies Sockelprofil, das nebenbei verhindert, dass der Auftrieb durch Heranschieben von Möbeln unterbunden wird. Bei Rohrschleifen in Bodenfugen an Türen soll der Rohrabstand min. 2 cm betragen, damit zwischen den Rohren ein an die Rohre angeformter Mörtelsteg entstehen kann.

2.4 Leitungen im Bereich von Glaswänden, Außentüren, bodentiefen Fenstern

Entlang von Außentüren und bodentiefen Fenstern bzw. Glaswänden müssen die Schleifen (Primär- und Sekundärschleife) so verlegt werden, dass sie Wärme an die senkrechten Flächen abgeben können. Dazu werden die vier Rohre in der ersten Laibung herunter geführt, waagrecht nebeneinander und oberflächennah entlang der Elemente verzogen und in der zweiten Laibung wieder hochgeführt, so dass sie wieder ihre Lage im Wandverlauf einnehmen können.

Analog zu Schleifenabschnitten, die im Putz der Wand bzw. der Laibung verlaufen, werden die Rohre im monolithischen Verbund verlegt, in einem bis zur Rohdecke reichenden Mörtelbett. Der lichte Rohrabstand beträgt 2,5 cm. Die maximale Überdeckung des Rohrscheitels ist 20 mm, besser 15 oder weniger, da sonst die bei Frost für Glaswände nötigen 40 °C an der Oberfläche der Überdeckung nicht erreicht werden! Die Verlegung unter Fliesen von 1 cm Stärke ist ideal, wenn die Rohre in einem Mörtelbett liegen, dessen Oberfläche bündig mit den Rohrscheiteln ist. Die Trocknung des Betts wird durch leichten Heizbetrieb beschleunigt (VL 30 °C). Darauf können die Platten im Dünnbett oder mit Klebmörtel verlegt werden. Bei monolithischer Ausführung sind keine Risse oder Plattenbrüche möglich. Bedenken wegen zu geringer Rohrüberdeckung sind daher gegenstandslos. Für die Rohre kommt es bei Punktlasten durch die Platten zu ausreichender Druckverteilung.

Wegen der starken Dämmwirkung von Holz wird bei Holzböden der Holzbelag nicht in den Laibungsbereich gezogen, sondern nur bis zur Linie der Putzoberfläche der Wände; der Bereich zwischen den Laibungen wird monolithisch mit Mörtel aufgefüllt und, niveaugleich mit dem Holz, mineralisch belegt, damit die Wärmeabgabe der kreuzenden Rohre nicht zu stark gemindert wird (max. Scheitelüberdeckung 20 mm).

3. Bodentemperierung

In Bädern bzw. in nichtunterkellerten Wohnräumen mit mineralischem Bodenbelag kann man mit der Leitung für die Feuchtesanierung (Null-Leitung) in den Flächen Umwege fahren, so dass ein Rohrabstand von 80 cm bis 1 m vorliegt (im Gegensatz zur FB-Heizung: alle 15 cm 1 Rohr).

3.1 Bodenaufbau

Bereits bei Sockeltemperierung allein - ohne Rohre in der Bodenfläche - genügt bei erdberührten Böden ein Minimal-Bodenaufbau:

- Sauberkeitsschicht bzw. Unterbeton ohne kapillarbrechende Schicht, keine Wärmedämmung, monolithischer Ausgleichsestrich (nicht schwimmend, ohne Randabstellung). In dieser Ebene können Elektro-Leerrohre, Bodentemperierrohre etc. verlegt werden. Der Plattenbelag kann geklebt oder im Dünnbett erfolgen.

3.2 Rohrpositionen

Die ideale Höhe des Trockenlegungsrohrs an den Wandsockeln ist seitlich zwischen Rohwand und Belags-Seitenkante. Dann ist nicht nur die bauphysikalische Wirkung gesichert (geringer Abstand zur Rohbau-Wandbodenecke), sondern der Beitrag zur Raumheizung wäre ungeschmälert (wegen der geringen Überdeckung). Bei Dielenböden gilt auch "Höhe Seitenkante Diele", wenn der Abstand nicht größer als 8 cm zur Rohdecke ist (z. B. bei Kreuzlattung von 2 x 4 cm). Die Feuchtesicherheit im Hohlraum ist dank der Temperier-Ringwirkung (von Außenwand- und Trennwandsockeln) gewährleistet.

3.3 Einmörteln

Zur Vermeidung von Zwängspannungen in Folge der Längenausdehnung der Rohre sind bei Türkreuzungen der Primär- und Sekundärschleifen vor dem Einmörteln die Regeln des Einputzens von Rohren an der Wand analog zu beachten (s. 2). Bei Bodentemperierrohren, die nur mit max. 35 °C Vorlauf betrieben werden, kann die kurzfristige Aufheizung direkt nach Estricheinbringung erfolgen. Zur Beschleunigung kann der Vorlauf ebenfalls auf 60 °C gestellt werden. Bereits nach Erreichen von 30 °C am Rücklaufende kann wieder abgeschaltet oder auf Schwachbetrieb gestellt werden.

4. Betriebsweise

Um die Gesamtwirkung zu erreichen, werden die Rohre kontinuierlich betrieben: In der Heizperiode alle Primärschleifen und die Sekundärschleifen in den genutzten Räumen, im Sommer nur die im erdberührten Bereich verlegten

Leitungen (s. 4.2). Zwar ist der Hauptvorlauf witterungsgeführt. Ob die mögliche Leistung in den Primärschleifen aber fließt, wird von der Himmelsrichtung der Fassade mitbestimmt, da die Schleifen durch RTLs geregelt werden, die den durch die Wandtrocknung und die zeitweise Zustrahlung verringerten, "effektiven" Verlust erfassen.

Es ergibt sich eine kleine "Spreizung": Der Unterschied zwischen Vor- und Rücklauftemperatur stellt sich in der Heizperiode auf 8 - 12 K ein. Damit also Vorlauftemperaturen von 50 °C oder mehr fließen können, muss der RTL auf 4 oder 4,5 gestellt werden (= ca. 40 - 45 °C am Rücklaufende). Die Null-Leitungen können im Winter mit der Vorlauftemperatur der Primärschleifen betrieben werden und so einen Teil des Wärmebedarfs des EG decken. Dies führt nicht zu einem höheren Jahresenergiebedarf: Die pro Laufmeter Wand erforderliche Wärmemenge wird nur besser verteilt. Ursache der kleinen Spreizungen sind die hohe Wärmekapazität des Wassers und der im trockenen Material eintretende Wärmestau. Da aus der Verbindung des Heizsystems mit der Masse der Gebäudehülle starke Selbstregelleffekte folgen, findet in vielen kleineren Gebäuden diese halbjährliche Umstellung händisch statt. Das gleiche erreicht man mit elektronischen Regelanlagen, wenn Rohrfühler an den Rücklaufenden der Primärschleifen die Vorgaben geben. Durch Ansatz von 10 K Spreizung im Winter und 6 K im Sommer in der Programmierung kann eine mit der Außentemperatur (bzw. mit deren Dreistundenmittel) gleitende Schleifenleistung erreicht werden

