

DIN EN 15759-1

ICS 97.195

**Erhaltung des kulturellen Erbes –
Raumklima –
Teil 1: Leitfäden für die Beheizung von Andachtsstätten;
Deutsche Fassung EN 15759-1:2011**

Conservation of cultural property –
Indoor climate –

Part 1: Guidelines for heating churches, chapels and other places of worship;
German version EN 15759-1:2011

Conservation des biens culturels –
Environnement intérieur –

Partie 1: Recommandations pour le chauffage des églises, chapelles et autres édifices
cultuels;
Version allemande EN 15759-1:2011

Gesamtumfang 25 Seiten

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15759:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI (Italien) gehalten wird.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuss im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist der als Spiegelausschuss zum CEN/TC 346 eingesetzte Arbeitsausschuss NA 005-01-36 AA „Erhaltung des kulturellen Erbes“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

ICS 97.195

Deutsche Fassung

Erhaltung des kulturellen Erbes - Raumklima - Teil 1: Leitfäden für die Beheizung von Andachtsstätten

Conservation of cultural property - Indoor climate - Part 1:
Guidelines for heating churches, chapels and other places
of worship

Conservation des biens culturels - Environnement intérieur
- Partie 1 : Recommandations pour le chauffage des
églises, chapelles et autres édifices cultuels

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Oktober 2011 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Gesichtspunkte, die vor und während der Anwendung der Norm zu beachten sind	8
4.1 Gesamtziel der Maßnahme	8
4.2 Der individuelle Charakter des Bauwerks	8
4.3 Fachliche Kompetenz	8
4.4 Die Folgen der Maßnahmen	8
4.5 Nachhaltigkeit und Energieeffizienz	8
5 Bestandsaufnahme des Bauwerkes, seines Innenraums und Inhalts	9
5.1 Die Bauwerksstruktur und ihr Zustand	9
5.2 Bauwerksinneres und Mobilien	9
5.3 Nutzung des Bauwerks	9
5.4 Luftaustausch	9
6 Spezifikationen für das Raumklima	10
6.1 Festsetzung des geeigneten Raumklimas	10
6.2 Feststellen des historischen Raumklimas	10
6.3 Raumklima-Spezifikationen aus konservatorischer Sicht	10
6.3.1 Allgemeines	10
6.3.2 Relative Luftfeuchte.....	10
6.3.3 Temperatur	11
6.3.4 Luftbewegung	11
6.4 Raumklima-Spezifikationen für thermische Behaglichkeit	11
6.4.1 Allgemeines	11
6.4.2 Relative Luftfeuchte.....	12
6.4.3 Temperatur	12
6.4.4 Luftbewegung	12
6.5 Kompromiss zwischen thermischer Behaglichkeit und konservatorischen Anforderungen	12
7 Beheizungsarten	12
7.1 Wahl der Beheizungsart.....	12
7.2 Grundstrategien	13
7.2.1 Keine Heizung	13
7.2.2 Konservatorisches Heizen	13
7.2.3 Beheizung für thermische Behaglichkeit	13
7.3 Räumliche Verteilung	14
7.3.1 Allgemeine Beheizung	14
7.3.2 Lokale Beheizung	14
7.4 Zeitliche Verteilung.....	14
7.4.1 Ständige Beheizung.....	14
7.4.2 Zeitweilige Beheizung	14
7.4.3 Beheizung im Mischbetrieb	15
8 Heizsysteme und ihre Anwendung	15
8.1 Warmluftheizung.....	15
8.1.1 Allgemeines	15
8.1.2 Zentrale Warmluftheizung.....	15
8.1.3 Dezentrale Warmluftheizung	15

8.1.4	Anwendung	15
8.1.5	Thermische Behaglichkeit	15
8.1.6	Konservatorische Aspekte	16
8.2	Infrarotheizung	16
8.2.1	Allgemeines	16
8.2.2	IR-Beheizung durch Gasverbrennung	16
8.2.3	IR-Beheizung durch elektrische Heizstrahler und Halogenstrahler	16
8.2.4	Thermische Behaglichkeit	16
8.2.5	Konservatorische Aspekte	16
8.2.6	Anwendung	17
8.3	Heizkörper (Radiatoren)	17
8.3.1	Allgemeines	17
8.3.2	Thermische Behaglichkeit	17
8.3.3	Konservatorische Aspekte	17
8.3.4	Anwendung	17
8.4	Wandheizung durch Rohrleitungen, die in oder an Wänden verlegt werden	17
8.4.1	Allgemeines	17
8.4.2	Thermische Behaglichkeit	17
8.4.3	Konservatorische Aspekte	18
8.4.4	Anwendung	18
8.5	Fußbodenheizung	18
8.5.1	Allgemeines	18
8.5.2	Thermische Behaglichkeit	18
8.5.3	Konservatorische Aspekte	18
8.5.4	Anwendung	18
8.6	Bankheizung	18
8.6.1	Allgemeines	18
8.6.2	Thermische Behaglichkeit	19
8.6.3	Konservatorische Aspekte	19
8.6.4	Anwendung	19
8.6.5	Systeme der Beheizung von Bänken	19
9	Umsetzung	20
10	Schlussbeurteilung	20
11	Bemerkungen zur Anwendung dieser Norm	21
Anhang A (informativ) Ablaufdiagramm zur Darstellung der verschiedenen Schritte der Norm		22
Literaturhinweise		23

Vorwort

Dieses Dokument (EN 15759-1:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 346 „Erhaltung des kulturellen Erbes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2012 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Kirchen, Kapellen und andere Andachtsstätten wie Moscheen und Synagogen (in diesem Normtext insgesamt als „Andachtsstätten“ bezeichnet) sind ein wichtiger Bestandteil des europäischen Kulturerbes. Die Gebäude und ihre Innenräume, die Gegenstände des kulturellen Erbes beherbergen, sind Dokumente unseres Erbes, von dem die Gesellschaft sich einig ist, dass es für heutige und künftige Generationen bewahrt werden soll. Das Raumklima ist ein entscheidender Faktor bei der Erhaltung der Bausubstanz der Gebäude und der in ihnen aufbewahrten Gegenstände.

Beweggrund für diese Europäische Norm ist die Erfordernis, den Besonderheiten von Andachtsstätten Rechnung zu tragen, die in Normen für die Beheizung anderer Gebäudearten nicht berücksichtigt werden. Die entscheidenden Merkmale dieser Gebäude sind ihre Bauweise (häufig frühe Bautechniken); die Tatsache, dass sie nicht dazu gedacht waren, darin zu wohnen oder zu arbeiten; ihre nur zeitweise Nutzung und die Schadenanfälligkeit ihrer Oberflächengestaltung und ihrer Einrichtung. Ursprünglich hatten die meisten historischen Andachtsstätten wenig oder gar keine Heizung. Heutzutage können Bauten in kühleren Klimazonen beheizt werden, um

- a) Gläubigen, Personal und Besuchern (in diesem Text insgesamt als „Nutzer“ bezeichnet) thermische Behaglichkeit zu bieten;
- b) das Raumklima für die Erhaltung des Gebäudes und seines Inhalts zu verbessern;
- c) eine Kombination aus (a) und (b) zu erreichen für Gebäude, in denen sowohl konservatorische Aspekte als auch die thermische Behaglichkeit zu berücksichtigen sind.

Die für thermische Behaglichkeit üblichen Klimaanforderungen können manchmal im Widerspruch zu den konservatorischen Anforderungen stehen, wodurch eine Kompromisslösung notwendig wird.

Eine Entscheidung, das Heizungssystem einer Andachtsstätte zu verändern oder zu ersetzen, hängt grundsätzlich von einer ganzen Reihe von Faktoren ab: vom Nutzungsmuster des Bauwerks (z. B. Häufigkeit, Zahl der Nutzer, Öffnungszeiten für Besucher), von seiner liturgischen Nutzung, von der Bedeutung, vom Zustand und von der Schadenanfälligkeit des Bauwerks und seines oft wertvollen Inhalts, vom thermischen Komfort für die Nutzer, von Kosten (Installation, Betrieb und Instandhaltung), Energieeffizienz und Nachhaltigkeit, sichtbaren und hörbaren Auswirkungen, der Ästhetik und Auswirkungen auf die Bauwerksstruktur, von der Sicherheit sowie von nationalen Regeln und Gesetzen.

Diese Norm bietet Leitfäden an, um die bestmögliche Entscheidung im Hinblick auf die Nutzer zu erleichtern. Die Norm gliedert sich in folgende Schritte:

- a) Bestandsaufnahme des Bauwerks, seines Innenraums und dessen, was sich darin befindet;
- b) Festlegung der Anforderungen an das Raumklima aus konservatorischer Sicht und im Hinblick auf den thermischen Komfort;
- c) Festlegung einer geeigneten Beheizungsart;
- d) Wahl und Bemessung eines geeigneten Heizungssystems;
- e) Durchführung der geplanten Umbaumaßnahmen;
- f) Beurteilung der Wirksamkeit des Heizungssystems in Bezug auf seine Spezifikation.

