

Winterschutzverkleidungen für witterungsgefährdete Objekte.

Anforderungsprofile an den präventiven Schutz

In Baden-Württemberg war es lange Zeit Tradition, empfindliche Objekte aus Stein (und auch aus Metall) über die Wintermonate mit einem Schutz zu versehen. Mittlerweile hat die Bereitschaft, diese Tradition fortzuführen, stark nachgelassen. Noch bis in die 1960er Jahre verschwanden mit Beginn des Winters viele Objekte aus dem Blickfeld der Öffentlichkeit hinter mehr oder weniger aufwendig gestaltete Winterverschalungen (Abb. 1). Brunnen, Figuren und auch wertvolle Portale waren mit einfachen Bretterschlägen vor starker Bewitterung geschützt. Mit Beginn des Frühlings wurden die Einhausungen entfernt, die Objekte standen wieder im Blickfeld und die Verschläge und/oder die Schutzmaterialien gelangten ins Depot bis zum erneuten Gebrauch.

Auch in Schwäbisch Gmünd waren die Portale des Heilig-Kreuz-Münsters bis Mitte der 1960er Jahre regelmäßig eingeschalt (Abb. 2).

Seit Beginn der 1970er Jahre wird vielfach auf einen Winterschutz verzichtet. Mal werden finanzielle Gründe genannt, mal scheut man sich davor, die Objekte dem Auge der Touristen zu entziehen, wenn beispielsweise der Parkbesuch mit einem Eintrittsgeld verbunden ist und eventuelle „Besucherscharen“ im Winter sich darüber beschweren könnten, dass die Skulpturen nicht zu sehen sind.

Die Notwendigkeit, den Winterschutz anzubringen, war – teilweise ist sie es noch – allgemein anerkannt und bis in die Neuzeit unbestritten, obwohl es so gut wie keine Messdaten gab, die die Einschätzung der Fachleute objektiv untermauerten.

Sowohl Rolf Wihr¹ aus dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, 1980, als auch Gerd Bauer², vom Rheinischen Amt für Denkmalpflege, 1985, haben mit Ihren Beiträgen auf das Thema Winterverschalung als präventiven Schutz hingewiesen und für dieses Anliegen geworben. Auch im Bericht Nr. 10 zu Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland wird der Bewitterungsschutz empfohlen.³ In der Regel schützte man die Objekte entsprechend den theoretischen Überlegungen, dass besonders die nassen und frostigen Wintermonate dem Naturstein besonders stark zusetzen und schaden. Diese Erkenntnisse führen auch heute noch zu Schutzmaßnahmen, mitunter auch

bei „Nichtdenkmalen“. Bisweilen dokumentiert die Art und Weise der Anbringung dieser Einhausungen auch die Unkenntnis der Handelnden. So ist es kaum nachvollziehbar, dass Brunnenschalen abgedeckt werden, während die Skulpturenaufsätze der Witterung ausgesetzt bleiben (Abb. 3, 4).

In Baden-Württemberg wurden während der Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen an den Portalen des Münsters in Schwäbisch Gmünd im Rahmen eines Forschungsvorhabens durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMFT) erstmals umfangreiche Messungen durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik durchgeführt. Die Messungen erfassten auf Anregung der Restauratoren nicht nur die Oberflächen, sondern auch die Tiefe des Materials. Dabei wurden alle Portale auf der Nord- und Südseite erfasst, sowohl die verschalten wie auch die nicht verschalten.

Die hier vorgestellte Messkampagne erstreckte sich von August 1992 bis September 1993, also über ein ganzes Jahr. Ausschnittsweise werden im Folgenden einige markante Messergebnisse aus dem Bericht des Fraunhofer Instituts⁴ für Bauphysik von 1994 zitiert, die deutlich die Wirkungsweise der Verschaltungen veranschaulichen (Abb. 7a-b, 9a-b).