4.1 Der Absenkbetrieb

In Gebäuden, in denen ein konstantes Raumklima herrschen soll (Museen, Archive, Depots), ist eine Nachtabenkung ausgeschlossen. In dauernd genutzten temperierten Gebäuden mit einer Mindest-Speichermasse ist durch Nachtabenkung keine weitere Einsparung zu erreichen. Ein Grund liegt in der starken Abstrahlung in der Nacht: Die Temperatur des klaren Nachthimmels liegt ständig bei - 60 °C. Tatsächlich ergibt sich bei kontinuierlichem Betrieb eine "Tagabsenkung", da der Verbrauch mit Beginn der diffusen Tageslicht-Zustrahlung sinkt. Auch in Schulen ergaben sich derart günstige Verbrauchswerte (s. 6), wenn die Absenkung der Vorlauftemperatur (bzw. die Abschaltung von Schleifen im nicht erdberührten Bereich) auf die Ferienzeiten in der wärmeren Jahreszeit beschränkt wurde.

4.2 Feuchteschutz im Sommer

Gegen das Sommerkondensat im erdberührten Bereich genügt der Betrieb der betreffenden Primärschleifen, bzw., wenn vorhanden, der Null-Leitungen allein. Dazu ist die Einstellung eines Sommersockels in der Heizkurve nötig: Bei 30 °C Außentemperatur sollen noch ca. 28 °C Vorlauf fließen können. Die Sommertemperierung verursacht keinen Mehrbedarf, da sie die erdberührten Bauteile mit geringer Leistung (5 - 15 W/m Wandlänge) im Optimalzustand in die Heizperiode bringt. In nichtunterkellerten Erdgeschossräumen muss im Sommer lediglich die Abkühlung der Wandsockel unter 20 °C verhindert werden, wozu ein mittlerer Vorlauf von 26 °C ausreicht. Dabei ergibt sich eine noch kleinere Spreizung (3 - 6 K), so dass die Stellung auf "2" (= ca. 20 °C am Rücklaufende) reduziert werden muss.

Während in nichtunterkellerten Erdgeschossen ein Abschalten über die drei wärmsten Monate unschädlich bleibt, ist in Hanglagen und Kellern der Mindestbetrieb zur Vermeidung von Schimmel erforderlich, dazu aber besser geeignet als Luftentfeuchter (s. 5.2).

5. Bauphysikalische Effekte, einzusparende Maßnahmen

5.1 Trockenlegung und Schadsalz-Inaktivierung

Die Trockenlegung und Schadsalz-Inaktivierung an erdberührten Flächen und Wandsockeln über Erdreich ergibt sich bei Sockeltemperierung aus dem Wärmestau in der Wandbodenecke, ohne die üblichen Maßnahmen am Mauerwerk wie Abgraben, Vertikalsperre, Wärmedämmung, Horizontalsperre, Dränage, Sanierputz bzw. am Boden wie kapillarbrechende Schicht, Feuchtesperre, Wärmedämmung, schwimmender Estrich.

Im unmittelbaren Gebäudeumgriff wird an der Oberfläche die Regenabführung sichergestellt durch eine versiegelte Schicht von ca. 80 cm Breite mit leichtem Gefälle weg vom Gebäude.

In erdberührten Räumen wird hohl liegender bzw. salzgeschädigter Putz entfernt, loser Wandfugenmörtel und Fugen im Boden min. drei cm tief ausgeräumt und mit hydraulischem Mörtel gefüllt. Löcher im Mauerwerk werden ausgemörtelt bzw. ausgemauert. Ein Unterbeton - oder auch ein Verbundpflaster im Sandbett - werden ohne Zwischenschicht auf planiertem, verdichtetem Erdreich als 'verlorene Schalung' verlegt. Ein Holzbelag auf Kreuzlattung oder Lagerhölzern folgt direkt darauf, die Feuchtesicherung wird durch die Sockelbeheizung gewährleistet. Ein mineralischer Belag wird über einem Ausgleichsestrich ('monolithisch') verlegt, in dem die Null-Leitung zwei bis vier Umwege machen kann (z. B. in Bädern). Der Aushub in Kellern oder nichtunterkellerten Erdgeschossen beschränkt sich daher auf die für den vereinfachten Bodenaufbau erforderliche Höhe.

5.2 Vermeidung von Kondensat und Schimmel

Aus der Betrachtung des Mollier-h-, x-Diagramms (s. unten) wird ersichtlich, dass sich die örtliche relative Luftfeuchte aus der saisonalen Absolutfeuchte und der jeweiligen Bauteil-Oberflächentemperatur ergibt. Daraus folgt,

dass Feuchteabscheidung und Schimmelbildung an Wänden, Raumausstattung und Lagergut ausgeschlossen sind, wenn an den Raumhüllflächen ganzjährig eine homogene und *saisonal ausreichend hohe* Temperatur vorliegt. Dieser auch für den Heizenergiebedarf wichtige Feuchteschutz lässt sich mit der Temperiermethode im gesamten Jahresverlauf auf einfachste Weise erreichen:

- In der *Heizperiode* ergibt sich dies aus der Temperierung der Gebäudehülle und gilt für das gesamte Gebäude in Bezug auf die Wasserdampfmenge, die aus der Wohnnutzung folgt. Bei dieser optimierten Art der Wärmeübertragung wird die Anforderung *ohne Raumluftechnik* erfüllt.
- Im *Sommer* dagegen geht es darum, trotz saisonal hoher Absolutfeuchte der Außenluft das Eintreten einer überhöhten rel. Luftfeuchte im Raum zu verhindern. Daher ist die Temperierung der *erdberührten* Bauteile (Außenwände im Keller bzw. in Hanglage, Wandsockel auf Erdreich) erforderlich, um auch in solchen Räumen eine Wandoberflächentemperatur zu erreichen bzw. zu halten, die in den übrigen, oberirdischen Räumen ohne Beheizung, durch Akkumulation der Tagesstrahlung in der sichtbaren Gebäudehülle, eintritt.

