

# Gefährdung von Holzbalkenköpfen im Mauerwerk

Ernst Baumann, dipl. Bauing. HTL & Energieberater  
9602 Bazenheid

## Zusammenfassung

Durch erhöhte Komfortbedürfnisse, Energiesparmassnahmen oder durch Nutzungsänderungen erfahren ältere Gebäude oftmals erhebliche Eingriffe an der bestehenden Grundsubstanz. Im Vergleich zur bisherigen Beanspruchung kann sich deshalb der Wärme- und Feuchtehaushalt an den Holzbalkenköpfen im Mauerwerk ändern.

Im Zusammenhang mit dem Umbau des evangelischen Tagungszentrums Schloss Wartensee, Rorschacherberg, galt es, die Auswirkungen einer Innenwärmedämmung auf die in die Aussenwände ragenden Holzbalken abzuklären. Zu diesem Zweck wurden von Februar bis Juni 1994 Messungen durchgeführt.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass die Probleme der Holzbalken in Aussenwänden zusammen mit Nutzungsänderungen und baulichen Massnahmen eine sorgfältige Beurteilung erfordern und eine Verallgemeinerung nicht möglich ist. Als geeignetes Hilfsmittel für die Abklärung der Temperaturänderungen an den Holzbalkenköpfen durch Innenwärmedämmungen hat sich das dreidimensionale Rechenprogramm "TRISCO" erwiesen.

Da der untersuchte Balken eine niedere Holzfeuchte aufweist, kann im vorliegenden Fall die zu erwartende höhere relative Raumlufffeuchte toleriert werden. Spezielle Abdichtungsmassnahmen der Holzbalken in den Aussenwänden sind nicht vorgesehen, und auf eine Dampfbremse an den Aussenwänden kann in diesem speziellen Fall verzichtet werden. Dabei darf allerdings keine Raumluff den Bereich der Holzbalken erreichen.

Für das weitere Vorgehen wird empfohlen, das Augenmerk auf biogene Schädigungen und die aktuelle Holzfeuchte der Holzbalken zu richten.

## Aufgabenstellung

Durch erhöhte Komfortbedürfnisse und Energiesparmassnahmen erfahren ältere Gebäude oftmals erhebliche Eingriffe an ihrer Grundsubstanz. Innenisolationen an Aussenwänden führen zu Klimaveränderungen an den sich im Mauerwerk befindlichen Holzbalkenköpfen. Hinzu kommt, dass durch Nutzungsänderungen oder lediglich dichtere Fenster, eine erhöhte Feuchtebelastung entsteht.

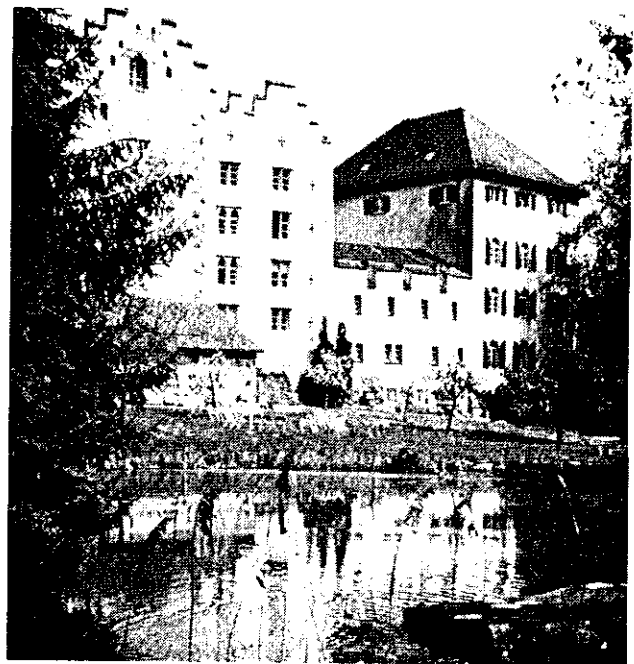
Die Veränderungen können derart einschneidend sein, dass die Balkenköpfe verfaulen.

## Objekt

Im Zuge einer vorgesehenen Renovation der sich im Eigentum der Evangelisch-reformierten Landeskirche des Kantons St. Gallen befindlichen Heimstätte: Schloss Wartensee, Rorschacherberg, mussten die bauphysikalischen Belange bearbeitet werden (Bild 1).