Wie das Beispiel aus den Sommermonaten zeigt (Temperaturverlauf an drei Sonnentagen im August, Abb. 7a-b), reduzierten hier die Verschaltungen erwartungsgemäß allein durch die Verschattung größere Temperaturunterschiede auf den Oberflächen.

Am Beispiel für die Wintermonate wird deutlich, dass die Schutzverkleidung fast durchweg das Absinken der Temperaturen auf den Oberflächen unter null Grad verhindert, während an den nicht verschalten Portalen immer wieder Nulldurchgänge zu beobachten sind, die bekanntlich das Steinmaterial besonders stark beanspruchen (Abb. 9a-b).

Gerade diese häufigen Frost-Tauwechsel führen auch in Zukunft auf Dauer wieder zu erneuten Schäden an den Portalen. Auf der Nordseite sind die Temperaturen mit Verschaltung relativ konstant, während sich auf der Südseite durch die Sonneneinstrahlung, auch im Winter, tagesbedingte Schwankungen ergeben.

Am deutlichsten zeigt ein weiteres Messprotokoll die extreme Beanspruchung durch Temperaturwechsel im Sommer (Abb. 10a-b). Drastisch ist dabei die unterschiedliche Einwirkung der Sonne in die Tiefe hinein zu erkennen.

Auch im Winter ist klar der Unterschied zwischen Nord und Südseite aus der Tabelle zu ersehen: Während auf der Nordseite erwartungsgemäß konstante Werte zu verzeichnen sind, durchläuft die Temperatur fast täglich, verursacht durch die Sonnenbestrahlung, im ungeschützten Portal die Nullmarke (Abb. 11a-b).

Wie in Abbildungen 10–11 zu ersehen, wurden die Messungen auch in die Materialtiefe hinein durchgeführt. Mittels eines neu entwickelten Messfühlers konnten die Temperaturen in

¹ Rolf WIHR, Restaurierung von Steindenkmälern. Ein Handbuch für Restauratoren, Steinbildhauer, Architekten und Denkmalpfleger, München 1980, S. 140–142.

² Gerd BAUER, Was tun bei Steinzerfall, in: Denkmalpflege im Rheinland 4, 1985, S. 13–16.

³ Berichte zu Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland 10, Vorsorge, Pflege, Wartung, Empfehlungen zur Instandhaltung von Baudenkmalern und ihrer Ausstattung, hg. von der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, 2002.

⁴ D. HOLZ, Th. GROSSINSKY, Klimamessungen in den Portalbereichen des Heilig-Kreuz-Münsters in Schwäbisch Gmünd, IBP-Bericht FB-51/1994, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen 1994



Abb. 1. Neuenstein, Stadtpark, Skulpturen mit Wintereinhausung (Mitte der 1980er Jahre).

1, 7 und 15 cm Tiefe gemessen werden. Eindeutig zu erkennen ist, dass die Spannweite der Messungen in die Tiefe hin abnimmt. Am stärksten wirken sich die Temperaturwechsel auf der Oberfläche und in 1 cm Tiefe aus.

Stellt man den Messungen einige Aufnahmen von Schadensbildern vor den Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen gegenüber, so sind Zusammenhänge zwischen extremer Bewitterung / Temperaturverlauf und Schadensentwicklung und Ausprägung festzustellen (Abb. 5–6). Auch an der Interpretationsskizze (Abb. 5) von Gottfried Hauff aus dem Jahr 1987 zur Schadensentwicklung lässt sich dieser Zusammenhang erkennen.⁵

Die dargestellte Messkampagne bestätigte die Einschätzung und Vermutung, dass bereits die einfache Verschalung mit Holzbrettern nicht nur vor einem Feuchteintrag durch Regen oder Schneefall schützt, sondern auch einen enormen Schutz vor andauernden Frost-Tauwechseln bietet.



Abb. 2. Schwäbisch Gmünd, Heilig-Kreuz-Münster, Südportal mit Verschalung (1965).



Abb. 3. Ulm, Georgsbrunnen: unsinnige Wintereinhausung unter Aussparung der Skulptur.