Diese sonst durch Luftentfeuchter oder Lüftungsanlagen (also ebenfalls unter Energieeinsatz) angestrebte Wirkung tritt bei Temperierung der Raumhüllflächen auch in Schränken oder Rollregalanlagen etc. ein:

Da die Festkörper im Raum in Strahlungsaustausch stehen, haben alle Gegenstände die gleiche Temperatur. Depots und Archive können bei Strahlungsheizung daher von der staubdichten Ausführung der Möblierung profitieren, während bei raumluftechnischen Verfahren die Dichtungen entfernt werden müssen. Schränke oder Rollregalanlagen können wandnah (im Abstand von 5 cm) aufgestellt werden

Luftentfeuchter, Lüftungsanlagen bzw. eine 'Klimalüftung' in Kellern sind bei Temperierung nicht erforderlich,

- die *Außenbauteile* entfeuchten nach außen,
- die aus den *Innenbauteilen* abgegebene Kapillarfeuchte versiegt nach wenigen Monaten bei natürlicher Lüftung: durch die 'thermische Horizontalsperre' an den Trennwandsockeln und durch den Ausschluss des Sommerkondensats.

Lüften ist daher nur in den Anfangswochen erforderlich, kann aber durch wenige gekippte Fenster und evtl. offene Kellertür erfolgen. Luftentfeuchtung dagegen hat einen ähnlichen Energiebedarf wie die Sockeltemperierung, verstärkt aber die Salzschäden an den Wandsockeln, da durch das Entfernen von Wasserdampf aus der Raumluf die Verdunstung aus den Wandkapillaren angeregt wird.

5.3 Lüftungsanlage

Die Leistung der in größeren Räumen mit stärkerer Belegung benötigten Lüftungsanlage kann in der Heizperiode auf ein Raumvolumen/Std. beschränkt werden. Bei Strahlungsklima (warme Wände, unbeheizte Raumluf, beim Einatmen also Kühlung der Lunge, beim Ausatmen Abfuhr der Stoffwechselwärme) ist die Hautkühlung durch Aktivität der Schweißdrüsen nicht erforderlich, die Luftqualität ist also kaum durch Geruchsbildung beeinträchtigt (s. Anhang). Der Energiebedarf für die Aufwärmung der Frischluft ist gering, da die Außenluftmenge gering ist und - wegen der Strahlungswärme - die Einblastemperatur unter der Raumlufteperatur liegen kann. Dabei entstehen keine Zugscheinungen. Bei konservatorischen Anforderungen ist auch der Bedarf an Luftbefeuchtung gering. In erdberührten Räumen entfällt durch die Sommertemperierung der Bedarf an Luftentfeuchtung.

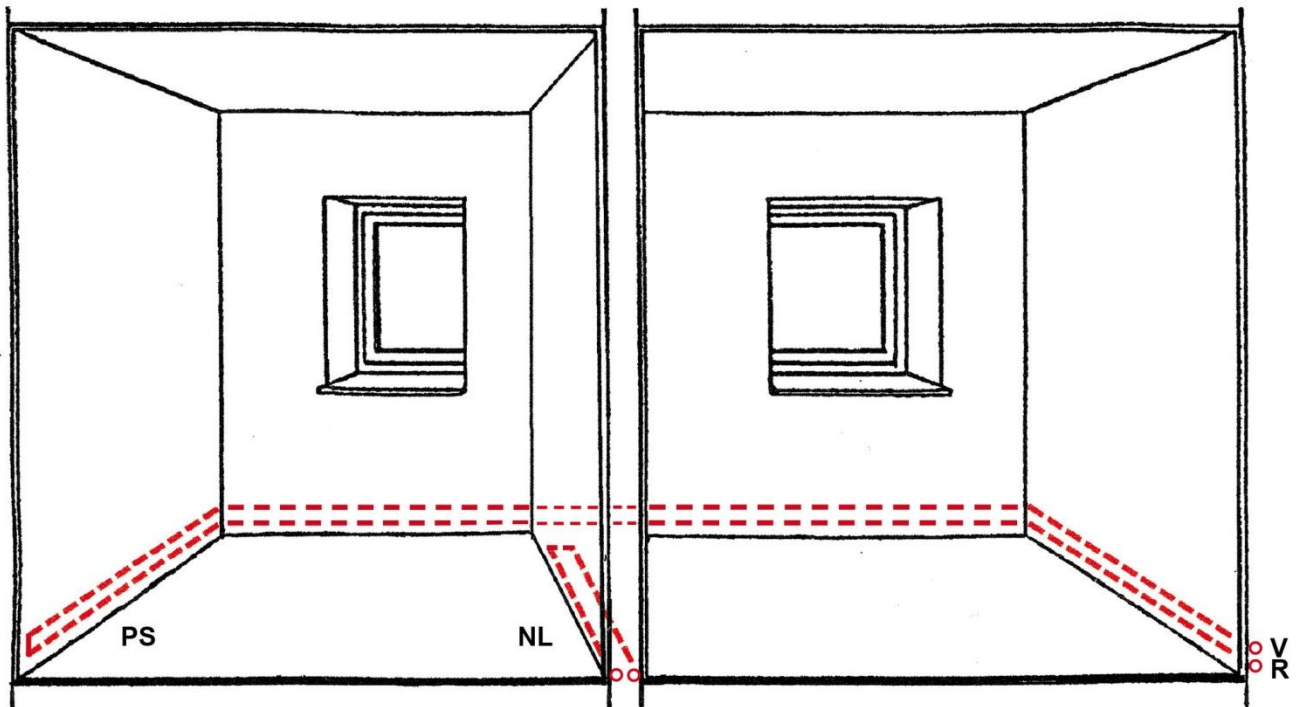
6. Energetische Gebäudesanierung

Die Raumbeheizung durch Temperierung der Gebäudehülle hat unmittelbar und auf rein physikalische Weise einen starken-Einspareffekt auf den Heizenergiebedarf:

- Die *Transmissionswärmeverluste* sinken dank der U-Wert-Verbesserung durch die Trocknung und den Feuchteschutz aller Außenbauteile, sowie durch Optimierung der Wärmespeicherung, ohne Dämmmaßnahmen (außer am Dach), bei Erhalt der Altfenster (soweit Doppelverglasung vorliegt).
- Die *Lüftungswärmeverluste* sind wegen des Vermeidens der Luftaufheizung minimal, die Fensterlüftung ist energetisch nicht nachteilig, eine Zwangslüftung mit Wärmerückgewinnung kann sich nicht amortisieren.