Dies ist die erste in einer Reihe von Normen, die das Raumklima und die Klimakontrolle in Bauwerken des kulturellen Erbes zum Gegenstand haben. Der Luftaustausch in Gebäuden hat grundlegenden Einfluss auf Raumklima und Klimakontrolle. Allgemeine Überlegungen hierzu finden sich in Abschnitt 5. Das Thema Lüftung wird im zweiten Teil dieser Reihe von Normen zum Raumklima in Gebäuden des kulturellen Erbes ausführlich behandelt werden, prEN 15759-2, *Erhaltung des kulturellen Erbes – Raumklima – Teil 2: Lüftung*.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm stellt Leitfäden bereit für die Wahl von Beheizungsarten und Heizungssystemen in Kirchen, Kapellen und anderen Andachtsstätten wie Moscheen und Synagogen, um Schaden an Kulturgut abzuwenden und gleichzeitig ein Raumklima zu schaffen, das eine nachhaltige Nutzung dieser Bauwerke erlaubt. Sie ist auf die meisten Arten von Andachtsstätten anwendbar, unabhängig von deren Größe und Bauart. Diese Europäische Norm ist nicht nur auf den Einbau neuer Heizsysteme, sondern gleichermaßen auf das Ersetzen alter Heizungen anwendbar.

Diese Europäische Norm bezieht sich auf Bauwerke, die Teil des Kulturerbes sind oder Gegenstände des Kulturerbes beherbergen. Die Europäische Norm befasst sich mit dem Raumklima, mit Beheizungsarten und technischen Lösungen für deren Umsetzung, aber nicht mit den technischen Anlagen und Geräten selbst.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 15757, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Festlegungen für Temperatur und relative Luftfeuchte zur Begrenzung klimabedingter mechanischer Beschädigungen an organischen hygroskopischen Materialien*

EN 15758, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Verfahren und Geräte zur Messung der Temperatur der Luft und der Oberflächen von Objekten*

prEN 16095¹⁾, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Zustandsbericht von beweglichem Kulturerbe — Visuelle Abnahme und Beschreibung der Beschaffenheit*

prEN 16096¹⁾, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Zustandsbericht von unbeweglichem Kulturerbe*

prEN 16242¹⁾, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Verfahren und Geräte zur Messung der Luftfeuchte und des Feuchtigkeitsaustausches zwischen Luft und Kulturgut*

EN ISO 7730, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005)*

EN ISO 11079:2007, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Bestimmung und Interpretation der Kältebelastung bei Verwendung der erforderlichen Isolation der Bekleidung (IREQ) und lokalen Kühlwirkungen (ISO 11079:2007)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Klima

Statistik von Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Wind, Niederschlag und anderen meteorologischen Größen an einem gegebenen Ort über einen langen Zeitraum

3.2

konservatorisches Heizen

Beheizung eines Gebäudes zur Verbesserung des Raumklimas zu konservatorischen Zwecken

3.3

ständige Beheizung

durchgängige Beheizung eines Gebäudes während der gesamten kalten Jahreszeit

¹⁾ im Druck

3.4

Kulturerbe

materielle und immaterielle Dinge, die für gegenwärtige und künftige Generationen Bedeutung besitzen

3.5.

Taupunkt

Temperatur, bis auf die feuchte Luft abgekühlt werden muss, damit Wasserdampf zu flüssigem Wasser kondensiert

3.6

allgemeine Beheizung

Beheizung des gesamten Gebäudevolumens

3.7

historisches Klima

Beschreibung des Klimas über einen repräsentativen Zeitraum

3.8

Raumklima

Klima in einem Raum oder Gebäude

3.9

zeitweilige Beheizung

Beheizung eines Gebäudes nur für begrenzte Zeiträume

3.10

lokale Beheizung

Beheizung eines begrenzten Bereichs innerhalb eines Gebäudes

3.11

Mikroklima

Klima in einem Gebäudeteil oder Raum, welches vom Klima in der Umgebung abweicht.

3.12

Beheizung im Mischbetrieb

Kombination aus ständiger und zeitweiliger Beheizung: die Andachtsstätte wird dauerhaft auf einer niedrigen Temperatur gehalten und kurz vor der Nutzung auf eine höhere Temperatur gebracht

3.13

natürliches Raumklima

Raumklima in einem Gebäude ohne Beheizung, Zwangsbelüftung oder irgend eine andere Art von aktiver Klimatisierung

3.14

Außenklima

Klima außerhalb eines Gebäudes

3.15

Sollbereich der Luftfeuchtigkeitsschwankungen

Schwankungsbereich der relativen Luftfeuchte, der eingehalten werden muss, um klimainduzierte Schäden zu vermeiden

3.16

thermische Behaglichkeit

Gemütszustand der Zufriedenheit mit der thermischen Beschaffenheit der Umgebung

3.17

Wärmeschichtung

höhenabhängige Schichtung der Lufttemperatur in einem Gebäude

4 Allgemeine Gesichtspunkte, die vor und während der Anwendung der Norm zu beachten sind

4.1 Gesamtziel der Maßnahme

Der Grund für eine beabsichtigte Maßnahme muss im Hinblick auf die Erhaltung und die Nutzung des Gebäudes klar definiert sein. So lange das historische Raumklima keine Schäden verursacht, muss es nicht notwendigerweise verändert werden, es sei denn, dass Nutzungsänderungen oder andere Erfordernisse dies notwendig machen. Beheizung ist kein Ziel an sich.

4.2 Der individuelle Charakter des Bauwerks

Diese Europäische Norm gründet auf dem Gedanken, dass Andachtsstätten im Allgemeinen genügend gemeinsame Merkmale aufweisen, um eine Norm zu rechtfertigen. Andererseits erkennt sie an, dass die Regulierung des Raumklimas jedes einzelnen Bauwerks eine komplexe Angelegenheit darstellt, bei der viele Faktoren zu berücksichtigen sind, die dem jeweiligen Gebäude, seinem Inhalt und seiner Nutzungsweise eigen sind. Daher soll diese Europäische Norm mit Einfühlung und Respekt für den individuellen Charakter eines jeden Gebäudes zur Anwendung kommen.

4.3 Fachliche Kompetenz

Der Vorgang, ein neues Heizungssystem zu konzipieren oder ein bestehendes zu verändern muss von einem multidisziplinären Team in engem Einvernehmen mit den Nutzern des Gebäudes durchgeführt werden. In diesem Team muss alle sachdienliche Fachkompetenz vertreten sein, dazu gehören auch Fachleute, die von Berufs wegen in der Erhaltung von Gebäuden und Gegenständen des Kulturerbes qualifiziert sind, sowie Vertreter aller weiteren technischen Fachgebiete, die für die Aufgabenstellung von Bedeutung sind.

4.4 Die Folgen der Maßnahmen

Für alle Installationsmaßnahmen im Zusammenhang mit Veränderungen an einem Heizungssystem sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Strukturelle Veränderungen am Gebäude im Zusammenhang mit der Verlegung von Kanälen, Rohrleitungen, Kabeln usw. sind zu vermeiden, sofern sie nicht absolut unumgänglich sind. Die Frage, ob Betriebsräume notwendig sind, ist frühzeitig zu erörtern;
- bei Installationen, die mit der Beschädigung von Wänden oder dem Ausheben von Fußböden verbunden sind, ist vorab eine Ortsbegehung durch zuständige Fachleute und Aufsichtsbehörden durchzuführen und deren Stellungnahme und Zustimmung einzuholen. In diesem Zusammenhang ist besonderes Augenmerk auf evtl. verborgene Farbschichten sowie auf die unter dem Fußboden befindliche Archäologie des Gebäudes, wie z. B. auf Gräber und Spuren früherer Bauphasen, zu richten;
- um weitere beschädigende Eingriffe zu verringern, muss der Lebensdauer der geplanten Installationen größere Priorität eingeräumt werden, als dies ansonsten bei modernen Bauwerken üblich ist;
- die gewählten Einbauten sollen optisch so unauffällig wie möglich sein;
- es ist darauf zu achten, ob eventuell Licht oder Geräusche von den Heizungsinstallationen ausgehen, die die Nutzer stören könnten.

4.5 Nachhaltigkeit und Energieeffizienz

Die Gesichtspunkte der Nachhaltigkeit im Allgemeinen und der Energieeffizienz im Besonderen sollten bei der Anwendung dieser Norm in jeder Phase beachtet werden. Ausgehend von der Spezifikation des Raumklimas, die durch die konservatorischen Aspekte und die Gebäudenutzung vorgegeben wird, müssen die Beheizungsart und das Heizungssystem so gewählt werden, dass der Energieverbrauch und die Auswirkungen auf die Umwelt so gering wie möglich gehalten werden.