Neben der Reduzierung der Temperaturbelastungen für die Skulpturen dämpfen die Brettverschläge auch die Schwankungen der relativen Luftfeuchte in den Grenzschichten der Materialien in Oberflächennähe und die damit verbundene Wasseraufnahme und Wasserabgabe über die Oberflächen. Vor allem in der Kombination der verschiedenen Materialien im Oberflächenbereich wie z.B. Malschicht auf Stein oder Anstrich- bzw. Kittmassen auf dem Gesteinsuntergrund ist eine Herabsetzung von Temperatur- und Stoff-Feuchteschwankungen von wesentlicher Bedeutung für die Dauerhaftigkeit dieser Materialverbände.

Aus dem Ergebnis der Messungen entstand seitens der Denkmalpflege die Forderung, einen Winterschutz anzubringen. Leider ist diese Forderung bis zum heutigen Zeitpunkt nicht umgesetzt. Es laufen jedoch zurzeit Planungen, ein Portal mit Leichtbauplatten auf einem Gerüst montiert zu schließen. Die Realisierung steht noch aus.



Abb. 4. Weingarten, Kreis Ravensburg, sog. Narrenbrunnen: unsinnige Wintereinhausung unter Aussparung der Skulptur.

Der Aufbau von Holzverschalungen oder Einhausungen ist unter Umständen umständlich und schwer. Auch die Lagerung während der warmen Jahreszeit erfordert entsprechend viel Platz. Dies sind wohl ebenfalls Gründe, warum immer wieder auf einen Winterschutz verzichtet wird.

Daraus entstand die Idee, neuartige Einhausungen zu entwickeln, die die Vorteile einer guten Handhabung und eines geringen Raumbedarfs bei der Lagerung mit den positiven Eigenschaften eines guten Schutzes verbinden sollten. Man dachte dabei an Materialien wie unterschiedlich beschichteten Polyestergeweben und Glasfasergeweben, die als Schutzmembrane dienen sollten. Aus dieser Idee entwickelte sich schließlich das Forschungsvorhaben Projekt Winterzelt bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Antragsteller war Rainer Blum aus Stuttgart.⁶ Mit Hilfe der Denkmalpflege wurden zwei Versuchsfelder ermittelt:

1. Clemenswerth in Niedersachsen. Ein Standort, der häufigem Nebel ausgesetzt ist und ein typisches norddeutsches Klima aufweist. Hier wurden Jagdtrophäen, die aus Baumberger Sandstein gefertigt und auf eine Mauer aufgesetzt sind, in die Untersuchung einbezogen. Diese Skulpturen waren auch Gegenstand eines weiteren DBU-Projektes zur Konservierung.
2. Weikersheim, im Main-Tauberkreis im nördlichen Baden-Württemberg. Ein Standort, der im Winter reichlich Schnee haben kann und eher dem typisch kälteren süddeutschen Klima entspricht. Die Gartenskulpturen aus einem gelblich-grauen Schilfsandstein waren einige Jahre zuvor konserviert und restauriert worden.

Diese beiden Standorte gewährleisteten somit eine umfassende und differenzierte Betrachtung des Themas vom Klima her. Zudem waren die konstruktiven Bedingungen unterschiedlich: In Clemenswerth musste man eine Einhausung auf die Wand aufsetzen und konnte so die Wand in die Konstruktion einbeziehen, während in Weikersheim freistehende, zum Teil sehr große Vollplastiken geschützt werden sollten und somit eine eigene Trägerkonstruktion notwendig war.

Die umfangreichen Untersuchungen zu den einzelnen Materialtypen, es ging dabei um Themen wie Verformbarkeit, Knick- und Schmutzempfindlichkeit, Festigkeiten und Brandverhalten, sind dem Bericht von Blum zu entnehmen.⁷ An dieser Stelle sollen einige Ergebnisse und Erkenntnisse vorgestellt werden, die sich aus den Erfahrungen mit diesen Membranen / Planen in Weikersheim ergaben.