Wegen der bauphysikalischen Effekte stellt sich in Massivbauten bei Temperierung der Jahresenergiebedarf (Kilowattstunden pro m² im Jahr, kWh/m²·a) im Verlauf der ersten 3 Jahre auf das Ziel der "Energetischen Gebäudesanierung" (Energie-Einspar-Verordnung) ein, das sich bei konventioneller Vorgehensweise nach großem Aufwand ergeben soll ("unter 100 kWh/m²·a"): In temperierten Gebäuden mit abgedichteten Alt-Doppelfenstern und Dachdäm-

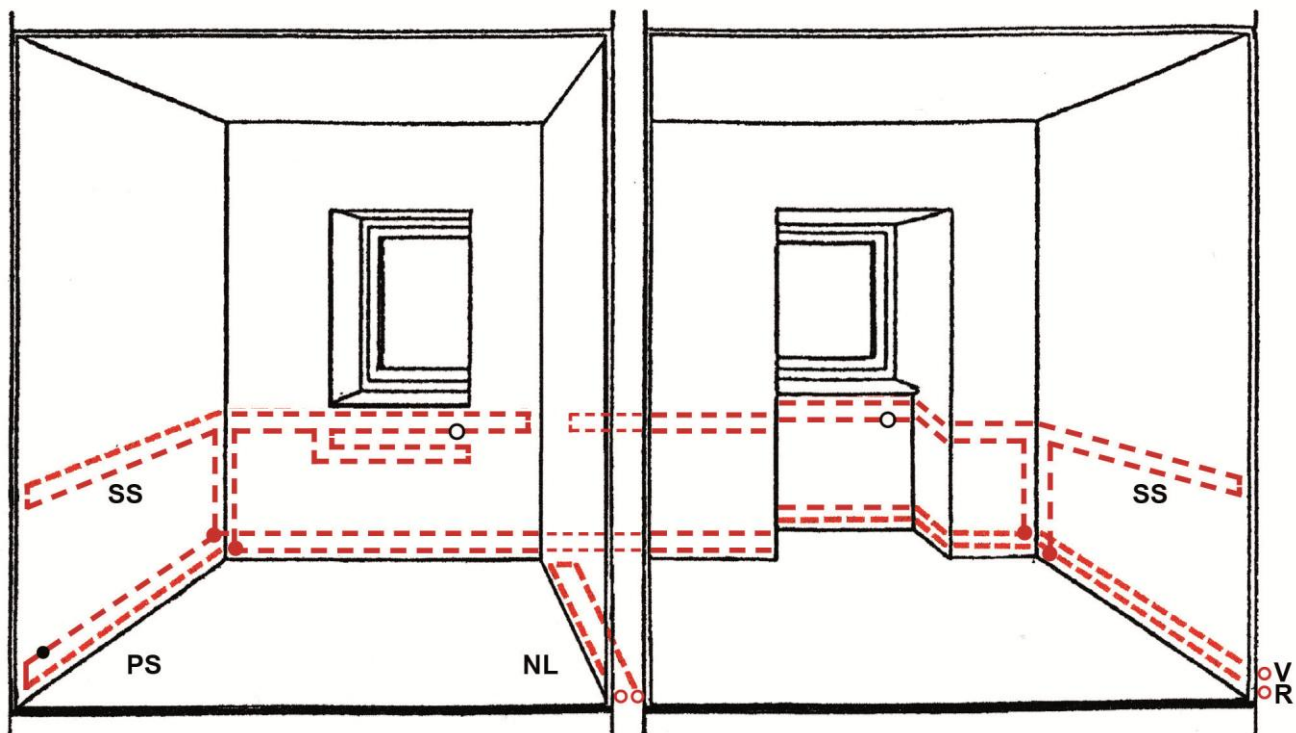
mung werden ohne Wärmedämmung an Außenwänden und Kellerflächen 60 - 100 kWh/m²·a (z. B. 6 - 10 l Öl/m²·a) erzielt.



Museum, Depot, Kirche, Kellergeschoss

PS Primärschleife NL Null-Leitung (Regelung PS/NL: RTL am Leitungsende)

○ Rohr (Schnitt)

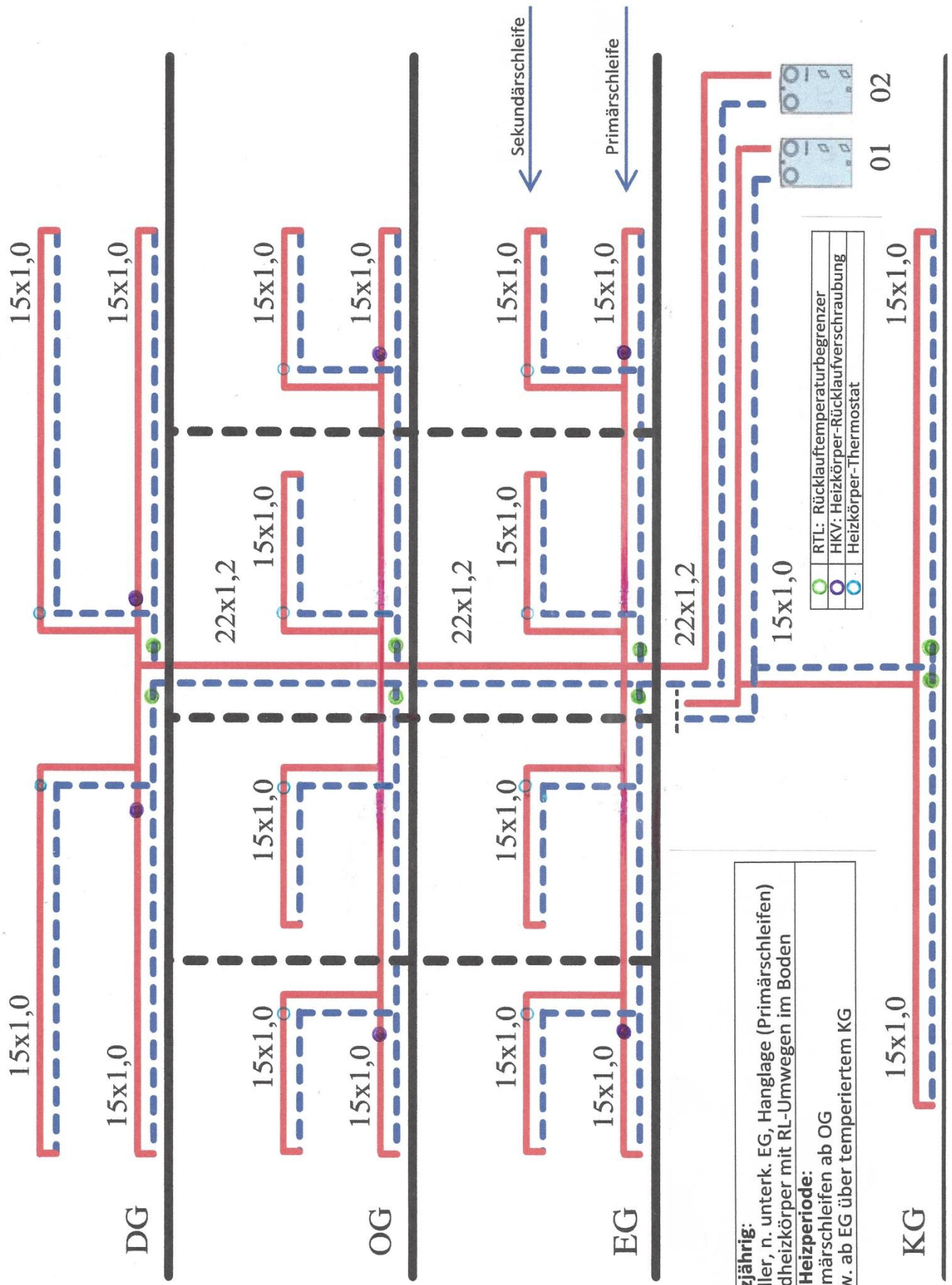


Museen mit höherem Temperatursanspruch, Büros, Wohngebäude (Vorlauf max. 55°C)