Unter Leitung des Architektenteams Beat Affolter & Piet Kempfer, St. Gallen wird die Heimstätte ab Herbst 1994 umfassend renoviert.

Dabei erhalten sämtliche Gästezimmer eine Nasszelle, neue Fenster und eine Innenwärmedämmung der Aussenwände.



*Bild 1: Schloss Wartensee, Ansicht von Süden*

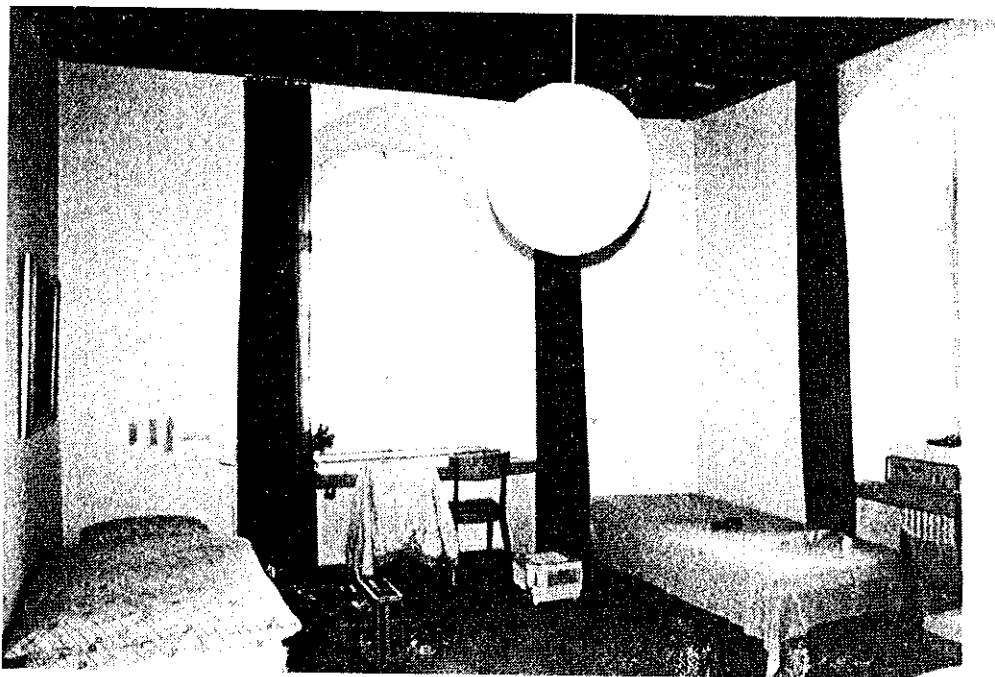
Im Rahmen des BEW-Projektes 'Heat, Air and Moisture Transfer Through Insulated Envelope Parts' (IEA-Annex 24-Projekt) bot sich die Gelegenheit, Messungen vor dem Sanierungsbeginn durchzuführen.

## Messungen

Es wurde eine Balkendisposition gesucht, welche dem gesteckten Ziele, der Extremsituation und der Ummauerung des in die Aussenwand ragenden Balkens, entsprach. Dies wurde in einem Gästezimmer des 1. Obergeschosses im Ostteil gefunden (Bilder 2 u. 3).

## Ziel

Abklären in welchem Masse die Holzbalkenköpfe vom Innen- und Aussenklima eines Gästezimmers beeinflusst werden. Die Messresultate sollen dazu dienen, das erhöhte Risiko durch die vorgesehenen Wärmeschutz- Massnahmen besser beurteilen zu können.



*Bild 2: Übersicht Wandecke Zimmer 1. OG im Ostteil*

## Durchführung

Die Messungen wurden am 11. Februar 1994 begonnen und am 10. Juni 1994 beendet. Damit die Raumluft ungehindert Zugang zu den Holzbalken hat, wurde in der Zimmerdecke die für die Installation der Geräte notwendige Öffnung des Hohlraumes belassen.

Während dem 1. Monat erfolgte keine Beeinflussung der Zimmernutzung. Danach wurde mit einem Luftbefeuchter und geschlossenen Fenstern ein möglichst hoher Dampfdruck erzeugt.

Dazwischen erfolgte je nach Belegung eine normale Nutzung.

Die Messungen der Temperaturen und der relativen Raumluftfeuchte erfolgte im Halbstundentakt; die der Holzfeuchte alle 4 Wochen anhand von Holzproben.