Es wurden zwei Einhausungen neu hergestellt. Diese waren mit Materialien bespannt, die mit einem Wärmeschutzlack be-

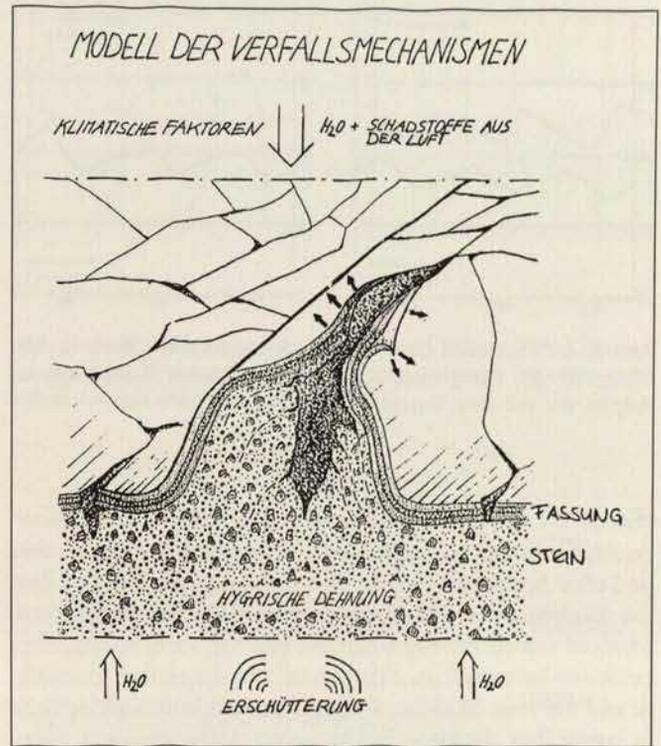


Abb. 5. Graphische Visualisierung der Verfallsmechanismen (Gottfried Hauff).

schichtet wurden. Als dritte Messeinheit kam eine bereits örtlich erstellte Einhausung aus PVC-Material (Autoplanen) hinzu. Ein wesentlicher Punkt bei der praktischen Umsetzung war der enorme Unterschied in Größe und Gewicht der neuen zu der vorhandenen Einhausung. Dies rührte daher, dass bei der Entwicklung der neuen Einheiten die im Bauwesen üblichen Sicherheitsstandards zugrunde gelegt wurden.

Die bereits erprobte einfache Einhausung über einer Gerüststangenkonstruktion, vom Forscher als „naiv zusammengesetzt“ bezeichnet, wurde weder berechnet noch bemessen (Abb. 8, 13). Immerhin stellte Blum bei späteren Diskussionen anheim, ob derart hohe Sicherheitsansprüche auch bei diesen Vorhaben angesetzt werden müssen.

Leider ließ das Vorhaben nur einen kurzen Messzeitraum von zwei Monaten im Winter zu (Abb. 12). Die Abb. 12 zeigt einen Ausschnitt aus dieser Messkampagne. Man sieht die verglei-



Abb. 6. Schwäbisch Gmünd, Heilig-Kreuz-Münster, Südportal, Detail: Schadensbild.

⁵ Gottfried HAUFF, Karl FIEDLER, Bärbel MAIER-HERRMANN, Juliane WEIGELE, Zur Konservierung der Portalskulptur des Heilig-Kreuz-Münsters in Schwäbisch Gmünd, in: Denkmalpflege in Baden-Württemberg. Nachrichtenblatt des Landesdenkmalamtes 19, 1990, S. 80–87, Abb. 14; vgl. auch Helmut F. REICHWALD, Schwäbisch Gmünd, Heiligkreuzmünster – Restaurierungen der Chorportale, in: Erwin EMMERLING, Detlef KNIPPING, Franz NIEHOFF, Das Westportal der Heiliggeistkirche in Landshut (Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege 106), München 2001, S. 217–222.

⁶ Rainer BLUM, Bericht über die Denkmaleinhausung in Clemenswerth und Weikersheim, Projekt Winterzeit, 02.07.2002, Laboratorium für Dynamik und Optik (MS).