PS Primärschleife NL Null-Leitung (Regelung PS/NL: RTL am Leitungsende)

SS Sekundärschleife

○ Heizkörper-Thermostat ● Heizkörper-Rücklaufverschraubung ● T-Stück ○ Rohr (Schnitt)



Ventile

Heizkörper-Thermostat

- in jeder Sekundärschleife,
an beliebiger Stelle

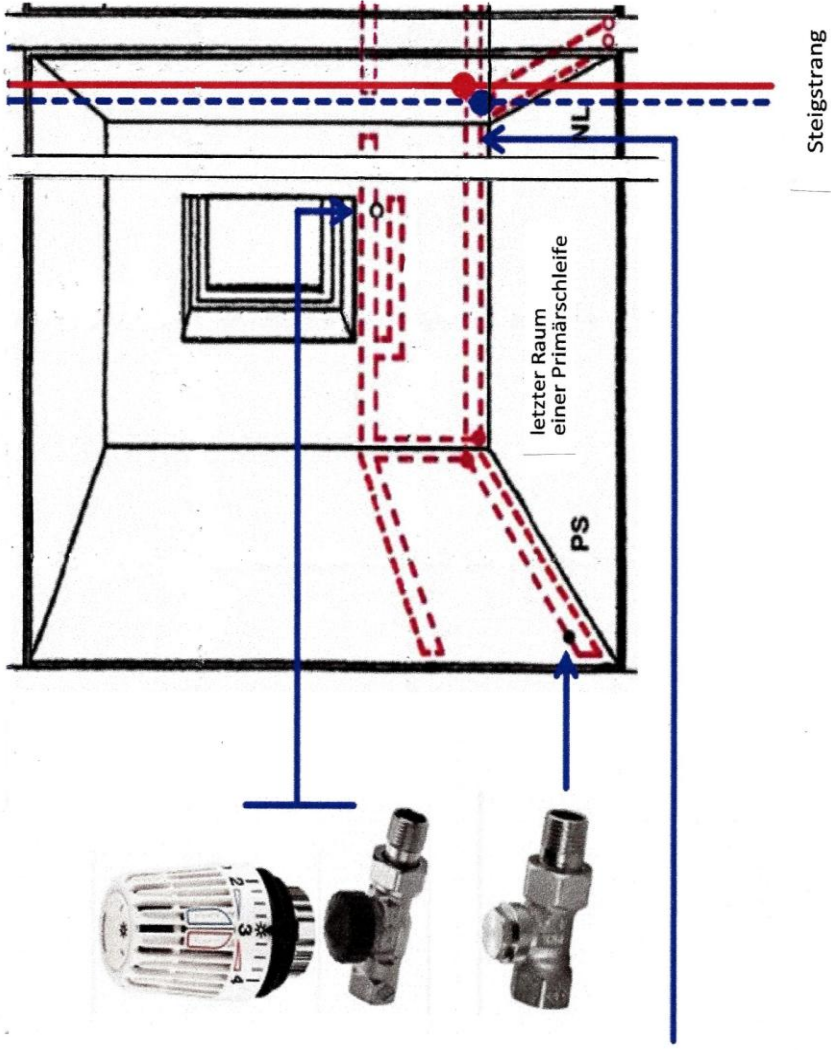


Heizkörper-Rücklaufverschraubung

- am Ende jeder Primärschleife, im letzten Raum hinter der Sekundärabzweigung

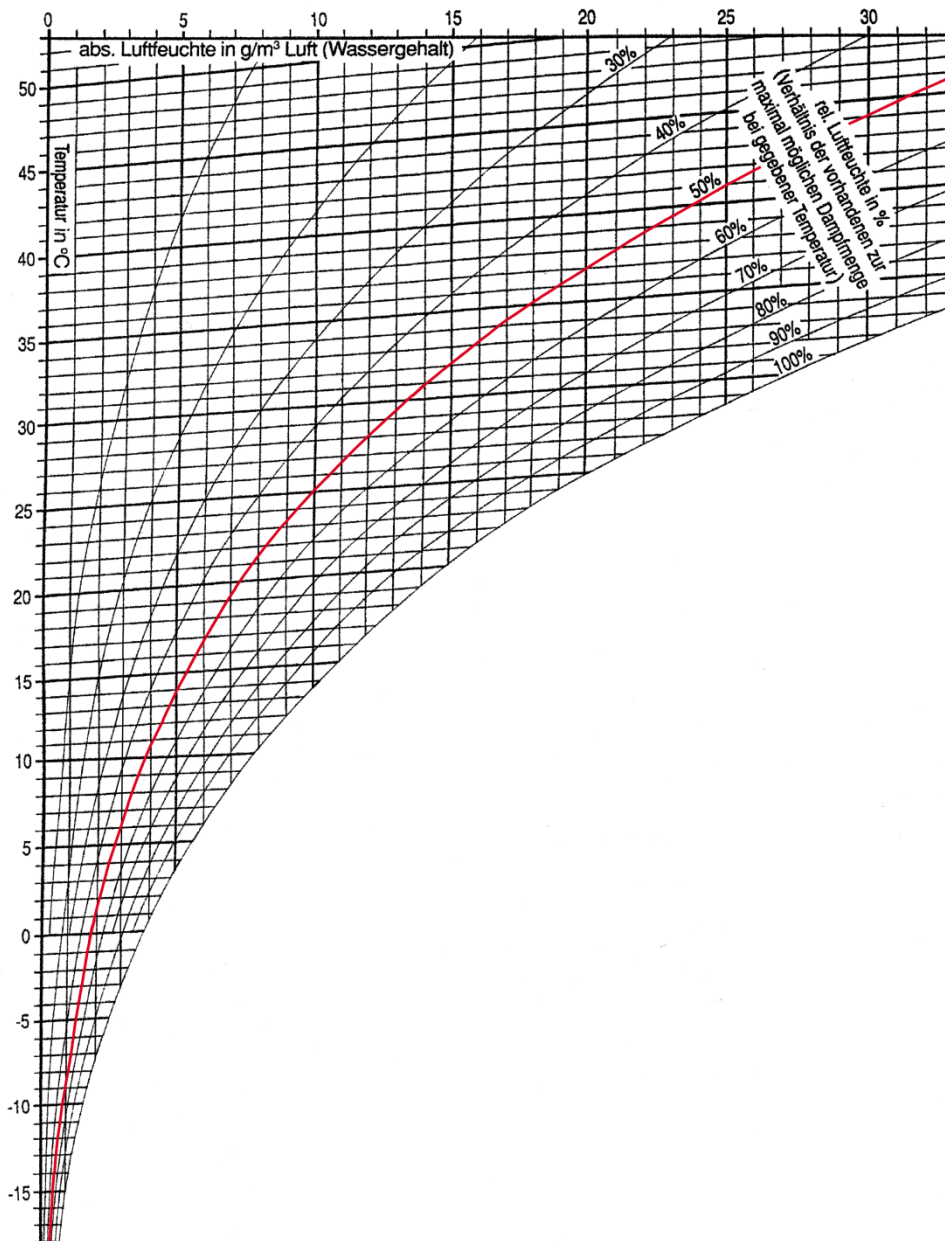
RTL: Rücklaftemperaturbegrenzer

- im Rücklauf jeder Primärschleife, vor dem Eintritt in den Steigstrang



Steigstrang

Mollier-h, x-Diagramm



Der **örtliche Wert der relativen Luftfeuchte** ist abhängig

- vom **Wassergehalt der Luft** (der Absolutfeuchte in g/kg trockene Luft)
- und
- von der **Oberflächentemperatur des Bauteils**

Beispiel für konventionelle Raumklimatisierung in der Heizperiode, Heizkörperheizung mit Ultraschallbefeuchtung.
(Vergleichsmessung bei gleicher Absolutfeuchte im Raum: Maria Ranacher, Kunsthistorisches Museum Wien)

Frühwinter:

Werte in Raummitte:	21,5 °C, rel. Luftfeuchte 50 %	= 8 g/kg
Werte an Wand-Oberfläche hinter Bild:	14,1 °C, rel. Luftfeuchte 76 %	= 8 g/kg