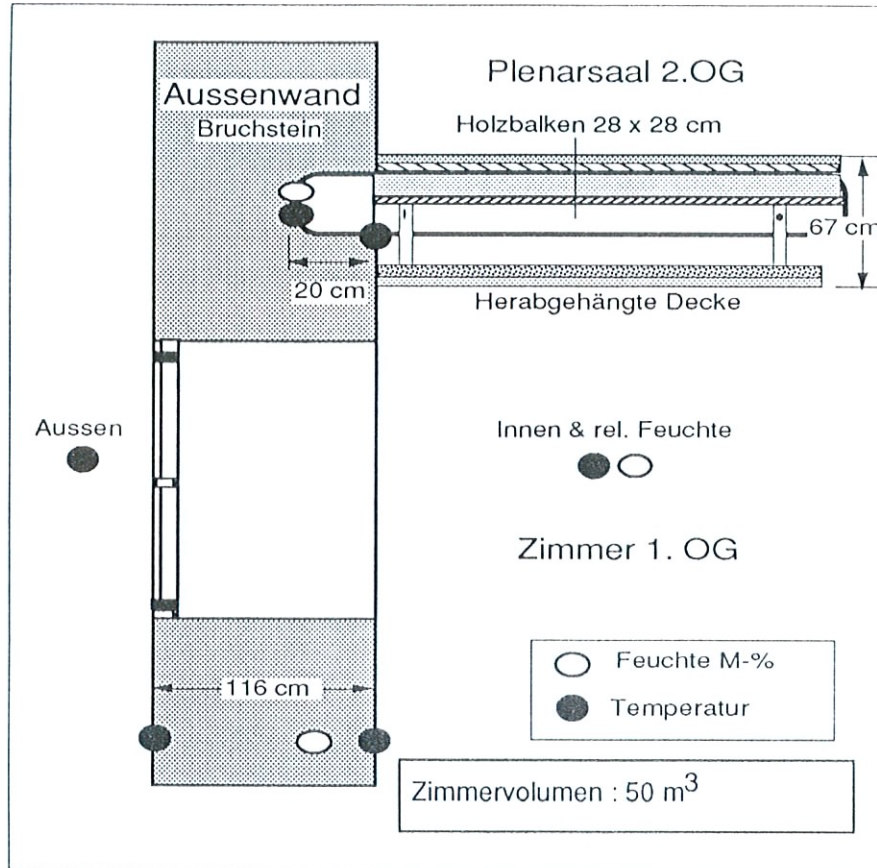


Bild 3: Prinzipskizze Messstellen

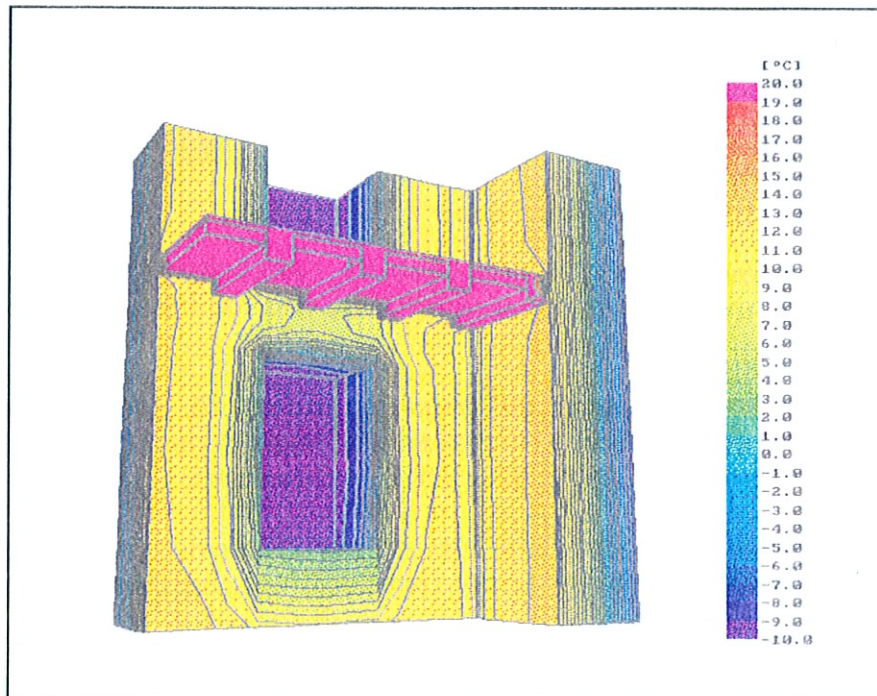


Bild 4: Übersicht mit Isothermen für Messzustand (dreidimensionales Rechenprogramm "TRISCO")