⁷ BLUM (wie Anm. 6), Bericht 02.07.2002.

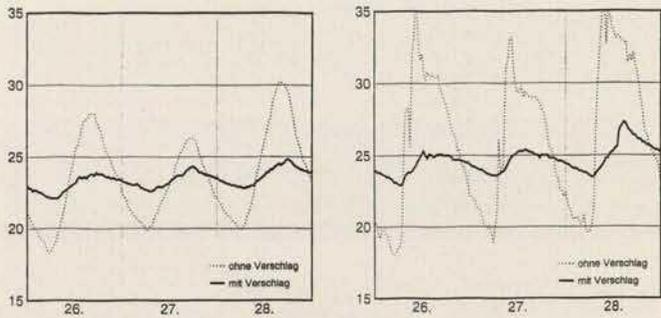


Abb. 7a-b. Schwäbisch Gmünd, Heilig-Kreuz-Münster, Nord- (a) und Südportal (b): Temperaturverlauf während dreier Sonnentage im August, mit und ohne Verschlag.

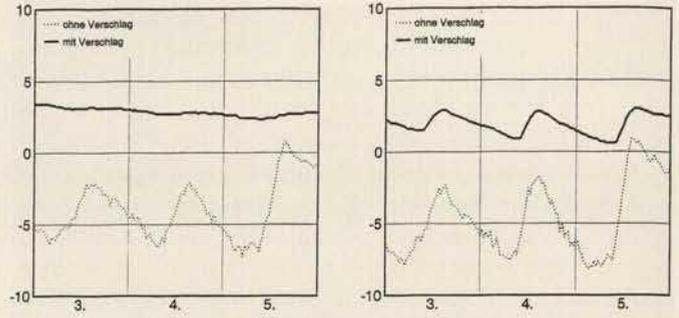


Abb. 9a-b. Schwäbisch Gmünd, Heilig-Kreuz-Münster, Nord- (a) und Südportal (b): Temperaturverlauf während dreier Tage im Winter, mit und ohne Verschlag.

chende Darstellung der Temperaturen an den einzelnen Messpunkten, also an den untersuchten Skulpturen mit neuer, alter und ohne Schutzvorrichtung. Es kann festgestellt werden, dass die Skulpturen in den Einhausungen mit dem beschichteten Material sowohl bei Tag niedrigere und bei Nacht höhere Temperaturen aufweisen als die anderen, also die einfach geschützte und die freie Skulptur. Auch große Temperaturunterschiede in kurzer Zeit, die besonders belastend einzustufen sind, konnten etwas gemildert werden: jedoch bei weitem nicht in dem Umfang, wie dies aus den Messergebnissen bei Holzverschalungen an den Portalen in Schwäbisch Gmünd resultiert.

Dennoch können eindeutige Verbesserungen der Situation gegenüber ungeschützten Objekten festgestellt werden. Zu diesem Zweck hat Rainer Blum die Summe der Absolutwerte gebildet und durch die Zeit der Messung dividiert, wobei er zu folgenden Vergleichswerten kam:

- Für die Skulptur mit dem neuem Einhausungsmaterial:
23,3° C / Tag
- Für die Skulptur mit der herkömmlichen Einhausung:
32,7° C / Tag
- Für die Skulptur ohne Einhausung :
57,6° C / Stunde



Abb. 8. Weikersheim, Schlosspark, Gartenskulpturen mit Wintereinhausung über Gerüststangenkonstruktion.

Hieraus leitet Blum die Verbesserung der Gesamtsituation mit dem neuen Material gegenüber der ungeschützten Skulptur um 60% ab, sicherlich eine sehr optimistische Einschätzung für diese sehr kurze Messperiode.

Die in Schwäbisch Gmünd gemessenen Werte überzeugen doch mehr. Auch wenn die optische Präsentation der neu entwickelten Einhausung (vgl. Abb. 13) eindrucksvoller erscheint als die einfache Holzverkleidung (vgl. Abb. 2), so sprechen die ausgewerteten Daten doch eine eindeutige Sprache.