(Temperatur an textiler Wandverkleidung)

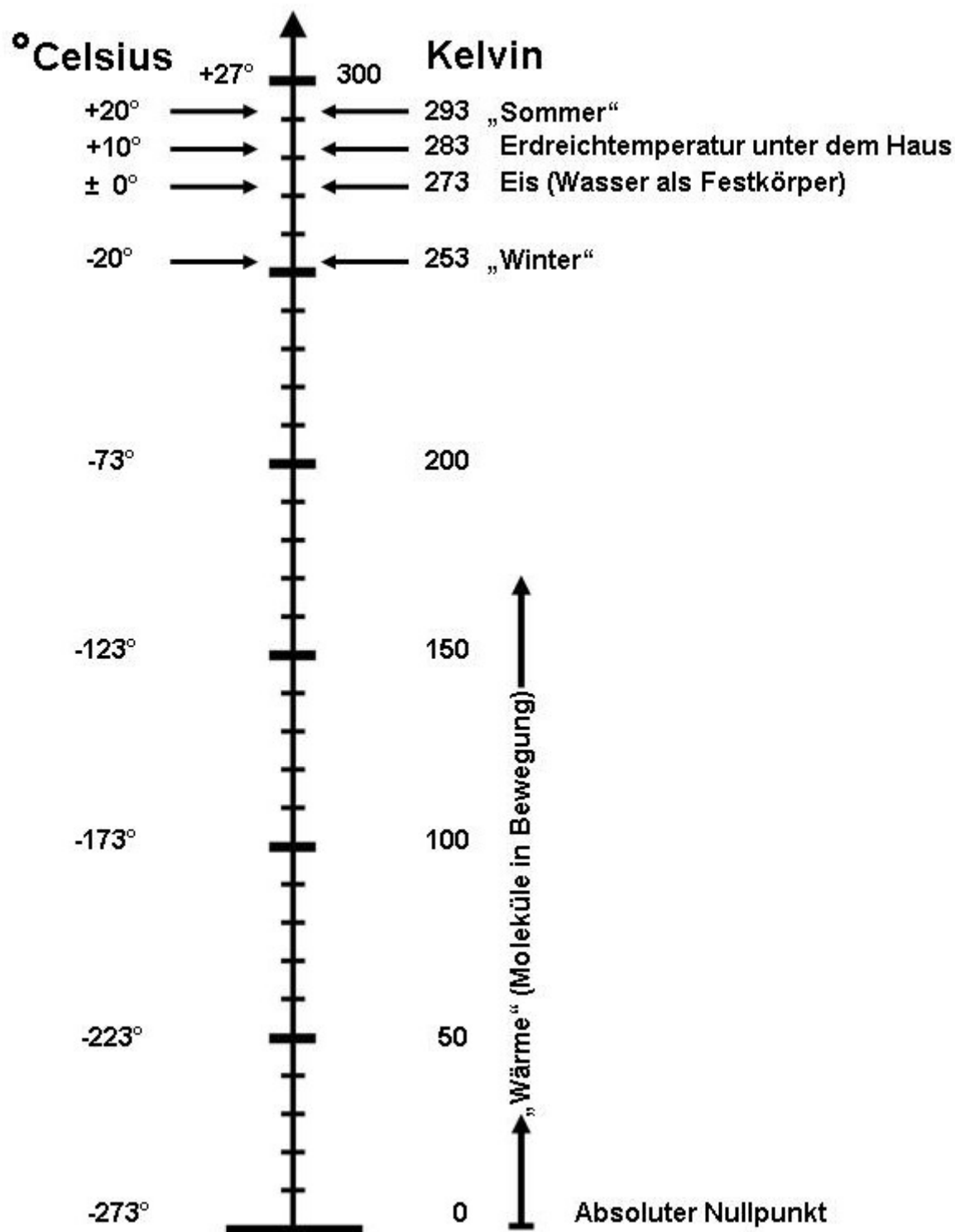
Frostwetter (bei gleichen Werten in Raummitte):

Temperatur hinter Bild (auf Bespannung):	11,0 °C, rel. Luftfeuchte 95 %	= 8 g/kg
--	--------------------------------	----------

(Schimmelsporen keimen aus!)

Wandoberfläche hinter Bespannung hat ab	10,3 °C Taupunkt, d. h. 100%	= 8 g/kg
---	------------------------------	----------

(Kondensation findet statt!)



Konstruktion einer sinnvollen Raumheizung: Physiologische Voraussetzungen

Die in den folgenden Punkten geschilderten Tatsachen machen deutlich, dass physiologisch sinnvolle Raumverhältnisse in der Heizperiode nur dann herrschen, wenn nicht die Raumluft beheizt wird, sondern - wie im Sommer - ausreichende Wärmestrahlung von den Außenwänden abgegeben wird. Demzufolge ist die Aufgabe der zu installierenden Raumheiztechnik, die Wärmeverluste der Räume ohne Umweg über die Raumluft zu decken. Da die Verluste nur an den Außenwänden auftreten, ergibt sich bei kontinuierlichem Betrieb die Lösung schon aus der oben beschriebenen einfachen Installation (1 - 2 Rohrschleifen entlang der Außenwandsöckel).