5 Bestandsaufnahme des Bauwerkes, seines Innenraums und Inhalts

5.1 Die Bauwerksstruktur und ihr Zustand

Bevor über ein neues oder verändertes Heizsystem entschieden wird, ist es wichtig, festzustellen, ob

- die wahrgenommene Notwendigkeit eines Eingriffs sich eher auf die Klimahülle des Gebäudes selbst bezieht als auf den Bedarf an einem neuen oder verbesserten Heizsystem;
- Teile des Gebäudes durch die Veränderung der Beheizungsart oder des Heizungssystems gefährdet werden könnten.

Zu diesen Zwecken ist es erforderlich, eine Bestandsaufnahme des Bauwerks durchzuführen. Die Europäische Norm prEN 16096 bietet Leitfäden für die Erstellung von Zustandsberichten von immobilien Gegenständen des Kulturerbes. In dem Gutachten ist besondere Aufmerksamkeit auf die Gebäudehülle zu richten: auf Feuchtetransport, Luftdichtigkeit und Wärmedämmung. Das Gutachten muss auch den Zustand und die Funktionalität der existierenden Heizung mit einschließen.

5.2 Bauwerksinneres und Mobilien

Es ist der Zustand von Oberflächendekorationen und wesentlichen Mobilien zu erfassen. Die Europäische Norm prEN 16095 bietet Leitfäden für den Zustandsbericht, für die visuelle Inspektion und die Beschreibung von Gegenständen des mobilen Kulturerbes. In dem Gutachten muss besonderes Augenmerk auf den Zustand von Wandmalereien gelegt werden, auch von solchen, die womöglich durch Farb- oder Putzschichten überdeckt sind, ebenso auf Monumente aus Stein, auf Buntglasfenster, gefasste und ungefasste Holzarbeiten, Leinwandgemälde, Textilien (z. B. Fahnen, Banner), Metallarbeiten (z. B. Lesepulte und Gedenktafeln) und auf Gegenstände aus mehreren Materialien, z. B. Orgeln.

5.3 Nutzung des Bauwerks

In der anfänglichen Bestandsaufnahme müssen die Anforderungen an die Heizung in Bezug auf die gegenwärtige und die geplante Nutzung des Bauwerks beschrieben werden. Dabei müssen Andachtszeiten und Besichtigungszeiten, liturgische Arrangements, Aufführungen und nichtreligiöse Aktivitäten berücksichtigt werden.

5.4 Luftaustausch

Der Luftaustausch eines Gebäudes, ganz gleich, ob dieser durch mechanische Lüftung, natürliche Lüftung oder Infiltration (Undichtigkeiten) zustande kommt, kann das Raumklima wesentlich beeinflussen und damit auch Entscheidungen, die die Kontrolle dieses Raumklimas betreffen. Obwohl diese Norm sich nur auf das Thema Heizung bezieht, ist es entscheidend, die beiden im Verbund zu betrachten. Bei der Wahl einer Beheizungsart und des Auslegung eines Heizsystems sind die folgenden Aspekte des Luftaustauschs zu berücksichtigen:

- Unnötiger Luftaustausch erhöht den Energie- und Leistungsbedarf, um die Auswirkungen zu kompensieren, die er auf die Temperatur und die Luftfeuchte hat;
- je nach Verhältnis zwischen äußeren Klimabedingungen und Raumklima kann Luftaustausch manchmal das Feuchtigkeitsniveau verringern und manchmal den umgekehrten Effekt haben; daher ist der Luftaustausch zu beachten, wenn Beheizungsarten geplant werden sollen, die Einfluss auf das Feuchteniveau im Innern nehmen sollen;
- kontrollierte Lüftung kann eine Alternative zur Beheizung darstellen, wenn zu hohe Luftfeuchtigkeit ein Problem ist;
- Luftaustausch erzeugt Luftbewegungen, die Einfluss auf die Bedingungen sowohl hinsichtlich der thermischen Behaglichkeit als auch der konservatorischen Aspekte haben können.

6 Spezifikationen für das Raumklima

6.1 Festsetzung des geeigneten Raumklimas

Um das geeignete Raumklima aus konservatorischer Sicht und im Hinblick auf die thermische Behaglichkeit zu ermitteln, sind die folgenden Schritte zu unternehmen:

- a) Feststellung des historischen Raumklimas;
- b) Festsetzung einer Raumklima-Spezifikation aus konservatorischer Sicht;
- c) Festsetzung einer Raumklima-Spezifikation für thermische Behaglichkeit;
- d) Herstellung eines Kompromisses zwischen b) und c), soweit erforderlich.

Es ist grundsätzlich notwendig, ein interdisziplinäres Team von Spezialisten zu Rate zu ziehen, damit die gesamte Spannweite dieser Aufgabenstellung abgedeckt werden kann. Es muss volle Einsicht darin herrschen, dass ohne eine richtige Untersuchung der Verhältnisse in der Vergangenheit und die sorgfältige Festlegung der angestrebten Raumklima-Spezifikationen die nächsten Schritte des Gesamtprozesses, nämlich Beheizungsart und Heizungssystem, nicht ohne Risiken in Angriff genommen werden können.

6.2 Feststellen des historischen Raumklimas

Um das historische Raumklima innerhalb des Bauwerks festzustellen, sind Messungen von Temperatur und relativer Luftfeuchte nach EN 15758 und prEN 16242 über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr vorzunehmen und aufzuzeichnen. Eventuelle Aufzeichnungen aus früheren Jahren sind mit zu berücksichtigen. Als Bezugsrahmen sind ähnliche Messungen über den gleichen Zeitraum für die äußeren Bedingungen vorzunehmen und/oder meteorologische Daten heranzuziehen.

6.3 Raumklima-Spezifikationen aus konservatorischer Sicht

6.3.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt eine Vorgehensweise, um eine Raumklima-Spezifikation aus konservatorischer Sicht zu ermitteln. Je nach Erkenntnissen des Zustandsgutachtens muss bei der Spezifikation für jedes Bauwerk eine große Anzahl von Materialien und Materialkombinationen berücksichtigt werden, und zwar sowohl im Hinblick auf das Gebäude selbst als auch auf das, was sich darin befindet, wofür oft Fachleute zu Rate gezogen werden müssen.

6.3.2 Relative Luftfeuchte

Aus konservatorischer Sicht ist die relative Luftfeuchte stets der kritischste Parameter; sie muss daher auf einem bestimmten Niveau und so konstant wie möglich gehalten werden. Die relative Luftfeuchte hängt sowohl von der Temperatur als auch vom Feuchtegehalt der Luft ab. Dabei muss die Tatsache Beachtung finden, dass die relative Luftfeuchte in der unmittelbaren Nähe von Oberflächen durch die Oberflächentemperatur bestimmt wird, die von der gemittelten Raumtemperatur erheblich abweichen kann. Einen Sollwertbereich für das Gebäude festzulegen bedeutet, die im Folgenden aufgelisteten Schritte und Fragen zu berücksichtigen und dann eine Anzahl von Sollwertbereichen zu einem gemeinsamen Bereich zu vereinen. Zur Festlegung des endgültigen Sollwertbereichs sind Fachleute zu Rate zu ziehen.

- a) Festsetzung eines Sollwertbereichs für die Schwankungen der relativen Luftfeuchte nach EN 15757, um klimainduzierte mechanische Schäden in organischen hygroskopischen Materialien zu begrenzen;
- b) für andere Materialien als die in EN 15757 genannten, wie z. B. Metalle und Glas, und auch wenn Salzausblühungen vorhanden sind, muss ein Fachmann herangezogen werden, um den Sollwertbereich festzulegen;
- c) die zulässige Veränderungsrate der relativen Luftfeuchte muss von einem Fachmann festgelegt werden. Rasche Wechsel in der relativen Luftfeuchte führen zu Gradienten im Feuchtegehalt innerhalb von Materialien und zu entsprechenden differentiellen Ausdehnungsreaktionen, was zu Spannungszuständen führt. Langsame Wechsel in der relativen Luftfeuchte verursachen eine gleichmäßigere Feuchtigkeitsverteilung innerhalb des Materials, sind aber gleichwohl Anlass zu einer gesamtheitlichen Ausdehnungsänderung, die zu Spannungsaufbau in Gegenständen und in Oberflächenschichten führen kann, die in ihrer Bewegung eingeschränkt sind;

- d) Festsetzung einer Obergrenze der relativen Luftfeuchte, um biologischem Zerfall wie Schimmel, Holzfäule, Insekten usw. vorzubeugen. Es ist zu beachten, dass biologische Zerfallsprozesse von einer Kombination der Parameter von relativen Luftfeuchte, Temperatur und noch anderen Faktoren abhängen;
- e) Festsetzung einer Untergrenze für die relative Luftfeuchte, da manche Materialien bei geringer relativer Luftfeuchte spröde werden; die Untergrenze ist in Bezug auf das empfindlichste Material oder die empfindlichste Materialkombination in dem Gebäude festzusetzen;
- f) die Zerfallsrate durch chemische Prozesse wie Korrosion, Oxidation und Hydrolyse steigt mit der relativen Luftfeuchte. Für den Fall, dass nach den vorangehenden Schritten noch Spielraum besteht, ist einem trockeneren Raumklima der Vorzug zu geben.

