

Shuilu'an

Jahresbericht / Annual Report 2007-2009



**BMBF Forschungsprojekt / Research project
01GWS079**

Technische Universität München,
Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und
Konservierungswissenschaft

Center for the Preservation and Restoration
of Cultural Heritage of Shaanxi Province, Xi'an
西安文物保护修复中心

Forschungsprojekt 01GWS079
„Deutsch-chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz: Forschungen zum Erhalt
ausgewählter Denkmäler in der VR China“

Gefördert mit den Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)



© Technische Universität München 2010

Herausgeber: Technische Universität München
Editor Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft
Oettingenstr. 15, 80538 München, www.rkk.arch.tu-muenchen.de

Projektleitung: Prof. Erwin Emmerling
Head of project

Redaktion: Catharina Blaensdorf, Kristina Holl
Editorial staff

Research Project 01GWS079
„German-Chinese co-operation in the preservation of Cultural Heritage: Researches for the
conservation of selected monuments in the PR China”

Financed by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF)



Contents

Table of events	1
Introduction and summary: Investigations and conservation work, 2007 to 2009..... <i>Catharina Blaensdorf</i>	3

1 Walls and plaster layers

Damage situation and principal considerations..... <i>Catharina Blaensdorf</i>	15
Filling of smaller voids and consolidation of detached plaster layers (< 10 mm)..... <i>Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder, Kristina Holl</i>	23
Consolidation of wall area with large void inside the clay wall..... West wall, section 2, figures W 1.36, 1.38a and W2.38 to 2.42 (Sep/Oct 2007; June 2009) <i>Catharina Blaensdorf, Laura Thiemann</i>	29
Tests on clay mortars for the Shuilu hall (2007-2009)..... <i>Kristina Holl</i>	49
Integrating older repairs – keeping, removal and reworking..... West wall, section 1 around window 1 and section 2, north of window 2 (April and Sep 2007) <i>Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder</i>	67

2 Clay sculptures

Damage situation and principal considerations..... <i>Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder</i>	85
Stabilisation and rejoining of loose and broken limbs and parts (April and Sep 2007)..... <i>Catharina Blaensdorf</i>	97
Consolidation of bent or structurally weakened parts (April and September 2007)..... <i>Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder</i>	105
Consolidation of parts with wire core (April and September 2007)..... <i>Catharina Blaensdorf</i>	109
Re-attaching loose and detached sculptures (April and September 2007)..... <i>Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder</i>	115
Re-attaching clouds (September 2007)..... <i>Catharina Blaensdorf, Laura Thiemann, Stephanie Edlmann</i>	127
Re-attaching fragments found in the hall (April and September 2007)..... <i>Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder, Ina Meissner</i>	131

3 Paint layers and surfaces

Damage situation and principal considerations..... <i>Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder, Kristina Holl</i>	141
Cleaning the surfaces (April and September 2007)..... <i>Catharina Blaensdorf</i>	153
Consolidation of paint layer (April and September 2007, June 2009)..... <i>Kristina Holl</i>	161

4 Materials and recipes 2007-2009.....	169
5 Documentation 2001-2007	
Introduction and summary 2001-2009.....	181
<i>Catharina Blaensdorf</i>	
Mapping of condition and treatments 2001-2007.....	187
<i>Laura Thiemann</i>	
Cataloguing fragments found in the hall (September 2007, June 2009).....	195
<i>Catharina Blaensdorf, Stephanie Edlmann</i>	
6 Climate and dust	
Environmental influences: Introduction on climate conditions and dust.....	207
<i>Catharina Blaensdorf</i>	
Climate measurements 2007 to 2009.....	217
<i>Catharina Blaensdorf, Yan Min</i>	
7 Conclusion on the work 2007 to 2009 and perspective.....	269
<i>Catharina Blaensdorf</i>	
8 Travel and work reports	
Arbeitsaufenthalt Oktober 2001.....	275
<i>Siegfried Scheder</i>	
Arbeitsaufenthalt Juli 2002.....	287
<i>Siegfried Scheder</i>	
Arbeitsaufenthalt April 2007.....	297
<i>Siegfried Scheder, Catharina Blaensdorf</i>	
Arbeitsaufenthalt August bis Oktober 2007.....	309
<i>Catharina Blaensdorf, Laura Thiemann</i>	
Bericht über den Arbeitsaufenthalt, 19. 3. bis 13. 4. 2008.....	323
<i>Catharina Blaensdorf, Kristina Holl</i>	
Work Report, Oct. 15 and Nov. 6-8, 2008 (Screens for windows).....	329
<i>Catharina Blaensdorf</i>	
Protokoll über den Arbeitsaufenthalt, 8. bis 30. November 2008	331
von Mrs. Yang Qiuying, Mrs. Liu Linxi und Mrs. Ma Linyan in München	
<i>Catharina Blaensdorf</i>	
Bericht über den Arbeitsaufenthalt, 8. 6. bis 4. 7. 2009	333
<i>Catharina Blaensdorf, Kristina Holl</i>	
9 Interim reports	
Zwischenbericht (Interim report) 2007.....	341
Zwischenbericht (Interim report) 2008.....	349
Zwischenbericht (Interim report) 2009.....	357

Table of Events

2007

- March 10-19 Discussion of work program in Xi'an. Participants: E. Emmerling, C. Blaensdorf, Ma Tao, Qi Yang
- April 5-29 Work stay in the Shuilu'an. Participants: S. Scheder, Catharina Blaensdorf, Franziska Kolba; Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan, Yan Min: Conservation of western part of north wall and adjoining west wall, part 1 (northern section)
- Aug. 25 – Nov. 18 Work stay in Shuilu'an. Participants: Catharina Blaensdorf; students for the TUM: Laura Thiemann, Ina Meissner, Stephanie Edlmann; master students from Bologna / Jiaotong University Xi'an: Giovanna Spagnuolo, Francesca Dominici, Valentina Furetto (now: V. Blake, Felix Thorton-Jones, Mandy Chan; Ma Tao, Yan Min: Conservation of west wall, part 2 and 3 (northern and middle section)
- Sept 1, 2007 – April 30, 2008 Kristina Holl employed as student assistant: basic tests for the development of grouting materials for larger voids

2008

- January Steering Committee Meeting in Munich
- March 19 – April 13 Work stay in the Center for Conservation, Xi'an. Participants: Kristina Holl, Catharina Blaensdorf; Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan, Yan Min: Tests for grouting materials for larger voids in the wall, part 1
- Aug. 1 – Oct. 15 Laura Thiemann employed as student assistant: production of test slabs, preparation of tests for grouting materials
- Oct. 15, 2008 – Feb. 2009 Leonie Saltzmann, student: tests for modification of clay based grouting materials as term paper
- Nov. 5-8 Work stay in the Shuilu'an. Participants: Catharina Blaensdorf; Yan Min: Climate control and installation dust protection screens
- Nov. 8 – 30 Work stay in Munich. Participants: Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan; Catharina Blaensdorf, Kristina Holl, Laura Thiemann, Leonie Saltzmann: Tests for grouting materials, second part

2009

- June 9 Steering Committee Meeting in Xi'an
- June 15- July 3 Work stay in Shuilu'an. Participants: Catharina Blaensdorf, Kristina Holl; Gao Yan, Yan Min, Yang Qiuying: Exemplary application of new grouting material in the Shuilu hall, tests for consolidation of paint layer in lab and on-site.

Presentations

2007

- May 16 Catharina Blaensdorf, *Deutsch-Chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz. Zusammenarbeit mit dem Zentrum für die Erhaltung und Restaurierung der Kulturgüter der Provinz Shaanxi.* Presentation of the German-Chinese co-operation project at the Technische Universität München
- May 29 Catharina Blaensdorf, *Untersuchungen zur Technik und Fassung der Lehmeskulpturen aus dem Shuilu'an, China. 16. Jahrhundert.* Presentation of investigations on the Shuilu hall in series of evening lectures in the Chair of Restoration, Technische Universität München
- December Ina Meissner, Laura Thiemann, Stephanie Edlmann, *Shuilu'an 水陆庵, September – Oktober 2007.* Presentation of internship in China for students of the Chair of Restoration, Technische Universität München

2008

- March 7 Catharina Blaensdorf, „Deutsch-Chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz. Forschungsprojekt 01GWS079 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)“. Presentation of the project for the „China Day“, Forum zum europäisch-chinesischen Wissenschaftsaustausch an der Universität, in Cologne. At a meeting of the China-NRW University Alliance European-Chinese research and education programmes were presented.

2009

- June 29 Interview and filming for China Radio International during the work in the Shuilu'an

Investigations and conservation work on the clay sculptures and clay reliefs in the Shuilu hall, 2007 to 2009

Catharina Blaensdorf

Situation of the Shuilu hall

The temple complex Shuilu'an is located 11 km southeast of Lantian, a city about 50 km southeast of Xi'an. According to inscriptions the main hall of the temple, also called *Shuilu dian* (Shuilu hall), was rebuilt or refurbished in the Ming Dynasty, in the years 1563 to 1568. Inside the walls sculptures and reliefs surround 12 large sculptures of impersonations of Buddha or Bodhisattvas on the free-standing middle wall and two shorter walls on the gable walls. The gable walls (north and south) and the west wall (rear wall) are entirely covered with sculptures and reliefs depicting scenes from the life of Sakyamuni.

Sculptures and reliefs are made of clay and painted. Following the traditional Chinese methods, the sculptures are modelled over a support system of sticks attached to the adobe walls by wooden pegs. They are painted colourful and partly gilded.

Sculptures and polychromy are preserved in the major parts without later repairs or overpainting. Losses have occurred over time. At least one comprehensive restoration was done in the 20th century (1980-85), focussing mainly on the repair of walls, roof and wooden beams and on the reattaching loose sculptures to the walls.

The damages can mainly be linked to water penetrating into the walls, mainly through a leaking roof. Repairs on the west wall carried out in 2007 revealed also serious structural problems caused by deterioration of the wooden props inside the west wall, resulting in the pressing down of the west wall by the load of the roof on the clay wall. The damages can be characterised as:

- voids inside the walls
- separation of clay plaster layers from the adobe brick walls and from each other
- sculptures tilting forward, detaching from the wall
- fractures in the sculptures, losses of parts (limbs, attributes, clouds, architectural arrangements)
- loss of cohesion inside the clay layers (powdery, crumbling surfaces)
- flaking and loss of cohesion in ground and paint layers
- settlement of dust

In the 1990's, the situation was getting critical, with more and more sculptures detaching from the walls and many loose parts visible. The Center for the Preservation and Restoration of Cultural Heritage of the Shaanxi Province, Xi'an (西安文物保护修复中心) comprised a first report on the situation in 1994, including examinations and suggestions for the conservation¹. At the beginning of practical work in the year 2001, the aim of the German-Chinese co-operation was a secure reattachment of loose figures and parts, the cleaning and the consolidation of the polychromy and a survey for a general understanding and assessment of the situation.

German-Chinese co-operation work

In 2001, German restorers together with Chinese scientists made the first conservation tests on two figures of the west wall of the Shuilu hall. A second work stay in the following year focussed on the relief of deadly accidents on the western (rear) part of the north wall. These two work stays provided the base for further work. Although the selected test areas were rather small, they allowed to understand essential problems and to link them to causes of damage. The basic manufacturing procedure of the sculptures and reliefs could be investigated. A photographic documentation of all the walls allowed a survey of damages and losses. The conservation work showed possibilities of intervention, but also questions and problems. It became apparent that interventions could not only focus on the surface, but have to include the situation inside the adobe brick wall as the consolidation of the walls themselves has to be done before interventions on the sculptures are carried out. Additionally first examinations showed that the constructions of the walls and causes of their damage during previous centuries have to be investigated before a reasonable conservation concept can be developed.

After an interruption of five years, practical work and analyses were taken up again in 2007. The Center for Conservation in Xi'an set the general aims of the work. In principle, the hall and its interior shall be preserved in its present-day state:

Completions of lost areas are not planned. Relocations of parts are only acceptable if there are sound reasons indicating their original position. Older repairs and completions will be preserved as far as they are not obscuring original parts or impeding the necessary conservation treatments. Aesthetically distracting and technically substandard or temporary fixation devices as old iron anchors, wires or lumps of clay should be replaced by improved methods. Completions with single sculptures of parts or reliefs will be restricted to structural necessary fillings. Retouching of surfaces will be confined to covering aesthetically disturbing stabilisation devices and will be executed in the colour of the clay support.

¹ 西安文物保护修复中心 CENTER FOR CONSERVATION (ed.), 陕西省蓝田水陆庵。泥质彩绘壁塑风化机理及加固技术研究 *Shaanxi sheng Lantian Shuilu'an nizhi caihui bisu fenghua jili ji jia gu jishu yanjiun* (Studies on the mechanisms of the deterioration and on consolidation techniques for the polychrome clay sculptures on the walls of the Shuilu'an in Lantian /Shaanxi Province), Xi'an 1994.

After a joint discussion, German and Chinese partners agreed on seven aims for the joint work:

1. Development of a standard scheme for the examination and documentation of (polychrome) clay sculptures
2. Conservation of a larger test area as representative area(s) for the different types of surfaces (painted walls, reliefs, sculptures) and the different phenomena of damage, including a calculation of the required labour.
3. Test series for developing a grouting material and a suited application method for larger voids
4. Technological examination of clay sculptures and painting materials in the selected test area(s)
5. Investigation in causes of damage
6. Set up of a standard catalogue for the evaluation of conservation treatments on polychrome clay sculptures
7. Comprehensive research report on the results of the co-operation

Additionally new ideas were developed for the treatment of the west wall. Instead of swaging (grouting under pressure) with a material based on modern synthetic materials and concrete as proposed and tested in 2004/2005, the decision was made to use only clay-based grouting materials. This decision is based on the experiences with the conservation of earthen architecture worldwide and the conclusion that not-clay-based grouting materials rather impair than conserve earthen architecture. Furthermore, a new protective wall in front of the original adobe brick wall should be built with a distance of about 60 cm, leaving the original wall accessible by a narrow corridor.

The aim of the tests was to find the best material and application methods to stabilise voids inside the walls, the adhesion and cohesion of the plaster layers and the connection of sculptures to the wall. The fixation of broken limbs and stabilisation of softened surface layers were additional problems. The conservation of the paint layers included cleaning and consolidation. The tests and the selection of materials and methods followed principal considerations:

1. All materials have to fulfil the demands regarded as standards for conservation materials.
2. The materials have to have good properties in the existing and unchangeable conditions on-site as climate conditions, present surrounding materials and structures of the walls and the sculptures.
3. As all interventions are mainly not reversible excellent long-term stability is required.

Based on these principal requirements, special demands were defined for the single methods of cleaning, grouting, and gluing of clay layers and sculptures, as well as paint layer consolidation.

Interventions on-site took place in April and September 2007, in November 2008 and April 2009. The examinations and conservation work focussed on the west wall and the adjoining part of the north wall in the rear part of the hall. Preparatory tests were carried out in the labs in Munich and Xi'an. The contents of work visits and research periods are summarised in table 2.

Summary and conclusion on the work 2007-2009

The work carried out in 2007 to 2009 made it possible to understand the main problems and damages on the west wall and the adjoining part of the north wall of the Shuilu hall. Step by step different damage phenomena and situations were examined and treated exemplary. For more difficult problems, laboratory tests were made to develop a solution. Extensive tests with grouting materials resulted in a new mixture for bridging and stabilising larger voids.

Working on larger test areas on-site was an advantageous situation:

- The diversity of problems could not be calculated theoretically and became evident only during the work process.
- Treating the same problem several times resulted in the improvement of the methods and a development of routine. Based on these experiences a calculation of the needed effort of work was possible for the conservation of the west wall.
- The observation of the first test areas made in 2001 and 2002 can meanwhile serve as a long-term monitoring of the conservation treatment.
- Questions which could not be solved during the work on-site could be selected as subjects of test series in the lab.

Tests and work on-site have resulted in setting up a general idea for the conservation and in the development of methods and materials for most of the conservation problems of the west wall.

The remaining problems have been identified and will be subject of new test series and considerations. The most important questions are:

1. Development of a clay-based gluing material for breaks and fissures with very little clearance, or improvement of the adhesive strength of the materials used so far.
2. Control and reduction of dust settlement

The monitoring of the climate is evaluated regularly and will continue to understand the influences not only by weather and seasons, but also those caused by the changes on windows and walls.

The laboratory tests and the test areas on the west and north wall are intended be the base for a conservation plan for the entire hall.

Persons involved into the work 2001-2009

The work has been carried out by a joint German-Chinese team, working together in the laboratory and on-site. The members of the team came from German and Chinese partner institutions: on the Chinese side from the Center for Conservation Xi'an on the Chinese side; on the German side from the Bavarian State Department for the Preservation of Monuments and Sites (2001-2006) and the Technische Universität München (since 2007). Besides the employees from the partner institutions also external restorers and students have been involved in the work. All persons who participated in the work are listed in table 1. Table 2 and the mapping on the opposite page present an overview on the work periods.

Records on treatments

The articles in the report describe the methods and show examples for their application. A compilation of materials and recipes can be found in chapter 4 (“Materials and recipes”). Chapter 5 presents the documentation of condition and treatments. All information has been included into a mapping which is printed out for information, but it is designed to be used in its electronic version as base of further work. The chronological work reports in chapter 8 contain all information as written records. Unfortunately there was no time to translate them into English.

Table 1. Persons involved in the work, 2001 to 2009

2001, October	Shuilu'an	CCX: Ma Tao, Zhang Xiaorong, Yang Qiuying, Liu Linxi BLfD: Siegfried Scheder, Stephanie Pfeffer, née Wallner (assistant)
2002, July	Shuilu'an	CCX: Ma Tao, Zhang Xiaorong, Yang Qiuying, Liu Linxi, Dang Xiaojuan for the BLfD: Siegfried Scheder, Laura Janowski (assistant)
2007, April	Shuilu'an	CCX: Ma Tao, Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan, Yan Min TUM: Catharina Blaensdorf for the TUM: Siegfried Scheder, Franziska Kolba (assistant)
2007, Sept./ Oct.	Shuilu'an	CCX: Yan Min; TUM: Catharina Blaensdorf Students of TUM: Laura Thiemann, Stephanie Edlmann, Ina Meissner Master students of Jiaotong University / University of Bologna: Felix Thornton-Jones, Giovanna Spagnuolo, Valentina Blake, née Furetto, Francesca Dominici, Mandy Chan On-site: Xu Liujin
2007, Sept. to 2008, March	Munich	Student of TUM: Kristina Holl
2008 March / April	Xi'an	CCX: Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan, Yan Min TUM: Catharina Blaensdorf, Kristina Holl
2008, Aug. to 2009, Feb.	Munich	TUM: Kristina Holl Students of TUM: Leonie Saltzmann, Laura Thiemann
2008, Nov.	Shuilu'an	CCX: Yan Min TUM: Catharina Blaensdorf
2008, Nov.	Munich	CCX: Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan TUM: Catharina Blaensdorf, Kristina Holl Students of TUM: Leonie Saltzmann
2009, June / July	Shuilu'an	CCX: Gao Yan TUM: Catharina Blaensdorf, Kristina Holl