## Messergebnisse

### Temperaturen & rel. Raumlufffeuchte

Die folgenden Tabellen geben Aufschluss über die Temperaturen, relative Raumlufffeuchte sowie der Holzfeuchte des Balkenkopfes.

	ohne Befeuchten		mit Befeuchten		ganze Periode		Bemerkungen
	Mittel	s ±	Mittel	s ±	Mittel	s ±	
Aussenluft	3.1	6.1	10.7	4.9	9.1	5.8	ohne Befeuchten: 11.2.-7.3.94
Raumluff	17.9	1.5	18.8	1.1	18.6	1.3	
rel. Raumlufffeuchte (%)	34.8	5.6	56.1	10.0	51.8	13.2	
Aussenwand innen	15.4	0.9	17.7	0.9	17.2	1.3	mit Befeuchten : 7.3.-10.6.94
Balkenkopf vorn	7.9	2.2	14.0	2.1	12.8	3.2	

Tab. 1: Temperaturen und rel. Raumlufffeuchte, Mittelwerte und Standardabweichung (ganze Periode vom 11.2.1994 - 10.6.1994 )

Datum	M- %	T. & rel F.	Nutzung
11.2.1994	10.0	8.8 / 58	-
7.3.1994	9.0	-	normal
8.4.1994	13.0	-	mit Befeuchtung
10.5.1994	11.0	15 / 65	mit Befeuchtung
10.6.1994	12.5	15.5 / 64	normal

Tab. 2: Holzfeuchte des Balkenkopfes

Die Temperaturverläufe von Innen (Raumluff), Aussen (Aussenluft) sowie die relative Raumlufffeuchte sind in Bild 5 dargestellt. Der Einfluss der Verdunstung von rund 2.5 L. Wasser je Tag ist ab 8. bis 31. März 1994 deutlich zu erkennen.

Die wichtigsten Temperaturverläufe während der kältesten Messperiode sind in Bild 6 aufgeführt.

### Einfluss Innenwärmedämmung

Anhand der Temperaturmessungen wurde bei einer Aussentemperatur von -5 °C die tiefste Temperatur am Balkenkopf um 5 °C gemessen.

Der Einfluss einer Innendämmung von 25 mm und einer raumseitigen Gipskartonabdeckung von 25 mm wurde mit dem dreidimensionalen Rechenprogramm "TRISCO" untersucht. Dabei wurde in einem ersten Rechenvorgang der stationäre Zustand bei - 5°C nachvollzogen. Die darauffolgenden Berechnungen basieren stets auf -10 °C und 20 °C. Die Resultate sind in Tabelle 3 zusammengefasst.