6.3.3 Temperatur

Die Temperatur selbst kann einen direkten Einfluss auf die Erhaltung von Gegenständen des Kulturerbes haben, und sie hat eine indirekte Auswirkung auf die relative Luftfeuchte.

- a) Temperaturen müssen möglicherweise angepasst werden, um die Erfordernisse des Luftfeuchtigkeitswerts erfüllen zu können;
- b) die Temperatur empfindlicher Oberflächen muss oberhalb des Taupunktes gehalten werden, um Kondensation zu vermeiden. Sind hygroskopische Salze vorhanden, vor allem in Wänden, so kann der Feuchtegehalt der Materialien sich dadurch unabhängig vom Taupunkt erhöhen;
- c) falls eine Gefahr besteht, dass Wasserleitungen einfrieren, oder falls nicht frostfeste Gebäudeteile feuchtigkeitsbelastet sind, so ist für die gefährdeten Bereiche eine Mindesttemperatur festzusetzen. Die Mindesttemperatur muss in jedem Falle so festgelegt werden, dass ein ausreichender Sicherheitsspielraum behalten wird;
- d) die Zerfallsrate durch chemische Prozesse steigt grundsätzlich mit der Temperatur an. Für den Fall, dass nach den vorangehenden Schritten noch Spielraum besteht, ist einem kühleren Raumklima der Vorzug zu geben.

6.3.4 Luftbewegung

Luftbewegung entsteht durch Heizsysteme oder durch Luftwechsel (siehe 5.4). Alle Heizsysteme verursachen ein bestimmtes Maß an Luftbewegung, und zwar einmal direkt durch Konvektion, die von den Wärmequellen ausgeht, und zum anderen indirekt durch Temperaturunterschiede zwischen der Luft und den Oberflächen der Gebäudehülle. Die Luftbewegung muss auf ein Minimum beschränkt bleiben, denn sie kann die Ablagerungsrate von Staub und Schmutz sowie das Risiko von Schäden durch Salzkristallisation auf Gebäudeoberflächen erhöhen.

6.4 Raumklima-Spezifikationen für thermische Behaglichkeit

6.4.1 Allgemeines

Im Alltag akzeptieren Menschen unterschiedliche Niveaus thermischer Behaglichkeit. Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, Aktivität, Bekleidung und persönliche Vorlieben sind alles Faktoren, die die thermische Behaglichkeit von Menschen beeinflussen. Anforderungen an thermische Behaglichkeit im Allgemeinen sind in EN ISO 7730 wiedergegeben. Allerdings gibt es keine Normen, die sich speziell auf die Behaglichkeit in Andachtsstätten beziehen. Da die Kriterien für Behaglichkeit im Konflikt mit den Kriterien für Erhaltung stehen können, können die allgemeinen Normen für thermische Behaglichkeit nicht automatisch auf Andachtsstätten übertragen werden.

Die Spezifikation für thermischen Komfort in einer Andachtsstätte muss von Fall zu Fall im Hinblick auf relative Luftfeuchte, Temperatur und Luftbewegung festgelegt werden.

6.4.2 Relative Luftfeuchte

Betrachtet man nur die thermische Behaglichkeit, so soll die relative Luftfeuchte im Bereich zwischen 30 % und 80 % liegen.

6.4.3 Temperatur

Die thermische Behaglichkeit wird beeinflusst durch die Lufttemperatur, den Austausch von Strahlungswärme mit umgebenden kalten oder warmen Oberflächen und den Strömungsaustausch mit der umgebenden Luft. Warme Kleidung sowie die Anwesenheit anderer Nutzer reduzieren den Wärmeverlust des Körpers, so dass weniger Heizung benötigt wird. Ein Mensch kann sich in Bezug auf den gesamten Körper thermisch behaglich fühlen, aber die Behaglichkeit wäre beeinträchtigt, wenn ein Teil des Körpers warm und ein anderer kalt wäre. Man zieht neutrale oder warme Füße, Beine und Hände und ein neutrales oder kühles Gesicht dem umgekehrten Fall vor.

6.4.4 Luftbewegung

Luftbewegung kann sich, wenn die Luft kühl oder kalt ist, nachteilig auf die thermische Behaglichkeit auswirken. Folglich muss die Luftbewegung auf ein Minimum beschränkt bleiben.

6.5 Kompromiss zwischen thermischer Behaglichkeit und konservatorischen Anforderungen

In manchen Andachtsstätten, wo entweder die konservatorischen Anforderungen oder die thermische Behaglichkeit für sich die hauptsächliche Priorität darstellen, wird die Spezifikation des Raumklimas in Übereinstimmung mit entweder 6.3 oder 6.4 festgesetzt werden. In den meisten Andachtsstätten müssen sowohl die konservatorischen, als auch die Behaglichkeitsanforderungen zusammen betrachtet werden, da ein behagliches Temperaturniveau in Konflikt zu den konservatorischen Erfordernissen stehen kann. Ein Kompromiss ist oft notwendig, wobei die konservatorischen Erfordernisse Priorität genießen müssen. Es sind folgende Schritte zu unternehmen:

- a) man vergleiche die Spezifikationen aus konservatorischer Sicht und für thermische Behaglichkeit und stelle fest, in welchen Bereichen Konflikte bestehen. Zum Beispiel kann ein Beheizen für Behaglichkeit im Winter zu einem Wert der relativen Luftfeuchte führen, der aus konservatorischer Sicht zu niedrig ist;
- b) man finde mögliche Lösungen;
- c) Bewertung der verschiedenen Lösungen im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf konservatorische Belange und auf die thermische Behaglichkeit.

Die während der Andachten geforderte Temperatur ist der Schlüsselparameter, um einen Kompromiss zu finden. Eine geringere Temperatur wird grundsätzlich die konservatorischen Bedingungen verbessern. Mit geeigneter Kleidung und einer begrenzten Aufenthaltsdauer gibt es keine feste Untergrenze für die Temperatur in Hinblick auf thermische Behaglichkeit. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass Nutzer Kleidung tragen, wie sie für die zeitgleichen Verhältnisse im Freien geeignet ist, dann können die Beheizung verringert und die konservatorischen Bedingungen verbessert werden. Diese Norm spricht sich für eine Begrenzung des Bereichs der thermischen Behaglichkeit auf ein „neutrales“ Gefühl bis „ein wenig kühl“ aus, was einer mittleren Hauttemperatur im Bereich von 30°C bis 33°C entspricht (EN ISO 11079:2007).

7 Beheizungsarten

7.1 Wahl der Beheizungsart

Die Wahl der Beheizungsart wird im Wesentlichen bestimmt durch die Notwendigkeit, die Klimaerfordernisse unter konservatorischen und Behaglichkeitsgesichtspunkten, das Nutzungsmuster des Gebäudes und die Energieeffizienz miteinander in Einklang zu bringen. Die gebräuchlichsten Strategien, Andachtsstätten zu beheizen, sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 — Beheizungsarten

Grundstrategie	Räumliche Verteilung	Zeitliche Verteilung
Keine Heizung		
Konservatorisches Heizen	Allgemeine Beheizung Lokale Beheizung	Ständige Beheizung Zeitweilige Beheizung
Heizen für Behaglichkeit	Allgemeine Beheizung Lokale Beheizung	Ständige Beheizung Zeitweilige Beheizung Beheizung im Mischbetrieb

Diese Strategien können einander ergänzen, was zum Beispiel heißt, dass zeitweilige und lokale Beheizung miteinander kombiniert werden können. Es folgt nun eine Beschreibung der einzelnen Beheizungsarten in Bezug auf die Raumklimaanforderungen.

7.2 Grundstrategien

7.2.1 Keine Heizung

Das Bauwerk verfügt über keinerlei Heizung. Das Raumklima wird allein vom Außenklima, der Bauwerkshülle, dem Luftaustausch und den Aktivitäten im Gebäude bestimmt. Im Allgemeinen ist die gemittelte relative Luftfeuchte höher und ihre Schwankungsbreite geringer als in beheizten Gebäuden.

Bei Bauwerken, in denen Salzausblühungen und/oder die Verschmutzung von Wänden und anderen Oberflächen ein Problem sind, kann Beheizen das Risiko erhöhen.

7.2.2 Konservatorisches Heizen

Konservatorisches Heizen benutzt Wärme, um das Raumklima für die Erhaltung von Objekten des kulturellen Erbes zu verbessern. Erstrangiges Ziel ist dabei, die relative Luftfeuchte das gesamte Jahr über auf einem stabilen und angemessenen Niveau zu halten, um Schäden als Folge von Schwankungen der relative Luftfeuchte zu minimieren sowie um hoher Feuchtigkeit und biologischem Zerfall vorzubeugen. Es kann vorkommen, dass konservatorisches Heizen sogar im Sommer notwendig ist, um die relative Luftfeuchte unter der Schwelle für Schimmelpilzwachstum zu halten. Das sekundäre Ziel von konservatorischem Heizen ist es, die Innenseite der Gebäudehülle warm genug zu halten, um Feuchtekondensation oder Frost zu vermeiden. Konservatorisches Heizen kann die relative Luftfeuchte nur senken; wenn das Raumklima zu trocken ist, sind andere Maßnahmen vonnöten.