CCX: Center for Conservation Xi'an

BLfD: Bavarian State Department for the Preservation of Monuments and Sites

TUM: Technische Universität München



April 2007



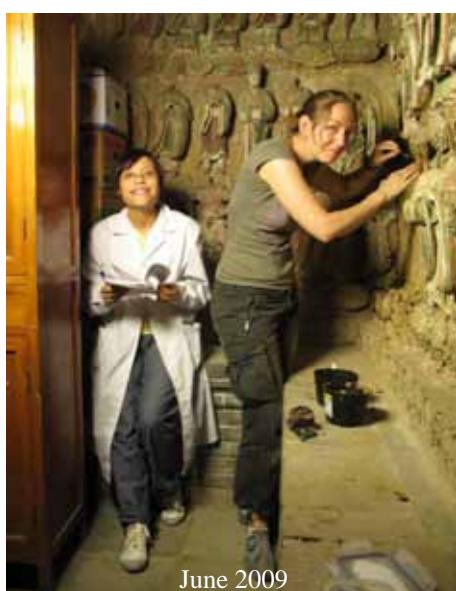
September 2007



March 2008



November 2008

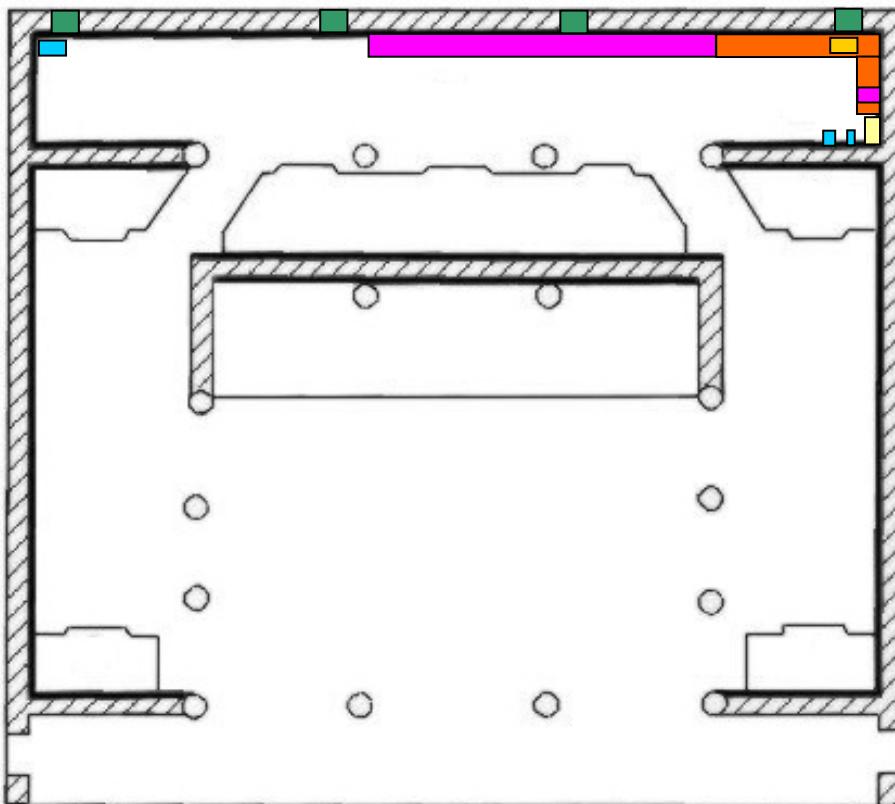


June 2009



Table 2. Overview of work and research periods, 2001 to 2009

2001, October	Shuilu'an: Test area 1, west wall: Conservation and reattachment of two sculptures. First tests for clay based grouting mixtures; some tests for consolidation of the paint layer and methods of fillings.	3 weeks
2002, July	Shuilu'an: Test area 2, north wall, relief of deadly accidents: Conservation and reattachment of the lower part of the relief. Photographic documentation of all walls and sculptures and summary mapping of damages and losses.	3 weeks
2007, April	Shuilu'an: Conservation of wall sections in the north-eastern corner (north wall, western part and west wall, northern section 1): Stabilisation of wall surfaces; reattachment of sculptures; reconnection of broken limbs; cleaning of surface; consolidation of polychromy; partial removal of overlapping repair plasters.	3 ½ weeks
2007, Sept./ Oct.	Shuilu'an: Conservation of section 2 and 3 of west wall (second northern and middle section): Cleaning and conservation following the methods of April 2007. Repair of broken wall part in section 2 with removal and reattachment of three sculptures and painted background; development of standard documentation scheme for the sculptures.	7 weeks
2007, Sept. to 2008, March	Munich: Basic tests for the development of clay-based grouting materials and the effect of additives, using tests slabs made of German clay material; test of general properties as viscosity, application methods, processibility and tensile strength.	6 months
2008 March / April	Xi'an: Tests for developing a grouting material using Chinese materials	3 weeks
2008, Aug. to 2009, Feb.	Munich: Advanced tests on grouting material and application methods using Chinese materials, including pre-moistening. Tests for consolidants for the paint layer.	7 months
2008, Nov.	Shuilu'an: Climate control; installation of dust protection screens on windows of the west wall.	1 week
2008, Nov.	Munich: Tests for evaluation of grouting materials with Chinese-German team	3 weeks
2009, June / July	Shuilu'an: application of newly developed grouting material; on-site tests for consolidation of paint layer	3 weeks



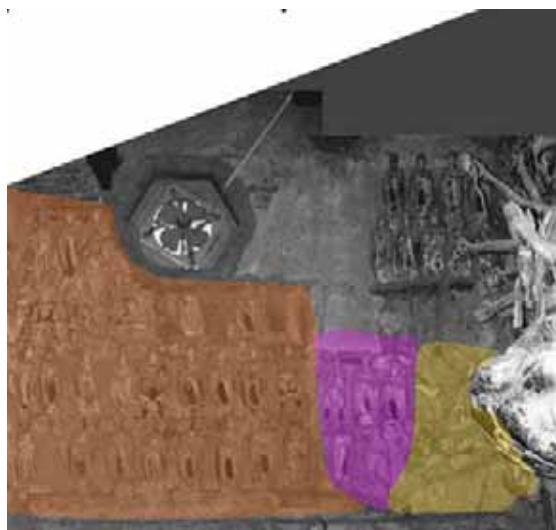
Positions of test areas and conservation treatments

- [Yellow square] 2001
- [Light yellow square] 2002
- [Orange square] 2007, April
- [Pink square] 2007, September
- [Dark green square] 2008
- [Blue square] 2009

Ground plan



West wall



Western part of north wall



Partition wall north: 1000-armed *guanyin*



1 Walls and plaster layers



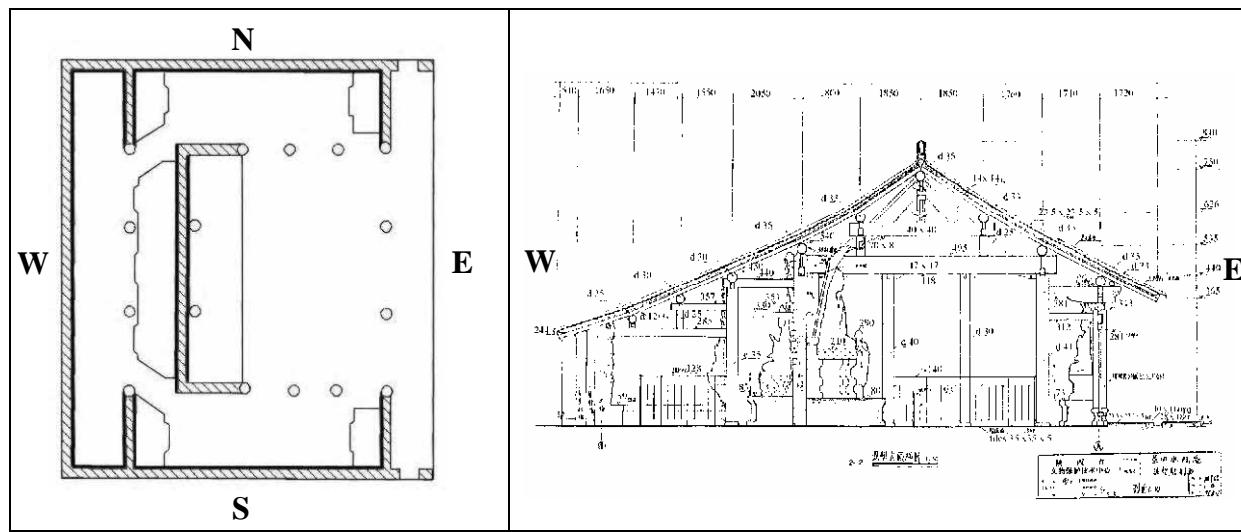
Walls and plaster layers: Damage situation and principal considerations

Catharina Blaensdorf

The aim of the German-Chinese cooperation project 2007 to 2009 was the conservation of the clay sculptures and reliefs. As the sculptures are attached to the walls, however, the stability of the walls themselves had to be considered and if, necessary enhanced, before starting to work on the sculptures. It is necessary to understand the building technique, types and causes of damage to assess the damages on the walls and treat them correctly.

Building technique

The building technique has not been investigated in detail yet. In general, the construction of the Shuilu hall is following the classical system of Chinese wooden architecture. The basic system is made of wooden pillars connected by wooden elements to form a framework supporting the roof. The hall measures five *jian* on the eaves side and six more narrow *jian* on the gable side (fig. 1). In the centre six pillars are omitted to obtain a wider room in front of the middle wall with the main statues. The entrance is on the east (eaves side).



1
Ground plan of Shuilu hall showing the position of pillars

2
West-east section of Shuilu hall showing the asymmetrical saddleback roof

The saddleback roof is asymmetrical, the ridge being positioned over the front part of the hall. The western part of the roof thus is longer and reaching lower than the eastern part (fig. 2).

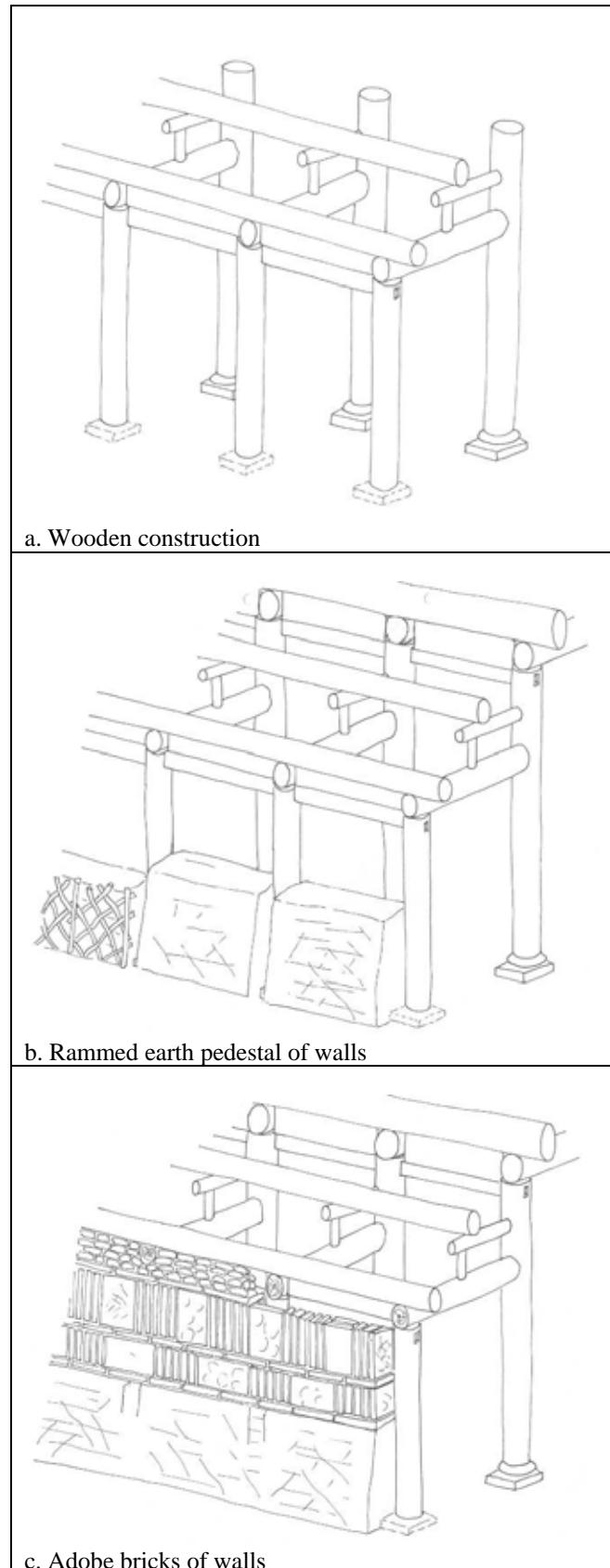
The walls possess a pedestal area of rammed earth (on the west wall about 130 cm). On top, the upper part was built with adobe bricks. The walls were covered with clay plaster: The undercoat consists of mud straw (1 to 2 cm thick), the finish coat of fine clay with sand and

hemp fibres (about 0.5 cm thick).

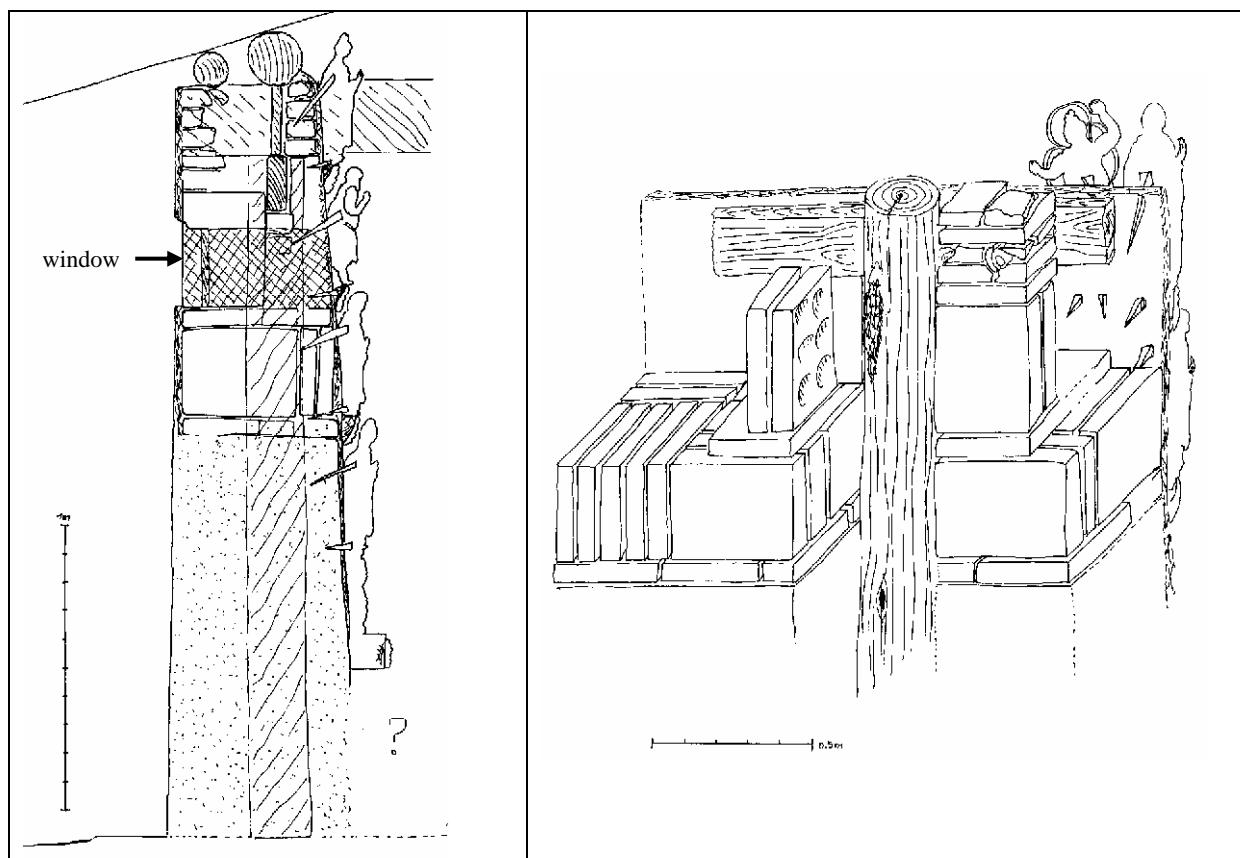
Inside the hall partition walls divid the room into a front and a read part. There are a free-standing middle wall and two short partition walls on the north and south wall.

The sculptures and reliefs were modelled on the walls. They are supported by wooden pegs which were driven deeply into the gaps between the adobe bricks. On the pegs bamboo and wooden sticks were tied with hemp strings forming a skeleton on which clay layers could be applied. The finish coat of the walls was applied after the sculptures had been finished.

No part of the walls is visible anymore: From the inside they are completely covered with sculptures and reliefs. From the outside, they are hidden behind later revetments of fired bricks. The construction system of the west wall could be partly explored when the later revetments were removed to repair the wooden pillar system in 2007. The arrangement of the adobe bricks is more complicated than on simple farm houses in the surrounding and could not be reconstructed in detail yet. The wooden pillars and the lintels connecting them are mantled by the clay walls and bricks. Therefore different sizes of bricks were used. In the upper part of the wall, smaller, irregular fragments of adobe bricks were inserted in front of the double-layered lintel (fig. 5).



3 a, b, c
Schematic view of wall construction in three steps
(west wall)



4
Section through the west wall,
hypothetical reconstruction of the
original situation

5
Construction of the west wall as far as it was visible during the
repair on the wooden pillars. The adobe bricks are arranged in
different directions and combinations. In front of the lintel
small, broken parts of adobe bricks have been inserted.

The other walls obviously differ from the west wall regarding the height of the rammed earth pedestal, the thickness of the wall and the arrangement of the adobe bricks. The middle wall and the partition walls inside the halls could not be investigated yet, but they seem to show a completely different construction system.

Causes of damage

The damages on the walls are induced by several causes. Three main sources of damage can be distinguished

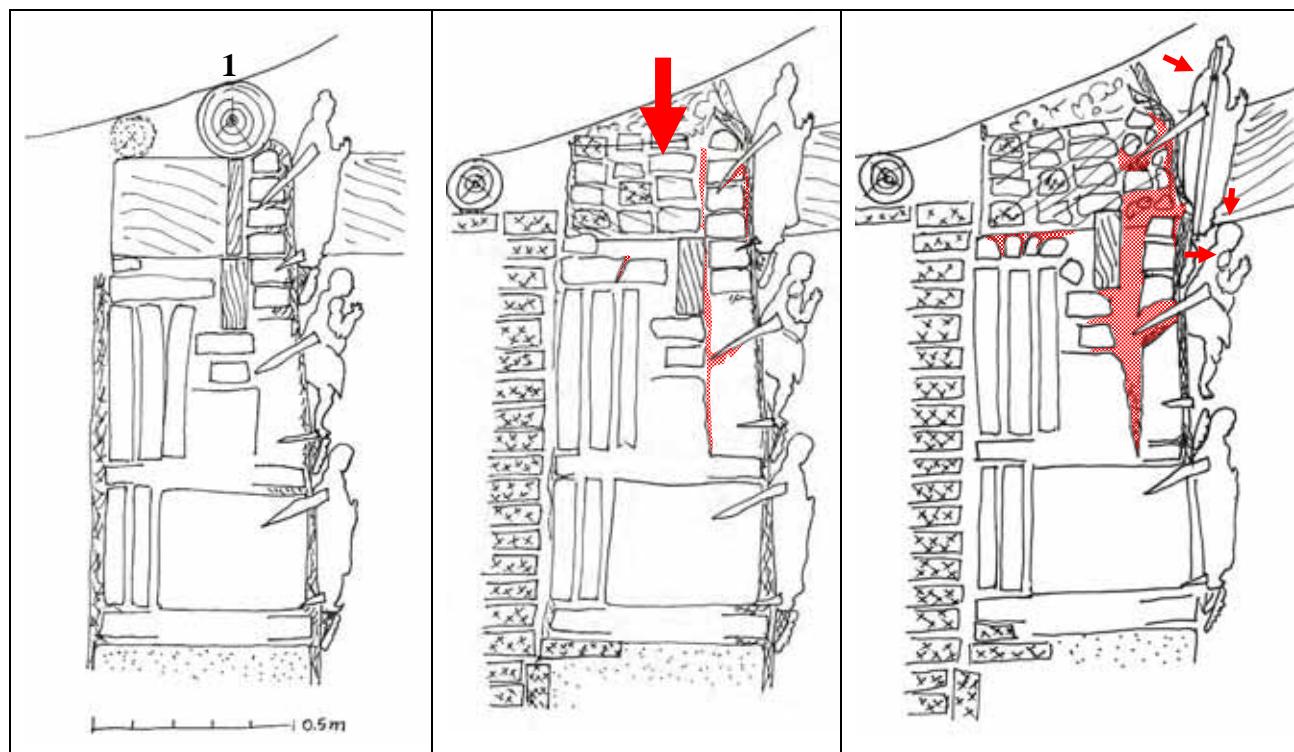
1. Penetration of water into the walls
2. Structural problems and insufficient repairs
3. Damages resulting over time from other reasons like mechanical damage, sinking of foundation, mice etc.

The visible damages are caused by a combination of these sources. The main damages are evoked by the combination of water penetration with structural problems.

Under stress the clay materials tend to separate at the joints of different parts. Thus the typical damage are detaching of clay layers from each other and from the adobe bricks as well as detaching of sculptures from the walls.

Under the influence of water clay-based materials get soft and plastic. The consequences are compression and deformations of wet parts. After drying they will consolidate in the new shape. Exposure to water running down the walls results in the loss of structural stability: thin parts get soft and flexible, surfaces get powdery.

The penetration of water into the walls is the main source of damage. It resulted not only in deformations and detached parts of the clay walls and sculptures, but also affected the wooden structure. In the west wall the lowest part of the wooden pillars were completely decayed, so the pillars could not support the roof anymore. Large voids around the bases of the pillars showed that the penetration of water also eroded the rammed earth walls.



6a
West wall. section at building time

6b
West wall, eaves purlin removed,
roof resting on wall

6c
Situation until 2007. Large voids inside
the wall, sculptures detaching

The leakage of the roof especially on the western eaves side, where the slope is longer seems to have been a constant problem throughout the twentieth century, resulting in repeated interventions of repair. In one of the interventions the eaves purlin (fig. 6a, (1)) on top of the west wall and parts of the lintel below have been removed without replacement. The rafters were lying directly on top of the clay wall. The purlin is still missing today.