Leider erfuhr das Forschungsprojekt keine Fortsetzung, sodass unsere Bemühungen leicht handhabbare, platzsparende Einhausungssysteme zu schaffen, ins Stocken geraten sind.

Wie bereits berichtet, beabsichtigt das Landesamt für Denkmalpflege zusammen mit der Münsterbauhütte Schwäbisch Gmünd einen Prototyp zu entwickeln, der, begleitet von Messungen, uns auf diesem Gebiet weiterbringen soll.

Derzeit laufen zwei weitere Projekte, die sich mit der Winterverschalung von Objekten beschäftigen:

1. Das DBU-Projekt Einhausung, Tholey, Benediktinerabtei St. Mauritius, Nordportal; initiiert durch das Institut für Steinforschung (IFS) Mainz⁸
2. Winterschutz für baugebundene Plastik der Technischen Universität Dresden⁹

Die Ergebnisse der beiden Projekte liegen leider noch nicht vor.

Grundsätzlich kommt man zu folgenden Anforderungen an einen wirksamen Winterschutz:

- Der Eintrag von Feuchte muss verhindert werden, d.h. ein geschlossenes Dach muss vorhanden sein.
- Es sollte möglichst auch ein Schutz gegen Sonneneinstrahlung oder eine Minimierung der Einstrahlung gewährleistet sein.
- Eine Belüftung muss gegeben sein
- Dichte Verpackungen mit Folien oder gleichwertigen Materialien sind zu vermeiden, sie schaden mehr als sie nützen.
- Es muss statisch ein eigenständiges und ausreichendes System vorhanden sein.
- Das Objekt muss ohne Berührung umbaut sein.
- Das Objekt muss ganz eingehaust sein, d.h. keine Teile sollten ungeschützt bleiben.

⁸ Institut für Steinkonservierung e.V. (IFS), Mainz Tätigkeitsbericht / Jahresinformation 2004.

⁹ RESTAURO. Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen 7, 2005, S. 470-471.

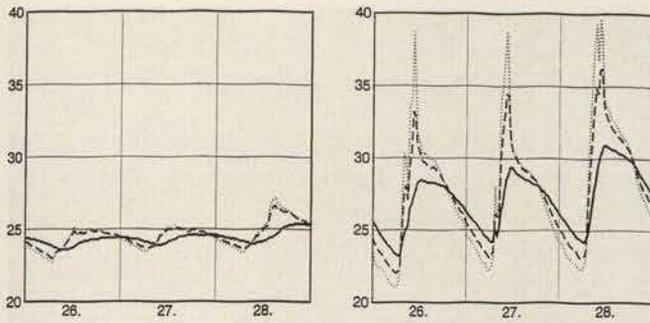


Abb. 10a-b. Schwäbisch Gmünd, Heilig-Kreuz-Münster, Nord- (a) und Südportal (b): Sommer-Temperaturverlauf im Tiefenprofil (..... 1cm Tiefe, - - - - - 7cm Tiefe; — 15 cm Tiefe).

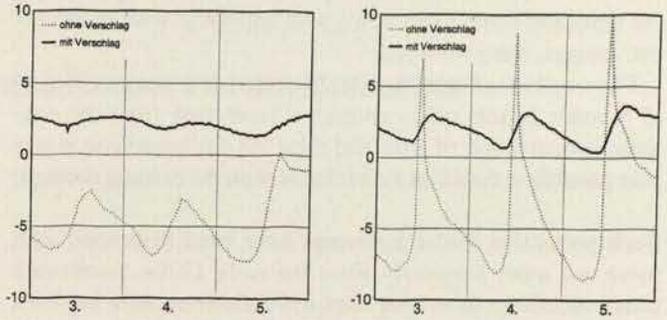


Abb. 11a-b. Schwäbisch Gmünd, Heilig-Kreuz-Münster, Nord- (a) und Südportal (b): Oberflächentemperatur während dreier Sonnentage im Januar, mit und ohne Verschlag.