Konservatorisches Heizen kann auf zweierlei Art und mit unterschiedlichem Präzisionsgrad geregelt werden. Die genaueste Art der Regelung ist Wärmezufuhr auf der Basis der relativen Luftfeuchte (feuchtegeführte Heizung). Bei ausreichender Heizleistung wird die relative Luftfeuchte so immer unter einem bestimmten Wert gehalten. Im Gegensatz dazu wird eine konstante Heizleistung, sofern richtig gewählt, die relative Luftfeuchte reduzieren, allerdings mit weniger Stabilität und Präzision als die feuchtegeführte Heizung.

Wenn Kondensation oder Frost auf inneren Oberflächen ein Hauptproblem sind, dann muss die Regelung auch den Taupunkt dieser Oberflächen mit in Betracht ziehen. Im Winter kann eine Mindesttemperatur festgesetzt werden, um ein Gefrieren zu verhindern.

Wird konservatorisches Heizen im Sommer eingesetzt, um die relative Luftfeuchte zu verringern, dann kann eine Höchsttemperatur festgesetzt werden, um übermäßig hohe Temperaturen zu verhindern, die für Nutzer unangenehm wären.

7.2.3 Beheizung für thermische Behaglichkeit

Beheizung für thermische Behaglichkeit hat zum Ziel, akzeptablen Komfort für die Nutzer zu gewährleisten. Im Winter kann Heizung für Behaglichkeit zu einer niedrigeren relativen Luftfeuchte führen, als dies aus konservatorischer Sicht wünschenswert ist.

Beheizung für Behaglichkeit wird vorwiegend nach der Temperatur gesteuert. Es ist darauf zu achten, dass Thermostaten oder Temperaturlfühler so angebracht werden, dass sie auf bestmögliche Weise die Temperatur widerspiegeln, die für die Umgebung der Menschen in dem Gebäude maßgeblich ist.

7.3 Räumliche Verteilung

7.3.1 Allgemeine Beheizung

Ihr Ziel ist es, das gesamte Gebäude zu heizen. Allgemeine Beheizung kann zeitweilig oder ständig erfolgen. Das gesamte Volumen des Gebäudes wird beheizt, ohne Unterscheidung zwischen Menschen und Gegenständen des Kulturerbes.

7.3.2 Lokale Beheizung

Ihr Ziel ist, nur bestimmte Teile des Gebäudes zu heizen. Der Temperaturanstieg im Gesamtgebäude muss im Vergleich zum Temperaturanstieg in dem beheizten Bereich so gering wie möglich bleiben. Der Vorteil hiervon ist, dass unerwünschte Störungen des Klimas im Gesamtgebäude verringert werden.

Ein mögliches Problem im Zusammenhang mit lokaler Beheizung ist, dass gewisse Oberflächen der Gebäudehülle kalt bleiben, was zu Kondensation führen kann, wenn hohe Nutzerzahlen zusätzliche Feuchte eintragen. Ein weiteres mögliches Problem ist die Luftbewegung durch Konvektion (siehe 6.3.4). Im Falle niedriger Hintergrundtemperaturen in dem Bauwerk kann es schwierig sein, eine akzeptable thermische Behaglichkeit allein mit lokaler Beheizung zu erreichen. Mangelnde Behaglichkeit außerhalb der beheizten Bereiche kann ebenfalls ein Problem sein.

7.4 Zeitliche Verteilung

7.4.1 Ständige Beheizung

Ständige Beheizung ist die dauerhafte Beheizung eines Gebäudes während der gesamten kalten Jahreszeit. Das Ziel ist es, jederzeit für ein spezifisches Raumklima zu sorgen. Dies kann sowohl aus Gründen der Behaglichkeit als auch aus konservatorischen Gründen geschehen. Staubablagerung und Wärmeschichtung sind unerwünschte Auswirkungen von ständiger Beheizung.

7.4.2 Zeitweilige Beheizung

Das Ziel zeitweiliger Beheizung ist es, ein bestimmtes Raumklima für einen beschränkten Zeitraum bereit zu stellen. Üblicherweise ist dies ein Heizen für Behaglichkeit, kann aber auch als konservatorisches Heizen genutzt werden.

Zeitweilige Beheizung verursacht per Definition eine zeitweilige Störung des Raumklimas, aber wenn sie richtig bemessen und gesteuert ist, kann sie unerwünschte Störungen des natürlichen Raumklimas langfristig reduzieren und gute konservatorische Bedingungen fördern.

Zeitweilige Beheizung kann in porösen Strukturen wie z. B. Mauerwerk, Stein, Putz oder Wandmalereien schädliche Zyklen der Rekristallisierung von Salzen auslösen. Zeitweilige Beheizung kann auch dazu führen, dass Wände kälter sind als die Luft, was zu verstärkter Staubablagerung, kaltem Luftzug und Kondensation führen kann.

Die Regelungsparameter für zeitweilige Beheizung sind:

- ein Sollwert für die Temperatur während der Andacht;
- eine Untergrenze für die relative Luftfeuchte während der Andacht;
- die Dauer der Beheizung;
- die zulässige Geschwindigkeit der Temperaturänderungen während der Beheizung.

7.4.3 Beheizung im Mischbetrieb

Beheizung im Mischbetrieb ist eine Kombination aus ständiger und zeitweiliger Beheizung, wobei das Gebäude ständig auf einer niedrigen Temperatur gehalten und nur während der Nutzung auf Behaglichkeitstemperatur gebracht wird.

Beheizung im Mischbetrieb kann mit konservatorischem Heizen zwischen den Andachten kombiniert werden. Im Vergleich zur ausschließlich zeitweiligen Heizung verringert sich dadurch die Schwankungsbreite von Temperatur und relativer Luftfeuchte während der Heizepisoden.

Die Regelungsbedingungen für Beheizung im Mischbetrieb sind die gleichen wie für zeitweilige Beheizung, unter Hinzunahme eines Sollwerts für Temperatur und relative Luftfeuchte zwischen den Andachten.

8 Heizsysteme und ihre Anwendung

8.1 Warmluftheizung

8.1.1 Allgemeines

Bei der Warmluftheizung wird Luft, die auf eine vorbestimmte Temperatur aufgeheizt ist, durch das Gebäude zirkuliert. Ein Warmluftsystem kann sowohl zentral als auch dezentral sein. Dieser Abschnitt befasst sich mit Warmluftheizungen für allgemeine Beheizung.

8.1.2 Zentrale Warmluftheizung

Luft aus dem Gebäude wird gefiltert, aufgewärmt und durch ein Warmluft-Rohrleitungssystem zurück ins Gebäude geleitet. Im Allgemeinen sind die Lufteinlassöffnungen in den Fußboden eingelassen.

Außenluft kann der zirkulierenden Luft beigemischt werden, um so die Luftqualität zu verbessern. Die Warmluft kann durch jede Art von konventioneller Wärmequelle erzeugt werden.

8.1.3 Dezentrale Warmluftheizung

Um die Auswirkungen eines Einbaus von Warmluft-Rohrleitungssystemen gering zu halten, nutzen Andachtsstätten häufig dezentrale Warmluft-Heizsysteme. Die Konvektionsheizgeräte können unter oder über dem Fußboden, an Wänden sowie in den Kirchenbänken angebracht werden. Sie werden durch heißes Wasser, Strom oder Gas beheizt. Sie können auch tragbar ausgeführt sein, um einen saisonalen Gebrauch zu ermöglichen.

8.1.4 Anwendung

Die Warmluftheizung eignet sich für die allgemeine Beheizung mittelgroßer und großer Bauwerke. Sie kann für alle Beheizungsarten eingesetzt werden.

Warmluft verursacht stets Luftbewegungen. Die Systeme müssen gut ausgelegt und abgestimmt werden, um die Luftbewegung im Gebäude so gering wie möglich zu halten und eine gleichmäßige Temperaturverteilung im gesamten Raum zu gewährleisten. Die Wärmeverteilung im Raum hängt hauptsächlich von der Anordnung und Zahl der Warmlufteinlässe/Konvektoren, von der Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit der eingeleiteten Luft sowie von der internen Topographie des Bauwerks ab.

8.1.5 Thermische Behaglichkeit

Allgemeine und ständige Warmluft-Beheizung liefert thermische Behaglichkeit im gesamten Gebäude. Dabei muss darauf geachtet werden, dass nicht Zugluft die Behaglichkeit mindert.

Konvektions-Heizgeräte können ergänzend eingesetzt werden, um kalten abwärtsgerichteten Luftströmungen von Fenstern und Wänden entgegenzuwirken.