The weight of the heavy roof resting on the clay wall (fig. 6b) resulted in a compression of the wall of about 10 cm. The decayed wooden pillars were also pressed down. This can be seen

today by the slanting of the overlying roof beams. The upper part of the wall consists of four rows of adobe brick fragments and therefore shows a rather low stability. The part was pressed flatter and wider (fig. 6c). Bricks broke and crumbled. Sculptures were pressed down: the top tier came down about 1 to 2 cm, causing the clouds below their feet to break away. Pegs lost adhesion, the sculptures tilted forward. As the part of the wall in front of the hidden lintel is only 12 cm thick, the whole part of the wall started to tilt forward. Inside the wall a deep gap (up to about 50 cm) opened behind the second tier.

The damages and losses occur pronounced in the corners of the hall, below the original windows, around wooden pillars hidden inside the wall and directly below the roof. This proves the connection between water penetration, structural problems of the pillar system and the degree of damages. The biggest losses in the rear part occur on the western part of the north and south wall and in the centre of the west wall: The large pavilion in which the preaching Sakyamuni was seated is lost except for two pillars and some fragments of the roof decorations.

Smaller damages can be attributed to other causes. Most are mechanical damages by touching the sculptures too hard. The reasons can be summarised as:

- mechanical stress by humans and theft
- cracks caused by setting or sinking of the foundations (east-south corner of the hall)
- holes made by mice and rats, nests of wasps
- damages caused by insufficient restoration as covering of original surfaces with tension-rich clay
- other reasons: earthquakes (?), supersonic airplanes

Phases of repair

The attempts to protect and repair the west wall can partly be dated according to visual criteria and to written records about interventions:

1. Qing-Dynasty (before 1911): first revetment of rammed earth wall and new mud straw plaster on adobe brick wall (fig. 7b: orange)
2. “Guomingdang era” (1912 to 1949) or 1959: revetment with fired bricks, closing the original windows (fig. 7b: red)
3. 1980-1985: tar board on first revetment, second revetment with fired bricks.
Inside: gap between wall and roof filled with bags full of hemp paper (*ma zhi*) and covered with clay or clay-lime-lime plaster (fig. 7b: pink)

Other interventions cannot clearly be assigned to one of these interventions yet (fig. 7b: grey):

- double layer of stone blocks behind west wall (Qing-Dynasty or 1912-1959)

- replacement of bench-like brick pedestal below the reliefs (1912-1959 or 1980-85)
- purlin on top of first revetment wall (1912-1959 or 1980-85)
- repair of upper part of wall with fired bricks (1912-1959 or 1980-85)

In 2008 the revetment walls were removed and the pillars were repaired by supporting them with steel bars. Between the steel bars, beams have been placed serving as eaves purlin (fig. 7c: blue). The two original windows in the middle of the wall have been reduced to half of their original wideness. In 2008 a new protection wall was built in front of the original wall.



7a
West wall. section at building time

7b
West wall, situation until 2007
orange: repair before 1911
red: repair between 1912 and 1959
pink: repair of 1980-85
grey: repairs of unknown date

7c
Situation 2008. Support with steel bars and small pieces of purlin

Damage phenomena

The damages can be classified according to their position and to their size:

1. Separation between the clay plaster layers (0.1 to 10 mm)
2. Separation of wall plasters from the adobe bricks (0.2 to 30 mm)
3. Damage of plaster by detaching of sculptures from the wall (up to 30 mm deep)
4. Structural problems within the walls caused by larger voids and collapsing of adobe bricks (1 to 20 cm deep and up to 100 cm wide or high)

The damage also has to be classified according to the strain on that specific part: Even a larger void inside the wall is not a problem if no reliefs or sculptures have to be attached there. The separation of layers between two sculptures without damages in the surface may not require any treatment, but detached fragile borders of the clay layer need fixation.

Basic guidelines for the conservation

The conservation followed principal considerations and decisions: Principal decisions were:

1. Minimal intervention: The interventions shall be reduced to the necessary minimum and only to conservation treatment. Restoration like reconstruction of missing parts, fillings and retouching are not planned.
2. Respect older repairs: The aim is to preserve the situation as it has come down to us. Changes and repairs will be left in place as part of the history of the hall

Few exemptions were made on these two decisions:

1. Fillings and reconstruction of smaller missing parts were done when necessary for reasons of stability. To re-attach a sculpture, for example, the clay plaster behind the sculpture has to be reconstructed.
2. Older plaster repairs were removed when they were covering original parts, especially painted parts of the wall. Sometimes they were also removed to get access to deeper layers of the damaged original. They were also removed when they were too instable to support themselves. Old iron anchors were removed when they were useless and visually perturbing.

Principally, only materials with properties close to the ones of the original materials and with very good aging stability should be used. Therefore only clay-based materials were used for grouting, filling and gluing, and modern synthetic materials were avoided as far as possible.

Tests and interventions on-site

Interventions on-site took place in October 2001, July 2002, April and September 2007, tests in June 2009. Tests in the lab were carried out in 2007 to 2009.

The work focussed on the following aspects:

1. Filling of smaller voids and consolidation of detached plaster layers
2. Bridging of larger voids inside the wall by clay-based grouting materials
3. Repair of broken-down parts of the wall
4. Repair of wall surfaces; removal of older repairs and renewal of plasters layers

The methods are described in detail in the following articles.

Filling of small voids and consolidation of detached plaster layers (< 10 mm)

Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder

The method for consolidating smaller voids inside the wall and detached plaster layers has been developed by Siegfried Scheder in 2001. Improvements in the years of 2002, 2007 and 2009 concerned the ingredients of the clay mixture and application techniques. The following method was developed for clearances up to 10 mm.

Introduction

Clay materials get plastic and sticky by the addition of water. Clay layers will stick to a clay-based support when applied freshly without using a binder. Clay materials undergo shrinkage during drying. In this process, clay parts or layers tend to separate at the joint made during the working process again. Over time, climate changes causing slight swelling and shrinking of the material, also result in detachments clay layers that typically occur along the original joint.

Principally dried clay parts can be remoistened until they get plastic and sticky and pressed together until they adhere. In reality, this is not possible on works of art, as it would result in deformation of the shape and surface. The regain adhesion between separated layers and bridge smaller voids, clay suspensions can be used. They serve as bonding material to re-establish adhesion of separated layers, and as filling material. The clay suspension can be modified in its stickiness, viscosity and shrinkage by the choice of different clay materials and the addition of fillers. Viscosity and fillers also have to be adjusted in respect to the application technique, for example to the diameter of cannulas or tubes used for injecting the clay material. Filling mixtures can be adjusted to each individual case by adding some water. Good adhesion between aged clay parts can only be obtained if the surfaces are rather dust-free. Dusty surface repel water and the dust films prevents the formation of a stable adhesion between clay part and filling material.

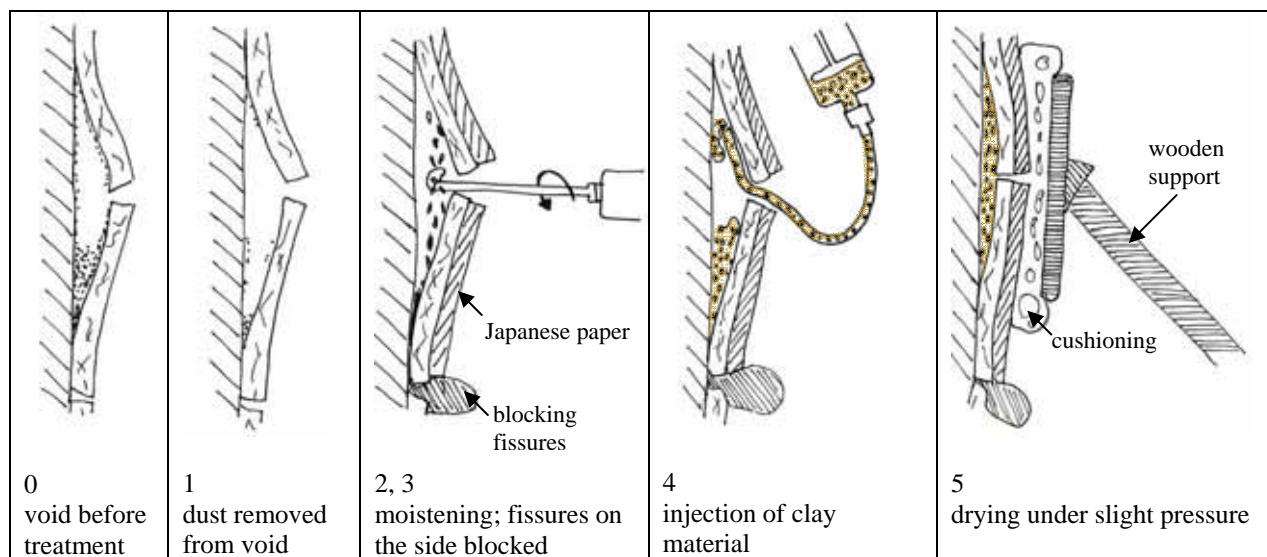
The areas consolidated in 2007 are marked in the mapping of interventions. The tests in 2009 were done on the large lacuna below the window in section 5. Additionally the gap behind figure W2.41 was filled.

Application technique

Voids and separation between layers normally develop parallel to the surface or deeper behind it. This means that the application of consolidation material in almost all cases is only possible using cannulas or tubes. Before the consolidation material can be applied, dust has to be removed as far as possible.

Practically this means that the work has to be done in several steps:

1. Removal of dust from the crevice or gap
2. Moistening with water or wetting agent to increase adhesion
3. Closing of fissures to avoid seeping out of clay material; protection of the area with Japanese paper
4. Injection of consolidation material
5. For larger voids: Application of slight pressure until the area is dry



1

Scheme for filling of a void in five steps



Injection of water



Injection of clay mixture

2

Consolidation of wall, April 2007

1. Removal of dust

The removal of dust from the gap or void is difficult and only partly possible. Larger particles and thicker accumulations of dust often can be removed by fitting a thin tube to the end of a vacuum cleaner and extract the loose particles. This method will not remove the fine layer of dust adhering to the inner surfaces. A substantial moistening therefore is necessary as it will also “wash off” dust from the surface and thus increase the wettability.

In 2007, mixtures of ethanol and water (1:2 or 1:1) were used as wetting agent. Ethanol penetrates dusty surfaces better than water due to the lower surface tension. Ethanol also reduces the bondage between the clay minerals and thus could diminish the adhesion between clay plaster and injection material, but the effect of this property has not been tested.

2. Moistening

Tests showed that moistening the surfaces has a substantial influence on the adhesion of the consolidated part. Without moistening the treated parts will not stick to each other after drying.

Water can be used as material for moistening. In a second application a thin clay suspension can be injected. Tests showed that this has a positive influence of the adhesive strength.

Practically it is not easy to obtain an even moistening inside a surface-parallel gap without soaking the surrounding completely. Injection with cannulas only wets one spot. The use of tubes gives better results if it is possible to turn and bend them into different directions. For deeper voids, the tip of a steel cannula can be bent allowing it to spray to the sides and the backside of the plaster as well.

Attempts with aerosols showed that the effect is too small to moisten the surfaces in a reasonable time. Steam-jet machines which produce hot water vapour and pressure lead to a rather effective moistening, but damaged the clay plaster or adobe opposite of the nozzle. In any case, they are not suited for thin separation between plaster layers.

3. Closing fissures and gaps; protection with Japanese paper

Before clay material is injected, gaps and even smaller fissures connected to the void have to be closed to avoid the clay material to flow out uncontrolled through another opening. Depending on the situation, dry clay mixed with sand or cotton wads have been used to close the gaps. Both can be removed easily after the clay mixture has settled enough so it does not flow out anymore.

In case the expansion of the system of voids and cracks inside the wall is unclear or obviously too big to control where the injection material could flow, the painted surface is protected with Japanese paper. The Japanese paper was applied with a solution of Klucel® E (hydroxyl

propyl methyl cellulose, 5% in ethanol). The Japanese paper can be removed later on by moistening the Japanese paper with ethanol.

4. Injection of clay-based consolidant

The clay mixture can be injected through tubes or cannulas. Diameter and type can be chosen depending on the diameter of the access holes, size and shape of the void and the viscosity of the clay mixture. In 2007 cannulas up to a diameter of 2 mm (with and without sharp tip) have been used and tubes between 2 and 8 mm diameter. Tubes of harder plastic are not suited as they tend to kink and then are blocked. The use of rather thin and flexible tubes proved to give the best results, for example infusion tubes. When thicker tubes and larger syringes are used, it is advisable to work with two persons. When the syringe is empty and has to be refilled, the tube should remain inside the wall. For larger voids, the tube can remain inside the wall, so additional material can be injected after the first portion has settled and shrunken.

5. Drying under slight pressure

Smaller areas and closed areas without deformation can be filled until the injection material oozes out. Then press down slightly with the hand and hold like this for a moment. If the areas are larger or the remaining layer of plaster towards the surface is very thin and thus also easily soaked and softened by water, the area has to be stabilised during drying. Therefore the area is covered with hemp paper (*ma zhi*) to take up the humidity and serve as cushion for the surface. Wooden slats or strips of polystyrene are clamped to the bars of the scaffolding to obtain a support with a slight pressure. When the consolidated area is deformed, the slight pressure can help to reduce the deformation during drying.

Injection material

The consolidation material consisted of clay and additives. Different materials have been tested and used in 2007 to 2009.

As clay component “yellow earth” (黃土) from Lantian and “black earth (黑土) from the mountain behind the Shuilu'an have been used. Over the period of 2007 to 2009, the quality of the “black earth” varied slightly. In 2001 and 2002, “black earth” has been used, in 2007 “yellow earth” as it seemed more suited. As the tests on grouting materials showed that better results can be obtained with “black earth”, in 2009 only “black earth” was used.

In 2007 sieved sand (< 0,2 mm) and glass foam (poraver®; 0.1 to 0.3 mm) were used as additives. A diluted mixture of clay and water with sand served as moistening agent and for very thin clearances (mixture “HFM 1”: 5 parts by volume of clay, 1, 5 parts water, 10 parts water). A mixture with less water (“HFM 2: 5 parts by volume of water) was used for

injection into the plaster layers. An addition of “poraver” (glass foam) was only used for voids with clearances above 5 mm (“HFM 3”: 10 parts by volume of clay, 2 parts sand, 5 parts poraver®, 10 parts water).

In the test series of 2008 and 2009, a mixture of “black earth”, microballons (scotchlite®) and Tylose® MH 300 (methyl hydroxy ethyl cellulose) gave the best results, named HFM 8 (6 parts by volume of “black soil”, 15 parts microballons, 4 parts water, 2 parts Tylose MH 300, 3% in water). This mixture was used on small test areas in June 2009. The mixture can be injected through smaller cannulas and tubes, but has a high viscosity and a good adhesive strength. The first tests gave very promising results on clearances of 1 to 10 mm. Due to the high viscosity it cannot penetrate into very thin fissures (< 1mm).

Fillings

Fillings of lacunae of the wall plasters have only been carried out for reasons of stabilisation. Deep holes were closed to prevent dust and crumbled plasters and adobe brick to come out of these holes and distribute in the surrounding. Fragile margins of plaster have been stabilised by filling the “slope” of the plaster layer with clay mixtures (in German “Randanböschung”). All fillings are strictly reduced to the lacunae and also during the application never overlap the original margins.

Deep holes were filled with mud-straw using spatulas. Lacunae were in most cases only filled to the level of the undercoat surface. Shallow holes in the finish coat were mostly not filled. If necessary a mixture of “black earth” and sand can be used. The addition of sand results in a grainy surface similar to the original.



3

Test for filling in the level of the finish coat, lacunae with very fragile margins, diameter ca. 4-5 cm.

Left: Freshly applied clay-sand mixture, slightly bulging with visible traces of spatula.

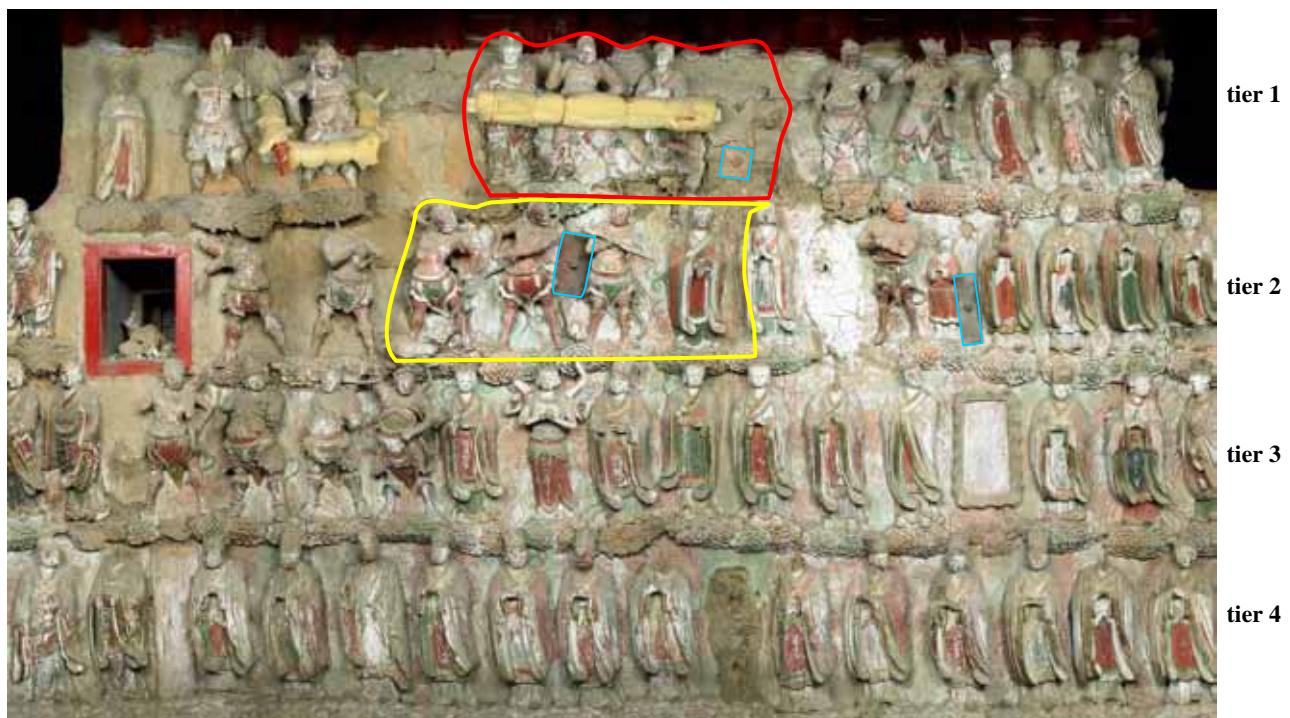
Right: Filling after drying.



Consolidation of wall area with large void inside the clay wall

West wall, section 2, figures W 1.36, 1.38a and W2.38 to 2.42, September 2007

Catharina Blaensdorf, Laura Thiemann



1

West wall, section 2, 2005 [Harlan Wallach, Northwestern University, USA].

Red: area with broken-down adobe bricks behind the sculptures. Yellow: large void behind the sculptures.

Light blue: wall anchors from 1980-85

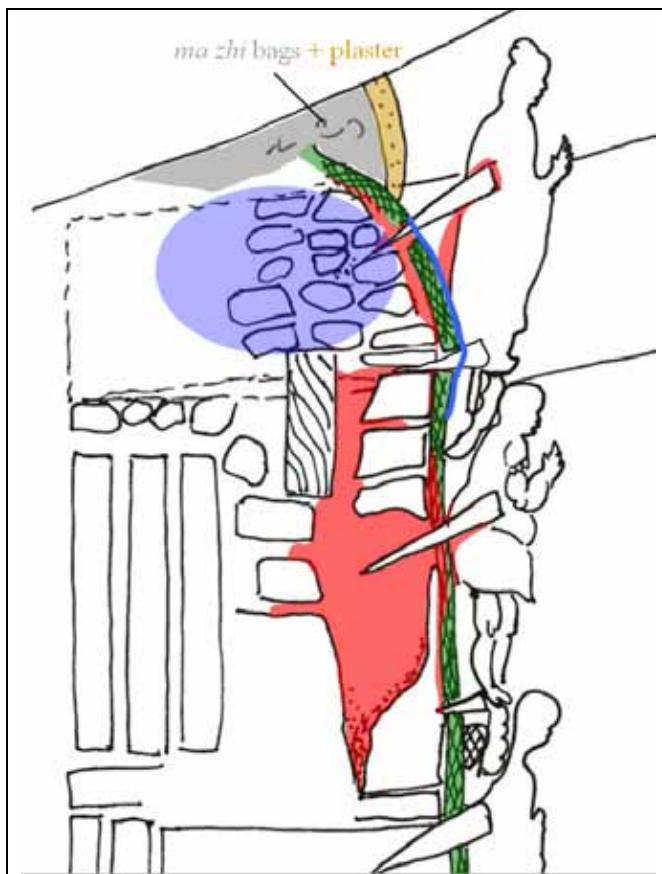
Situation in August 2007

In August to October 2007, conservation treatments in the Shuilu hall were carried by a group of eight students, three from the Technische Universität München (Laura Thiemann, Stephanie Edlmann, Ina Meissner) and five master students from Bologna University / Jiaotong University Xi'an (Felix Thornton-Jones, Giovanna Spagnuolo, Valentina Furetto (now: Blake), Francesca Dominici), under the supervision of Catharina Blaensdorf, Ma Tao and Yan Min. The plan for this big group was to continue the conservation on the west wall on the base of the treatments carried out in April 2007.