1. Physiologische Relevanz der Raumlufttemperatur

Die Lunge und das damit verbundene Blutgefäßsystem dienen nicht nur der Sauerstoffversorgung des Körpers („Lebensmittel Luft“) bei gleichzeitiger Abfuhr des Kohlendioxids, das beim Stoffwechsel entsteht, sondern auch der Abfuhr der dabei ebenfalls entstehenden Wärme. Dank der riesigen Lungenfläche (Fußballfeld) und dem Tatbestand, dass wir fortwährend ein- und ausatmen, ist die Wärmetauschfunktion der Lunge sehr groß. Da aber die Körperkerntemperatur zur optimalen Funktion des Stoffwechsels annähernd konstant bei 37°C liegen muss, mit einer Schwan-
kungstoleranz von einem halben Grad, ist es von großer Bedeutung, welche Temperatur die Raumluft, also die Luft, die wir einatmen, hat. Denn nur wenn die Raumluft deutlich kälter als die Körperkerntemperatur ist (wenn sie z. B. 22 °C hat), ist die Kühlfunktion der Lunge gegeben. Ist sie aber wesentlich wärmer, kehrt die Lunge ihre Funktion ins Gegenteil und wird - bei weiterlaufendem Stoffwechsel! - zum ebenso effizienten „Heizgerät“.

Welchen entscheidenden Anteil an der Wärmeregulation des Körpers die Wärmeabgabe über die Lunge hat, zeigt sich daran, dass beim Anstieg der Lufttemperatur die Wasserdampfabgabe des bekleideten Körpers zur Erzeugung von „Verdunstungskälte“ sprunghaft zunimmt: Sind es bei 10 °C (Straße) 30 Gramm Wasser pro Stunde und bei 15 °C (Hausflur) 31 g/h, so müssen bei 20 °C (strahlungsgeheizter Raum) bereits 39 g/h abgegeben werden, bei 25 °C (Raumlufttemperatur bei Fußbodenheizung) sind es schon 65 g/h und bei 30 °C (Heizkörperheizungsluft in Nasenhöhe) gar 100 g/h. Die Temperatur der aus dem Heizkörper austretenden Luft liegt die wesentlich darüber.

2. „Luftheizung“ schafft physiologisch absurde Raumverhältnisse

Dass bei „Luftheizung“ (z. B. Heizkörperheizung) die Luft im oberen Raumdrittel eine wesentlich höhere Temperatur (30-40°C) hat als im übrigen Raum, liegt daran, dass sie den Heizkörper z. B. mit ca. 58°C verlassen hat (bei einer Wassertemperatur von 60°C). In diesem Teil des Heizluftkreislaufes aber befindet sich die Nase, so dass dank der riesigen Lungenfläche und der Atemfrequenz die Aufnahme von Wärme über die Atmung intensiv ist (wir atmen das Heizmedium ein!) und mit dem nachgeschalteten Blutgefäßsystem ideal in den weiter stoffwechselnden Körper geleitet wird.

Während also in den Jahrtausenden mit reiner Strahlungsheizung (Hypokausten-Wandheizung der Römer, Kachelöfen, Einzelöfen) die als „Kühlaggregat“ konzipierte Lunge auch als solches funktionierte, wird sie durch das seit wenigen Jahrzehnten übliche, neue Prinzip der Wärmeübertragung in jedem Winter zum „Heizaggregat“. Die Folge ist, dass nicht nur die physiologisch ideale Abgabe von Stoffwechselwärme aus dem venösen Blut an die Lungenfläche verhindert, sondern auch das in den Körper zurückströmende, arterielle Blut zusätzlich aufgewärmt wird, so dass die Körperkerntemperatur rasch anzusteigen droht.

Wegen der geringen Toleranz von 0,5 Grad muss der „Zu-warm“-Fühler des Körpers (im Hirnanhang) sofort reagieren, und zwar durch Ausschalten der über die gesamte Hautoberfläche verteilten Kältefühler (pro cm² einer!). Nur dann kann der Durchmesser der Hautgefäße erweitert werden, damit wir – in Verbindung mit verstärkter Herztätigkeit – an der Haut eine wesentlich größere Wärmemenge abgeben können, als es im Sommer oder im Winter zu Zeiten der Strahlungsheizung erforderlich war, da Wärmestrahlung die Luft nicht aufheizen kann.

Erst seit es die zur Luftaufheizung konstruierten Heizkörper gibt, müssen wir im Winter nicht nur die gesamte Stoffwechselwärme, sondern auch die eingeatmete Heizwärme an der - viel kleineren, bekleideten(!) – Körperoberfläche abgeben. Nach Abschaltung der Kältefühler ist aber die Abstrahlung von Körperwärme nach allen Seiten gleich stark,

also auch zu Wandflächen hin, die – wegen der schlechten Wärmeverteilung bei „Luftheizung“ – kalt bleiben, dem Körper also zu wenig Wärme zustrahlen. Bei nichtbeheizter Atemluft dagegen würden die Hautgefäße der zur kalten Wand gerichteten Körperfläche durch die weiter aktiven Kältefühler eng gehalten, die Wärmeabgabe dort also sinnvoll reduziert.

Die Haut ist, da sie trocken und mit Kleidung bedeckt ist und nur 2 m² Fläche hat, zur Körperwärmeabgabe viel weniger geeignet als die Lunge, die nackt und nass ist und deren Fläche ca. 3.500-mal größer ist ("Fußballfeld"). Daher muss die heiztechnikbedingte Kreislaufschwerarbeit unterstützt werden durch die Aktivierung der Schweißdrüsen, um die Hautkühlung zu verstärken durch Abgabe von Verdunstungswärme an der Hautoberfläche. Während die Wärmeabgabe bei unbeheizter Raumluft an der riesigen, stets feuchten Lungenfläche „nebenbei“, beim Atmen, geschieht, wird die Haut bei "Luftheizung" zu einer aufwendigen Sonderleistung gezwungen, die „früher“ (s. o.), wie die erhöhte Kreislaufleistung, nur bei „schweißtreibender“ Tätigkeit erforderlich war. Heute aber prägen beide Ausnahmeerscheinungen die Befindlichkeit des Körpers fast den ganzen Tag über, da fast alle Räume und alle Verkehrsmittel „luftgeheizt“ sind.