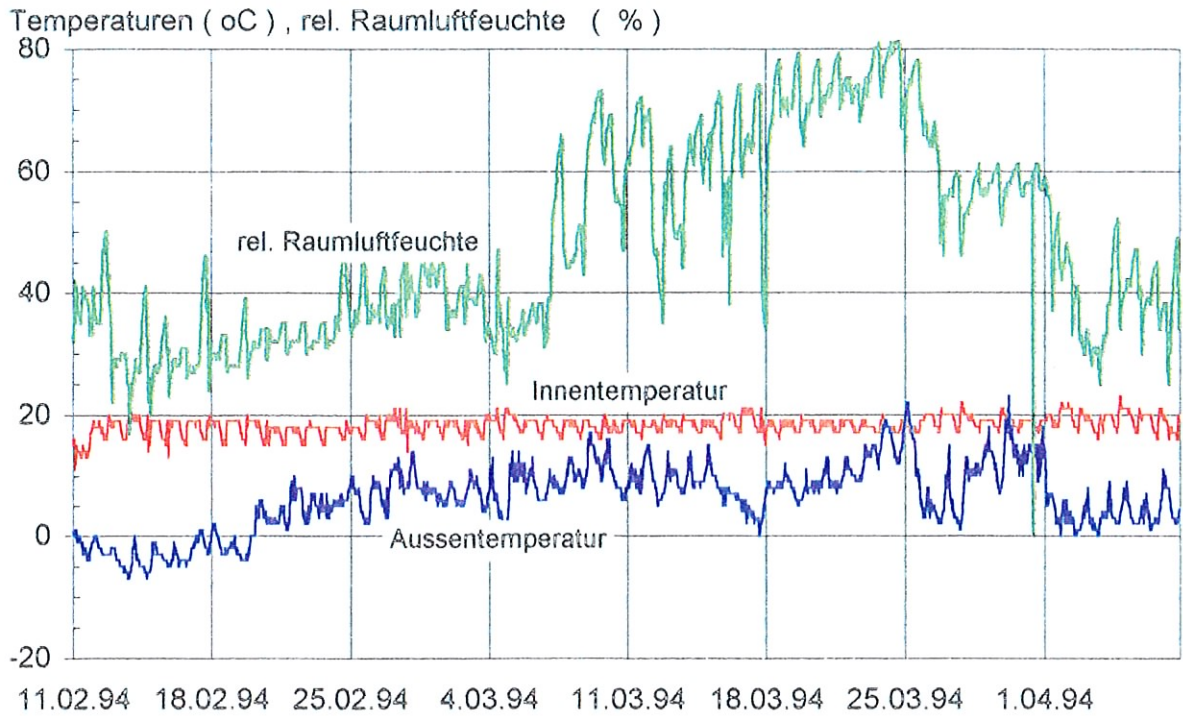


Bild 5: Temperatur & rel. Raumluftfeuchte Februar bis März 1994

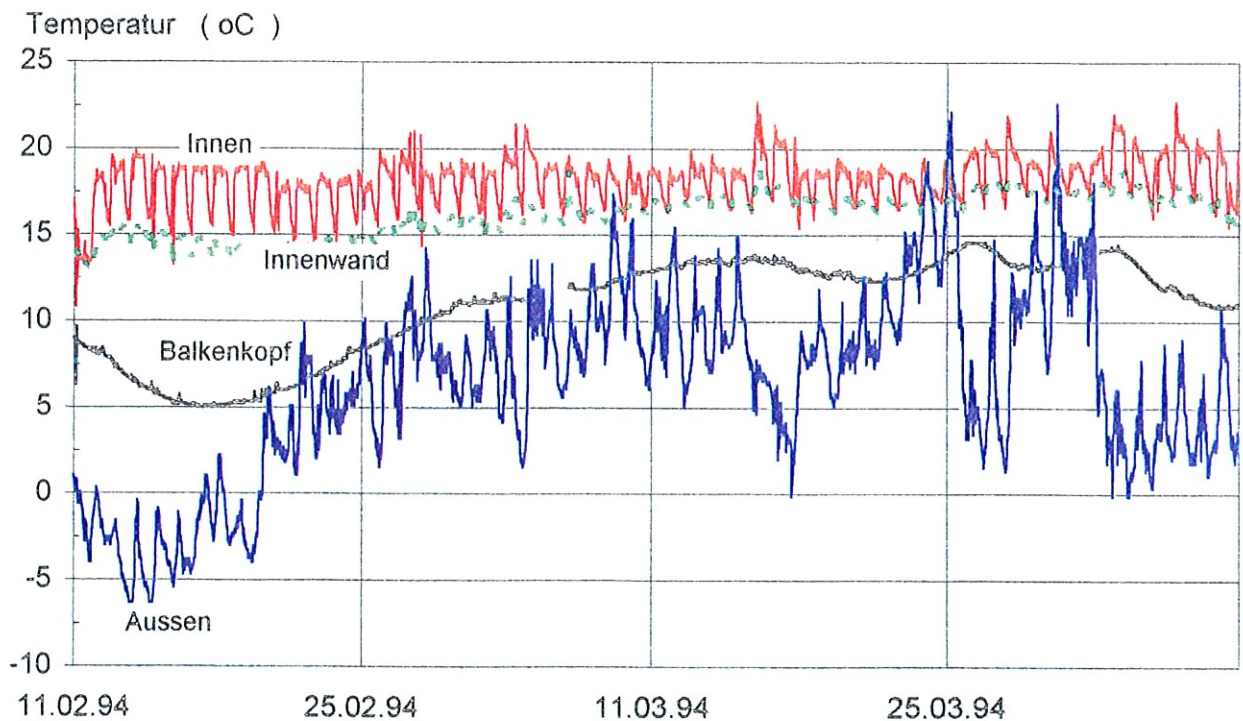


Bild 6: Temperaturverlauf: Innen, Balkenkopf, Aussen, Innenwand Februar bis März 1994