8.1.6 Konservatorische Aspekte

Warmluft-Heizsysteme müssen geeignet ausgelegt werden, um

- die Ablagerung von Staub und Schmutz auf Oberflächen zu minimieren;
- sicherzustellen, dass die Warmluft ungehindert in den Raum strömen kann und weder auf Wände noch auf Gegenstände des kulturellen Erbes gerichtet ist;
- die thermische Schichtung der Luft zu minimieren;
- übermäßige Schwankungen der Temperatur und folglich auch der relativen Luftfeuchte zu vermeiden.

Bodenauslässe für Warmluft dürfen nicht in Bereichen angeordnet werden, die häufig begangen werden, um zu vermeiden, dass Staub und Schmutz von Schuhen mit der Luft zirkuliert werden.

Warmluftheizsysteme müssen mit Filtern ausgestattet werden, um die zirkulierende Luft zu reinigen. Die Filter müssen anweisungsgemäß gewartet und ausgewechselt werden.

In Gebäuden ohne ein bereits vorhandenes System von Luftkanälen kann der Einbau einer Warmluftheizung einen tiefgreifenden Eingriff darstellen. Wenn andererseits ein solches Kanalsystem bereits besteht, dann kann es möglicherweise durch einen vertretbaren Eingriff aufgerüstet werden.

8.2 Infrarotheizung

8.2.1 Allgemeines

Infrarot-Heizer (IR) übertragen Wärme per Strahlungsenergie direkt auf den Empfänger, ohne die dazwischen liegende Luft zu erwärmen. Die Strahlungsintensität steigt mit der Temperatur des Strahlers rasch an. Übliche Energiequellen sind Strom und Gas für Hochtemperaturstrahler und Warmwasser oder Strom für Nieder-temperaturstrahler.

8.2.2 IR-Beheizung durch Gasverbrennung

Der Brennstoff kann gasförmig oder flüssig sein (z. B. Methan, Propan, Flüssiggas). Bei der Verbrennung entstehen CO₂, Wasserdampf und andere Verbrennungsprodukte, was zu Problemen wie Kondensation oder hohem CO₂ – Anteil führen kann, sofern keine ausreichende Lüftung vorhanden ist. Der Einbau von Kaminen oder Abgasleitungen muss in Erwägung gezogen werden. Gasbrenner erzeugen Geräusche und geben einen roten Lichtschein ab. Brennstofflagerung und –verteilung bergen ein Brand- und Explosionsrisiko.

8.2.3 IR-Beheizung durch elektrische Heizstrahler und Halogenstrahler

Heizstrahler sind metallische Röhren, die elektrisch auf hohe Temperaturen aufgeheizt werden und dann sichtbares Licht im Bereich zwischen Rot und Weiß abstrahlen. Halogenstrahler emittieren teilweise sichtbare Strahlung von rosaroter Färbung, die störend wirken kann und die IR-Effizienz vermindert. Im Vergleich zu Gasbrennern ist ihre Anbringung der geringere Eingriff, und im Betrieb sind sie weniger risikobehaftet.

8.2.4 Thermische Behaglichkeit

Eine IR-Anlage, die in Bezug auf Richtung und Intensität gut dimensioniert und abgestimmt ist, kann selbst bei geringen Lufttemperaturen thermische Behaglichkeit bieten. Dafür darf jedoch der IR-Beitrag zur Schwarzkugeltemperatur oder zur Schwarzstreifentemperatur (EN 15758) 10 °C nicht überschreiten. Über Kopf angebrachte IR-Anlagen als einzige Beheizung sind in der Regel nicht optimal, da der Kopf stärker erwärmt wird als die Füße und in abgeschirmten Bereichen Behaglichkeit nicht erreicht wird.

8.2.5 Konservatorische Aspekte

IR-Beheizung kann in einem begrenzten Bereich eingesetzt werden, ohne größeren Einfluss auf das generelle Raumklima im übrigen Gebäude zu nehmen. Es ist darauf zu achten, dass es nicht durch falsch ausgerichtete Strahler zur Überhitzung von empfindlichen Gegenständen und Oberflächen kommt. Die IR-Strahler sind unter Berücksichtigung des Denkmalwertes und von ästhetischen Gesichtspunkten anzubringen. Oberhalb der Hochtemperaturheizer kann es zu Staubablagerung durch konvektiven Luftaufstieg kommen.

8.2.6 Anwendung

IR-Heizung eignet sich insbesondere für die zeitweilige und lokale Beheizung, da die Erwärmungszeit kurz ist und die Wärme gerichtet abgegeben wird.

8.3 Heizkörper (Radiatoren)

8.3.1 Allgemeines

Ein Radiator ist ein Heizelement, das seine Wärme an die Umgebung hauptsächlich durch Strahlung abgibt. Radiatoren werden mit heißem Wasser oder elektrisch beheizt. Sie haben eine weit geringere Oberflächentemperatur als IR-Heizer und brauchen daher größere Oberflächen zur Wärmeabgabe. Radiatoren können an der Wand oder auf dem Boden montiert werden.

8.3.2 Thermische Behaglichkeit

Außer zur allgemeinen Anhebung der Raumtemperatur werden Radiatoren auch dazu eingesetzt, dem Kälteempfinden, das von Wand- und Fensterflächen ausgeht, entgegen zu wirken. Das Niveau thermischer Behaglichkeit hängt von Anordnung, Anzahl, Oberflächentemperatur und Größe der Heizkörper ab, und auch davon, wie lange die Anlage betrieben wird, bevor das Gebäude aktiv genutzt wird.

8.3.3 Konservatorische Aspekte

Die meisten Radiatoren erzeugen eine konvektive Bewegung warmer Luft, wodurch vermehrt Staub und Schmutz auf Wänden und an der Decke abgelagert werden können. Radiatoren sollten nicht in der Nähe von empfindlichen Oberflächen oder Gegenständen aufgestellt werden, um nicht schädigende Mikroklimata zu erzeugen.

8.3.4 Anwendung

Mit Wasser oder Öl befüllte Radiatoren sind thermisch träge und müssen daher längere Zeit vor der Nutzung eingeschaltet werden.

Radiatoren werden üblicherweise an Wänden oder auf dem Boden montiert. Sie treten optisch stark hervor, da die erforderliche Heizkörperoberfläche generell recht groß ist im Verhältnis zur Gebäudegröße. Rohrleitungen und elektrische Zuleitungen machen in der Regel Durchführungen durch Wände und Fußböden erforderlich, was beträchtlichen Schaden verursachen kann.

8.4 Wandheizung durch Rohrleitungen, die in oder an Wänden verlegt werden

8.4.1 Allgemeines

Dieses Verfahren beruht auf einer ständigen Erwärmung der Gebäudehülle (Mauerwerk), üblicherweise durch Beheizen von Röhren, die im Putz auf der Innenseite von Außenwänden verlegt sind. Dabei gibt es Systeme mit nur einer oder wenigen Röhren, die zu Erhaltungszwecken kritische Teile der Baukonstruktion beheizen², aber auch solche, die für Behaglichkeit die gesamte Wand erwärmen. Auf dem gleichen Prinzip beruhend, aber mit weniger baulichem Eingriff verbunden ist die Methode, Röhren an den Wandoberflächen anzubringen.

8.4.2 Thermische Behaglichkeit

In Abhängigkeit von der zugeführten Wärmemenge kann dieses Verfahren möglicherweise nur einen geringen Grad an Behaglichkeit erzeugen. Die Beheizung der Rauminnenwände führt zu einer höheren Behaglichkeit, als sie durch eine Konvektionsheizung bei gleicher Lufttemperatur erzielt wird.

² Im Deutschen wird dieses Verfahren als „Temperierung“ bezeichnet.

8.4.3 Konservatorische Aspekte

Es ist ein tiefer baulicher Eingriff, wenn beheizende Elemente innerhalb der Wand installiert werden, und die Auswirkung auf Raumboflächen muss besonders sorgfältig geprüft werden. Dieses System darf nicht in Wände von historischem oder künstlerischem Wert eingebaut werden.

Mit diesem System werden die kritischsten Stellen eines Gebäudes (Ecken) beheizt, an denen es ansonsten zu Kondensation kommen kann. Es trägt also dazu bei, Schimmel oder Algenwuchs vorzubeugen. Im Falle von aufsteigender Feuchtigkeit kann das System zu Schäden durch Salzausblühung führen. Im Vergleich zu Konvektionsheizung verringert eine Wandbeheizung Zugluft und Staubablagerung.

8.4.4 Anwendung

Dieses Verfahren wird vorwiegend für das konservatorische Heizen eingesetzt und eignet sich aufgrund der hohen thermischen Trägheit des Systems nicht für zeitweilige Beheizung.

8.5 Fußbodenheizung

8.5.1 Allgemeines

Eine Fußbodenheizung verwendet Heizelemente, die in den Fußboden eingebettet sind. Die Wärme kann durch Warmwasserleitungen, durch warme Luft oder durch elektrisch beheizte Kabel und Folien bereitgestellt werden.