As in April 2007 the western part of the north wall and the adjacent section of the west wall, i. e. section 1, had been treated, the work continued in section 2 and 3 of the west wall.

While most of the damages in these two sections were comparable to the wall areas treated in April 2007, one part provided a new and difficult situation and thus a special challenge: In the centre of the section 2, in the uppermost tier, the wall was bulging. The three sculptures in this area had been tilted forward so far that a wooden support had to be installed to prevent the sculptures from falling from the wall (fig. 3).

Condition and type of damages



2

Sketch of damage situation:
 green: original plaster
 grey/ochre: *ma zhi* bags with plaster covering (1980-85)
 blue circle: compressed part of wall
 blue line: bulging part of wall
 red: void / loose



3

central part of section 2, W1.36, W1.37 and W1.38
 propped up by wooden support [Center for Conservation 2005]

Tier no. 1 (W1.36 to W1.38)

The three loosened sculptures with the numbers W1.36, W1.37 and W1.38, are part of the uppermost tier (tier no. 1). Behind the sculptures the wall surface was bulging (fig. 2: blue). The plaster layers were loose, partly adhering to the sculptures (fig. 12). The sculptures were detached from the wall and pressed down about 3 cm. The clouds below their feet were detached or pressing down into the neck of the sculptures in the tier below (tier no. 2). The pegs in the back of the sculptures in tier no. 2 had slit out of wall and were loose. The sculptures were attached to the wall mainly in the region of the foot dowels.

The bulging part of the wall appeared frail, but it was compact. Due to pressure caused by the weight of the roof, the adobe bricks were compressed and partly squashed. The pegs of the sculptures were slipped out of the wall. It was not possible to push them back as the channels for the pegs were no longer existent.

Renovation of 1980-85

During the intervention of 1980 to 1985, two iron anchors inserted in this area (one in the fist, one in second tier). A third one was positioned slightly to the north (right) of this area (fig. 1, marked turquoise). This indicates that this part of the wall was already seriously damaged at that time. Below the anchor in the upper tier traces of a liquid material running down from the anchor could be seen on the painted surface. They either came from a wet drilling of the hole or from the injection of grouting material or adhesive (fig. 12). The sculptures W1.36 and W1.37 obviously seemed endangered and instable: They were secured by a strong wire which was put around the body and anchored deep inside the wall. As this part of the wall was not stable anymore, the wire securing was not effective either.

The part of the wall south of the sculptures (for the observer on their left side) must have been severely damaged at that time: At least the mud plaster surface was completely renewed (fig. 10, 11). The situation underneath is unknown. After the repairs on the wall were finished, the space between the original top of the wall and the rafters was closed in 1980 to 1985: Paper bags filled with hemp paper (*ma zhi*) were inserted between the rafters. Towards the top they were covered with tar board. On top of the tar board gypsum was applied (fig. 21). Afterwards the area was covered towards the front with mud straw plaster or mud-lime plaster (fig. 2, 10, 11).

Tier no. 2 (W2.38 to W2.41)

After the sculptures in tier no. 1 were removed from the wall during the treatment, the situation in tier no. 2 became visible: A damaged area with a big void is situated behind the sculptures W2.38 to W2.41. This area is about 100 cm wide. South (left) of this area the wall was renewed in 1985-85; north (right) of the area the original wall is preserved, but stable.

Behind the feet of the sculptures from tier no. 1 and the upper parts of the sculptures from tier no. 2, the lower part of the original wooden lintel (in cross section 19 cm high and 7 cm wide) is preserved inside the wall. In front of the lintel, the wall measures only 12 cm in thickness. In the lower part, about the level of the bellies of the sculptures, the wall is extremely damaged: The adobe bricks have crumbled away. In some parts, especially at the iron anchor, only the 0.3 cm thick finish coat was preserved. The pegs of two sculptures (W2.38, W2.40) were sticking inside the void without touching the wall (fig. 6, 27). The wall had broken away about 4 cm around the pegs. The stability of the whole area was depending on the very long and stable peg of sculpture W2.41, and the also stable peg of W2.42 which is sitting in a well-preserved and damage-free part of the wall. The peg of W2.39 is ending inside the big void. A broken piece of adobe has fallen down and probably is blocking the peg (fig. 26).

The fragility of the wall in the second tier caused the 12 cm thick part of the wall in front of the lintel to bend forward: Between the adobe bricks and the lintel a gap up to 6 cm width had opened. Behind W2.41 the void is at least 42 cm deep.

Treatment

After an examination of the situation it became obvious that the three sculptures from tier no. 1 could only be re-attached to the wall after a repair of the wall. Therefore, the decision was made to detach the three sculptures and the painted background from the wall.

The plan for the treatment contained the following steps:

1. Removal of plaster from 1980-85 between original top of the wall and rafters
2. Detaching and removal of sculptures W1.36, W1.37 and W1.38 together with painted background and cloud (between W1.36 and W1.37)
3. Removal of broken parts from the wall
4. Removal of the ineffective iron anchor
- 5b. Repair of the wall
6. Re-attaching detached the sculptures
7. Mounting of original wall crest

After the detachment of the sculptures from the first tier, the damages behind the second tier became visible. The painted cloud background was well preserved here and the surface of the wall was not deformed. Therefore the sculptures should not be detached. It became obvious that also the sculpture W2.38, a half-naked kind of *tianwang* with a *qilin* lying at his feet, was still stabilised by the connection to the *qilin* and the cloud, although the peg had no contact to anything and the background behind the sculpture had cracked severely. For this part following conservation treatment was set up:

4. Removal of the ineffective iron anchors
- 5a. Repair of the wall with stabilisation of bricks, plasters and anchoring of the pegs

1. Removal of plaster from 1980-85 below the rafters

The plaster added in 1980-85 to close the gap between the wall and the rafters was removed. Underneath, the original crest of the wall was preserved (fig. 46).

2. Detaching of sculptures W1.36 to W1.38

The background parts were secured by facings with Japanese paper and Klucel E (2.5% in ethanol). The original hemp strings between the bamboo sticks and the wooden pegs were cut. The modelled band between the feet of W1.36 and W1.37 (clay modelling over wire core with green polychromy) was separated from the left leg of W1.37. The wire securing around the bodies of W1.36 and W1.37 was severed with a saw blade. First of all sculpture W1.37

was detached (fig. 16, 17), then W1.38 (fig. 18, 19). W1.36 was the last one (fig. 20). The preserved parts of the painted cloud background were removed together with the sculptures. As it showed cracks already, it was not necessary to break apart still continuous parts to detach the background. Parts of the background were adhering to the sculptures, others were detached separately (fig. 39). The original crest of the wall was broken into several pieces and was detached part by part.

The detached sculptures were cleaned and consolidated (removal of dirt and dust; “gluing” of broken limbs and parts; consolidation of structural weakened parts; consolidation of polychromy, fig. 36-38).

3. Removal of broken parts of the wall

After the sculptures had been detached, the damage inside the wall became visible: the top part of the wall in front of the double-layered wooden lintel was built with four layers of narrow adobe bricks. Already originally also fragments of broken bricks have been used in the uppermost layer (fig. 22). Most of the adobe bricks were broken into pieces. Many of them were out of alignment towards the wall surface.

The bricks were removed from the wall. Their positions were recorded. Before the bricks were removed, the position of the pegs were recorded and transferred to a plastic foil. It became clear that all pegs had been inserted in joints between the adobe bricks. The shorter pegs for the feet were inserted below the fourth adobe brick layer from the top. As the bricks were compressed the joints filled with rubble.

4. Removal of old iron anchors

The two iron anchors inserted in 1980-85 did not have any stabilisation effect and were visually perturbing because of the large plates visible on the painted cloud background. Besides the two anchors in the damaged area, the third anchor in the undamaged wall part between W2.44 and W2.45 was removed as well. The anchors consisted of a long iron pole with a thread on the tip. The heads of the poles were put through plates which fastened them on the inside. The plate in the first tier was made of wood, the ones in the second tier of iron. On the tips nuts were screwed. The nuts were imbedded in the clay wall on the outside of the wall. The nuts had to be dug out. A lot of force was required to open the rusty nuts. Afterwards the poles could be extracted without problems.

The hole of the anchor between W2.39 and W2.40 was used for the injection of grouting material. All holes were filled superficially later on.

5a. Repair of the wall in tier no. 2

Consolidation of thinned wall

The large void behind tier no. 2 could not be filled because the clay mixtures were not suited for this purpose. The consolidation therefore concentrated on the stabilisation of thin wall shell, leaving the void unchanged.

The situation inside the wall was investigated with the endoscope bought by the German-Chinese project in 2001. The arrangement of bricks, the position and condition of the pegs could be checked.

The stabilisation of the wall shell was done from the reverse as far as it was possible to reach down into the gap with the hand. Especially the area around the removed anchor between W2.39 and W2.40 where the “wall shell” only consisted of the 0.3 mm thick finish coat had to be stabilised. The gap was 6 cm wide and up to 42 cm deep, allowing to put a lank arm down inside the gap (fig. 24). The area between W2.38 and W2.39 could not be reached as the gap between bricks and lintel was too narrow here. The wall, however, was not so badly damaged in this area.

The background was protected with facings of Japanese paper and Klucel E (2.5% in ethanol). Mud-straw plaster was applied by hand from the reverse in thin applications. The wall was allowed to dry for 24 hours before the next application. Flat dried “cookies” made of clay and poraver® were imbedded into the straw mud to reduce weight and water content. The treatment was repeated three times. The thickness of the wall could be increased about 5 cm.

Consolidation of sculpture W2.38

The sculpture W2.39 had been stabilised in 1980-85 with a wire around the waist and a large amount of clay-fibre-mixture on the back of the sculpture (fig. 7a). In this lump of clay a wire was imbedded which was laid around the waist of the sculpture. Wire and clay were removed (fig. 7b). This exposed a hole around the peg which had no connection to the wall anymore as it ended inside the void. The pegs were extended with a threaded bar, but the wall around was so eroded that the bar could not be stabilised. Finally a wooden crossbar was made which could be inserted inside the void with the help of tweezers (fig. 7c). Through a drill-hole in the wood the threaded bar could be inserted and affixed with a nut (fig. 7d and 4). The crossbar could be jammed behind the first row of stable bricks in the front part of the wall. Afterwards the threaded bar was puttied with clay. The



Support for peg of W.238 with threaded bar and wooden crossbar

threaded bar was connected to the peg with a hemp string (fig. 7e). Finally the hole around the peg was filled superficially.



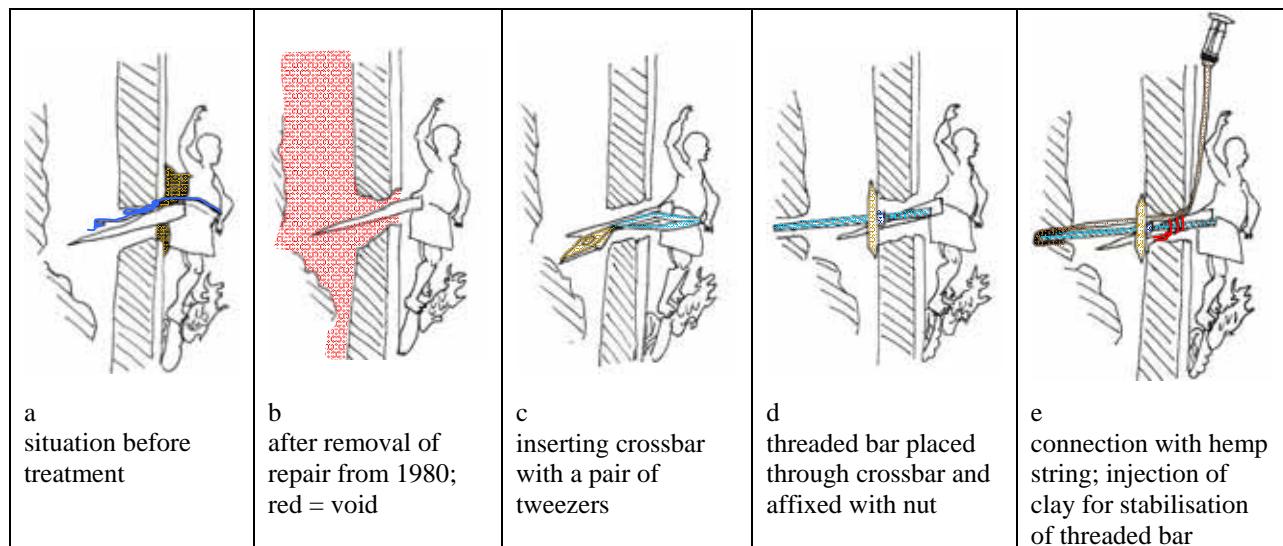
5

W 2.38 before treatment (September 2007):
the repair plaster from 1980-85 overlaps the sculpture



6

W2.38 after removal of repair plaster (September 2009):
hole around the peg

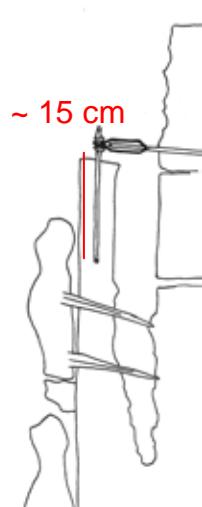


7

Scheme for stabilisation of W2.38 with threaded bar and crossbar

Stabilisation of wall part in front of the lintel using anchors

The top of the wall below the removed bricks consisted of a 12 cm thick part in front of the wooden lintel (fig. 8). This part was fragile and bent forward. It had to be stabilised against breaking off before the removed part of the wall behind tier no. 1 could be rebuilt on top of the part.



8

Stabilisation of wall in front of lintel with connected threaded bars

The stabilisation was done by inserting four threaded bars vertically into the 12 cm thick wall part. Because of the fragility of this part and the vibrations caused by drilling, the threaded bars were only inserted 15 cm deep. The vertical bars were connected to horizontal threaded bars which run across the complete wall and are affixed with a nut on the outside of the wall.

The threaded bars were placed behind the heads of W2.39, W2.40 and W2.41 as the wall was more stable behind the sculptures than between them. The fourth bar is positioned behind the right shoulder of W2.41 in the more stable adjacent and longer part of the wall. The threaded steel bars have a diameter of 8 mm. The anchors in an ideal case should be positioned vertically. This was not possible because they had to start above the lintel on the inside. On the outside in this level there is a repair layer of fired bricks which has been inserted in 2007 underneath the new purlin. It was not possible to drill through the fired bricks with the available drill bits. The anchors therefore were sloping from the inside to the outside, but there was no possibility to insert them straight.



9

Plates and nuts of the anchors on the outside of the west wall. Finally the plates and nuts were covered with a layer of mud-straw plaster

5b. Repair of wall in tier no. 1

After the lower part of the wall had been stabilised with the anchoring, the upper part behind tier no. 1 was rebuilt. Following the original system the new part was made of four layers of adobe bricks. As far as possible the original bricks were re-used. The adobe brick parts were placed around the threaded bars and anchors to avoid direct pressure. Additionally pieces of threaded bars were inserted vertically between lintel and the rear part of the wall (fig. 31). The positions of the peg were marked and omitted in the arrangement of bricks. As mortar a mixture of “black earth” (黑土) with straw was used, prepared by Xu Liujin (fig. 33). Afterwards the surface was covered with a plaster made of the same mud-straw mixture.

6. Re-attaching of detached sculptures in tier no. 1

After the surface of the new wall plaster had dried for 10 days (slow drying during continuous rain fall) the detached sculptures were mounted again. Next to W1.38, there was the position of a lost sculpture. The peg for the feet was preserved as well as an imprint of the bamboo pole in a remnant of rough clay modelling. Two big nails had remained from an attempt to hold the loose sculpture on its place (fig. 14). Based on these traces a headless sculpture, found in the rear part of the hall, could be identified to belong there (numbered as W1.38a).

The position of the pegs had been marked during the application of the plaster. The pegs for the feet of W1.37 were replaced by new ones made of branches of smoke tree. On W1.36 and W1.36 the rather short pegs in the back of the sculpture were elongated using pieces of threaded bar (8 mm in diameter) which were connected to the peg with hemp string.

The sculptures were remounted starting on the northern (right) side to obtain an optimal alignment to the preserved part of the sculptures and background (on the southern side the wall was renewed in 1980-85). First of all W1.38a was mounted, followed by W1.38, W.137 and in the end W1.36. The parts of painted background had to be mounted before the sculpture was placed in front of it to obtain perfect connections. This meant the all parts had to be positioned “dryly” before starting to attach them to the wall. The parts were held in place with wooden supports until the perfect alignment was obtained. The fragments of the background still showed the “negative imprint” of the original bricks on the back. Partly these remnants of mud-straw undercoat had to be thinned as the joints in the new wall where not at the same position. The fragments of plaster were covered with facings of Japanese paper and placed in a sand box to adjust them. Partly gypsum stabilisations had to be placed on top of the facing to prevent the fragile parts from breaking into pieces (fig. 40).

As parts of the background were warped due to the deformation of the wall, a prefect alignment was not possible in all areas. The last step was the mounting of the green band between the feet of W1.36 and W1.37.

The sculptures and the background were attached with mud-straw. Remaining gaps were filled by injection of a mixture of “yellow earth” and sand. After the mounting, the sculptures were propped up with wooden supports for several weeks. The props on the background were removed after some days to enhance ventilation and avoid the growth of mould.

7. Mounting of the original wall crest

This last step could not be done in 2007 anymore because the rebuilt wall needed time to dry. The crest was covered by a layer of hemp paper to protect it from dust. The parts of the wall crest were stored in one of the wardrobes in the hall.

The mounting of the wall crest was done in June 2009. The wall crest consisted of 10 larger and some smaller fragments. These parts were arranged in the right order and carefully placed in the cavity on top of the wall. Some smaller parts of adobe bricks had to be placed underneath the pieces to support them. After arranging them correctly they were mounted using mud straw made of “black earth”. Open joints and smaller holes were closed using the grouting mixture HFM 8 (“black earth”, microballons, Tylose® MH 300), developed in 2008.

Evaluation and check of condition

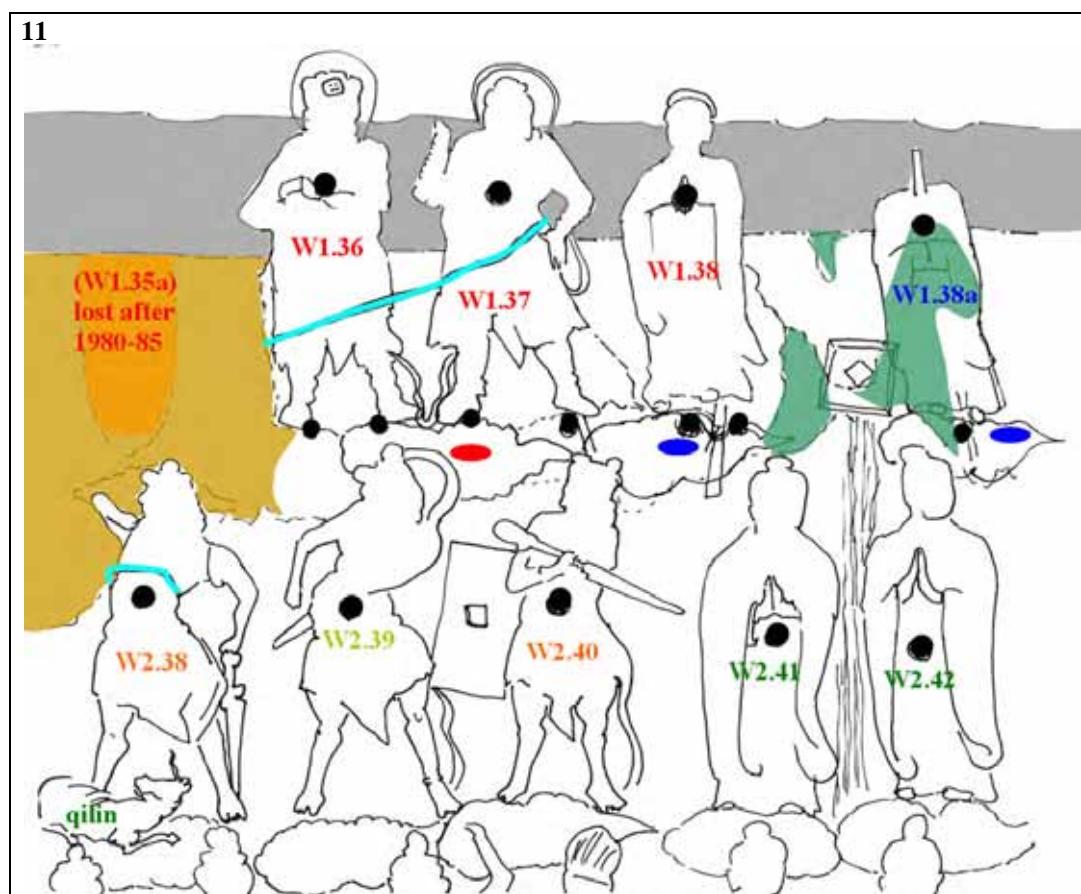
Detaching sculptures and parts of the painted background have to be regarded as a “last option” if there is no way to stabilise the part of the wall in-situ. Especially the thin layers of painted background are very fragile and can be damaged easily. The original connection to the wall with hemp strings and also the adobe bricks inside the wall are part of the original system and should be preserved if possible.