Zustand	Simulation	Ist	Ist	Neu
	offene Decke	offene Decke	Herabg. Decke	Innenisolation
Aussentemperatur ( °C )	-5	-10	-10	-10
Innentemperatur ( °C )	18	20	20	20
Wandoberfläche ( °C )	14.3	15.2	15.2	17.5
Wandoberfläche, ("Trisco") ( °C )	12.9	13.3	13.3	5.2
Wanddecke ( °C )	8.9	8.1	8.1	13
Balkenkopf in 200 mm Tiefe ( °C )	6.6 (Messg. 5.0)	5.1	2.7	-2.0
k- Wert Aussenwand ( W / m2K )	1.27	1.27	1.27	0.67
Wärmefluss nach aussen ( W / K )	47	47	44	27

Tab. 3: Wichtigste Resultate der verschiedenen Klimazustände für den Ist- und Neuzustand

## Kommentar

### Messungen Ist-Zustand

Über die Dauer der ganzen Messperiode vom 11. Februar 1994 bis 10. Juni 1994 wurde eine mittlere Raumlufthtemperatur von 18.6 °C und eine mittlere, relative Raumlufthfeuchte von 51.8 % gemessen. Die mittlere Temperatur am Balkenkopf betrug dabei 12.8 °C, die tiefste 5 °C ( bei einer Aussentemperatur von rund -5 °C) und die höchste 18 °C. Ohne Beeinflussung der Zimmer-nutzung wurden Mittelwerte der Raumlufthtemperatur und relativer Raumlufthfeuchte von 17.9 °C und 35 % festgestellt. Während der Zeit mit Luftbefeuchtung und geschlossenen Fenstern und zeitweise normaler Nutzung stellte sich eine mittlere Raumlufthtemperatur von 18.8 °C und relative Raumlufthfeuchte von 56 % ein.

Die Holzfeuchte am Balkenkopf variierte von 9...13 M%, wobei die maximale Holzfeuchte wäh-rend der Periode der künstlichen Befeuchtung gemessen wurde. Die festgestellte Holzfeuchte entspricht einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45...65 % (Sorptions Diagramm SIA 164, S. 62).

### Untersuchung auf biogene Schädigung (EMPA-Bericht 121912; Dr. E. Graf )

Da Spuren von Insektenbefall im Bereich des Balkenkopfes festzustellen waren, wurde durch die EMPA St. Gallen eine Untersuchung auf biogene Schädigung vorgenommen. Der untersuchte Balken zeigt ein Schadenbild eines schwachen Befalles durch den Gemeinen Nagerkäfer (*Ano-bium punctatum*), dessen Intensität vom Balkenkopf aus mit zunehmender Entfernung vom Mauerwerk abnimmt. Es konnte keine Aktivität der Larven festgestellt werden. Auf der Oberseite des Balkens ist in einem Längsriss das Schadenbild eines Braunfäulepilzes nachweisbar.

Die Abklärungen an der untersuchten Stelle ergeben, dass keine Massnahmen gegen die Larven zu treffen sind, sofern die Holzfeuchte nicht über 16 M% steigt und der Einflug von Käfern verhindert werden kann. Gegen die vorhandene Braunfäule sind keine chemischen Massnahmen zu treffen, sofern die Holzfeuchte nicht über 20 M% steigt.

