

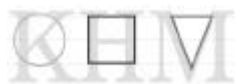
Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung Climate in Museums and Historical Buildings: Tempering



Schloß Schönbrunn

Schönbrunn Palace

Kunstforum
Ostdeutsche
Galerie



Inhaltsverzeichnis / Table of Contents

<i>Wolfgang Kippes</i>	
Vorwort	4–5
Preface	6–7
Autorenverzeichnis	9–12
List of Authors	9–12
<i>Henning Großes Schmidt</i>	
The Tempered Building:	14–48
Renovated Architecture – Comfortable Rooms – A “Giant Display Case”	
Das temperierte Haus:	325–382
Sanierte Architektur – behagliche Räume – Großvitrine (Langfassung)	
<i>Jochen Käferhaus</i>	
Kontrollierte natürliche Lüftung und Bauteilheizung als probate Mittel der Schadensprävention am Beispiel von Schloß Schönbrunn.	49–76
<i>Michael Kotterer</i>	
Internationale Standard-Klimawerte und Haustechnik in Museen und historischen Gebäuden in der Diskussion	77–98
International Standard Climate Values and Climate Control Systems in Museums and Historical Buildings under Discussion	383–404
<i>Jan Holmberg</i>	
Comparison of Tempering and Conventional Convection Heating	99–106
<i>Marjana Šijanec-Zavrl, Roko Žarnić</i>	
Thermal Response of Wall-Tempered Heritage Buildings – Monitoring and Simulation	107–127
<i>Matjaž Malovrh, Matjaž Zupan, Miha Praznik</i>	
Neue Wege zum Beheizen historischer Gebäude	128–137
<i>Felicitas Klein</i>	
Die Renovierung von fünf historischen Räumen in der Städtischen Galerie im Lenbachhaus, München, Teil 1	138–142
Renovation of Five Historic Exhibition Rooms in the Städtische Galerie im Lenbachhaus, Part 1	405–410
<i>Andreas Hofer</i>	
Die Renovierung von fünf historischen Räumen in der Städtischen Galerie im Lenbachhaus, München, Teil 2	143–146
Renovation of Five Historic Exhibition Rooms in the Städtische Galerie im Lenbachhaus, Part 2	411–414
<i>Jochen Münnich</i>	
Erweiterung und Umbau 1995/96 des Ernst Barlach Hauses, Stiftung Hermann F. Reemtsma, Teil 1	147–148
Expansion and Remodeling of the Ernst Barlach Haus, Stiftung Hermann F. Reemtsma, during 1995/96, Part 1	415–416

<i>Gerhard Kahlert</i>	
Erweiterung und Umbau 1995/96 des Ernst Barlach Hauses, Stiftung Hermann F. Reemtsma, Teil 2	149–150
Expansion and Remodeling of the Ernst Barlach Haus, Stiftung Hermann F. Reemtsma, during 1995/96, Part 2	417–418
<i>Gotthard Voß</i>	
Wohnen im Denkmal.	151–154
Sanierung des Wohn- und Geschäftshauses Barfüßerstraße 13 in Halle	
Living in Historical Buildings. Restoration of Barfüßerstraße 13 in Halle, a Mixed Residential and Commercial Building	419–422
<i>Thomas Becker</i>	
Erfahrungen mit der Temperierung in Italien	155–162
The Italian Experience	423–430
<i>Jochen Käferhaus</i>	
Schloß Meseberg, künftiges Gästehaus der deutschen Bundesregierung, als Beispiel für Schadensprävention und Raumbeheizung durch Temperierung	163–169
<i>Maria Ranacher</i>	
Gesundheit durch Thermische Kondensatprävention. Optimales Gebäudeklima für Kulturgut und Denkmalpflege (Kurzfassung)	170–187
Gesundheit durch Thermische Kondensatprävention. Optimales Gebäudeklima für Kulturgut und Denkmalpflege (Langfassung)	431–462
<i>Alfons Huber</i>	
Das optimale Museumsfenster (Zusammenfassung)	188–191
The Optimal Museum Window (Summary)	463–466
Das optimale Museumsfenster (Langfassung)	467–506
<i>Joachim Kleinmanns</i>	
Die Temperierung historischer Gebäude: Eine Methode zur Verhütung feuchtebedingter Bauschäden	193–200
Tempering of Historical Buildings: A Method for Preventing Building Damage due to Moisture	201–208
<i>Dietmar Leipoldt</i>	
Kurzbericht über Heizkostenreduzierung / Energieeinsparungen / Investitionseinsparungen im Anlagenbau durch den Einsatz der Temperierung: Vergleichende Untersuchung im Gymnasium Waldstraße, Hattingen	209–214
A Short Report on the Reduction of Heating Costs, Energy Use and Capital Costs through the use of Tempering: A Comparative Study in the Waldstraße Secondary School, Hattingen	215–220
<i>Michael Kotterer</i>	
Klimamessungen im Kunstforum Ostdeutsche Galerie Regensburg. Analyse und Dokumentation	221–244
Climate Measurements in the Kunstforum Ostdeutsche Galerie in Regensburg. Analysis and Documentation	245–268
<i>Jochen Käferhaus</i>	
Kartause Mauerbach: Auf der Suche nach der schadenspräventiven Heizung für historische Gebäude. Vergleich von sechs unterschiedlichen Wärmeverteilsystemen und deren Auswirkung auf die Räume	269–324

Preface

At least since the 1960 ICCROM Study titled "Climatology and Conservation in Museums" (Rome 1960), the question of control of room climate has been widely and intensely discussed from a conservational point of view. ICCROM considered strictly room climate questions with regard to conservation of art-works in museums and thus addressed a question that in the 19th century had already led to parliamentary discussions in Europe. In further developments since 1960, not only were the all too simplistic conclusions of the ICCROM Study made more precise but it was also determined that a similarly sensitive treatment of the room climate in historic buildings was also necessary. With progress in perceptions, the understanding grew that the use of mechanical air conditioning systems never leads to the desired result and that the uncontrollability of mechanical equipment creates additional risks.

As a general conclusion to a more than 100-year debate, it can be said that the solution to the problem can only be a sensitive use of the building substance for buffering the room climate combined with use of the most maintenance free and least invasive possible mechanical assistance. Out of this philosophical background, an ambitious research project came into being, whose results are summarized in this volume. The organizational framework for the cooperation was provided in 1964-65 by the EUREKA initiative EURO CARE. The project itself had the designation EURO CARE EU-1383 PREVENT: Preventive Conservation. Within the five-year research period, eighteen individual reports were prepared by the partners from Austria, Germany, Slovenia, and Sweden.

This European-level cooperation was not just theoretically productive. It not only confirmed the, at that time still controversially discussed, effectiveness of Tempering, as developed by Henning Großes Schmidt, but also led to other innovative new solutions (see the articles from Jochen Käferhaus on damage prevention in Schönbrunn Palace and from Alfons Huber about the optimal museum window). Additionally, it has led to enthusiastic personal friendships. I would like to express my thanks at this point to all who participated and to note that the cooperation has also borne academic fruit, including one habilitation and three doctoral dissertations.

Despite this, a book that covers all aspects of the subject of "Climate in museums and historic buildings and tempering" has been lacking. In 1999 Michael Kotterer of the Kunstforum Ostdeutsche Galerie, Regensburg, had the idea for this publication and started collecting articles that presented the results of the PREVENT research as well as additional reports on work on this topic from outside of the PREVENT project. The present volume has at last been realized as a co-production of the Schloß Schönbrunn Betriebs- und Kulturges.m.b.H. and the Stiftung Kunstforum Ostdeutsche Galerie. The main editorial work was performed by Henning Großes Schmidt and Michael Kotterer. Frederick Boody reviewed the contributions for physical correctness of their treatment of heat transfer, translated articles originally written in German into English, and edited all English-language articles for grammar and usage.