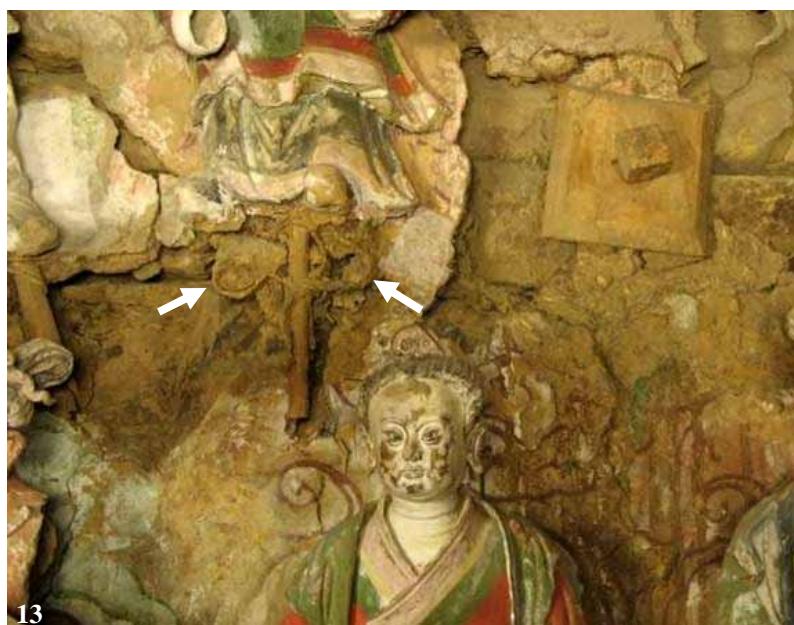
In this case detaching the sculptures and the painted background and removing the broken adobe bricks were the only possibility to obtain a stable and fitting attachment of the sculptures in the first tier to the wall. Furthermore, after the removal of the broken adobe bricks, the damaged part behind the second tier could be repaired.

The treatment showed that it was necessary to develop a clay mixture to bridge and eventually fill gaps and voids with a bigger clearance (exceeding 10 mm). Ideally the mixture should be able to form blobs and not run down to connect a detached front part of the wall to the part behind. If a stable connection could be obtained by injecting grouting material, the insertion of anchors could be avoided. These considerations were the base for the test series carried out between September 2007 and June 2009.

Materials were selected as close to the original materials as possible, respecting the original system and trying to avoid long-term damages, caused by unsuited materials.

The area was checked in April 2008 and June 2009. All sculptures are well attached to the wall. The background was stable. Even the series of earthquakes, starting on May 12, 2008, did not cause any damage.





12-15 Situation before treatment, August 2009

12

Detached sculptures, broken background;
arrow: wire (1980-85)

13

arrow: W1.38 with original connection of pegs to
bamboo pole by hemp strings

14

empty space of W1.38a with two large nails to hold the
missing sculpture

15

Green band between the feet of W1.37 and W1.38



16



17



18



19



20

16-20 Detaching the sculptures, September 2009

16
Detaching the first sculpture (W1.37)

17
Wall after detaching W1.37

18
Extraction of wire around W1.36

19
Removal of W1.36

20
W1.38 before detaching; background covered with facings



21

Wall after detaching the sculptures of the first tier; pegs for the feet still in place below the fourth row of adobe bricks

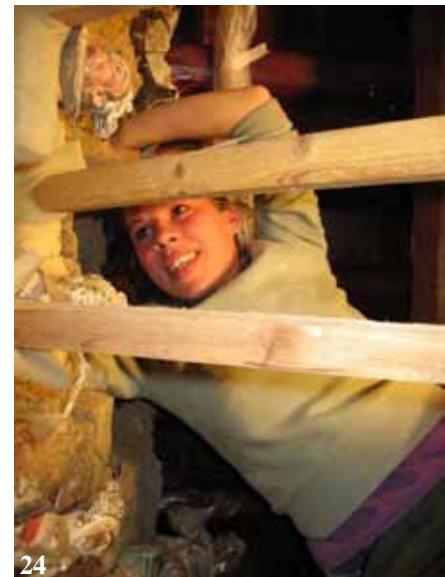


22

Wall after detaching the sculptures and removal of the pegs; arrow: original wall crest with traces of polychromy



23
Gap between 12 cm thick wall part and wooden lintel



24
A lank arm could be put down into the 6 cm wide gap

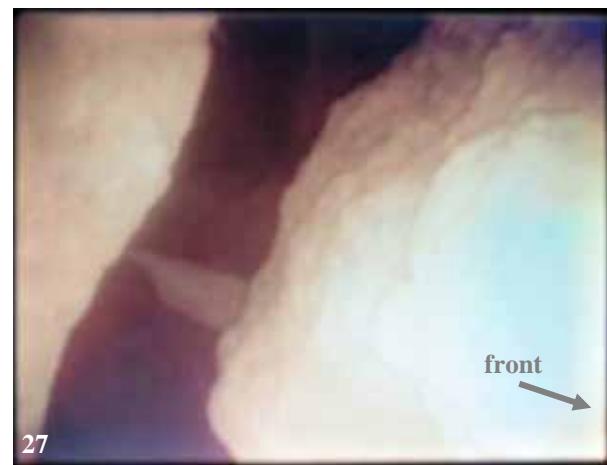


25
View into the gap on stable peg in the back of W2.41

23-27 Void behind tier no. 2



26
Examination with endoscope:
Peg (arrow) of W2.39 blocked under broken-down parts
of adobe bricks



27
Examination with endoscope:
Peg in the back of W2.40 ending inside the void



28

After removal of broken bricks



29

Marking the positions of the dowels on plastic foil



30

Insertion of vertical bars and anchoring through the wall with threaded bars



31

Insertion of short pieces of threaded bars to reduce the weight on the damaged wall



32

Placing the pegs for the feet for the sculptures and starting to adjust pieces of adobe bricks

28-32 Consolidation of wall with anchors



33

Inserting adobe bricks with mud-straw; Mr. Xu Liujin at work



34

During the rebuilding of the wall; pegs for feet inserted

33-35 Rebuilding the wall behind tier no. 1



35

The rebuilt part of the wall is finished.



36

W1.36



37

W1.37



38

W1.38



39

background

36-39 Detached sculptures und background

**40**

Preparation of background part in sand bed
(background between W1.37 and W1.38)

**41**

Inserted background between W1.38 and W1.38a; the lacuna below is closed with mud-straw

**42**

All parts attached and hold in place with wooden props

40-42 Detached sculptures und background

43 Area after conservation



Situation in March 2008 after conservation of the wall (crest of the wall still missing)



44

Wall before treatment: the wall is painted up to the crest



45

After conservation in June 2009: original crest still missing

44-49 Original crest of wall



46

Between W1.38 and W1.38a: Original wall crest before detachment



47

Insertion of wall crest parts (labelled with numbers) (June 2009)



48

Pieces of wall crest affixed with mud straw clay



49

Gaps and cracks closed with clay plaster

Tests on clay mortars for the Shuiliu hall

Kristina Holl

The task of this project was, to test and modify backfill clay mortars, which will be injected into the voids of the clay walls in Shuili'an. The mortars consist basically of clay and will be modified by adding surcharges. Criteria are good fixing in voids, weight reducing, which will be achieved by adding lightweight aggregates, as well as the possibility of injection. The project was carried out in different periods in Germany and China from autumn 2007 till summer 2009.

Project Summary

Since 2001 first conservation tests with backfill-clay mortars have taken place.

Due to the different composition of clay, there is no product on the market, which is useful for backfilling hollows. The recipes of masses developed and first used in China were based on the experience of Mr. Scheder, a German restorer-conservator. Laboratory tests about fixing, shrinkage and strength were missing. In autumn 2007, first tests about the characteristics of the readjusted clay mortar recipes were done. The Chinese Conservation Centre acting as a role model in Shaanxi region required extensive material testing in a laboratory. As the Conservation Centre in Xian didn't possess the according equipment, the tests were done at the Bavarian State department in cooperation with the Technical University, Munich. Due to an import ban for Chinese earth to Germany, first tests have been realised with comparable German clay. The findings were only limited transferable to Chinese clay.

From March to April 2008 the German tests were repeated in Chinese laboratories with the original (yellow and brown) earth. Beside the original recipes, further proposals to modify the backfill clay mortar by traditional materials such as rice starch or hemp paper fibres, were included. The adhesive tensile strength was found out experimentally by manual take-off. To investigate the values of adhesion strength and adhesion tensile strength with the original material to be used in Shuili'an, Chinese Earth and clay bricks were exported to Germany. The tests were continued in November 2008, at the Technical University in collaboration with students (Leonie Saltzmann and Laura Thiemann). The first results of the mortars were not satisfying. So the main question was to produce a backfill mortar with improved values concerning fixing, strength, and shrinkage as well as better working properties. Tests with hollow models should give information about the characteristics of the mortar in the voids. The best material composition, modified with Tylose® (Methyl hydroxyl ethyl cellulose = cellulose ether), was tested successfully in the Shuili hall in July 2009.

Requirements for a backfill-clay mortar in Shuilu'an

Strength & Adhesion

Due to the large hollows the strengthening of the plaster surfaces can only take place punctually.

The mortar shall make a stamp around the location of injection.

The strength of this stamp must be sufficient, to keep the weight of plaster and plastic decoration on site.

Due to damages at the weakest area, the strength of the backfill mortar mustn't have more than the maximum strength of the original material.

Therefore a higher force of the injection mortar would lead to damages on the original clay wall. For good consolidation, the mortar has to fix on the clay bricks as well as on the plaster.

Shrinkage

After drying, the injection mortar may only shrink minimally. When injecting it into the wall, the mortar connects with the front- and backside of the void. If the mass shrinks, there will be strains, which may lead to decrease the adhesion or even to tearing.

Increasing the percentage of filler and decreasing the water can reduce shrinkage.

Weight

The weight of the mortar can be reduced by the amount of water and the sort of filler.

For the treatment, as less weight as possible shall be brought into the wall. This is especially important during and after the injection, as wet clay has a much lower consistency than dry has. As a lightweight aggregate materials with a high volume - like foamed glass or micro balloons can be used.

Creeping strength & working properties

To make a stamp in the hollow, the mortar needs to have enough creeping strength. At the same time it shall be easy to handle by syringe and cannula (\varnothing max. 1.8 mm).

For the working properties it is necessary, that the components of the mortar don't segregate or deposit. The consistency is assessable by the water content. To improve the injection, thickener can be added. Please notice that thickener can increase the shrinkage due to their water retention.

Additions

To modify the clay mortar, different additions have been tested. In the following table, all of the tested materials are listed, characterised and evaluated.

Table 1: List of used modifiers

Additions	Characteristics	Validation
Poraver® (0.1 – 0.3 mm), (0.5 – 1 mm)	Foamed glass, light, insensitive concerning moisture, unburnable	Good weight reducing, but blinds cannulae
Micro balloons / Scotchlite (46 µm)	Made of borsilicate glass, good heat isolation	Good in weight reducing, extrudable; do not inhale
Dralon® (6 mm)	Acrylic synthetic fibre, light- und weather resistant, without organic substances	Blinds cannulae
Hemp paper	Nature fibres, boosts coherence in clay mortar	Blinds cannulae
Rice starch	Traditionally used as binding media	Good adhesion, perishes to fast, blistering when hardening → decreasing persistence
Animal glue	Binding media	Decreases adhesion
Chalk	Binding media	Decreases adhesion (also combination of animal glue and chalk)
Tylose MH 300, 3% in water	Cellulose ether, binder, improves flow ability of mortar → less water necessary	Good results
Klucel, 3 and 10 % in water	Binder	Decreases adhesion
Casein, 3 and 10 % in water and Ammoniac	Binder	Decreases adhesion
Addiment®	Improves flow ability of mortar → less water necessary	No influence on adhesion

Testing methods

To classify clay mortars, there are several possibilities and tests. The most important tests for information about the physical characteristics are adhesive strength and adhesive tensile strength.

Adhesive strength is the strain, which is calculated out of the maximum force related to the slice plane in the pulling test.

Adhesive tensile strength measures the adhesive force of two different materials. Besides the measured force (N/mm^2) also the description of breakage is significant.

Adhesive tensile strength

The fixing of mortars to the background has been tested by measuring the adhesive tensile strength. The adhesive tensile strength was established by the tester “Model 525“, Comm. Erichsen, by the pull-off test after ASTM D 4541. The tester consists of a round body and three feet. On top, there's a cylinder with an installed feather inside and a scale outside to read the tensile stress. For the measurement an inspection stamp is glued onto the test piece by a two-component adhesive (UHU®). Afterwards, the machine is put on top of the inspection stamp - carefully to make sure, that the test body doesn't twist - and adjusted by the three legs parallel to the ground, so that the feather is perpendicular at the pull-off. By turning the wheel on top the feather inside is strained and the force is transferred to the test stamp and test body. The wheel is turned until the test body brakes off; the scale shows the maximally applied force in N/mm^2 (fig.1).

The testing masses were cast with a model (diameter 5 cm, 1 cm height) on the brick of rammed earth. After drying, a metal stamp with the same diameter was glued on top. Then the testing mass was taken off perpendicularly, the required force was measured. For every recipe at least five test bodies are needed to have a statistical proposition (fig. 2).



1

Machine for adhesion tensile strength,
model 525 Company: Erichsen Hemer-
Sundwig/Westfalen, Germany



2

First test bodies after measuring (laboratory of the Bavarian State department)

Adhesive strength

For this test the bodies have a prism form (4 x 4 x 16 cm), which is cast in forms made of Styrofoam. Here, also five prisms per recipe are necessary for a meaningful value. In the test, the bodies are protected slowly and constantly until breakage. To create a predetermined breaking point, the prisms are carved in the middle (about 2 mm deep). The unit is N/mm² or MPa.

The first measuring period in Germany was carried out with a “Zwick machine” at the Bavarian State Department for Protection of Historical Monuments (fig. 3). As this machine is usually laid out for stone test bodies, where stronger forces are needed. The results were inexact, but still comparable.

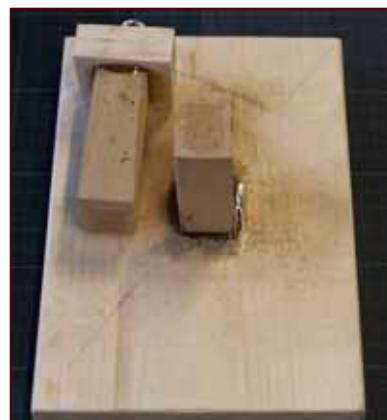
For the proceeding tests, it wasn't possible to reuse the “Zwick machine”. Therefore, a self-made machine, which functions by the same principle, was constructed (fig. 4). The test body is glued to a wooden panel on the bottom and to a smaller piece of wood on the top. By a cable pull, the body is exposed to a perpendicular force. As weight, a bucket is filled bit by bit with sand. The weight, which is balanced after the abridgement, is randomized on the surface, which results from the side lengths of the prism. As an example an edge length of 2.5 x 2.5 cm with a charge of 6 kg make 0.1 N/mm² (fig. 5).



3
Zwick machine



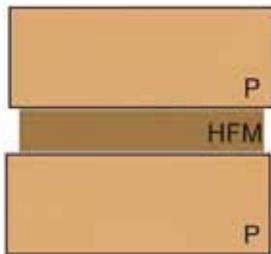
4
Self-constructed machine for
adhesion tensile strength



5
Test body

“Sandwich test”

For the sandwich-test, the mass is filled between two brick pieces, to expose the fixing situation in a hollow (fig. 6). To measure the strength and fixing, the top of the “sandwich” is pulled off perpendicularly – comparable to the adhesive tensile strength test.



6

Sketch of sandwich test bodies (P = clay brick, HFM = clay mortar)

For a general first impression of the mortars concerning liquid limit, flow ability or stabilities, different tests were used:

Liquid limit test

Two different clays with the same consistency may have - due to their different mixture - a different water content. The liquid limit is the water content of the mass at the changeover from liquid to plastic condition. There are two possibilities to define the liquid limit: CASAGRANDE test and the determination of the flow-table.

CASAGRANDE

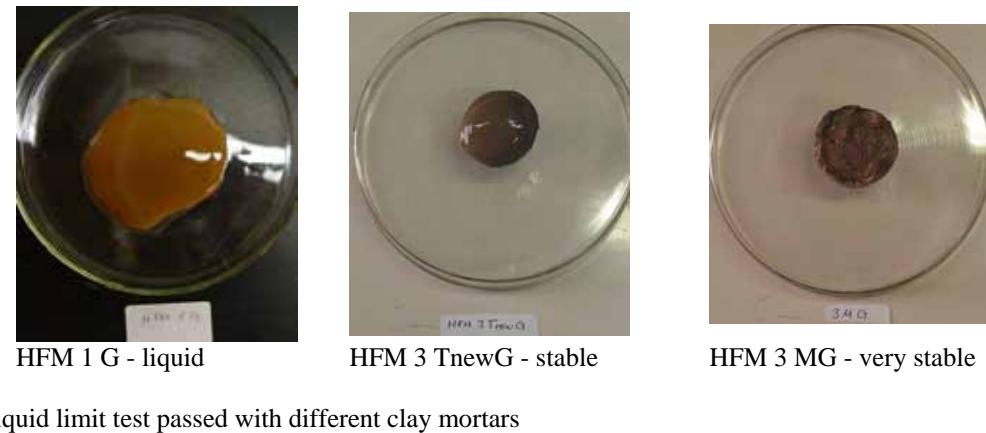


7

CASAGRANDE machine for liquid limit tes

To estimate the liquid limit by CASAGRANDE, clay mass is filled into the brass bowl. A groove is made perpendicularly to the camshaft, until the bottom is visible. Afterwards the crank of the camshaft is turned, so that the bowl is lifted and falls back to the base. The vibration closes the groove. The crank is turned until 1 cm of the groove isn't visible any more. The count of beats is noted. The liquid limit is calculated out of four tests. Two beatnumbers must lie between 15 and 25, the other two between 25 and 40. A part of the mass is weighted after the test and dried in the airing cupboard, to determine the water content.

The liquid limit by flow-table test is established by filling 5 ml of the mass in a ring (\varnothing 3 cm) on a petri dish. After infilling, the ring is removed, so that the mass can spread out. The largest diameter is measured.



Flow behaviour

To evaluate and to compare the flow behaviour, different mortars are injected on a wooden panel (fig. 9).

Fig. 9: Flow behaviour of different clay mortars with the same water content

- 1: G 3H + Tyl,
- 2: G 3H,
- 3: G 3H + Tylose + surfactant
- 4: B 3H,
- 5: B 3H + Tylose + surfactant
- 6: 1B 3H + Tylose



Stableness

In order to check the stableness of the masses the mortars are filled in test tubes. After 24 hours it is visible, if or how much of water or adding has deposited (fig 10).



good stableness (HFM2 RG/RB)



bad stableness (HFM 2B/G)



very bad stableness (HFM1 B/G)

10

Different masses made of black and yellow earth with varying stableness

Shrinkage behaviour

To see if a mass shrinks, it is brushed into a petri dish. If the mass shrinks, cracks are visible after drying (fig. 11). This test is useful to see if the system of binding media and filler medium is balanced.



11

1G 2.5H + Tyl 3% After drying
cracks are visible in the mass with yellow clay



12

1B 2.5H + Tyl 3%
After drying no cracks are visible in the mass with black clay

Hollow Models

After the tests on fixing, shrinkage etc. the mass will be injected into the walls in Shuiyu'an to refix the original plaster. As the behaviour of the mass is invisible after inserting, it is inspected in hollow models, where the real injection process is simulated. As a hollow model two panels covered with clay plaster surface are fixed together parallel with screw clamps in a distance of 2 or 3 centimetres. After

wetting, injecting and drying one can open the model to see the position and characteristics of the clay mortar (fig. 13).



Moistening of the clay walls with water. Front and backside of the void was sprinkled with a prepared cannula



Injection of a stable mass by cannula



The mortars have formed a stamp in the hollow. Good fixing after drying on front- and backside

13

Injection tests in hollow model

Working phase I: First test on clay mortars in Germany¹ (October 2007 – March 2008)

The recipes (1-4) developed by Mr. Scheder during the work in the Shuiyu'an in 2001 and 2007 were readjusted using German clay to test their physical characteristics in the laboratory. Modifications of the recipes with different materials, like animal glue, chalk, or cellulose ether were also tested.

Realized tests

- German and Chinese clays have been analysed by XRD
- CASAGRANDE test on German clay
- Liquid limit test, shrinkage behaviour
- Adhesive tensile strength
- Tensile strength
- „Sandwich tests“

In the first working phase the following recipes have been tested (table 2).