## Einfluss durch Innenwärmedämmung

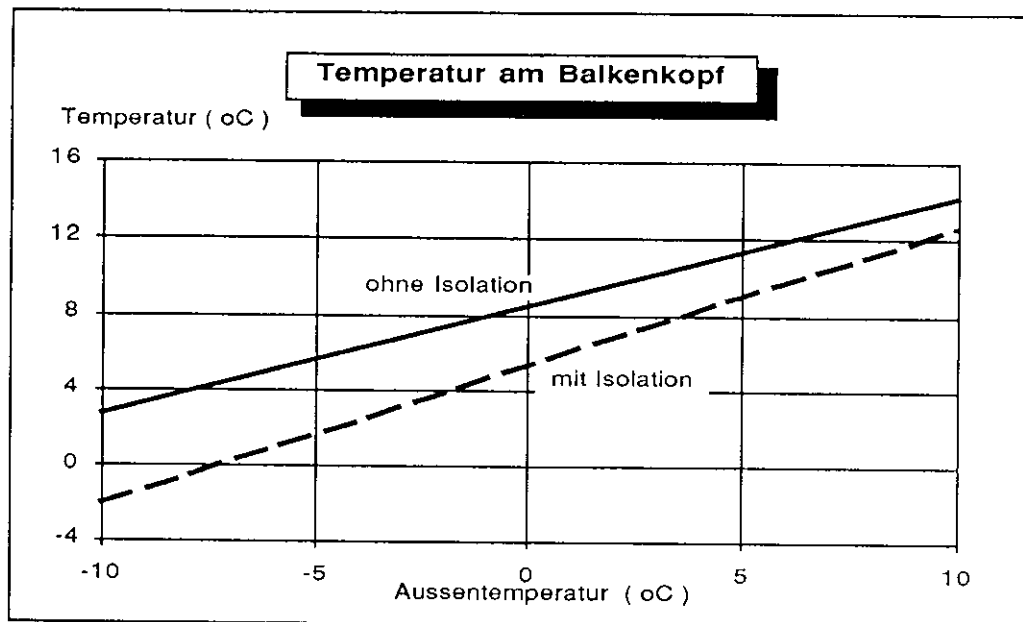


Bild 7: Temperatur am Balkenkopf mit und ohne Isolation

Die Innenwärmedämmung der Aussenwände hat bei einer Aussentemperatur von  $-10\text{ °C}$  eine Temperaturerniedrigung am Balkenkopf um rund  $4.5\text{ °C}$  zur Folge. (von  $2.5\text{ °C}$  auf  $-2\text{ °C}$ ).

## Dampfdiffusion

Mit dem "GLASTA" Dampfdiffusionsprogramm wurde die Auswirkung der Innenwärmedämmung untersucht. Das eindimensionale Rechenmodell ermöglichte, die Vorgänge innerhalb der Bauteile als Monatsbilanz zu betrachten. Für das Aussenklima wurden die Klimadaten von Zürich und für das Innenklima eine konstante Raumlufttemperatur von  $20$  und  $50\%$  r.F. verwendet. In der ungestörten Aussenwand verursacht die Innenwärmedämmung im Bereich der Wärmedämmung eine Kondensatmenge von  $260\text{ g/m}^2$  je Jahr, welche bereits im Frühjahr wieder austrocknet.

Die Dampfdiffusion durch den Balkenkopf wurde mit und ohne Innenwärmedämmung gerechnet. Dabei wurde die Temperatur am Balkenkopf mit dem dreidimensionalen Rechenprogramm "TRISCO" ermittelt. Für den Fall mit einer Innenwärmedämmung ergibt die Diffusionsberechnung eine Kondensatmenge von  $880\text{ g/m}^2$  je Jahr. Es handelt sich dabei um eine Abschätzung, da die Diffusionsvorgänge nur mit einem dreidimensionalen Rechenprogramm nachzuvollziehen sind.

## Diskussion

Die Messungen haben ergeben, dass der untersuchte Balken eine niedere Holzfeuchte aufweist. Durch die Öffnung der Decke im Balkenbereich hatte die Raumluft direkten Zutritt zum Balken. Wie durch eine Öffnung des Parkettbodens nach Abschluss der Messung oberhalb des Balkens festzustellen war, konnte die Raumluft durch Undichtigkeiten des Mauerwerkes bis zum Balkenkopf vordringen.



Die Luftbefeuchtung (max. bis 80% r.F.) bewirkte eine eindeutig feststellbare Erhöhung der Holzfeuchte am Balkenkopf. Mit der nachfolgenden, normalen Nutzung des Zimmers sanken die Messwerte der Holzfeuchte wieder in den vor dem Befeuchten festgestellten Bereich.

Die Dampfdiffusionsvorgänge konnten mit dem angewandten Rechenprogramm nicht nachvollzogen werden.

Die gemessenen Temperaturverläufe hingegen stimmen mit dem verwendeten Rechenprogramm relativ gut überein. Der Einfluss einer Innenwärmedämmung kann bezogen auf die Temperaturverläufe als realistisch betrachtet werden. Die Messung der Holzfeuchte im Monatszyklus ist aufgrund der Erfahrungen der EMPA als genügend genau zu betrachten. Die maximale Holzfeuchte von 13 M% (Entnahme am 8. April 1994) ist als Mittelwert für die Zeit der Luftbefeuchtung zu betrachten. Als Folge der neuen Fenster und des Einbaus von Nasszellen in jedes Zimmer muss angenommen werden, dass eine höhere relative Raumlufffeuchte von etwa 40...50 % auftreten dürfte.