The individual contributions:

Two extensive articles present the background for all of the problem solving approaches presented. Henning Großes Schmidt, the inventor of practical tempering, presents it in both theory and practice and thus summarizes the twenty years of discussion about the "tempered building" in a work that is published for the first time in English in this detailed form. Maria Ranacher, who deserves great praise for the creation of the PREVENT research project, describes her approach in the contribution "Health through thermal condensation prevention."

The contributions from Jochen Käferhaus on damage prevention by means of natural ventilation and tempering in Schönbrunn Palace and on damage preventive heating in historic buildings (comparison of different heat distribution systems in the Cartusian Monastery in Mauerbach near Vienna) have a direct connection to the research project.

Michael Kotterer presents the results of climate measurements in the Kunstforum Ostdeutsche Galerie, Regensburg, and, in a further article, reviews the international debate on standard climate values for museums and historic buildings.

The Slovenian partners Marjana Šijanec-Zavrl, Roko Žarnić, Matjaž Malovrh, Matjaž Zupan and Miha Praznik report on both theoretical and practical work on tempering as an innovative method of heat distribution.

Jan Holmberg from Sweden describes the positive Swedish experience with tempering.

Alfons Huber from Vienna deals with the optimum way to handle museum windows that are not externally shaded from the sun, as an approach to damage prevention for preservation-sensitive historical building elements.

Jochen Käferhaus confirms with data from Mauerbach the improved thermal characteristics of tempered walls.

Supplementing these contributions are a series of reports on experiences with the use of tempering for room climate control and for conservation of the building substance. These include reports from Felicitas Klein and Andreas Hofer about the Lenbachhaus in Munich, from Jochen Münnich and Gerhard Kahlert about the Ernst-Barlach-Haus in Hamburg, from Gotthard Voß about an historic residential building in Halle, from Jochen Käferhaus about Meseberg Palace, the future guesthouse of the German government, from Thomas Becker about the experiences with tempering in Italy, from Joachim Kleinmanns, University of Karlsruhe, about tempering in the Open Air Museum in Detmold and from Dietmar Leipoldt from Wuppertal about the comparison of radiator heating with tempering.

For this publication we have chosen a new approach. A CD supplements the printed volume. To improve the readability of the printed volume, only twelve printed reports, some in shortened versions, are included. The full versions and all other reports are on the CD, where the theoretically interested reader can also find the complete detailed research results. The printed table of contents lists both sets of articles.

April 2004

Wolfgang Kippes

Erfahrungen mit der Temperierung in Italien

ABSTRACT

Außerhalb eines Forschungszusammenhangs wurde in Italien vom Autor und zwei weiteren beteiligten Planern die Temperierung unter kommerziellen Bedingungen getestet. Anhand von drei Musterbeispielen wird die Erprobung der Temperierung erläutert. Am Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone, in Cremona, einem Adelspalast aus dem 16. Jahrhundert, wurden die Temperierrohre wegen der Wandmalereien nicht unter dem Wandputz installiert, sondern am Sockel auf Putz angemörtelt. In der in den 1930er Jahren erbauten Kirche Sacro Cuore in Monza und einem Haus aus dem 19. Jahrhundert in Arco am Gardasee wurde die Installation unter Putz erprobt. In allen Fällen hat sich die Temperierung bewährt und als zur Trockenlegung, Konservierung und Beheizung angemessene, kostensparende, einfach zu installierende und zu bedienende Methode erwiesen, trotz anfänglicher, planerischer Unsicherheiten.

Inzwischen sind vom Autor ca. 100 weitere Projekte mit Temperieranlagen durchgeführt worden.

THE ITALIAN EXPERIENCE

The author and two additional planners have tested tempering in Italy under commercial conditions without any relationship to research. The testing of tempering will be described using three examples: In the Palazzo Cattaneo – Ala Ponzone in Cremona, a noble's palace from the 16th century, the tempering pipes were attached at the wall base with mortar rather than being installed under the plaster because of murals. In the Sacro Cuore Church in Monza, built in the 1930's, and a 19th century house in Arco on Lake Garda, installation under plaster was tested. In all cases tempering proved itself and demonstrated itself simple to install and operate, cost saving, and appropriate for heating, conservation, and drying out wet walls, despite initial uncertainties with the planning.

Since then the author has carried out about 100 additional projects with tempering systems.

Dies ist ein kurzer Bericht über die Erfahrungen einer Gruppe von drei Personen¹, die, außerhalb einer jeglichen koordinierten wissenschaftlichen Initiative, also auch außerhalb des PREVENT Projektes, aus verschiedenen Tätigkeitsbereichen heraus Interesse an der Temperierung als Methode gewonnen haben. Aus den ersten gemeinsamen Versuchen ist eine systematische Zusammenarbeit geworden, die ziemlich bald auch kommerziellen Charakter annehmen mußte. Vorab die für die Temperierung relevanten Charakteristika Italiens bzw. der Po Ebene:

- extrem hohe Luftfeuchtigkeit, im Winter (Nebel) wie im Sommer (Mücken, Tropenklima)
- viele schöne alte Gebäude, ohne Keller, häufig ohne Fundamente, mit Lehm Mörtel
- es gibt keine Bauphysiker (nur Professoren, die nicht bauen)

Der eingangs erwähnte Umstand, daß sich nämlich die Arbeit außerhalb eines wie auch immer finanzierten Forschungszusammenhangs abspielt, ist mit ein Grund dafür, daß für aufgewendete Zeit und professionelle Kompetenz eine

¹ Dipl. Ing. Arch. Thomas Becker, Autor dieses Textes; Dr. Ing. Daniele Fraternali, Energieberater; Carlo Vecchio, Planer von Heizungs- und Lüftungsanlagen.

andere Form der Bezahlung notwendig wurde. Das schafft nicht gerade ideale Arbeitsbedingungen, um eine alles andere als dem „anerkannten Stand der Technik“ entsprechende, geschweige denn in DIN oder äquivalenten Standards erfaßte Methode zur Mauerwerkssanierung und/oder Raumbeheizung auszuprobieren. Denn darum geht es ja: ausprobieren, dh. ein Problem erkennen und formulieren, eine Hypothese einer technischen Lösung aufstellen, sie praktisch umsetzen, feststellen, wo was warum nicht so funktioniert, wie man wollte, Verbesserungsversuche machen etc., vor allem aber den Fall nicht ausschließen, daß die ganze Anordnung von einer oder mehreren falschen Voraussetzungen ausgegangen war und nun nochmals von vorn angefangen werden muß.

Da spielt kein Kunde mit. Nicht allein in Deutschland kennt man die „Gewährleistung“; auch in Italien, wo ein solcher Terminus nur schwerlich als Hauptmerkmal der Beziehung zwischen einem Bauherrn und dem Planer seines Vertrauens denkbar wäre, erwartet jener sich von diesem doch, daß die vorgeschlagenen technischen Maßnahmen zu einem guten Prozentsatz zum projektierten Ergebnis führen. Also müssen Sicherheitsmargen eingebaut werden, welche einerseits die Kosten in die Höhe treiben, andererseits eine genaue Bestimmung der Effizienz kompromittieren: die ewige Ungewißheit, ob der Gürtel auch ohne den Hosenträger gehalten hätte. Umgekehrt – um nun auch von konkreten Fällen zu sprechen – mußten wir leider mehrfach nachträglich Hosenträger einbauen, wo wir dem Gürtel allein zuviel zugetraut hatten. Die folgende Beschreibung von drei bezeichnenden Beispielen ist daher zugleich die von nicht immer restlos erfolgreicher Anwendung der Temperierung wie der vorläufigen Unmöglichkeit, zu verbindlichen Aussagen, d. h. wissenschaftlich stichhaltigen Theorien und daraus ableitbaren technischen Regeln, zu gelangen.