Dies alles ist physiologisch absurd, da der sitzende oder im Raum gehende Mensch nur dann Behaglichkeit empfindet, wenn die Luft ruht, die Haut trocken ist und der Wärmedurchgang durch die Haut dem Teil der beim Stoffwechsel produzierten Wärmemenge entspricht, der gerade über Wärmeleitung und Blutfluss zur Körperoberfläche strömt. Unter "optimalen" - früher üblichen - Raumverhältnissen, z. B. in einem Raum mit 22 °C im Sommer oder in einem strahlungsgeheizten Raum mit gleicher Temperatur im Winter, würde der größere Teil der Stoffwechselwärmemenge durch das venöse, auf seinem Weg zur Lunge im Körpergewebe aufgewärmte Blut zur Lunge transportiert und, da diese durch das Einatmen ständig neu gekühlt wird, dort unbemerkt, beim Ausatmen, abgegeben.

Durch „luftheizende“ Verfahren wird jedoch die Behaglichkeit nicht nur unmittelbar beeinträchtigt, nämlich durch den Zug infolge der Zwangsbewegung der Heizluft, der durch "höhere Raumtemperatur" nicht kompensiert werden kann, da es dann noch mehr "zieht". Es entstehen noch andere Mängel, die allgemein als unvermeidbare Begleiterscheinungen der Raumbeheizung im Winter bzw. der Raumklimatisierung mit Klimaanlage hingenommen werden. Die Qualität der Raumluft wird also generell gemindert: Feinstaub wird ständig neu aufgewirbelt, so dass die Schleimhäute in ihrer Luftreinigungsaufgabe überfordert werden (wir nehmen ca. 12 m³ Luft in 24 Stunden bzw. 0,5 m³ pro Stunde auf), durch Deionisierung der Luft in den Schächten von Heizkörpern, bei schlechter Wartung durch Keimbelastung aus Luftbefeuchtern und Lüftungsgeräten, durch Luftkühlung von Klimageräten, während die Kühltursache (Sonnenstrahlung durch unbeschattete Glasflächen, starkes Kunstlicht etc.) weiter besteht (kalte Luft beeinträchtigt die Schleimhäute in ihrer Staubbinde- und -transportfunktion).

Die Beeinträchtigung ist so umfassend, da dies alles nicht mit einem technischen Medium in einem geschlossenen Apparat geschieht, sondern mit dem wichtigsten Lebensmittel des Menschen, das er ständig zu sich nehmen muss, im Raum, in dem er sich bewegt. Die Verwendung von Luft als technisches Medium im freien Raum ist daher generell fragwürdig.

3. Strahlungsklima schafft physiologisch sinnvolle Raumverhältnisse

Bei „Wandheizung“, insbesondere in ihrer universellen Form der Temperierung, wird das angesprochene Dilemma aufgehoben: In temperierten erdberührten Räumen wird im Sommer die Senkung der relativen Luftfeuchte von den warmen Wänden geleistet, nicht von lärmenden Apparaten, die die Wände kalt lassen, die Wandschäden aber verstärken. Im Winter fehlen nicht nur die Zugerscheinungen und die Staubaufnahme über die Atemwege. Auch die Wärmeregulation des Körpers bleibt ungestört, da die Kühlfunktion der Lunge optimal ist bei „kühler“ Luft, d. h. bei Luft, deren Temperatur nicht über der von der Wandbeheizung bestimmten Wand- (=Raum-) temperatur liegt. Die Stoffwechselwärme kann weitgehend an der Lungenoberfläche abgegeben werden, die Haut trägt zu dieser Aufgabe ihren natürlichen Teil bei. Zusätzliche Wärme wird nicht aufgenommen. Daher spricht der „Zu-warm“-Fühler nicht an, die Kältefühler bleiben, wie im Sommer bei unbeheizter Luft, aktiv und passen den Durchmesser der Hautgefäße ständig an die Wärmeabstrahlung der Wände an (kühlere Wandfläche = engere Gefäßstellung = geringere Wärmeabstrahlung des Körpers, wärmere Fläche = weitere Gefäßstellung = stärkere Abstrahlung), die Schweißdrüsen sind nicht in Tätigkeit, die Kreislauf-Mehrbelastung fehlt, da die Hautgefäße nicht ständig „auf weit“ gestellt sind und die Pumpleistung des Herzens somit nicht erhöht werden muss.

Durch das Zusammenspiel von ruhender, den Körper isolierender Luft und „selbstbestimmter“ Wärmeabgabe an der Körperoberfläche werden nicht nur geringere Raumtemperaturen als bei luftbewegenden Heiztechniken als behaglich empfunden, sondern vor allem wesentlich geringere Raum/lufttemperaturen. Im Museum sinkt dadurch der Aufwand für die künstliche Luftbefeuchtung erheblich, bei Klimaanlage auch der für die Frischluft-Nacherwärmung. Die Kältefühler der Haut können bei reinem Strahlungsklima auf Temperaturunterschiede sofort reagieren, z. B. durch Verengung der Hautgefäße auf dem Weg von wärmeren Räumen in aus konservatorischen oder ökonomischen Gründen geringer beheizte.

In Großräumen wie Kirchen ist es nicht erforderlich, das gesamte Raumluftvolumen zu beheizen, wie das bei der „anerkannten“ Luftheizung wegen der Thermik unvermeidlich ist. Es muss lediglich im Aufenthaltsbereich des Menschen eine „warme Wanne“ entstehen, durch die Zustrahlung von den unteren Wandbereichen, ggf. auch von den Rändern der Bankinseln. Die daraus resultierende, das Wärmebedürfnis verringernde „Inversionslage“ (kühleres Raumluftvolumen über wärmerer Bodenzone) ist gerade deswegen möglich, weil in diesem wärmeren Raumteil nicht die *Luft* wärmer ist, sondern die Flächenränder stärker strahlen, Wärmestrahlung Luft aber nicht heizen kann, und weil durch den zur Verteilung der Wärme an der Wandoberfläche erforderlichen Warmluftauftrieb keinerlei Luftbewegung im Raum hervorgerufen wird.

Es unterbleibt also der Kühleffekt, der durch die Dauerbewegung der Raumluf bei Luft-, Heizkörper- und Bankheizung ständig wirksam ist. Dieser Kühleffekt tritt auch bei der Fußbodenheizung auf, die meist als reine Strahlungsheizung missverstanden wird. Dabei wird übersehen, dass sie zwangsläufig Raumlufkonvektion erzeugt, da ihre große, den gesamten Boden einnehmende Heizfläche unter der Raumlufmasse angeordnet ist: Alle paar Minuten ruft dies eine „Stoßkonvektion“ hervor, da sich die unterste Luftschicht durch Wärmeleitung soweit aufheizt, dass sie die Raumlufmasse zusammen mit dem Bodestaub von der Raummitte aus umwälzen kann. Nur dieser unerwünschte Vorgang führt der frostberührten Außenwand – ebenso unkontinuierlich – Wärme zu, da die erwünschte Strahlungswärme ja nur der dem Strahler parallelen Fläche zu Gute kommt, also der Decke. Diese wiederum ist nur den Schultern und der Schädeldecke parallel, während die übrige Körperfläche zu den kühlen Wandflächen gerichtet ist.