- Die Einhausung sollte einfach und ohne Gefährdung für das Objekt montierbar sein
- Das Objekt sollte rechtzeitig vor Wintereinbruch, möglichst im trockenen Zustand, mit einer Einhausung geschützt werden.

Darüber hinaus sind weitere grundlegende Forderungen zu stellen, mit dem Ziel, den Winterschutz wieder stärker in das Bewusstsein zu rücken, z. B. in Form:

- einer denkmalpflegerischen Auflage im Vorfeld einer Konservierung bzw. Restaurierung,
- als Auflage für die Wartung und Pflege nach einer erfolgten Maßnahme;
- einer Anerkennung als zuschussrelevante Maßnahme außerhalb enger Bagatellgrenzen.

Dem Plädoyer für Wintereinhausungen darf abschließend hinzugefügt werden: manches Schutzgehäuse ist auch für Überraschungen gut, sofern man den inneren Wert richtig einzuschätzen weiß (Abb. 14).

Summary

Protective Winter Cladding for Weather-Endangered Objects.

Requirements for Preventive Protection

In Baden-Württemberg there was a tradition of providing sensitive stone objects with a protective covering during the winter months. The willingness to continue to do this has waned significantly. At the beginning of every winter well into the 1960s stone objects disappeared from view beneath winter casings of more or less elaborate design. Generally fountains, statues and also precious portals were protected from severe weather by means of simple plank casings. In the spring they came back into view and the planking and/or protective material was stored in the depot until it was needed again.

The necessity of erecting this type of winter protection was generally accepted and had not been disputed into modern times, even though there was no measurement data which could have given objective support to the experts' judgements. The objects were protected because experience had shown that particularly the wet and frosty winter months caused damage to the stone.

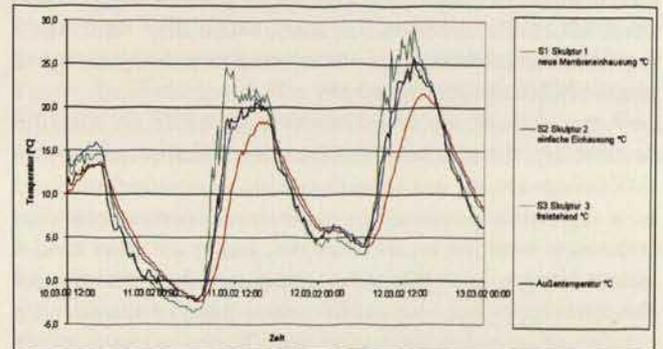


Abb. 12. Weikersheim, Schlosspark: Vergleich der Skulpturentemperaturen mit neuer Membraneinhausung (Abb. 13), einfacher Einhausung (Abb. 8) und freistehend.

In Baden-Württemberg extensive measurements were made for the first time in this context during restoration and conservation of the portals of the cathedral in Schwäbisch Gmünd. At the suggestion of the restorers the measurements (conducted by the Fraunhofer Institute) not only covered exterior surfaces but were also taken in the depths of the materials. All the portals on