1. PALAZZO CATTANEO, ALA PONZONE, CREMONA

Ein Adelspalast aus dem 16. Jahrhundert, der, wie das eigentlich fast immer so ist, nach und nach erhebliche Umbauten und Umgestaltungen erfuhr, die am stärksten eingreifende gegen 1800 im klassizistischen Stil. Seit etwa 20 Jahren verlassen, in ziemlich ruinösem Zustand, vor allem mit satt durchnässten Mauern infolge kaputter Dächer, konnte sich einer der Erben, ein römischer Herzog, 1994 zu dem Entschluß durchringen, das Gebäude sehr sorgfältig und in allen Einzelheiten zu restaurieren, um es, vermittels einer eigens geschaffenen Agentur, zu den verschiedensten Zwecken und Anlässen als Herberge und Rahmen gewiß nicht alltäglicher Art in Teilen oder ganz zu vermieten. Der Architekt, Prof. Alberto Grimoldi, hat, wie in allen von ihm verantworteten denkmalpflegerischen Projekten, auch in diesem Fall die haustechnischen Anlagen vollständig aus dem Mauerwerk heraushalten wollen, gemäß seiner Auffassung, daß einerseits nicht nur der künstlerische und kunstgeschichtliche Anschauungswert eines Denkmals, sondern, und vor allem, auch die historische Substanz erhalten werden müsse, andererseits die elektrischen und hydraulischen Einbauten die wichtigste kulturelle Äußerung unserer Zeit gegenüber der vergangenen darstelle und daher der Zeitgenosse hierfür durchaus sichtbare Verantwortung auf sich zu nehmen habe. Der in Rede stehende kann als Musterfall für alle Gebäude gelten, in denen aus verschiedenen Gründen nicht nur nicht unter Putz installiert werden kann, sondern auch sonstige Möglichkeiten beschränkt sind (für die Temperierung vor allem die Umfahrung der Fensterflächen, die womöglich farbig gefaßt oder gar freskiert sind).

Wird nicht nur die Kontrolle der Feuchtigkeitsprobleme (aufsteigende und Kondensfeuchte) gewünscht, sondern auch Raumbeheizung, besteht ein Hauptproblem darin, genug Laufmeter Rohr „unterzubringen“. Eine Vorbemessung folgt der Faustregel: bei einem angenommenen Energiebedarf von $25\text{--}30\text{W/m}^2$ sollte die Meterzahl der notwendigen verlegten Strecke von Rohrpaaren (Vorlauf und Rücklauf) etwa der Zahl der Quadratmeter der Geschoßfläche der zu beheizenden Räume entsprechen. Bei einer mittleren Raumgröße von 15 m^2 im normalen Wohnungsbau ist das Zahlenverhältnis zwischen den Längenmetern der die

Abbildung 1:
Ovaler Salon, nach Westen. Nur die Kuppel liegt im Außenbereich. Eine Ringleitung auf dem Architrav deckt ihren Wärmebedarf (s. Schnitt). Foto Alberto Grimoldi, Mailand.



Abbildung 2:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone. Schnitt. Zeichnung Autor.

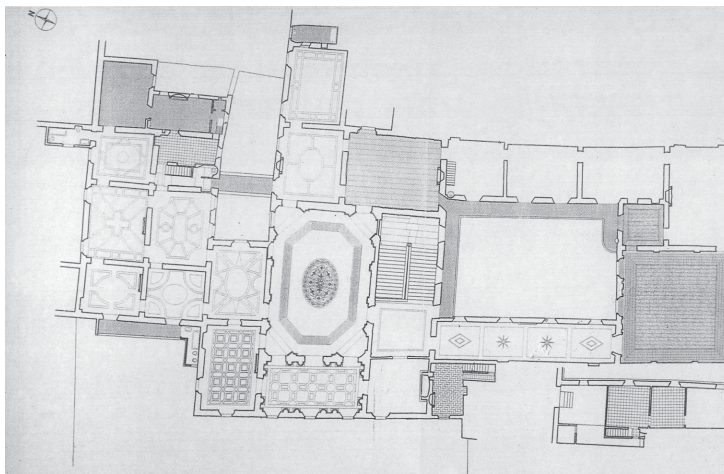
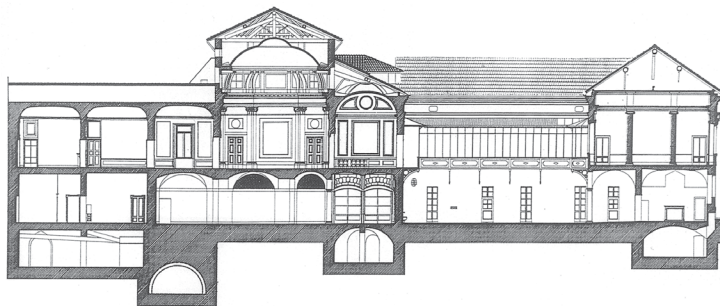


Abbildung 3:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone. Grundriss Erster Stock. Zeichnung Autor.

Abbildung 5:
Loggia: Die Rohrschleife an den beiden Außenwänden des einfach verglasten Leichtbaus (Vorlauf im Mörtelprofil am Sockel, Rücklauf frei an der Brüstung geführt) genügt zur Temperierung dieses Durchgangsbe-
reichs. Foto Alberto Grimoldi, Mailand.

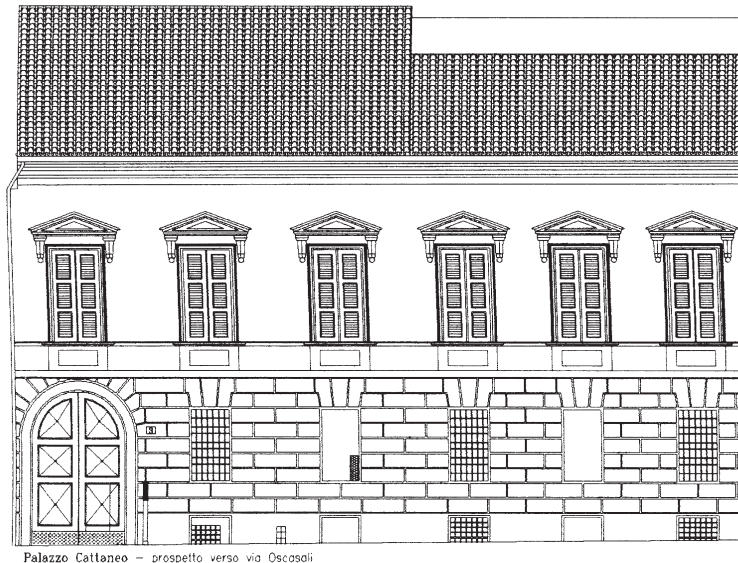


Abbildung 4:
Pompejanische Galerie. Die haustechnischen Leitungen sind *auf* den Bauteilen montiert: Am Sockel der Außenwände unter einem Mörtelprofil die beiden Heizrohrschleifen, davor auf dem Boden unter einer hohlen Stuhlleiste die elektrischen Leitungen, die auch die vor der Wand montierten Standleuchten versorgen. Foto Alberto Grimoldi, Mailand.



Abbildung 6:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone. Daten-
übersicht. Zeichnung Autor.