¹ See extensive report.

Table 2. Description of tested recipes in Munich (VT = volume parts)

Recipes	Water	Clay	Sand (0.2 mm)	Poraver® (0.1-0.3)	Poraver® (0.5-1)	Dralon (6 mm)	Tylose (2%)	Chalk	Animal glue
HFM 1	10 VT	5 VT	1.5 VT						
HFM 2	10 VT	10 VT	2 VT						
HFM 3	10 VT	10 VT	2 VT	5 VT					
HFM 3 T	10 VT	10 VT	2 VT	5 VT			20 %		
HFM 4	10 VT	10 VT			10 VT	1 VT			
HFM 5	10 VT	10 VT	2 VT					15 %	
HFM 6	10 VT	10 VT	2 VT					15 %	7 %

Problems

The adhesion strength was not realizable as the prisms broke in the Styrofoam forms when drying (Fig. 14). This problem was solved in the proceeding tests by adding cotton cloths in the forms.



14

Broken prisms

Results and prospects

- The mortar recipes 1 to 4, which have already been used in the temple in China showed good cohesion and sufficient adhesion at the adhesion tensile strength measurement
- Further tests concerning the strength of the clay bricks used in Shuilu'an should occur
- Chalk and glue as modifiers corrupt the adhesion tensile strength
- Adding of Tylose MH 300 improves the characteristics at the 3rd recipe but deteriorates 2nd and 4th → more inspection is needed

Work phase II: Tests in China (March-April 2008)

After the tests with German clay in Munich, the same recipes were readjusted in the laboratories in China with black and yellow earth – the same materials that were used for the construction of the temple. Some traditional materials – rice starch and hemp paper – were added to modify the mortars.

In the following table all recipes tested in Xi'an are listed.

Table 3. Description of tested recipes in Xi'an (VT = volume parts)

Recipes	Water	Clay	Sand (0.2 mm)	Poraver® (0.1-0.3)	Poraver® (0.5-1)	Dralon® (6 mm)	Tylose MH300 (2%)	Rice Starch (R)	Hemp paper (M)
HFM 1	10 VT	5 VT	1,5 VT						
HFM 2	10 VT	10 VT	2 VT						
HFM 2 R		10 VT	2 VT					10 VT	
HFM2R25G	8.5 VT	10 VT	2 VT					10 VT	
HFM2R25B	8 VT	10 VT	2 VT					10 VT	
HFM 3	10 VT	10 VT	2 VT	5 VT					
HFM 3 T	10 VT	10 VT	2 VT	5 VT			20 %		
HFM 3 Tn	7VT	10VT	2VT	5VT			3VT		
HFM 3 M	10 VT	10 VT	2 VT	5 VT					1%
HFM 3 R		10 VT	2 VT	5 VT				10 VT	
HFM3R25	9 VT	10 VT	2 VT	5 VT				10 VT	
HFM 4	10 VT	10 VT			10 VT	1 VT			

Realized tests

- Contrasting of mortars
- Liquid limit test
- Adhesive tensile strength by hand
- Sandwich tests
- Hollow models

Results

- Black clay has a better fixing than yellow earth (empiric judgment) → tearing tests need to be done in a laboratory
- The addition of Tylose MH 300 to mortars based on Chinese clays improved the fixing, especially at the masses with black mortar.
- Recipe 2 can be improved by adding rice starch (→ HFM 2 RB)
Mass goes off quickly, so it needs to be handled quickly
- The use of hemp paper leads to an improvement of mass 4, but still has less fixing than recipe 3, modified with Tylose MH 300. Mass 4 cannot be injected, only be troweled

Prospects

- Adhesion strength and adhesion tensile strength of rammed earth clay brick need to be tested
- Tests in laboratory have to be done and working conditions must be checked (injection by cannula possible?)
- Tearing tests of the best masses have to be done in the laboratory (adhesion strength, adhesion tensile strength, liquid limit, shrinkage)
- Improvement of backfill masses: more test series combining clay and synthetic materials, as well as modifying masses with different concentrations of already tested materials (Tylose, rice starch etc.)
- Continuation of hollow models: improvement of wetting and injection of mortars



15

Adhesive tensile strength tests in Xi'an

Work phase III: proceeding tests in Germany (November 2008 – February 2009)

After the conclusions of the stay in China, black and yellow earth, original Shuilu'an adobe bricks and bricks of a knocked-down clay house in Xian were sent to Germany to be tested in a laboratory. The tests took place in the restoration facilities at the Technical University in Munich in collaboration with students of the University (Laura Thiemann, Leonie Saltzmann).

Realized tests

- Measurement of adobe bricks (from Shuilu'an and Xian)
- Modification of the clay masses
 - Stableness
 - Liquid limit test
 - Adhesive tensile strength
 - Tensile strength
 - Hollow models

Table 4 shows the tested recipes.

Table 4. Description of tested recipes (VT = volume parts)

Recipes	Water	Clay	Micro balloons K1 46 µ	Tylose MH 300 3% in water	Klucel E 3% in water	Klucel E 10% in water	Caseine 3 % in water + Ammoniac	Caseine 10 % in water + Ammoniac
1B/G 2H	3 VT	3 VT	6 VT					
1B/G 3H	4 VT	3 VT	9 VT					
1B/G 4H	6 VT	3VT	12 VT					
1B/G 2.5H + Tyl 3%	6 VT	6 VT	15 VT	2VT				
1B/G 2.5H + Klu 3%	6 VT	6 VT	15 VT		2VT			
1B/G 2.5H + Klu 10%	6 VT	6 VT	15 VT			2VT		
1B/G 2.5H + cas 3%	6 VT	6 VT	15 VT				2VT	
1B/G 2.5H + cas 10%	6 VT	6 VT	15 VT					2VT

Results

- Rice starch goes off to fast in Germany → excluded from test series
- Recipe 3 has been modified: Instead of Poraver® micro balloons (Scotchlite K 1 (46 µ)) were used
- Results of measurement of adobe brickstones:
 - Original Shuilu'an bricks: 0,1 – 0,4 N/mm²
 - Xi'an bricks: 0,2 N/mm²
- Best results with mass 1B 2.5 H + Tyl 3%

6 Volume parts black Chinese Clay
15 Volume parts Micro balloons Scotchlite K 1 (46 µ)
5 Volume parts Water
2 Volume parts Tylose MH 300, 3 % in water

1B 2.5H + Tyl 3% has been tested on different grounds: Xian adobe bricks, original Shuilu'an bricks and on a clay plaster test plate with sand and straw as additions. The adhesion tensile strength tests showed on all grounds a strength of about 0.1 N/mm². As the break was mostly in the adobe brick, further improvement was expected only by optimizing the wetting or a pre-fixing of the brick surface, not by modifying the characteristics of the mortar. This was done by using an addition of 0.5% Tylose MH 300 for the wetting. The consolidant was given time to penetrate in the surface. Afterwards the mass 1B 2.5H + Tyl 3% was poured in the model. The prefixing of the surface increased the adhesive tensile strength up to 0.1 N/mm².

The recipe has proved to be qualified on all tested surfaces. It was developed for consolidation of voids, so the liquid limit was adjusted as low as possible. The optimal consistency may be – depending on the usage site (fixation of fingers, consolidation of smaller voids) – adjusted by the water content. The usage of Silika® increases the flowability without increasing the water content reduces the water requirement.

Prospects

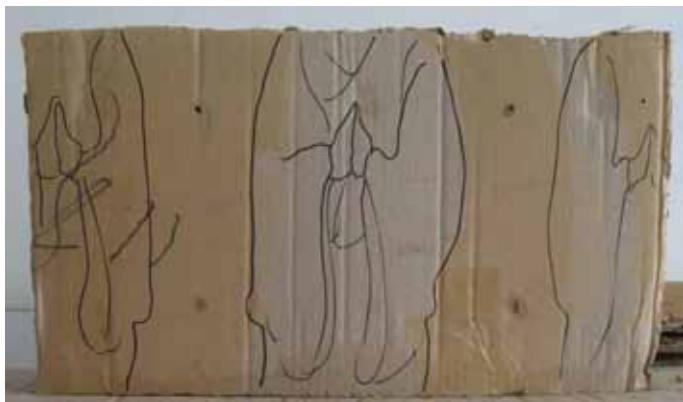
- Mortar needs to be tested on the original wall in Shuilu'an
- Modification for furthermore questions: fixing small pieces, injection to small voids

Work phase IV: Test on the walls of Shuilu temple (June-July 2009)

Realized tests

- Hollow models
- Injection into the wall

At the Center for Conservation in Xi'an, a hollow model was made of a clay brick and a cardboard covered with clay plaster to test the injection of the mortar again (fig. 16). The mortar is connected to the adobe brick and the clay plaster.



Hollow model, front view, after injection



Hollow model, top view, after injection

16
Hollow Model, made in Xian in Summer 2009

Test area in Shuilu'an

In Shuilu'an the west wall (section 1, register 3-4, fig. 17) was chosen due to a large void as an injection test field.

The area was largely overrendered between 1980 and 1985 and covers also parts of the original plastering. While taking it off mechanically, between section three and four, a reconstructed cloud became loose and was taken down.



Chosen area for backfill mortar tests, pre-state



area after exposing



Injection tests

17
Testing of the backfill mortar

On the original surface, there was loosening between fine and raw mortar as well as small voids between adobe brick and raw mortar.

Before the injection the surface was wetted with a mixture of water and 0.5 % Tylose MH 300. Afterwards, the backfill mortar was filled into a syringe on which either a cannula or a tube (\varnothing 18 mm) was applied. If there is a hole near the hollow that has to be fixed, a tube is suited to inject the mass into the wall as deep as possible. If the surface is closed, a small hole is made by the cannula and used for the injection.

In the mapping (fig. 18) the consolidated pieces of fine mortar are marked with a green, and the positions of the backfilling are marked with a violet pattern.² After one week, the test field was inspected: the raw plaster is stable and the fine plaster pieces have been refixed to the raw mortar.

For the injection behind the sculptures, they need to be supported to get back to the original position or to stay at the same place after the injection until everything is dried out. A suitable supporting system still has to be found.

Results and prospects

- testing of the mortar was successful for small voids
- for backfilling of larger voids a support system for the sculptures needs to be developed

² Colour and pattern was adopted of Laura Thiemann's mapping of the Shuilu temple.



Mapping

- cavities fixed by injection
- loose fine plaster refixed to the background

18

Print-out of the mapping for the test area on the west wall, June 2009

Integrating older repairs – keeping, removal and reworking

West wall, section 1 around window 1 and section 2, north of window 2, April and September 2007

Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder

Types of older repairs

A detailed investigation in the older repairs of the walls has not been carried out yet. Different materials and techniques can be distinguished and sometimes repair layers overlap each other. Nevertheless, most of the repairs probably can be dated to the intervention of 1980 to 1985. The aim at that time was to repair the walls and part of the plastic decoration, but without painting them. In that way, the repaired parts can be easily distinguished from the original ones.

In the repair plasters different mixtures can be distinguished macroscopically. There are:

- Wall plasters made of brownish *clay and straw*
- Wall plasters made of *clay and lime*
- Fillings of cracks and smaller repairs made of *clay with addition of glue* (?) or another aqueous adhesive. They show larger shrinkage cracks, deformations from tension during drying and a darkened surface. When moistened, they get sticky.
- Mixtures for fillings and re-attaching sculptural parts made of *yellow clay and hemp fibres*. A similar mixture but with a more brownish clay and addition of sand was used for the reconstructed clouds and architectural parts.
- Fillings made of *gypsum*: These might date from 1980 to 1985, but could also be executed on a later repair treatment.

General considerations concerning older repairs

Principally, all older repairs will be respected as part of the history of the hall and left as they are, also they are not of very good quality and sometimes not correct in shape. During the practical conservation work, cases of exemption were defined in which the older repairs could be touched or even removed:

1. The repair layers are not stable in themselves. There will be no consolidation of repair layers to the original walls if these layers are endangered by severe separation or flaking.
2. The repair layers should be removed from areas where they are covering the original surfaces, especially if these parts are still painted.

3. The repair layers can be touched if this is the only possibility to get access to damaged areas behind or next to them (e. g. boring a hole through a layer for grouting).
4. The repair layers can be reworked if they are not fitting in shape and thus preventing the alignment of original parts. This concerns mainly the level and structure of the repaired wall surface.

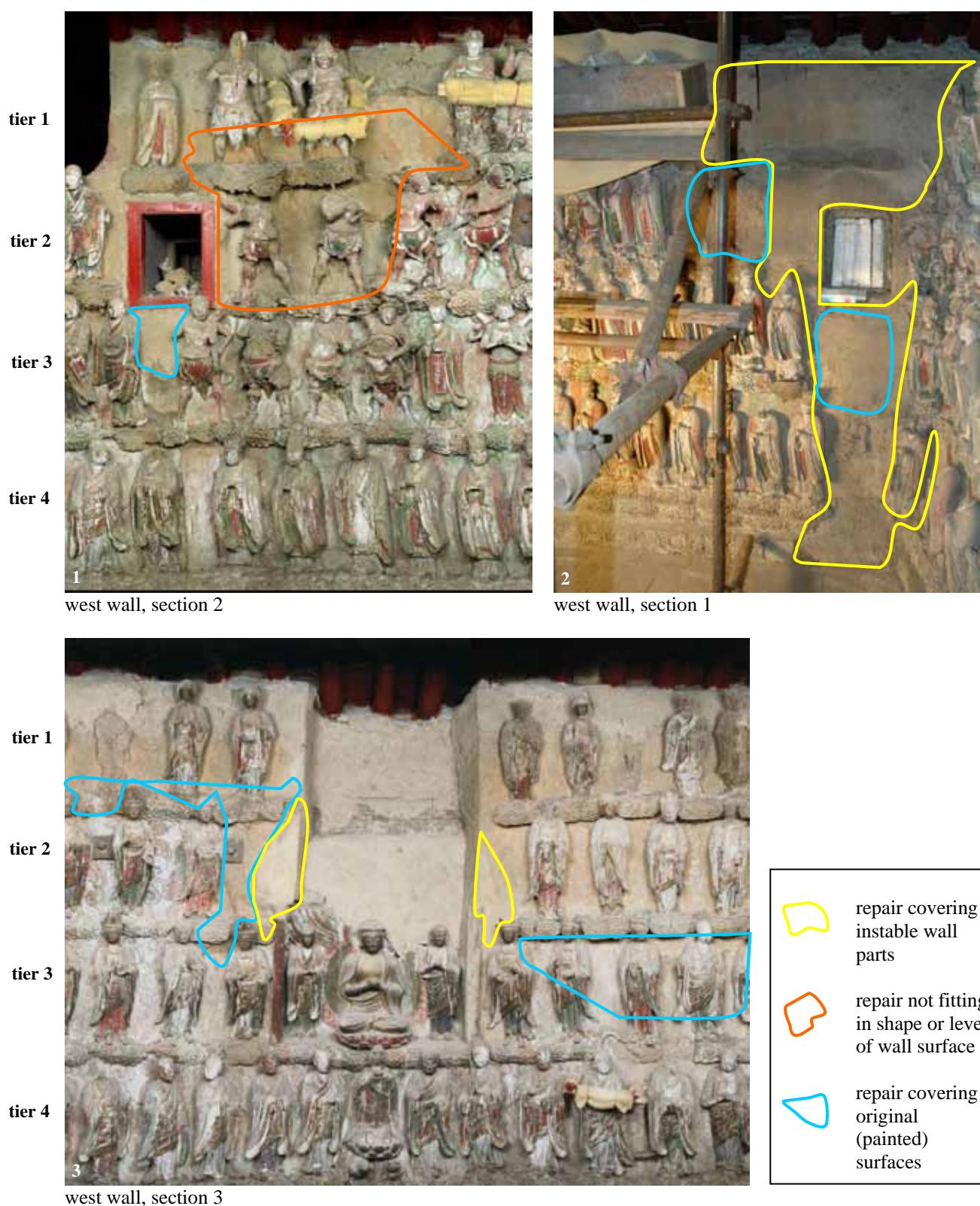
Treatment of older repairs during the conservation work

During the conservation of the western part of the north wall and the sections 1 to 3 of the west wall in April and September/October 2007, the question how to deal with older repairs had to be answered in several places under different aspects. Following the general considerations described above, the following treatments of repair plasters have been carried out:

- Removal of plaster layers covering original surfaces and damaged parts of the wall: In April 2007 the repair plasters around window 1 of the west wall were removed superficially, revealing parts of the original surfaces or undercoat plasters and allowing the conservation and repair of the wall around the window (fig. 2).
- Removal of thin plaster layers which superficially covered painted areas of the background, especially in section 3 (fig. 1), in smaller scale also in the section 1 and 2.
- Removal of plaster layers to get access to the wall structure and to consolidate damaged or unstable repaired parts in section 1 and 3.
- Application of new plaster on top of the repair plaster to level a concave area of the wall in section 2 (fig. 3).

On the wall repaired in 1980 to 1985 some clouds were mounted, which were made at that time as replacements for lost clouds. In section 1 and 2 these clouds were detached during the treatment of the wall. They were not mounted again, but labelled and stored. As there is still a number of sculptures and clouds of unknown origin found in the hall, the remounting was postponed until it is clear where the findings could belong.

The treatments are described in the following according to the positions in section 1, 2 and 3 of the west wall.



1-3

Areas with older repairs which have been reworked in April and September 2007

Section 1, window no. 1

During the work on the first test area in 2001, a smaller part of a repair plaster below window no. 1 in section 1 of the west wall was removed. Underneath, remnants of a decorative frame were discovered (fig. 6, C). Though severely damaged, the outlines of the frame and part of the decoration were still existent. When section 1 was consolidated in April 2007, the question of the area around the window was discussed again.



Removing repair plaster with a spatula

The areas around the windows and near the corners show the worst condition and the most losses of the west wall. Near the corner to the north wall, there were larger voids: In tier no. 4, a whole hand could be inserted into the deep holes.

The repair plaster did not show a good adhesion to the wall. It could be easily removed and separated without problems from the original layers below using a spatula (fig. 4).

Below the repair plaster, the original wall was preserved in different conditions. Mostly the undercoat was preserved, but the finish coat was lost.



5
Window no. 3 with original painted background on the edge of the embrasure underneath the repair plaster and original wooden shutter in April 2007 (shutter lost meanwhile).

The removal of the repair plaster revealed the positions of the lost pegs (fig. 4, arrow). This helps to reconstruct the number of the original arrangement of sculptures and clouds. All holes for pegs and even parts of the painted cloud background could be rediscovered (fig. 12).

Around the window the repair plaster was not stable anymore. The window frame is a later addition, probably from the repair of 1980 to 1985. Originally the windows did not have frames, but the painted background continued into the embrasure of the window. This is still partly preserved underneath the repair plaster on window no. 3 (fig. 5).

The removal of the repair plaster around window no. 1 showed that the wall was badly damaged above the window, but partly well preserved below the window.

Above the window, three clouds from 1980-85 (fig. 6, A) were detached from the wall, before the plaster was removed. Underneath the plaster, the wall was repaired with adobe bricks (fig. 7). Behind them the lower part of the lintel connecting the pillars inside the wall is preserved (fig. 8). Instead of the removed upper part of the lintel and the purlin, adobe bricks have been placed on top of the preserved lintel (fig. 8). On top of the window a smaller wooden plank was placed, probably thought as lintel of the window.

The wooden plank and the repair with adobe bricks were removed. The wall was cleaned. Under the supervision of the Chinese architects the wall was closed between April and September 2007, using mostly adobe bricks, but unfortunately also two fired bricks (fig. 11). In September 2007, the adobe bricks were covered by a plaster made of “black earth” and straw, except for the three layers above the lintel (fig. 12). The plaster was applied by Mr. Xu Liujin.

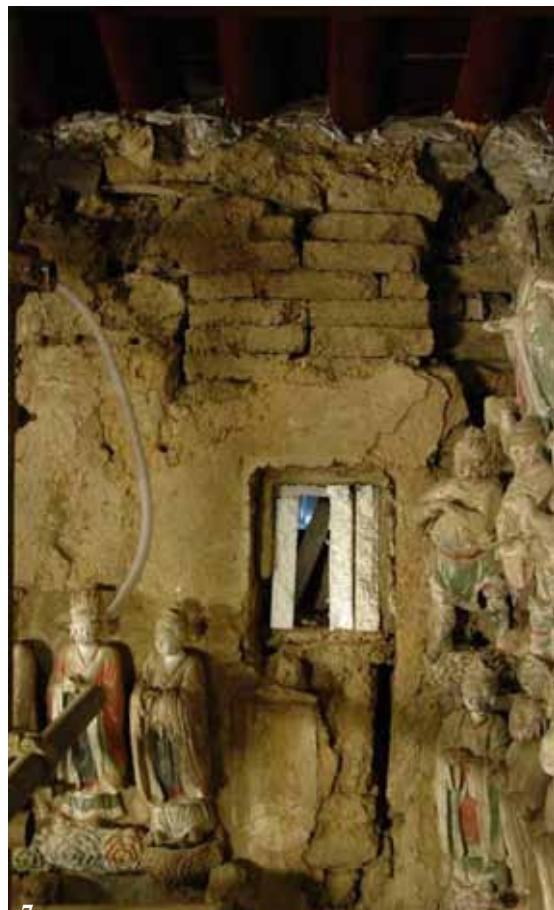
Below the window a crack became visible, resulting from the opened space between two standing adobe bricks (fig. 8, arrow). Next to it (south side, i. e. left) the substructure of a decorative frame could be recovered including a part of the ornamental decoration with traces of the original green polychromy (fig. 10, arrow). The inside of the frame shows traces of pink. The frame and its polychromy were consolidated. The crack was closed with a mud-straw mixture. After this had dried a mud-straw plaster was applied.