8.5.2 Thermische Behaglichkeit

Der erwärmte Fußboden erzeugt ein behagliches Gefühl von Wärme, die von unten kommt. In Kombination mit kalten Wänden und einer kalten Decke kann der warme Fußboden zu einem Luftzug führen, der wiederum der Behaglichkeit abträglich ist. Die Oberflächentemperatur des Bodens soll ein Maximum von 25 °C bis 29 °C nicht überschreiten, um die Füße der Nutzer nicht zu sehr zu erwärmen, und um Luftbewegung zu begrenzen.

8.5.3 Konservatorische Aspekte

Allgemein wird die Ablagerung von Staub und Schmutz durch Luftbewegung verstärkt. Eine Fußbodenheizung mag unauffällig sein, aber der notwendige Eingriff in den Boden ist beträchtlich. Dieses System darf nicht bei Fußböden von historischem oder künstlerischem Wert und auch nicht bei Vorhandensein von Gräbern oder archäologischen Überresten eingesetzt werden.

8.5.4 Anwendung

Fußbodenheizung eignet sich wegen der thermischen Trägheit des Systems grundsätzlich nicht gut für zeitweilige Beheizung. Hölzerne Bänke und andere Gegenstände, die den Boden bedecken, können ebenfalls die Heizwirkung beeinträchtigen.

8.6 Bankheizung

8.6.1 Allgemeines

Das Ziel der Beheizung der Bänke ist es, eine akzeptable thermische Behaglichkeit für sitzende Nutzer zu bieten und gleichzeitig nachteilige Auswirkungen auf das allgemeine Raumklima so gering wie möglich zu halten. Die Auslegung des Bankheizungssystems entscheidet über ihre Wirkung in Hinblick auf thermische Behaglichkeit und Erhaltung. In geschlossenen Bänken ist es einfacher, ein lokales Mikroklima zu erreichen, ohne das allgemeine Raumklima des Gebäudes zu stören. In 8.6.5 wird eine Reihe verschiedener Lösungen für die Beheizung von Bänken vorgestellt.

8.6.2 Thermische Behaglichkeit

In kalten Gegenden kann es sein, dass eine Beheizung der Bänke allein nicht ausreicht. Sie kann jedoch als Ergänzung zu anderen Heizsystemen dienen oder das Unbehagen senken, wenn keine andere Heizung verfügbar ist. In einem kalten Klima kann es vorkommen, dass an den Köpfen der Nutzer zu wenig Wärme ankommt, dann kann eine zusätzliche Überkopf-IR-Quelle oder generelles Vorheizen notwendig werden. Für Nutzer, die sich außerhalb der Bänke aufhalten, werden örtliche Maßnahmen empfohlen, wie z. B. Heizteppiche und zusätzliche örtliche IR-Heizgeräte.

8.6.3 Konservatorische Aspekte

Der Einbau ist normalerweise kein schwerwiegender Eingriff. Dies hängt von der Bauart der Heizer ab, und vom zulässigen Grad an sichtbarer Veränderung: geringe Sichtbarkeit kann größere Eingriffe erfordern. Im Falle von Bänken mit historischem Wert müssen die Heizelemente auf einem unabhängigen Rahmen befestigt werden, um den physischen Eingriff zu minimieren.

Die Bankheizung wirkt lokal und meist zeitweilig und erhöht dadurch das Risiko, dass der durch die Menschen abgegebene Wasserdampf auf kalten Flächen kondensiert.

8.6.4 Anwendung

Die Beheizung von Bänken eignet sich gut für die lokale, zeitweilige und gemischte Beheizung. Die Bänke können in separat geregelte Abschnitte eingeteilt werden, aber es ist schwierig, Bänke mit befestigten Heizinstallationen zu bewegen.

8.6.5 Systeme der Beheizung von Bänken

8.6.5.1 Beheizung der Bänke: Einzelne Hochtemperatur-Elektroheizgeräte

Einzelne Hochtemperatur-Elektroheizgeräte werden in den Bänken angebracht und geben Infrarotstrahlung ab, die die Füße und Beine der Nutzer wärmt. Diese Heizungsart bringt oft nur begrenzte thermische Behaglichkeit, da entweder der Oberkörper ungenügend erwärmt wird oder die Beine überheizt werden. Die Kombination einer Hochtemperatur-Wärmequelle mit relativ kalten Wänden kann zu starker konvektiver Luftbewegung führen, was wiederum eine geringe thermische Behaglichkeit, stärkere Staubablagerung und Kondensation auf den Wänden zur Folge hat.

Die visuelle und physische Auswirkung hängt von der Art der Installation und der benötigten Heizleistung ab. Heizer, die nicht ausreichend isoliert, abgeschirmt und geregelt sind, können Schaden an Bänken verursachen.

8.6.5.2 Beheizung der Bänke: Einzelne Niedertemperaturheizer

Einzelne Heizer wie z. B. Warmwasserleitungen oder elektrische Heizelemente werden unter den Bänken angebracht. Sie werden oft im Voraus eingeschaltet, um erst den gesamten Raum und später die Nutzer zu wärmen.

Diese Art von System erzeugt weniger Konvektionsbewegung im Vergleich zu Hochtemperaturquellen, was zu geringerer Schmutzablagerung auf Wänden und an der Decke führt. Es mag schwerfallen, mit nur einer Niedertemperatur-Heizquelle einen befriedigenden Grad thermischer Behaglichkeit zu erreichen.

8.6.5.3 Beheizung der Bänke: Warmluft

Die Luft wird durch Leitungen zugeführt, die unter dem Boden oder in einem Fußbrett verlegt sind. Die Auslässe warmer Luft befinden sich in Bodennähe oder unter den Sitzen, und die Luft steigt in den Andachtsbänken auf, um die Nutzer zu wärmen.

Obwohl die Füße und Beine der Nutzer gewärmt werden, kann ein unangenehmer Luftzug in den Bänken entstehen. Warme, trockene Aufwärtsströmungen führen zu kalten Abwärtsströmungen entlang der Wände und Fenster.

Konvektive Luftbewegungen führen zu verstärkter Ablagerung von Staub und Schmutz und zu Kondensation an Wänden und Fenstern. Werden Luftkanäle im Boden eingelassen, dann ist die Maßnahme invasiv, was durch die Verlegung der Kanäle in vorhandenen Podesten verringert wird.

8.6.5.4 Beheizung der Bänke: bodennaher Warmluftstrahl

Auf Bodenhöhe bläst ein Gebläsekonvektor, bestehend aus einer Heizspirale und einem Gebläse, warme Luft aus einem Schlitz, die dann mit hoher Geschwindigkeit über den Fußboden streicht. Dank des so genannten Coanda-Effekts bleibt dieser Warmluftstrom dicht am Fußboden, so lange er ungestört ist. Trifft er allerdings auf ein Hindernis, wie auf Bänke oder Füße, dann wird er zerstreut und es entsteht ein Aufwärts-Luftstrom, der die Nutzer erwärmt. Obwohl Füße und Beine der Nutzer erwärmt werden, besteht die Gefahr unangenehmen Luftzugs.

Der Luftstrom dicht am Boden transportiert Staub, Sporen und andere Partikel vom Fußboden und von Schuhen, was zu verstärkten Ablagerungen an Wänden und Decke führt. Das Geräusch der Lüfter und Luftauslässe kann störend sein.

Diese Technik kann nur angewandt werden, wenn feststehende Bänke hinten und unten offen sind. Die Lüftergehäuse sind hinter jeder Bänkegruppe sichtbar, aber ansonsten ist die Installation kein großer Eingriff.

8.6.5.5 Beheizung der Bänke: Integrierte lokale Beheizung

Lokale Beheizung wird erreicht durch Heizelemente, die in Sitzkissen und Heizteppiche integriert sind. Diese Art der Beheizung reicht in kalten Regionen nicht aus, kann aber als Ergänzung zu anderen Heizsystemen eingesetzt werden oder aber das Unbehagen verringern, wenn keine andere Heizung vorhanden ist.

8.6.5.6 Beheizung der Bänke: Ergonomisch verteilte Niedertemperatur-Strahlungsheizung

Mehrere Niedertemperatur—Strahlungsquellen werden ergonomisch in den Bänken verteilt, um verschiedene Körperteile zu wärmen, z. B. unter der Knieleiste, um Füße zu wärmen; unter dem Sitz, um Beine zu wärmen; an der Lehne für Rücken und Hände der Nutzer, auf dem Boden usw. Die Heizer können aus Heizfolien oder so genanntem Heizglas (Glas mit Heizdrähten) bestehen. Der Grundgedanke besteht darin, die Wärmeverluste durch Zerstreung zu reduzieren und abhängig vom unterschiedlichen Wärmebedarf der verschiedenen Teile des menschlichen Körpers eine möglichst große Strahlungsfläche in den Bänken bereit zu stellen [18].

Diese Methode liefert eine akzeptable thermische Behaglichkeit in milden Klimazonen, also wenn die Raumtemperatur in dem Gebäude im Winter nicht zu stark abfällt. Die thermische Behaglichkeit ist generell besser als bei anderen Arten der Bankbeheizung, bleibt aber bei sehr kaltem Raumklima schwierig zu realisieren.