PALAZZO CATTANEO - ALA PONZONE



GEBÄUDEDATEN:

a) Gebäudeteile mit Temperierungsanlage

. Grundfläche:	m ²	2698
. Durchschnittliche Raumhöhe:	m	3.6
. Volumen:	m ³	9672

b) Gebäudeteil (Zentrale Säle) mit Konvektionsheizung

. Grundfläche:	m ²	200
. Durchschnittliche Raumhöhe:	m	6.25
. Volumen:	m ³	1250

DATEN HEIZUNGSANLAGE:

a) Gebäudeteile mit Temperierungsanlage

. Gesamte Rohrlänge:	l _{fm}	2200
. Thermische Gesamtleistung:	kW	80
. Thermische Gesamtleist. pro m ² beheizte Grundfläche:	W/m ²	29.7
. Thermische Gesamtleist. pro m ³ beheizter Raum:	W/m ³	8.3
. Energieverbrauch nach 4 Monaten Betrieb, einschließlich Mauerwerksentfeuchtung	MWh	65
. Spezifischer durchschnittlicher Energieverbrauch pro m ² beheizte Grundfläche:	kWh/m ²	24.1
. Spezifischer durchschnittlicher Energieverbrauch pro m ³ beheizter Raum:	kWh/m ³	6.7

b) Gebäudeteil mit Konvektionsheizung:

. Thermische Gesamtleistung:	kW	35
. Durchschnittlicher Energieverbrauch nach 4 Monaten Betrieb:	MWh	27
. Spezifischer durchschnittlicher Energieverbrauch während der Heizperiode pro m ² beheizte Grundfläche:	kWh/m ²	135
. Spezifischer durchschnittlicher Energieverbrauch während der Heizperiode pro cbm beheizter Raum:	kWh/m ³	21.6

Räume bildenden Wandflächen und den Geschoßflächen etwa 1:1 (natürlich nicht in jedem einzelnen Raum, sondern im Gesamtdurchschnitt einer Wohnung). Die notwendige Umfahrung der Fensterleibungen und sonstiger kältestrahlender Flächen und Kanten gleicht die „gesparten“ Längenmeter der nichttragenden Innenwände aus, die keinen Wärmeverlust haben und somit keinen Wärmebedarf darstellen.

Mit Zunahme der Raumgröße und Abnahme der Anzahl der einzelnen Räume sinkt aber die Zahl der verfügbaren Längenmeter erheblich unter die Geschoßfläche. Zudem verringert sich mit dem größeren Abstand der strahlenden Wände zueinander bzw. zur Raummitte die Effizienz. Es wird also unumgänglich, alle Wände abzufahren, zumal bei alten Bauten auch die meisten „nichttragenden“ Wände direkt fundiert sind. Dennoch fehlen häufig, wie z. B. im Palazzo Cattaneo, noch viele Meter in der Bilanz, für deren Unterbringung uns beim besten Willen nichts mehr einfiel. Da sich diese sichtbar in einen anspruchsvollen Kontext einfügen müssen, ist die enge Zusammenarbeit einer Art zwischen Architekt und Klimaingenieur gefordert, an welche beide oft nicht gewöhnt sind. In der irrigen, unserer damaligen Unerfahrenheit geschuldeten Annahme, die Röhrchen müßten gegen die Raumluft isoliert werden, damit der Wärmefluß voll der anliegenden Wand zugute komme, hatten wir eine vom Architekten vorgeschlagene Holzabdeckung gutgeheißen: ein Denkfehler.

Fazit:

- die Raumbeheizung ist bis zu Außentemperaturen über 0°C zufriedenstellend, darunter wird's rapide ungemütlich;
- aus bisher ungeklärten Gründen konnte die aufsteigende Feuchtigkeit an bestimmten Stellen nicht blockiert werden.

Der Bauherr, lange Zeit mit Enthusiasmus und Geduld bereit, das Projekt zu fördern, gibt für die empirischen Forschung zur Klärung jener offenen Fragen nun keine Gelder mehr. Er verlangt, um seine Zwecke nicht zu gefährden, die Wiederbelebung eines bestehenden Systems von gemauerten Warmluft-Kondukten, mit deren Hilfe bei bevorstehenden Anlässen die Temperatur um einige Grad hochgezogen werden kann: der Hosenträger (da wir diese Planungsleistung nun freilich unbezahlt zu erbringen haben, müssen wir den eigenen Gürtel etwas enger schnallen).

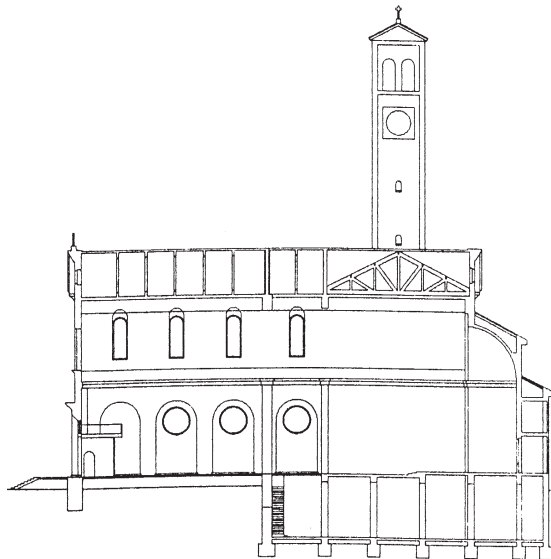
2. DIE KIRCHE SACRO CUORE IN MONZA

Auch ein Musterfall, diesmal für das Gegenteil. Das Gebäude ist historisch allenfalls als Beispiel für schlechte Architektur der 30er Jahre, in Mussolinis Ägide, interessant (in jenen Jahren sind auch qualitätvolle Gebäude entstanden, aber das ist hier nicht Gegenstand). So durfte und sollte alles unter Putz gebracht werden, wir konnten in dieser Art riesigen Halle ohne Rücksicht auf nicht existente komplexe Architektur-Details, also mit niedrigen Kosten, soviel Rohr, im Sinne sowohl der Gesamtlänge als auch der Anzahl der Kreise, verlegen, wie wir für angebracht hielten.

Zuvor bestand eine Luftheizung, mit deren Kapazität von 350 kW (!) gerade mal die Hälfte der Kirchenhalle (1035 m²; 16600 m³) an den Wochenenden bedient wurde; diese Kirchenhälfte ist unterkellert, ein einziger riesiger Raum von 750 m² und 5 m Höhe, der, weil feucht und kalt, nie benutzt worden war. Die eingebaute Temperierungsanlage wird mit 70 kW gefahren und wärmt nun außer der ganzen Kirche auch noch den genannten Keller, an allen Tagen. Die Verbräuche (Methan) und Betriebskosten haben die der alten Luftheizung nicht nur relativ, sondern auch absolut nicht überschritten (rd. 5.100 €/Jahr).

Da die Anlage also von Anfang an ein voller Erfolg war, ist der Kunde, vor allem der Wirtschaftler der relativ großen und ziemlich vermögenden Gemeinde, sehr zufrieden. Das Budget ist nicht nur eingehalten worden, sondern betrug überhaupt nur die Hälfte der Summe, welche aufgrund von zuvor erstellten Planungen für andere, konventionelle Heizungen veranschlagt worden war.