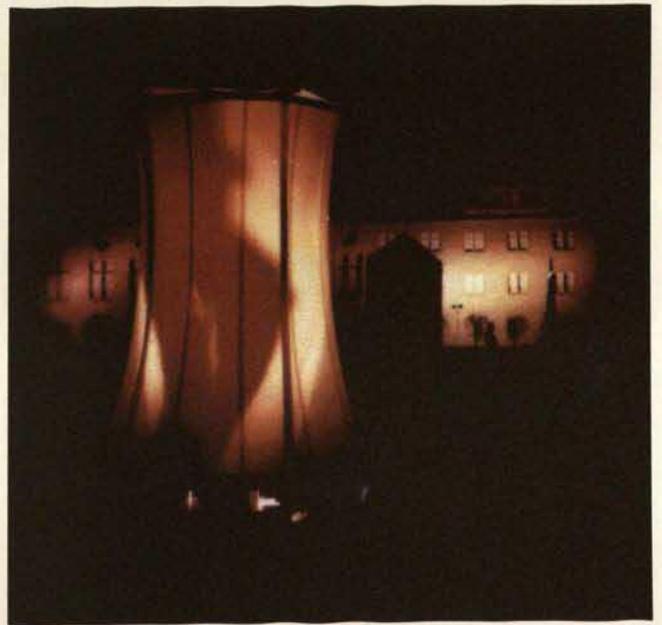


Abb. 13. Weikersheim, Schlosspark, Gartenskulpturen mit neuer Membraneinhausung.

the north and south sides, some with and some without protective casings, were surveyed.

The results confirmed the view that already a simple covering of wooden boards offers enormous protection from the continuous fluctuation of frost and thaw. At the same time it was also possible to establish a correlation with the existing damage.

Such protective winter coverings have been dispensed with more and more frequently since the early 1970s. Sometimes financial reasons have been cited and sometimes there has been a reluctance to conceal the stone monuments from the tourists (for instance when fees are charged to visit a park).

For this reason the State Conservation Office suggested a research project under the German Federal Foundation for the Environment (DBU) to test possibilities for erecting transparent, effective winter coverings which would not have a hot-house effect. The results of this study, which show for instance that effective protection can be achieved already by means of plastic sheets, are presented here.

In summary, the demands for winter protection seem to be re-established. On the one hand this practice is being formulated as a legitimate preservation requirement, particularly after restoration work has been carried out, and on the other hand it is also being acknowledged as a measure which qualifies for financial support (i.e., beyond the narrow limits of minor work).

Information and requirements for effective winter cladding are also summarized.

Abb. 14. Aschhausen, Gem. Schöntal, Schlosspark: ehem. Trumeaumadonna vom Liebfrauenportal der Kathedrale in Metz mit Winter-einhausung.



Literaturverzeichnis

Rolf WIHR, Restaurierung von Steindenkmälern. Ein Handbuch für Restauratoren, Steinbildhauer, Architekten und Denkmalpfleger, München 1980, S.140–142.

Gerd BAUER, Was tun bei Steinzerfall, in: Denkmalpflege im Rheinland 4, 1985, S. 13–16.

Gottfried HAUFF, Karl FIEDLER, Bärbel MAIER-HERRMANN, Juliane WEIGELE, Zur Konservierung der Portalskulptur des Heilig-Kreuz-Münsters in Schwäbisch Gmünd, in: Denkmalpflege in Baden-Württemberg, Nachrichtenblatt des Landesdenkmalamtes 19, 1990, S. 80–87.

Helmut F. REICHWALD, Schwäbisch Gmünd, Heiligkreuzmünster – Restaurierungen der Chorportale, in: Erwin EMMERLING, Detlef KNIPPING, Franz NIEHOFF, Das Westportal der Heiliggeistkirche in Landshut (Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege 106), München 2001, S. 217–222.

Berichte zu Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland 10, Vorsorge, Pflege, Wartung. Empfehlungen zur Instandhaltung von Baudenkmalern und ihrer Ausstattung, hg. von der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland, 2002.

Rainer BLUM, Bericht über die Denkmaleinhausung in Clemenswerth und Weikersheim, Projekt Winterzeit, 02.07.2002, Laboratorium für Dynamik und Optik (MS).

RESTAURO. Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen 7, 2005, S. 470–471.

Abbildungsnachweis

Abb. 1, 3, 4, 8, 14: Otto Wölbert, Landesamt für Denkmalpflege, Esslingen (Archiv Restaurierung); Abb. 2: Paul Weinmann, Schwäbisch Gmünd; Abb. 7a-b, 9a-b, 10a-b, 11a-b: Holz – Großinsky, 1994, IBP-Bericht FB-51, Fraunhofer-Institut für Bauphysik; Abb. 5–6: Gottfried Hauff, Potsdam; Abb. 12, 13: Rainer Blum, Stuttgart.