In the lowest tier (tier no. 4) on top of the repair plaster there is the imprint of a sculpture which was reattached here in 1980 to 1985, but is lost today (fig. 6, D). This situation was preserved, also in the hope that the sculpture might be found somewhere in the temple.



Section 1, window 1 before treatment in April 2007
 A: Reconstructed clouds from 1980-85
 B: Repair plaster overlapping painted cloud background

- C: Test area of 2001, revealing part of a decorative frame
 D: Substructure and peg from 1980-85 for attaching a sculpture (sculpture lost nowadays)
 E: repair of pedestal area with lime containing plaster (1980-85 ?)



Removal of loose plaster reveals adobe brick repair

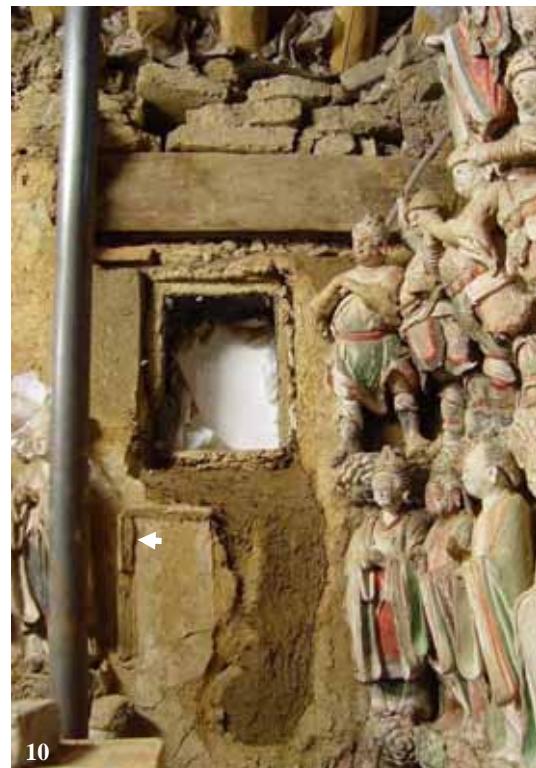


Removal of adobe bricks reveals original lintel and wooden plank
 arrow: crack between two standing adobe bricks



9

Area around window after removal of repair plaster;
decorative frame revealed completely



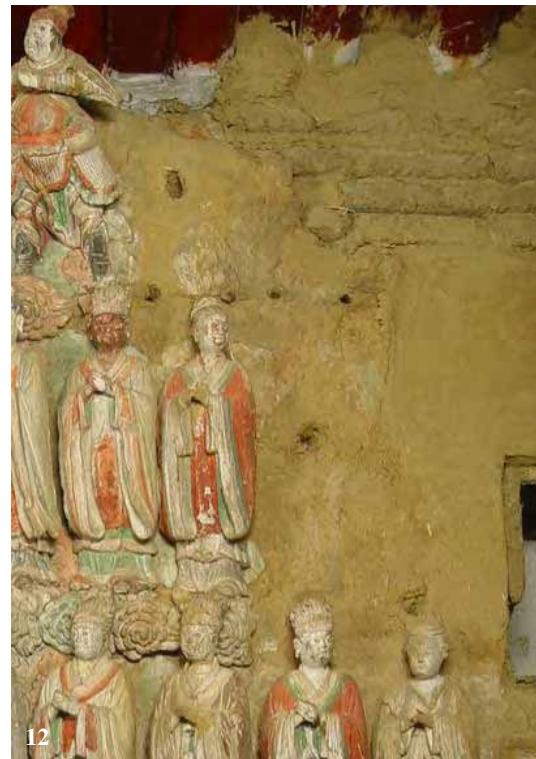
10

Cracks closed with mud-straw mixture
arrow: ornamental decoration of frame reattached



11

September 2007: after inserting bricks above window



12

Situation in November 2007:
The bricks are covered with mud-straw plaster.
The position of the pegs and preserved pegs and
parts of the painted cloud background can be seen.

Section 2, concave part of the wall next to window no. 2

The area is located in the southern part of section no. 2, between window no. 2 and the central part of the section with the large void behind the sculptures of tier no. 2 (see: *Consolidation of wall area with large void inside the clay wall*, in this volume). The area contains a part of the uppermost tier no. 1 and the tier no. 2 below. There are five sculptures, three in tier no. 1 (W1.33, W1.34 and W1.35) and two in tier no. 2 (W. 2.36 and W2.37) in this area (fig. 13).

Repair of 1980 to 1985

The area was repaired in 1980 to 1985: The five sculptures from tier no. 1 and 2 were detached. The wall plaster was renewed. It is not known if there have been repairs on the wall structure as well. The fact that the repaired wall in the second tier showed a concave recess of several centimetres, leads to the assumption that the wall itself must have been damaged in this area.

After the plaster was applied, the sculptures were mounted again. Below the feet of the three sculptures in tier no. 1, three new clouds were mounted. The ones below W1.34 and W1.35 were mounted on a thick support of clay. In tier no. 2 the clouds between the feet of W2.36 and W2.37 were remounted on a new support.

Situation in September 2007

In tier no. 1, two of the three sculptures were loosened. W1.34 was supported by a wooden prop to prevent it falling from the wall.

In tier no. 2, the connection of the two sculptures to the wall was stable. Due to the recession of the wall, they were not situated in the same level of surface as the other sculptures, but leaning back into the recess. The reconstructed clouds of tier no. 1 were mounted on very thick supports of clay to level the recess of the wall. The bamboo poles inside the sculptures W2.36 and W2.37 were ending inside the supports of the clouds. A head discovered in a pile of rubble on the brick bench running around the west wall could be identified as belonging to W2.36, but it could not be mounted, as there was no space between bamboo pole and cloud of W1.35.

Treatment in September 2007

After discussing different options, firstly the loosened sculptures W1.34 and W1.35 were detached from the wall. W1.33 which is mounted slightly too low and might not even come from this position, was left in place as it is mounted very stable. To remove them, the clouds from 1980-85 had to be detached as well. After the head of W2.36 was found, the decision

was made to detach the sculptures W2.36 and W2.37 from the deepest part of recess and to level the wall by applying a new layer of plaster.

The detached sculptures were consolidated (cleaning, consolidation of polychromy and broken or destabilised parts). The head of W2.36 was connected to the body. The sculpture W1.34, a *tianwang* holding a weapon of which a bamboo pole is preserved, originally was located on another position: the completely flat back of the sculpture proves that it belonged to a lower tier or another wall. As the original position could not be identified, the sculpture was remounted where it had been.

To fill the recess of the wall, the repair plaster - a hatching system of lines - was incised into the repair plaster to enhance the adhesion (fig. 14). The pegs for the feet did not exist anymore and the holes were covered by the repair plaster. Holes were drilled into the wall to place new pegs (fig. 16), which were made of smoke tree branches. As the bamboo pole of the right leg of W1.34 was broken off, a bamboo stick was inserted into the pole and a piece of a new bamboo pole was put over the stick. The positions of the pegs were marked with bamboo sticks or screws.

For the application of the new plaster, the wall was sprayed with water. A layer of mud-straw was applied on the moist wall (fig. 15) and smoothened after it was leather dry. A thin coating of "black earth" with straw was applied on the area between W1.33 and W1.38 as well as between the window and W2.38 to obtain a homogenous visual appearance.

The sculptures were mounted again. Mud-straw was used to attach them to the wall. Behind the back of W1.34, a bigger hole was broken into the wall, maybe caused by the tilting peg. The hole was filled using pieces of adobe bricks and mud-straw plaster. The correct position of the peg was marked during the repair with a wooden stick (fig. 18).

The reconstructed clouds below the feet of W1.34 and W1.35 were not remounted, but labelled and stored inside the wardrobes. The clouds between the feet of W2.36 and W2.37 were remounted as they were before, although it partly seems not to be their original position: the red clouds with numerous small whirls below the right foot of W2.36 is in its original position, the same goes for the cloud below the left foot of W2.37. The two pieces between them, a white and a red half of a double cloud whirl, seem to be fragments inserted there in 1980-85 and do not fit properly. Nevertheless they were re-attached.

Below the window, the thin layer of repair plaster was removed. Underneath a raised part in the shape of a stele could be revealed. It is painted in pink and seems to serve as separation between two groups of sculptures (*tianwang* and monks).



Situation in 2005 [Harlan Wallach, Northwestern University, USA]

The recessing part of the wall is marked with a white line.



14

After detaching the sculptures: preparation for applying a new wall plaster with hatching of incised lines; September 2007.



15

Application of mud straw layer. The positions of the pegs are marked.



16

New holes were drilled for the pegs of the feet.



17

Re-attaching W2.36 and W2.37 to the wall. On W2.36 the rediscovered head is mounted.



18

Reattaching W1.34. The hole in the back of the sculpture had to be filled to insert the peg.



19

Situation after finishing the treatment in October 2007

Section 3, central area

Section 3 shows losses and repairs of the walls. The central part with the architecture is lost. Nowadays only an undecorated empty niche in the wall opens above Sakyamuni, Ananda and Kasyapa. The top part of the wall is repaired.

Repair of 1980 to 1985

Before the intervention began in 1980, the upper part of the wall must have shown severe problems. As a result the sculptures of the uppermost tier (tier no. 1) were detached and at least the wall plaster was renewed. The back of the niche and the space between wall crest and rafters were closed using a lime containing clay. On the northern (right) side, all clouds in tier no 1 and 2 were reconstructed as well as single missing ones on the southern (left) side.

Situation at the beginning of the treatment in 2007

Two of the bodhisattvas for tier no. 2 which had been reattached in 1980-85, are missing today. Only the adhesion layer and a replaced wooden peg in the back are preserved on the wall.

All sculptures of the two upper tiers, except for one (W1.25), showed a stable adhesion to the wall. The background of the sculptures appeared blotchy due to the fact that three different kinds of plasters / clay mixtures have been used here: a brownish mud-straw wall plaster, a greyish lime-containing clay plaster and a yellowish clay mixture for attaching the sculptures and clouds.

Tests showed that on the southern (left) side the renewed wall behind tier no. 1 is bulging slightly and that the sculptures were mounted too low: Nowadays the clouds of tier no. 1 overlap several centimetres of the painted background behind tier no. 2. In tier no. 3 on the northern (right) side of the niche a thin layer of the repair plaster covered larger parts of the painted cloud background (fig. 22, 23). This might have been applied in an attempt to homogenise the visual appearance.

The original design of what appears to be a niche nowadays can only be reconstructed roughly. There are two red pillars preserved next to Ananda and Kasyapa, indicating an architectural framing of the central scene. Behind the sculptures a hanging drapery is painted. It was meant to be fastened on a vertical element which might have been a vertical beam of a pavilion. Above the pillars two parts which had broken away were repaired in 1980-85 (fig. 20, yellow). At least on the left (southern) side the shape can be interpreted as the connection of a sloping roof to the wall. During the cleaning of the wall, two small gilded elements were found which could be identified as part of eave tiles and a dragon head decoration from the arris of a roof (fig. 28, 29). These indications lead to the assumption that originally, a pavilion architecture filled the niche. Regarding the height and shape of the niche, the architecture

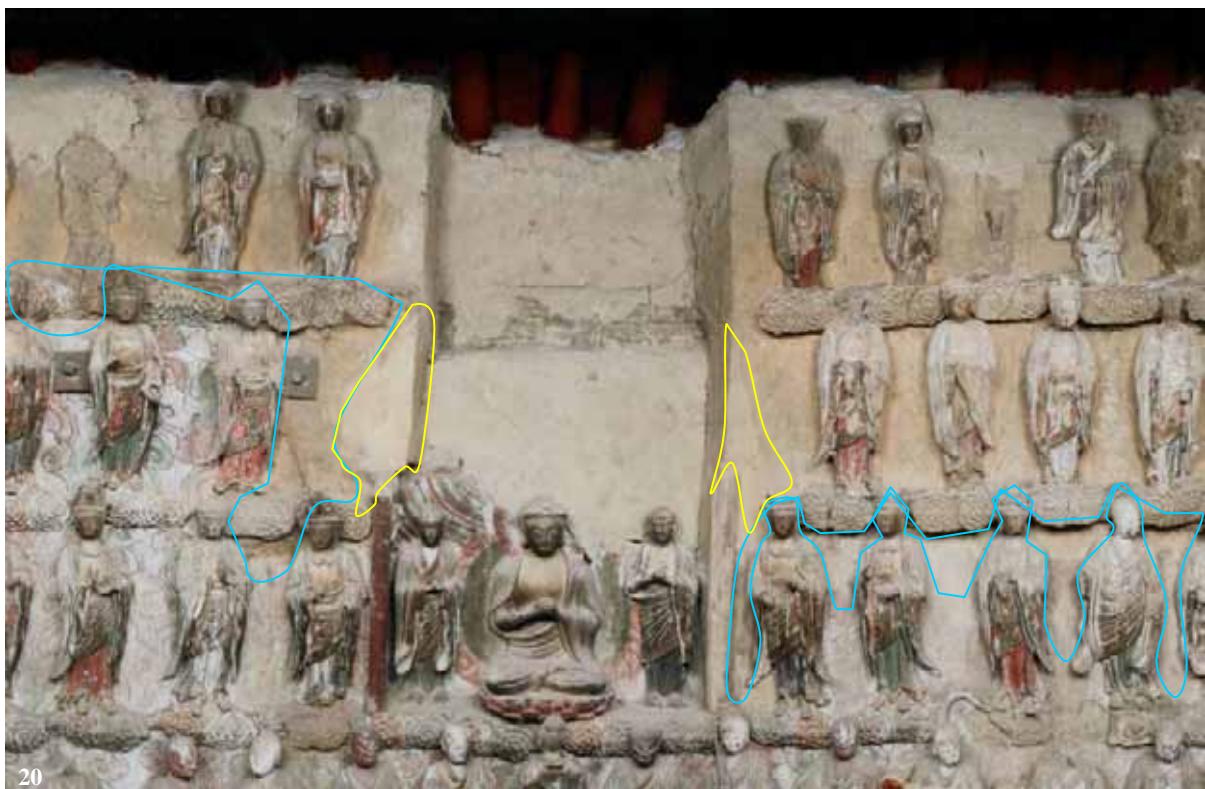
should have had at least two storeys. Fig. 27 shows a tentative reconstruction of the outlines. If the pavilion had completely collapsed and no parts remained in 1980-85 or whether the ruins were removed, is unknown.

Treatment in 2007

The thin layer of repair plaster was removed from the original cloud background. The cloud decoration on the northern (right) side of tier no. 3 could be rediscovered almost completely.

The clouds and the sculptures mounted out of alignment were left untouched. Two iron wall anchors on the southern (left) side were left in place, but are planned to be removed when the work continues in that area.

The removal of the repair plaster from the painted surface also revealed that on the southern (left) side of the niche as larger part had broken away above the pillar. Big cracks and large gaps between the parts were revealed (fig. 25). The broken-off part was secured by a wire which was revealed underneath a thick layer of repair plaster. The wire was removed as it was not improving the stability and was protruding out of the wall surface level. The cracks and gaps were filled or bridged by injecting clay mixtures (“black earth” with sand or with sand and poraver®, depending on the width of the crack). Cracks and damaged areas were filled superficially with a mixture of “black earth” and sand. After the stabilisation, background areas with repair plasters were covered with a thin suspension of “black earth” to homogenise the visual appearance (except for the interior of the niche). The connection areas of the two lost sculptures were omitted.



20

Central part of section 3, situation in 2005 [Harlan Wallach, Northwestern University]

Blue: repair plaster overlapping the painted cloud background

Yellow: broken-away parts repaired in 2005, probably originally: the connection of the pavilion roof to the wall



21

Central part of section 3 after conservation in November 2007



22

Background between W3.43 and W3.44 before treatment



23

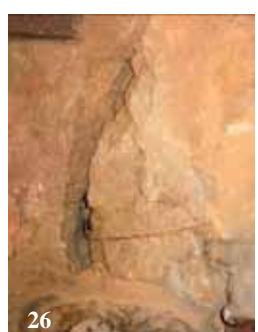
Background between W3.43 and W3.44 after removal of repair plaster layer



24



25



26

24-26 Southern (left) side of niche, area above pillar:

24

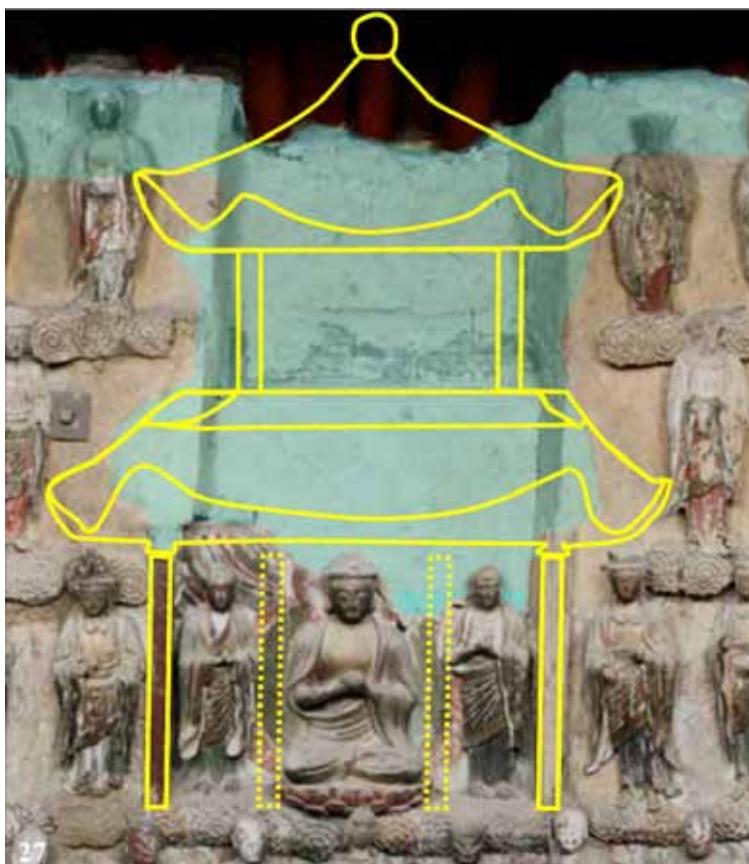
Before treatment

25

After the removal of overlapping repair plaster, cracks were filled by injection

26

A wire holding the broken part was discovered under the repair plaster



Tentative sketching of a two-storey architecture in the Sakyamuni niche, inspired by the bell tower building on the northern gable wall

Light blue: repaired with lime-containing plaster in 1980-85



28
Two ornaments from the lost pavilion, retrieved during cleaning of section 3 in September 2007



29
Part of the two-storey bell tower on the northern gable wall, showing the same type of eave tile decoration and dragonhead decoration on the arris of the roof slope



2 Clay sculptures



Clay sculptures: Damage situation and principal considerations

Catharina Blaensdorf

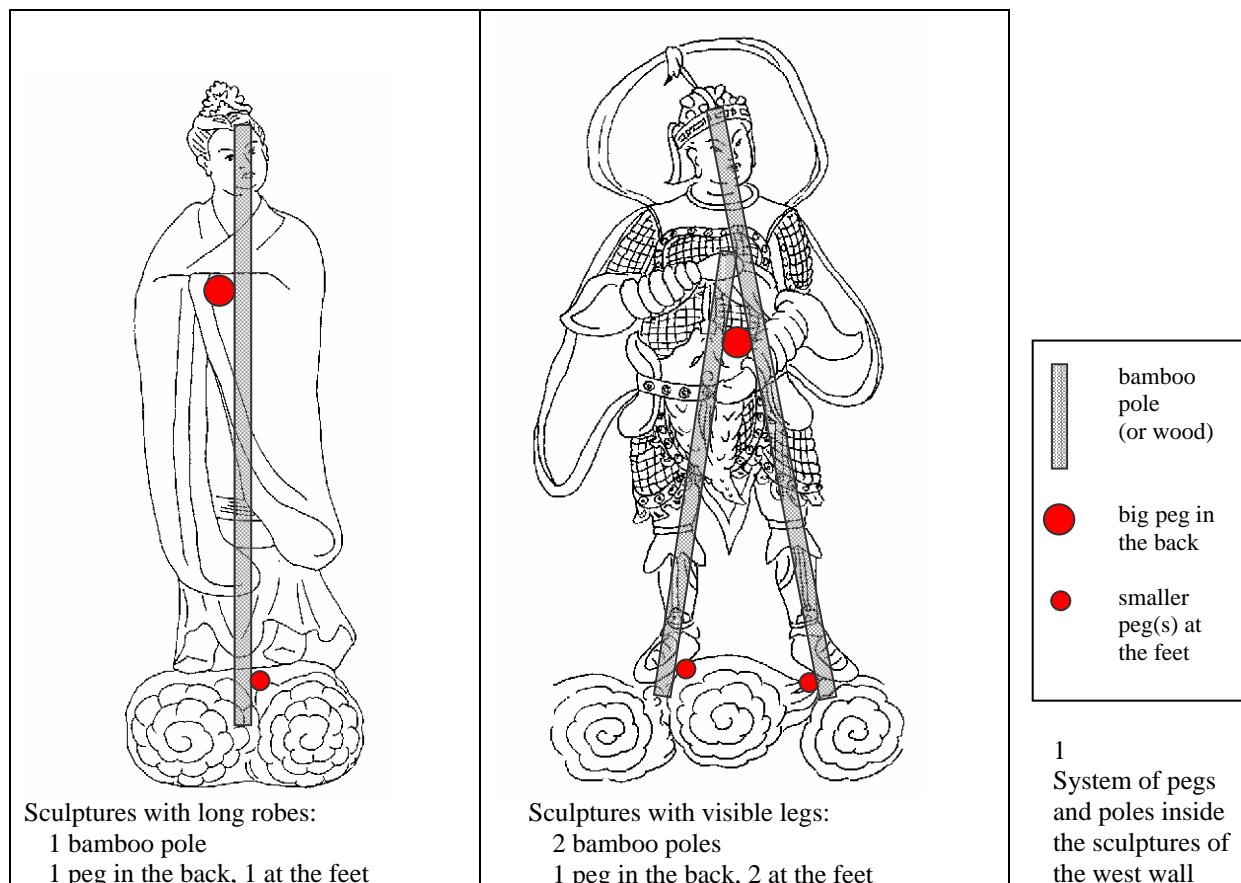
This chapter contains the damages and treatments of sculptures and reliefs. The problems concerning the walls are described in chapter 1. The treatment of the polychromy and the surfaces is described in chapter 3.