CHIESA SACRO CUORE, MONZA



GEBÄUDEDATEN:

a) Kirchensaal:

. Grundfläche:	m ²	1035
. Durchschnittliche Raumhöhe:	m	16.0
. Volumen:	m ³	16586

b) Untergeschoß (Mehrzwecksaal):

. Grundfläche:	m ²	748
. Durchschnittliche Raumhöhe:	m	5.1
. Volumen:	m ³	3817

ANLAGEDATEN:

. Gesamte Rohrlänge:	lfm	2000
. Thermische Gesamtleistung:	kW	70
. Thermische Gesamtleist. pro m ² beheizte Grundfläche:	W/m ²	39.3
. Thermische Gesamtleistung pro cbm beheizter Raum:	W/m ³	3.4
. Spezifischer durchschnittlicher Energieverbrauch während der Heizperiode pro m ² beheizte Grundfläche:	kWh/m ²	33.6
. Spezifischer durchschnittlicher Energieverbrauch während der Heizperiode pro cbm beheizter Raum:	kWh/m ³	2.9

Abbildung 7:
Kirche Sacro Cuore. Datenübersicht. Zeichnung Autor.

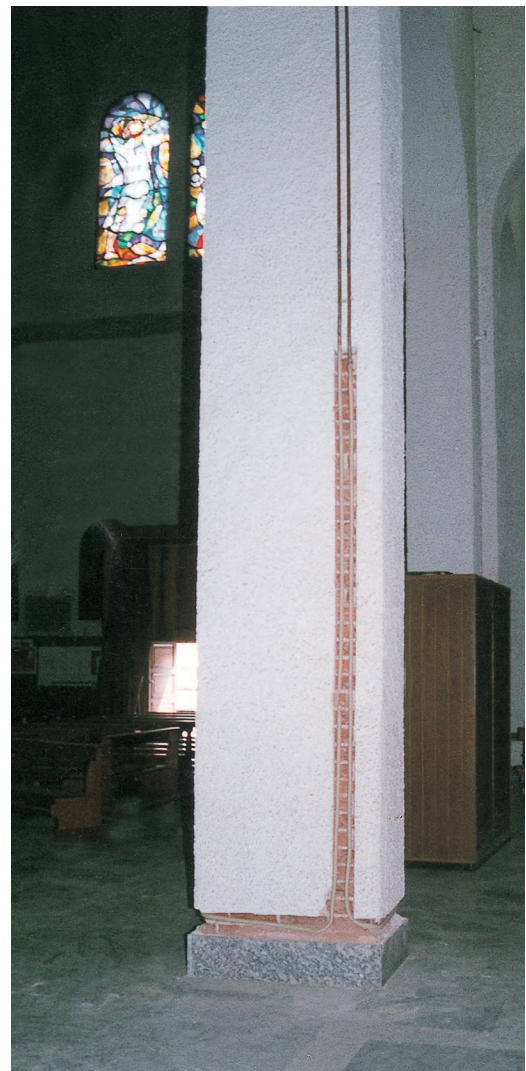
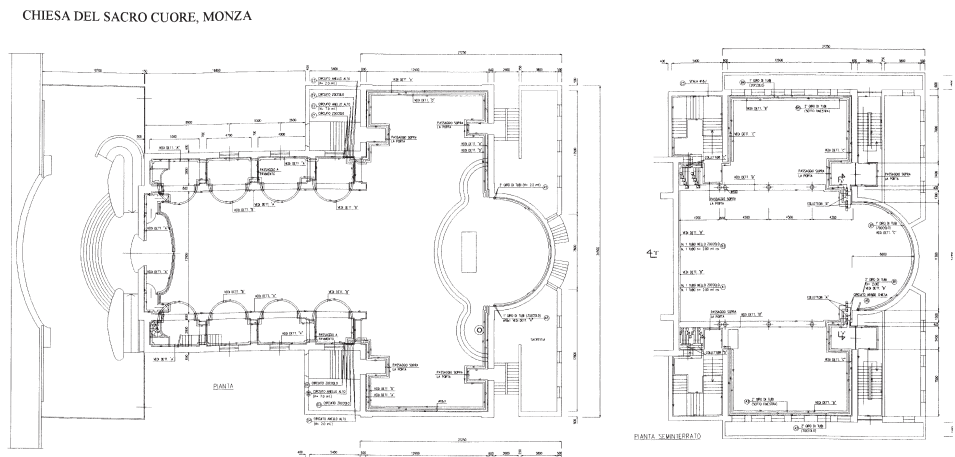


Abbildung 8a u. b:
Kirche Sacro Cuore. Einbau der Temperierung. Der Putz mußte nicht erhalten werden.
Fotos Autor.



Abbildung 9:
Kirche Sacro Cuore. Tempe-
rieranlage. Planzeichnung
Carlo Vecchio, Mailand.



Bei solch beeindruckenden Ergebnissen sind die Möglichkeiten, am Objekt weiterzuforschen, nicht beschnitten worden. Wir haben dies weidlich ausgenutzt, um nun über Modem mit der Steuerungszentrale verbunden, Statistiken aufstellen zu können: Was passiert, wenn von 3 nur 2 oder gar nur 1 Kreis bei welcher Außentemperatur mit welcher Vorlauftemperatur gefahren wird etc.?

Bleibt als offene Frage nur: was wäre wenn die Rohre nicht unter Putz hätten gelegt werden können...

3. HAUS IN ARCO, GARDASEE

Ein Wohnhaus aus dem vorigen Jahrhundert, Bruchsteinmauerwerk, welches nach vielen Verunstaltungen während der vergangenen Dekaden von seinem letzten Erwerber radikal saniert wurde. Hier wurden die Rohre unter Putz gelegt nicht nur, weil auf die Erhaltung etwaiger Substanz kein besonderer Wert gelegt wurde, sondern vor allem die „Unsichtbarkeit“ der Heizung gab den Ausschlag. Trotz der relativ ungünstigen Lage der Rohre unter OKE, mit Holzfußboden jedoch ohne Sockelleisten, hat die Anlage während des ersten Winters voll den Erwartungen der Nutzer entsprochen. Wir vermuten, wie auch ein weiterer Fall, ein mittelalterlich „rückgebautes“ Schlößchen in Cividale im Friaul, zu bestätigen scheint, daß die Temperierung in Steinmauerwerk sehr rasch ihre Effizienz unter Beweis stellt, da dieses meist wesentlich geringere Wassermengen enthält als Ziegelmauerwerk (womöglich gar mit Lehmörtel, wie im Palazzo Cattaneo).

4. SCHLUßBETRACHTUNG

Die drei umrissenen Beispiele sind eine Auswahl aus rund 100 inzwischen realisierten Projekten, die in mehrfacher Hinsicht jeweils einen Typ für die Wahl der Art des Einbaus repräsentieren:

Art des Einbaus

- nicht unter Putz
- unter Putz
- Bruchsteinmauerwerk

Motivation

- Baudenkmal
- low budget
- ästhetisch

Diese Gesichtspunkte sind nicht in erster Linie wissenschaftliche, sondern zum einen praktische, zum andern kommerzielle Merkmale, womit ich zum Ausgangspunkt zurückkehre: die Arbeitsbedingungen des forschenden Planers (der praktische Kriterien vornan stellen muss) und Verkäufers (der zusehen muß, daß er seine Ware los wird). Der Kunde will nicht wissenschaftlichen Erkenntniswert honorieren, sondern er will, und zwar ohne Diskussionen:

- es warm haben
- sowenig als möglich für die Erstellung ausgeben (und wenn dann auch noch ein Planungshonorar ausgewiesen wird, ist der Unwillen schon groß)
- sowenig als möglich für den Betrieb ausgeben

Außerdem will er

- beim Einbau, sofern währenddessen die Nutzung der Räume nicht unterbrochen wird, möglichst keinen Schmutz (hierin decken sich seine Interessen unter Umständen mit denen des Denkmalpflegers)
- den Betrieb regulieren, d. h. bestimmen können, in welchen Räumen wann er es lieber etwas kühler oder wärmer haben möchte (aus subjektiv-physiologisch-psychologischen Gründen heraus, welche er in der Regel, wie gesagt, nicht zu diskutieren wünscht).