Es stellt sich nun die Frage, ob die Temperatursenkung und die höhere relative Raumlufffeuchte sich an den Holzbalkenköpfen auswirken und die Feuchtebilanz massgeblich beeinflussen können ?

Soweit dies aus heutiger Sicht zu beurteilen ist, haben die Holzbalkenköpfe aufgrund der bisherigen Nutzung der Zimmer keinen Schaden erlitten. Die biogene Schädigung lässt vermuten, dass die höhere Holzfeuchte zu einer Zeit auftrat, in der das Gebäude unbenutzt blieb. Stellt sich bei den weiteren Abklärungen an klimatisch stärker belasteten Balken, wie zum Beispiel bei Fenstern unterhalb von Balkonausgängen, heraus, dass die Holzeigenschaften nicht unwesentlich vom untersuchten Balken abweichen, kann die zu erwartende höhere relative Raumlufffeuchte toleriert werden. Allerdings darf keine Raumluff in den Übergangsbereich Mauerwerk/Holzbalken treten. Mit der Zu- und Abluftanlage in den Nasszellen wird bei sich einstellender höherer Raumlufffeuchte im Zimmer tendenziell eher ein Unterdruck erzeugt.

Durch das Verbleiben der bestehenden Gipsdecken oder durch den neuen Deckenaufbau und die vorgesehenen Bodenbeläge ist ein ausreichender Widerstand gegenüber der in den Hohlraum diffundierenden Raumlufffeuchte vorhanden. Die massvolle Innenwärmedämmung bewirkt zudem, dass die heutigen klimatischen Verhältnisse im Balkenkopfbereich nicht zu stark verändert werden. Trotzdem wird der Wärmefluss um rund 40 % vermindert. Der untersuchte Holzbalken im Eckbereich des Zimmers wird mit der Innenwärmedämmung einen Temperaturverlauf aufweisen, der mit dem heutigen, im Balkonbereich liegenden, vergleichbar ist.

Aufheizvorgänge in Kirchen zeigen überdies, dass die sorptionsfähigen Materialien sich an Raumklimaänderungen sehr wesentlich beteiligen und eine nicht zu unterschätzende Pufferung darstellen, bevor sich ein Sättigungsgrad einstellt, der zur nächst tieferen Materialschicht fortschreiten könnte. Spezielle Abdichtungsmassnahmen der Holzbalken in den Aussenwänden sind unter Vorbehalt der oben erwähnten Feststellungen nicht vorgesehen.

Auf eine Dampfbremse an den Aussenwänden wird verzichtet.

## Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben ergeben, dass die Probleme der Holzbalken in Aussenwänden zusammen mit Nutzungsänderungen und baulichen Massnahmen eine sorgfältige Beurteilung erfordern und eine Verallgemeinerung nicht möglich ist.

Als geeignetes Hilfsmittel für die Abklärung der Temperaturänderungen an den Holzbalkenköpfen durch Innenwärmedämmungen hat sich das Rechenprogramm "TRISCO" erwiesen. In kritischen Fällen ist Überprüfung der Diffusionsvorgänge zu empfehlen. Sie können nur mit einem dreidimensionalen Rechenprogramm nachvollzogen werden. Wünschbar wäre der Einbezug einer raumbezogenen Feuchtebilanz unter Berücksichtigung des Sorptionsverhaltens der Materialien.

Es empfiehlt sich, bei einschneidender baulicher Veränderung die Holzbalken an kritischen Stellen eingehend zu untersuchen. Dabei ist das Augenmerk auf biogene Schädigungen und die aktuelle Holzfeuchte zu richten und sich Kenntnisse des bisherigen und zukünftigen Raumklimas zu verschaffen.

Dabei können folgende Einflüsse von Bedeutung sein:

- Baugeschichte
- Art und Dicke der bestehenden Aussenwand
- Art und Aufbau der Deckenkonstruktion
- Art und Dicke der Innenwärmedämmung
- Lage der Holzbalken in den Aussenwänden
- bisherige und evtl. veränderte Nutzung
- Zutritt von Raumluft an die Holzbalken.