Richtig ausgelegte Bank-Heizsysteme können konvektive Luftbewegungen reduzieren und so die thermische Behaglichkeit verbessern und die Ablagerung von Staub und Schmutz auf Wänden verringern. Außerhalb der Bänke ist die Auswirkung auf Temperatur und relative Luftfeuchte nicht größer als die der natürlichen Raumklima-Fluktuationen. Die optische Auswirkung und die Notwendigkeit mechanischer Eingriffe hängen von der Konstruktion der Bänke ab, ist aber im Allgemeinen gering.

9 Umsetzung

Zur Umsetzung gehören die Installation und die Inbetriebnahme des neuen Heizsystems. Die Installation muss gemäß den nationalen Vorgaben und Regeln ausgeführt werden. Es ist darauf zu achten, dass das Raumklima auch während der Installationsarbeiten innerhalb der Spezifikationen bleibt. Wenn das System in Betrieb geht, muss seine technische Funktion zunächst überwacht werden, um eventuelle Schäden während der Testläufe zu vermeiden. Alle beteiligten Parteien müssen schriftliche Betriebsanleitungen erhalten.

10 Schlussbeurteilung

Jegliche Veränderung des Raumklimas, der Beheizungsart oder des Heizsystems ist abschließend zu beurteilen, um sicherzustellen, dass die Ziele in Bezug auf Erhaltung und Behaglichkeit erreicht worden sind. Im Rahmen einer solchen Beurteilung ist festzustellen, ob die gewünschten Klimabedingungen erreicht wurden und ob die Maßnahme an den Gegenständen des Kulturerbes irgendwelchen Schaden verursacht hat. Das Ausmaß und die Tiefe der Beurteilung müssen in jedem Fall von einer Gruppe unabhängiger qualifizierter Experten festgelegt werden. In der Regel muss eine Schlussbeurteilung Messungen des Raumklimas und der Reaktion von Gegenständen und Bauwerk über einen Zeitraum von einem Jahr, besser länger, vorsehen.

Auch eine Befragung der Nutzer und eine Untersuchung des Bauwerks und dessen, was sich darin befindet müssen dazugehören, um jegliche Reaktionen auf die Veränderungen zu erfassen.

Die erste Beurteilung muss schon bald nach der Installation stattfinden, und eine zweite innerhalb von ein bis drei Jahren danach vorgenommen werden.

11 Bemerkungen zur Anwendung dieser Norm

Es gibt keine einzelne Heizungslösung, die für alle Andachtsstätten optimal wäre. Durch Anwendung der Leitfäden in dieser Norm kann ein Team qualifizierter Fachleute Lösungen identifizieren, die die Anforderungen im Hinblick auf thermische Behaglichkeit und auf Erhaltung erfüllen. Die Beheizungsart wird mit Blick auf die Klimaspezifikationen gewählt, wobei auch die Nutzung des Bauwerks zu berücksichtigen ist. Dann werden geeignete Heizsysteme, die den Raumklimaanforderungen entsprechen, und die Beheizungsart ausgewählt, während für den Zweck untaugliche Systeme ausgeschlossen werden. Das/die gewählte(n) Heizsystem(e) muss/müssen auch unter technischen, praktischen, ökonomischen und ästhetischen Gesichtspunkten beurteilt werden sowie den wesentlichen nationalen Vorgaben für öffentliche Versammlungsgebäude entsprechen. In einigen Fällen kann es notwendig werden, Entscheidungen, die in der Anfangsphase getroffen wurden, zu revidieren und den Prozess mehrfach zu durchlaufen.

Ein Ablaufdiagramm, das den gesamten Prozess wiedergibt, findet sich in Anhang A.

Anhang A (informativ)

Ablaufdiagramm zur Darstellung der verschiedenen Schritte der Norm

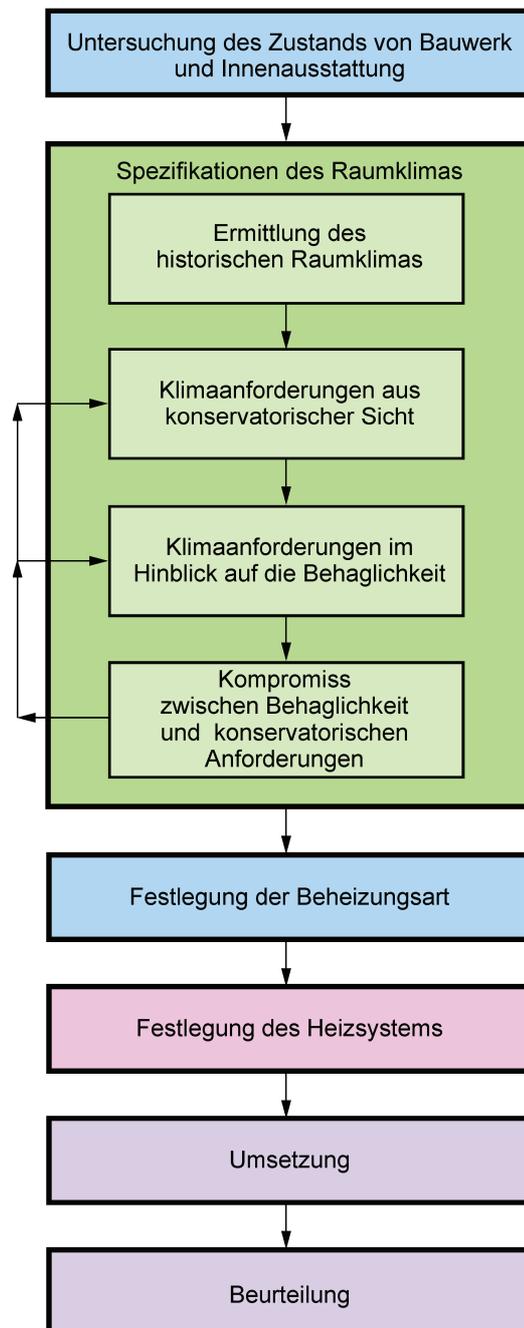


Bild A.1 — Ablaufdiagramm zur Darstellung der verschiedenen Schritte der Norm

Literaturhinweise

- [1] EN 15251, *Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden — Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik*
- [2] prEN 15759-2, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Raumklima — Teil 2: Lüftung*
- [3] EN 15898, *Erhaltung des kulturellen Erbes — Allgemeine Begriffe zur Erhaltung des kulturellen Erbes*
- [4] EN ISO 7726, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726:1998)*
- [5] EN ISO 8996, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Bestimmung des körpereigenen Energieumsatzes (ISO 8996:2004)*
- [6] EN ISO 9920, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination (ISO 9920:2007, Korrigierte Fassung 2008-11-01)*
- [7] EN ISO 10551, *Ergonomie des Umgebungsklimas — Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklimas unter Anwendung subjektiver Bewertungsskalen (ISO 10551:1995)*
- [8] BS 7913:1998, *Guide to the principles of the conservation of historic buildings*
- [9] ASHRAE 55, *Standard 55: Thermal Environment Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2004*
- [10] BEMROSE, C and BORDASS, W. *Heating your Church. Council for the Care of Churches*. London: Church House Publishing, 1996. 106 p.
- [11] BULLOCK, L; HAYES, B and STANIFORTH, S. *Appropriate Technologies for Relative Humidity Control for Museum Collections Housed in Historic Buildings*. In ROY, ASHOK, PERRY and SMITH. *Preventive Conservation Practice, Theory and Research*. London: Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, 12–16 September 1994, 1994. p. 123–128
- [12] CAMUFFO et al. *Church Heating and the Preservation of the Cultural Heritage - Guide to the Analysis of the Pros and Cons of Various Heating Systems*. Milan: Electa, 2007. 240 p.
- [13] CAMUFFO, D. *Microclimate for Cultural Heritage*. Amsterdam: Elsevier, 1998. 415 p.
- [14] CAMUFFO, D., PAGAN, E., RISSANEN, S., BRATASZ, Ł., KOZŁOWSKI, R., CAMUFFO, M., DELLA VALLE, A. 2010: *An advanced church heating system favourable to artworks: a contribution to European standardisation*. *Journal of Cultural Heritage* 11, 205-219
- [15] KÜNZEL, H. *Verbesserung der Raumklima- und Feuchteverhältnisse in historischen Gebäuden durch gesteuertes Heizen und Lüften*. In *Raumklima in Museen und historischen Gebäuden*. Bietigheim-Bissingen, 2000
- [16] KÜNZEL, H. *Bauphysik und Denkmalpflege*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007
- [17] LIMPENS-NEILEN, D. *Bench Heating in Monumental Churches – Thermal Performance of a Prototype*. Eindhoven (NL): Technische Universiteit Eindhoven, 2006. 137 p.
- [18] SCHELLEN, H.L. *Heating Monumental Churches – Indoor Climate and Preservation of Cultural Heritage*. Eindhoven (NL): Technische Universiteit Eindhoven, 2002. 228 p
- [19] WTA Guidelines E 6-12. *Climate and climate stability in historical buildings*