Nach dem Grade, in dem diese Erwartungen erfüllt werden können, bzw. in dem der potentielle Kunde sich im vorhinein überzeugen läßt, daß sie erfüllt werden (Gewährleistung), bemißt sich der Spielraum der weiteren Erforschung. In diesem Sinn können wir behaupten, daß es bisher gar nicht so schlecht gegangen ist.

Inzwischen konnten wir ca. 100 weitere Projekte mit Temperieranlagen durchführen.

The Italian Experience

ABSTRACT

The author and two additional planners have tested tempering in Italy under commercial conditions without any relationship to research. The testing of tempering will be described using three examples: In the Palazzo Cattaneo – Ala Ponzone in Cremona, a noble's palace from the 16th century, the tempering pipes were attached at the wall base with mortar rather than being installed under the plaster because of murals. In the Sacro Cuore Church in Monza, built in the 1930's, and a 19th century house in Arco on Lake Garda, installation under plaster was tested. In all cases tempering proved itself and demonstrated itself simple to install and operate, cost saving, and appropriate for heating, conservation, and drying out wet walls, despite initial uncertainties with the planning.

Since then the author has carried out about 100 additional projects with tempering systems.

ERFAHRUNGEN MIT DER TEMPERIERUNG IN ITALIEN

Außerhalb eines Forschungszusammenhangs wurde in Italien vom Autor und zwei weiteren beteiligten Planern die Temperierung unter kommerziellen Bedingungen getestet. Anhand von drei Musterbeispielen wird die Erprobung der Temperierung erläutert. Am Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone, in Cremona, einem Adelspalast aus dem 16. Jahrhundert, wurden die Temperierrohre wegen der Wandmalereien nicht unter dem Wandputz installiert, sondern am Sockel auf Putz angemörtelt. In der in den 1930er Jahren erbauten Kirche Sacro Cuore in Monza und einem Haus aus dem 19. Jahrhundert in Arco am Gardasee wurde die Installation unter Putz erprobt. In allen Fällen hat sich die Temperierung bewährt und als zur Trockenlegung, Konservierung und Beheizung angemessene, kostensparende, einfach zu installierende und zu bedienende Methode erwiesen, trotz anfänglicher, planerischer Unsicherheiten.

Inzwischen sind vom Autor ca. 100 weitere Projekte mit Temperieranlagen durchgeführt worden.

¹ dipl. ing. arch. Thomas Becker, author of this text, dr. ing. Daniele Fraternali, energy consultant, p.i. Carlo Vecchio, planner of heating and air conditioning systems

This report is about the experiences of a group of three people¹, from various fields of endeavor who are not part of research projects, such as the PREVENT Project, but who have developed an interest in tempering as a method. From our first common projects onwards, a systematic cooperation was established, which quite soon had to take on a commercial character as well². While, as far as I can see, this commercial aspect is of some importance only for our (the Italian) case, it forms part of the following presentation.

To start with, the main tempering relevant characteristics of Italy, or more precisely the Po River Valley:

- extremely high air humidity, in winter (fog) as well as in summer (mosquitoes, tropical climate)
- many beautiful old buildings without cellars, often without foundations, and with clay-based mortar
- no “building physicists” (only professors who do not build)

The above mentioned condition, that the work was done outside of any context of research, thus with no external funding, is one reason that a commercial context had to be found for paying for the time and professional competence

of the people doing the work. This context, however, did not create ideal working conditions for testing methods for drying out walls and/or room heating which remain anything but the recognized “state of the art” and are not even defined in the DIN or other equivalent standards. But this was our approach: first to test methods, and so recognize and define problems; followed by formulating technical solutions; realizing these solutions in practical terms; determining what, where, did not work as expected and why; attempting improvements, etc.; and, above all, not excluding that the whole approach might have been based on false assumptions and thus must be redone entirely.

No customer would ever want to play this sort of game. In Germany a “Gewährleistung” (warranty) is an absolute requirement. Also in Italy, where it would be difficult to consider warranties a characteristic feature of the relationship between a client and a designer in which he has confidence, the client still expects the designer to ensure that, most of the time, the proposed technical measures lead to the projected results. Thus safety margins are necessary. These, however, raise building costs and make it difficult to determine exactly how large of safety margins are necessary. Sort of like deciding to wear suspenders as well as a belt in order to make sure that your pants do not fall down. You never know if the belt would have held without the suspenders. In several of our cases, unfortunately, where we depended only on the belt, we had to add suspenders later. The following descriptions of 3 typical examples therefore also describe applications of tempering that were not always completely successful, as well as the impossibility at this point to reach definite conclusions, i.e. technical rules deducible from scientifically compelling theories.

1. PALAZZO ALA PONZONE-CATTANEO, CREMONA

A 16th century noble's palace that has, as nearly always happens, experienced considerable rebuilding and remodeling, the most far reaching being in the Classical style in about 1800. In 1994, after it had stood empty for about 20 years in seemingly ruined condition, above all because its walls were soaked through due to damaged roofs and rising ground moisture, one of the heirs, a Roman duke, decided to restore the building and rent it out as an inn and as an out-of-the-ordinary setting for various events and occasions. The architect, Prof. Alberto Grimoldi, as in all of the historical restoration projects for which he has been responsible, attempted to completely prevent the installation of utilities (heating, plumbing, and electrical) from interfering with the buildings original masonry, in keeping with his views that, on one hand, not only the artistic and art-historical display value of historical buildings but, also, the original structure and substance of these buildings must be retained; and that, on the other hand, the electrical and hydraulic utilities installed in buildings demonstrate the most important cultural representations of our times compared to the past; thus contemporary users of a building must take visible responsibility for the consequences.

The Palazzo is a model case for buildings in which, because of large areas of intact plaster and wall murals, not only can utilities not be installed under plaster, but other possibilities are also limited (for tempering in particular, it may not be possible to install heating pipes around the windows because of colorful surfaces or even frescoes which must be preserved).

Thus, in most rooms, after restoration of the wall surfaces, heating pipes and electrical conductors were installed exclusively on the plaster surface at the base of the wall. The 18 mm diameter heating pipes were installed in contact with the wall, directly above the floor covering and covered with a plaster layer of minimum thickness. The electrical cables were installed in front of the pipes in hollow baseboards mounted on the floor covering. The electrical outlet boxes were mounted directly on top of these baseboards.

A major problem exists if, in addition to preventing freezing and controlling humidity problems (ground moisture rising in the walls and moisture from the air condensing on wall surfaces), room heating is also desired. It is often difficult

Fig. 1:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone. Oval Salon, looking west. Only the cupola is in the external area. A ring warm-water line on the architrave supplies its heating needs (see cross-section).
Photo Alberto Grimoldi, Milan.



Fig. 2:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone. Cross-Section. Drawing Thomas Becker, Milan.

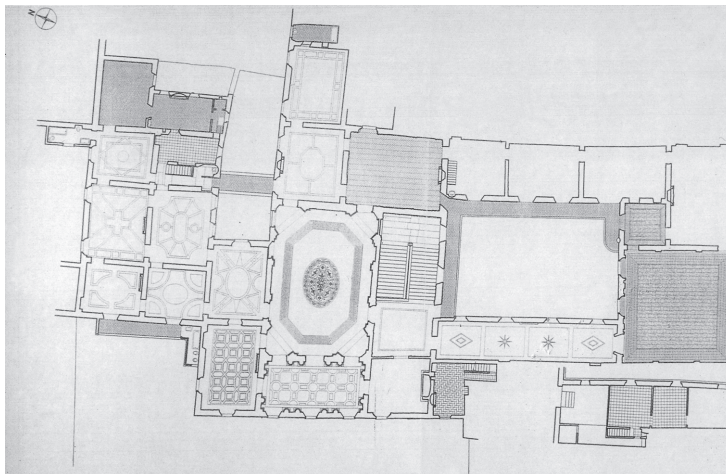
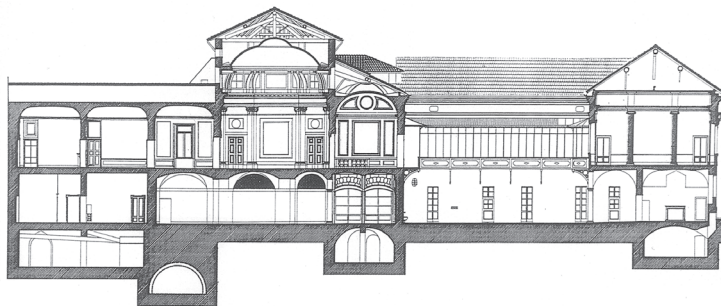


Fig. 3:
Palazzo Ala Ponzone-Cattaneo. First Floor. Drawing Thomas Becker, Milan.

Fig 5:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone. Loggia: A pipe loop on the two outer walls of the thin-walled building part with single-pane glazing (foreline in layer of mortar at the wall base; return line mounted without a covering at the lower edge of the window-sills) is sufficient for tempering this area. Photo Alberto Grimoldi, Milan.

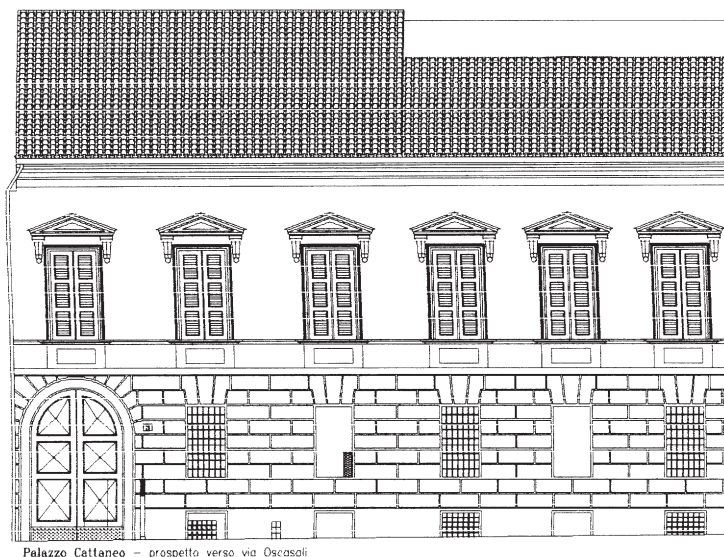


Fig. 4:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone. Pompeian Gallery. The water and electrical lines are mounted on the building elements: The two heating pipes are under a layer of mortar at the base of the outer walls. On the floor in front of these, underneath a hollow molding, are the electrical cables, which also supply the lighting fixtures mounted on the wall. Photo Alberto Grimoldi, Milan.



Fig. 6:
Palazzo Cattaneo, Ala Ponzone.
Data. Drawing Thomas Becker,
Milan.

PALAZZO CATTANEO - ALA PONZONE



BUILDING DATA:

a) parts of building with Tempering System

. surface:	m ²	2698
. average room height:	m	3.6
. volume:	m ³	9672

b) part of building with convection heating

. surface of heated rooms:	m ²	200
. average:	m	6.25
. volume:	m ³	1250

DATA OF HEATING PLANT:

a) parts of bulding with Tempering system

. total length of pipes installed:	lfm	2200
. total thermal capacity:	kW	80
. thermal capacity per m ² of surface of heated rooms:	W/m ²	29.7
. thermal capacity per m ³ of volume of heated rooms:	W/m ³	8.3
. energy consumption after 4 months of exercise, including deumidification of brickwalls:	MWh	65
. specific average energy consumption per m ² of surface of heated rooms:	kWh/m ²	24.1
. specific average energy consumption per m ³ of volume of heated rooms:	kWh/m ³	6.7

b) part of building with convection heating:

. total thermal capacity:	kW	35
. energy consumption after 4 months of exercise:	MWh	27
. specific average energy consumption per m ² of surface of heated rooms:	kWh/m ²	135
. specific average energy consumption per m ³ of volume of heated rooms:	kWh/m ³	21.6

to find place for a sufficient length of heating pipe. For an assumed energy requirement of 25-30 W/m² (not 10 W/m³!) the needed total length of the pipe pairs (foreline + return line) corresponds roughly to the floor area of the rooms to be heated. Given an average room area of 15 m² in normal apartment buildings, the proportion between the sum of the lengths of the room walls and their floor area is about 1:1 (obviously not in every single room, but the overall average for an apartment). The length of heating pipes around windows and other high heat-loss surfaces and edges compensates for the length of nonstructural inside dividing walls, which have no heat loss.

With increasing room size and decreasing number of rooms, the sum of the available wall lengths falls below that of the total surface area. Moreover, unless wall height is increased, the effectiveness of radiant heating decreases with increasing distance between the radiant walls or to the center of the room. Thus it becomes necessary to install heating pipes on all walls; also because “non-structural” walls in old buildings often have their own foundations. Still, as in the case of Palazzo Cattaneo, many meters of wall for installing heating pipes are lacking. Thus, since more pipes must be visibly integrated into a difficult context, very close collaboration between architect and engineer is necessary, to which both are often not accustomed.

On many occasions, based on our incorrect assumption at the time, due to inexperience, that the pipes had to be insulated from the room air in order to assure full heat flow to the wall, we accepted the architect's proposal to place them behind the wooden baseboard. Under these conditions, the performance of heating pipes installed in the outer walls is decreased because the surface area of the wall base plaster covered by the insulating baseboard. Thus the amounts of heat convected and radiated from the heated strip of wall base are reduced. To insure the desired room temperature for events, the existing warm air channels in the walls were “revived.” They are started a few hours before the beginning of events in order to raise the average room temperature. (Use of these channels was not part of our original plan. It is the suspenders added afterwards; additional unpaid design work performed under warranty. We must tighten our own belts for a while.)

2. THE SACRO CUORE CHURCH IN MONZA.

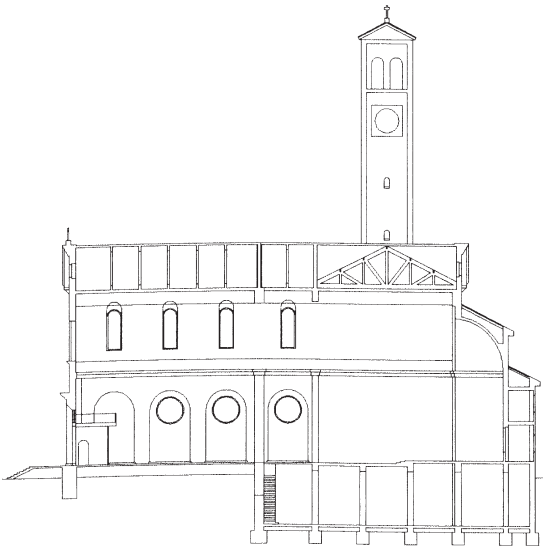
This is also a model case, but for the opposite situation. The building is historically interesting, at best, as an example of the bad architecture of the 1930s under the aegis of Mussolini (in those years quality buildings were also built, but that is not the subject to be treated here). Thus everything may and should be under plaster, allowing the installation, at a low price for this type of very large hall, of as much total length as well as number of pipe loops as we felt necessary, without consideration of nonexistent complex architectural details.

Previously a hot air heating system with a capacity of 350 kW (!) served only half of the 1035 m² church hall and only on weekends. The heated half of the church has a basement, a single very large 5-m high room of 748 m², which, being cold and damp, was never used before. The 70 kW tempering system, which was installed to replace this system heats not only the whole church but also the basement and all week long. The fuel (methane) and operating costs of the tempering system do not exceed those of the old air heating system (€ 10,000/year).

Because the installation was an evident success from the beginning, the customer, above all the financial officials of the relatively large and well to do community, were very satisfied. Only half of the budgeted sum, which was based on planning for a conventional heating system, was spent.

With such impressive results, we had the possibility to do further research on this building. We have taken advantage of this possibility, via a modem connection to the control center, to collect statistics about what happens if only 2, or

CHIESA SACRO CUORE, MONZA



BUILDING DATA:

a) Church hall:

. surface:	m ²	1035
. average room height:	m	16.0
. volume:	m ³	16586

b) underground (polyfunctional space):

. surface:	m ²	748
. average room height:	m	5.1
. volume:	m ³	3817

DATA PLANT:

. total pipelength:	lfm	2000
. thermal capacity:	kW	70
. thermal capacity per m ² of surface of heated rooms:	W/m ²	39.3
. thermal capacity per m ³ of volume of heated rooms:	W/m ³	3.4
. specific average energy consumption per m ² of surface of heated rooms:	kWh/m ²	33.6
. specific average energy consumption per m ³ of volume of heated rooms:	kWh/m ³	2.9

Fig. 7:
The Sacro Cuore Church. Data. Drawing Thomas Becker, Milan.

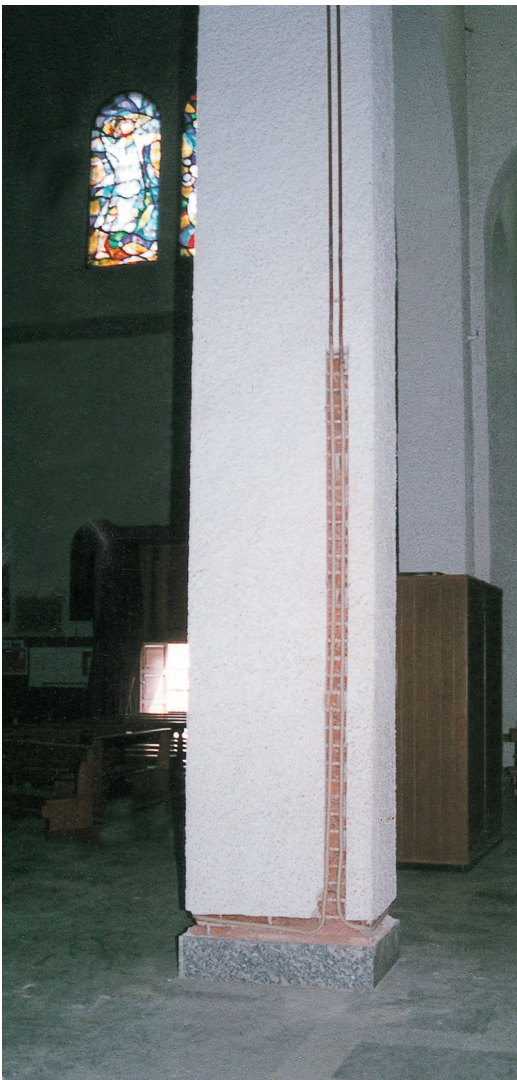
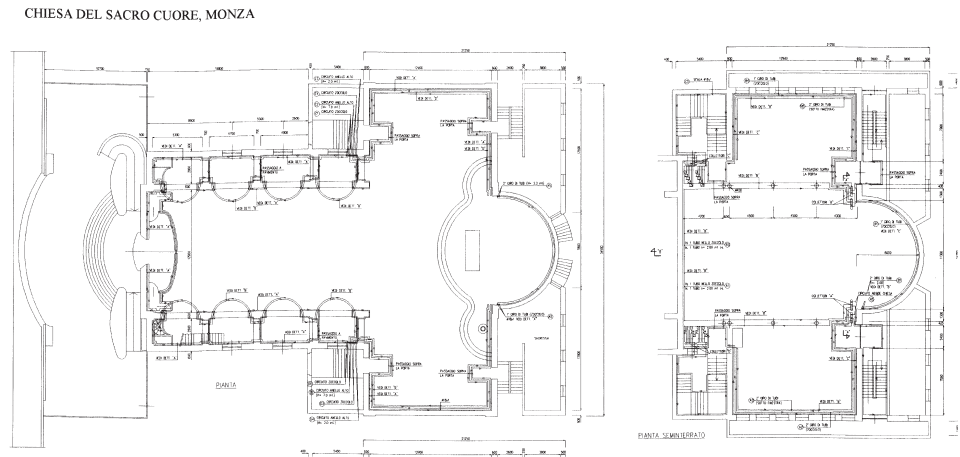


Fig 8a u. b:
The Sacro Cuore Church. Installation of the tempering system. There was no need to preserve the original plaster. Photos Thomas Becker, Milan.



Fig. 9:
The Sacro Cuore Church.
Tempering System
Layout. Drawing Carlo
Vecchio, Milan.



even only 1, of the 3 loops are operated with varying foreline temperatures for various outside temperatures.

3. HOUSE IN ARCO, GARDASEE

This is a quarystone-walled house from the last century, which was radically restored by its last owner after it had been disfigured many times during the previous decades. Here the heating pipes were installed under the plaster not only because there was no concern about the loss of existing building substance but, above all, because “invisibility” of the heating installation was the main concern. In spite of the relatively unfavorable location of the pipes, inside the walls but below pavement level and with a wood floor but without baseboards, during the past winters the tempering system completely met the expectations of the users. We suspect, as another case (a small medieval castle in Cividale in Friaul which was rebuilt in the original style) also seems to prove, that tempering demonstrates its efficiency very quickly with stone walls because they contain much smaller amounts of water than brick walls (especially with clay-based mortar, as in Palazzo Cattaneo).

4. FINAL CONSIDERATIONS

The three cases outlined are a sample from about one hundred completed projects until now. Each represents in various respects one of the possible types of installation:

Installation Type:

- not under plaster
- under plaster
- stone walls

Motivation:

- historical building
- low budget
- aesthetics

These points of view are primarily not scientific but rather, on the one hand, practical and, on the other hand, commercial characteristics, with which I return to my starting point: the working conditions of the planner (who needs to give preference to practical criteria) and the seller (who must see to it that his goods sell) willing to do research at once. The customer does not want to honor scientific results but rather, without discussion, wants to:

- have a warm building
- spend as little as possible on installation (with considerable unhappiness resulting if there are additional charges for planning)
- spend as little as possible on operation.

In addition the customer wants

- to the extent that the use of the rooms is not interrupted, the smallest mess possible during installation (in this aspect the interests of the customer are, under certain conditions, the same as those of the restorer of historical buildings)
- to be able to regulate operation of the system, meaning to be able to decide in which rooms it is preferred to have it a little cooler or a little warmer (for subjective psychological reasons which, as a rule, he does not wish to discuss).

The degree to which these expectations can be fulfilled, or to which the potential customer can be convinced ahead of time that they will be fulfilled (warranty), determines the amount of flexibility available for further research. In this regard we can state that, so far, things have not been going badly.

Since then we carried out about 100 additional projects with tempering systems.