Technique of manufacture

The sculptures and reliefs are made following the technique for modelling in clay which is wide-spread in China and East Asia. The description here focuses on the west wall, as other parts are not examined in detail yet.

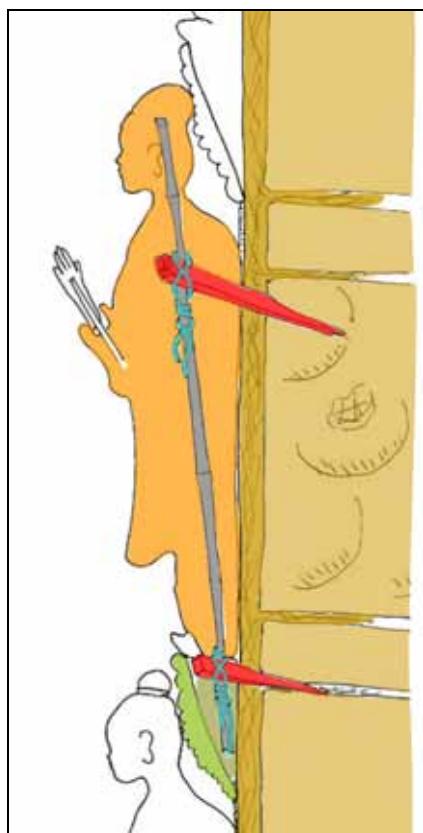
Sculptures of the west wall

The sculptures are principally modelled on the wall: Wooden pegs were driven into the walls to which poles of wood or bamboo were attached. The 50 cm high sculptures on the west wall possess one peg in the back (in the height varying between the scapulas and the waist,



depending on type of sculpture and position). A second row of pegs is positioned in the height of the feet. Depending on the fact if the legs are visible and separated from each other or if they are hidden under a long robe, one or two pegs are placed for the feet. Bamboo poles, seldom also wooden sticks, were attached to the pegs. The bamboo poles form the vertical axis of the body. Sculptures with separated feet possess two bamboo poles. The longer pole ends inside the head, the shorter one inside the body (fig. 1).

The connection between bamboo poles and pegs was obtained by hemp strings which were tied around both pieces. At the feet of the sculptures the bamboo pole(s) touches the wall, but in the back of the sculpture, there is a distance of up to 8 cm between pole and wall. The hemp string and the peg at the feet mostly are located outside of the sculpture and were covered later on by the cloud attached below the sculptures' feet. The knot between peg and pole in the back, on the other hand, are located inside the body of the sculpture today (fig. 2).



2
System of connection of sculptures to the wall

All pegs which could be examined are inserted into the vertical or horizontal joints between two adobe bricks. This means that the position must have been marked before the undercoat of the wall was applied. The pegs are driven into the wall in a slightly oblique angle (fig. 2), preventing the sculpture to tilt even if the peg loosens slightly. The pegs in back are longer and thicker than the ones at the feet. The pegs at the feet later on disappeared behind the clouds.

Around the bamboo pole(s) a rough shape of the body was modelled with a mixture of clay and finely chaffed straw. For modelling the surfaces a layer of fine clay was applied, containing fibres and sand. Many parts were prepared in moulds and attached to rough modelled body. Thin protruding parts possess a substructure of wood (arms) or wire (flying bands, hair, helmet decoration).

The finish coat of the wall had the same additives as the top layers of the sculptures (sand and hemp fibres).

The finish coat is not found behind sculptures and clouds. It was applied after the sculptures had been modelled.

The manufacturing technique of the sculptures has not been studied in detail yet. It is not clear which parts exactly have been modelled by hand and which were produced with moulds. It seems that moulded parts were used excessively and wherever it was possible. Faces, ears, hands and feet or even legs were made with moulds. Headgears and parts of drapery of the robes were mould-made and adjusted to the sculptures. In the armours of the *tianwang* a

selection of moulded parts was used each time in new combination. Railings, eave tiles, roof decorations, ornamented doors were also made with moulds. Due to this system, each sculpture consists of several parts and also several layers, as the added parts overlap each other (fig. 3).



3

Two detached sculptures from the west wall, seen from the back side: The modelling in several layers is discernible. Around the feet the hemp strings from the connection to the pegs are visible. On the large peg in the sculpture on the left the tip is broken off.

Clouds on the west wall

The modelled clouds are positioned below the feet of each tier of sculptures. Each sculpture is standing on one or two clouds (fig. 4). The clouds form an almost continuous band. Below the lowest tier, there is a double row of clouds, forming part of the pedestal. Below the clouds, a tendril with green leafs, pink lotus (?) flowers and fruits (?) forms the lowest part of the pedestal (fig. 5).

The clouds were made in moulds and consist of clay with hemp fibres. The most frequent type of cloud consists of a double spiral swirl, one curling clockwise, the other anti-clockwise. Both have a short tail (fig. 4). Different from the sculptures, the clouds possess no

stabilisation with pegs or bamboo poles. The substructure only consists of a thick layer of clay with hemp fibres or seldom also mud-straw. Slight differences in level and orientation indicate that the clouds were not supported when attached to the wall.

The clouds cover the bamboo poles and pegs of the sculptures standing on top of them. They are tilted so that there is a little platform on top for the sculptures to stand on. The head of the sculptures from the tier below are placed in front of the clouds. In the pedestal the tails of the clouds are cut-off and arranged to form a compact band. The substructure of the pedestal is not clear, but there are no pegs and no reinforcement with wood or reed in there.



4

Double-swirl cloud with tail



5

Pedestal with twine and two rows of clouds

Causes of damage

One of the characteristics of modelling in clay is that cracks and breaks usually occur on joints from the manufacturing process. The shrinkage of clay during drying leads to a loss of volume. The single parts contract and shrinkage cracks usually appear on the joints of parts, turning them into weak spots of the system. Climatic changes and mechanical stress often result in separation of layers. According to the type of damage a classification into different groups is possible:

1. Separation of layers and parts (loss of adhesion)
2. Mechanical damages (man-made)
3. Loss of cohesion
4. Inappropriate repairs

The main problem with separation of layers is the loosening of pegs and the detaching of sculptures from the wall. In smaller range also breaks within the sculptures and loosening of parts can be attributed to separation processes.

Mechanical damages can be mainly ascribed to the movement of persons in the hall during services, repair phases or other actions: Pressure to the sculptures resulted in broken-off hands and many protruding parts. Flying bands and thin parts of robes are bent. Also removal from the wall and theft belong to this category: It is conspicuous that most of the missing heads and attributes occur in the lowest tier which is in the best height to be reached by hand. Close to the passageway between rear and front part of the hall, decorations are missing, balustrades are broken-off and even small-scale sculptures have disappeared.

Loss of cohesion of layers results in weak powdery surfaces and the loss of the rigidity of thin parts, for example thin layers of robes or tunics. These phenomena often seem to be caused by repeated mechanical damage: If thin protruding parts are bent under pressure, many cracks occur next to each other. The clay particles flake off, leaving a soft structure hold together by the fibrous component inside.

Another type of damage results from water running down, resulting in the erosion of the surfaces and – typically after the loss of the polychromy – in the structural weakening caused by the flushing out of clay particles.

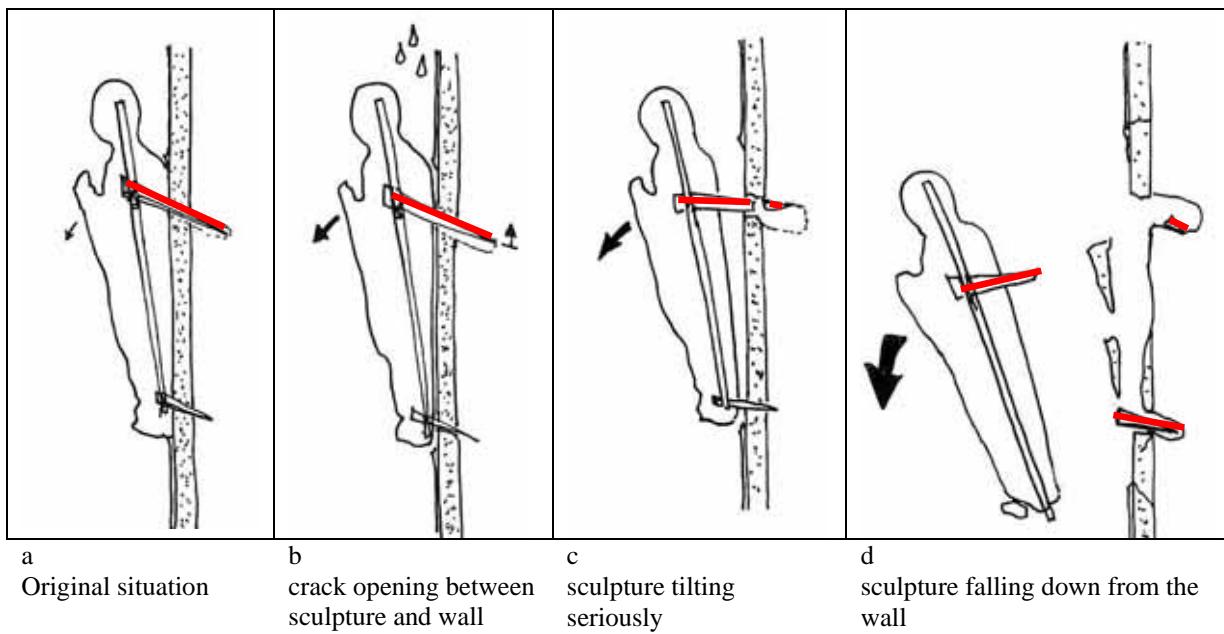
Problems caused by repair can be separated into unesthetic solutions, like too thick applications of repair plasters, and ineffective or unstable affixation of parts.

The separation of layers is caused by several factors which occurred in combination:

1. Climatic changes over a long time
2. Penetration of water into the walls and the hall
3. Mechanical stress caused by already developed damages
3. Vibrations and movements (earthquakes, supersonic airplanes)

A typical damage process can be described in the following way: Due to the shrinkage during drying of the clay layers and to climate changes over a long time, the connection between peg and wall or peg and sculpture loosens slightly. As the sculptures are top-heavy, the tension and stress are much higher on the peg in the back than on the ones at the feet (fig. 6, b). A crack opens between sculpture and wall, allowing the sculptures to tilt forward (fig. 6, c). When the sculptures tilts, the pegs are pressed down from the oblique position come into a more vertical position. If the pegs are loose and completely vertical orientated, the sculpture can fall from the wall (fig. 6, d).

As the pegs in the back are inserted deep into the sculpture and fastened with hemp strings, normally this peg remains inside the sculpture. Sometimes the tip deforms or breaks when the sculpture falls from the wall (fig. 3, left side). The pegs at the feet often remain inside the wall, being inserted deeper into the wall than into the structure of the sculpture. Additional damages caused by this process are breaks in feet or legs of the sculptures with visible feet and the falling-off of the clouds which are detached when the sculptures start to tilt seriously.



6

Process of detaching of sculptures from the wall

In the Shuilu hall, this process was considerably supported and accelerated by the penetration of water into the walls through the leakage of the roof. The water makes the clay plastic and easy to deform and it temporarily increases the weight, so tensions get stronger and the sculptures get more fragile. On larger reliefs a considerable deformation with the top part bending forward can be observed, resulting from deformation in moist condition.

Mechanical stress like deformations occurring inside the wall structure or pressure on the loosened sculptures can increase the damage as well. In the already damaged parts vibrations of the structure can cause further damages: The collapse of the peacock's fan on the *kongqueling wang* was reported to be caused by a supersonic airplane. Also earthquakes occurring repeatedly over time may have had their contribution, although the earthquake in May 2008 did not seem to have caused damages on the west wall.

High humidity and water penetration also resulted in the corrosion of the wire substructure of thin parts: Many wires are broken. The increase of volume caused by the corrosion resulted in the flaking of the surrounding clay layers.

Damage phenomena

The damages can be distinguished according to their position and to their size:

1. Cracks and breaks within the limbs or parts (clearances of 0.1 to 2 mm)
2. Bent and broken parts
3. Detaching of parts (separation of layers)
4. Lost parts
5. Corrosion of wires
6. Loosened, detached and lost sculptures

Problems assigned to former repairs are:

7. Lost pegs and thick layers of clay as “support” for re-attaching sculptures
8. Unstable temporary attachment of sculptures with nails or wire
9. Sculptures mounted on wrong positions

It should be pointed out that there are no damages caused by wood-damaging insects, mould or salt efflorescences. Very few bamboo poles show holes from insect infestation in parts that were exposed and not covered tightly with clay (for example in the lower part of W1.45), but these cases are rare and do not result in problems of stability. Visible results of insect activity are nests of wasps built of clay. There are many of them, often attached in recesses behind sculptures or architectural parts. Spots of mould found on the wall behind the sculpture are no current problem and might date back to the time of manufacture. Salt problems were reported, but efflorescences could not be observed inside the hall since 1999.

Fractures of limbs or parts (clearances of 0.1 to 2 mm)

Many sculptures show cracks or fractures through parts of the body. The most current phenomenon is a fracture across the neck, probably caused by a combination of movements due to climate changes and mechanical damage. The shrinkage of the clay sculpture around the rigid bamboo pole might have caused the neck to break, but the number of fractured necks and missing heads is also much higher in areas which can be reached easily than in higher tiers out of reach for people. The fracture across the neck often is only a hairline, even if the head is loosened.

On the sculptures with visible legs, similar breaks occur across the legs. Typically are fractures across the knees (modelling joint) or at the ankles. When the sculpture was tilting forward, the ankles which are close to the pegs at the feet come under strain and might break. Very rarely also on the sculptures with a long robe, deep cracks or even breaks occur in the level of the knees.

Bent and broken parts

Protruding parts are often bent or broken off, especially if they are thin. Especially endangered are hands, flying bands, thin, self-supporting parts of the robes and armours, strands of hair and arms stretched away from the body. Many of these parts show breaks or are partly or completely broken off and lost. Sometimes parts are broken longitudinally along the inner substructure of wood or wire. In many places it is obvious that parts broke under pressure as they are pushed back towards the wall or bent in wrong directions.

Detaching of parts (separation of layers)

Separation of layers occurs not only for sculptures detaching from the wall, but also for sculptures, where parts are separating along working joints. Small decorative elements such as belt decorations, applications on the headgear, single strands of hair or beard and collars - applied as thin trips of clay - are often loose or missing. From the larger parts especially the feet and the headgears are often loose or missing. Only on severely damaged areas sculptures also have lost parts of the mould-made surface layers as parts of the drapery, the face or the headgear. On the badly preserved western part of the north wall, three faces are missing, but no face is missing on the west wall. This proves the connection between damages on the wall by penetration of water and the degree of separation of layers (fig. 7).



W2.54



N3.5



N3.6

Left: sculpture from the west wall with mould-made hanging sleeve broken off.

Centre and right: two severely damaged sculptures from the north wall. On N3.5 face and collar are missing, the hands are broken off. N3.6 is reduced to the inner core and can only be recognised as female deity by one preserved shoe.

Lost parts

Lost parts comprise broken-off and fallen-off parts. Most of them are missing nowadays, but some could be retrieved from gaps on the wall (especially behind clouds) or identified from a larger number of loose parts which were stored in the window niches or on the “bench” below the pedestal until 2007. The lost parts comprise: heads, applications on headgears or belts, hands, feet, attributes held by the sculptures, flying bands, bracelets, collars, necklaces. Seldom even larger parts of the sculptures are missing as legs, arms or sleeves.

On the west wall the biggest loss is the complete pavilion which was inserted into the central niche. Nowadays only two pillars are preserved on the wall, two tiny gilded roof decorations were retrieved from behind the sculptures or clouds.

Corrosion of wires

The corrosion of the wire caused damages especially where the wire was thin and the clay element around the wire small or thin. The affected parts comprise flying bands, hanging belt ends, strands of hair, applications on top of the headgear, fastening of attributes to the sculptures (fig. 8). Often the clay modelling around the wire is broken or lost. Longer wires are also often broken off if they are severely corroded.



8

Corroded wire cores:

Left: on the headgear beads and spiral-shaped elements were applied on pieces of wire, nowadays mostly missing.
Right: remnant of a flying band. The wire is broken off from the sculpture and broken twice. Only a small portion of the modelling is preserved.



Loosened, detached and lost sculptures

Many sculptures are loose. Some had to be supported by wooden props or had to be detached from the wall since 2005. Loose sculptures are tilting forward. Dirt and dust have accumulated in the gap between sculpture and wall, as well as around the pegs inside the wall. For this reason it is not possible to push the sculptures back to the wall in the correct position if the gap is more than about 3 mm wide.

Table 1 gives an overview on preserved and missing sculptures. Since 2005, seven very endangered sculptures and some clouds have been removed from the wall and stored in wardrobes. Four of them could be assigned to the section 1 of the west wall.¹ Additionally four sculptures were found in the window niches or on the “bench” running around the west wall below the pedestal.² Two of them could be identified two belong to section 2 of the west wall.³

After the repair of 1980-85, all positions of the west wall seem to have been filled except for the ones towards the corners around the windows no. 1 and no. 4. Two sculptures mounted in places where they originally did not belong could be an indication that in 1980-85 gaps in the west wall were filled with detached sculptures from other places. Maybe the idea was to complete the well-preserved west wall with the remnants of the only fragmentary preserved north and south wall.

In 2009, at least five of the sculptures in the sections 1, 2 and 3 of the west wall which were re-attached in 1980-85 were missing.⁴ But none of the preserved sculptures is fitting into these positions. These means that since 1985 not only more sculptures have detached, but they also got lost.

wall	preserved sculptures	detached in 2005	found in the hall	reattached in 2007	detached, but position clear	missing/losses
west wall	268	5	4 sculptures + 4 fragments (50 cm high)	4 (detached) 2 (found) 1 head	W3.28	24
north wall	40	1		1 head	N3.1 (?)	36
south wall	34	--				42
<i>kongqueling wang</i>	50	1	3 (smaller) 4 heads		K9.48	?

Table 1

Number of preserved, detached, found, and missing sculptures. Detached sculptures which clearly can be attributed to positions on the wall are not counted as “missing”.

¹ W1.45, W1.46, W2.58, W2.59, from section 1 were re-attached to the wall in April 2007. Still detached and stored in June 2009: W3.28, one sculpture from the north wall (probably N3.1) and K9.48 from the surrounding of the *kongqueling wang*.

² Four sculptures, four larger fragments of sculptures and two heads of the same height as the ones of the west wall (about 50 cm) were found. Additionally three smaller ones (fragmentary preserved, originally between 20 and 30 cm high) were discovered which have to belong to other areas, maybe relief scenes.

³ W1.38a and W1.54a.

⁴ W1.26a, W1.31a, W1.35a, W2.42a, W4.74a.

Very loose and already detached sculptures have to be re-attached to the wall. Often the conservation of the wall behind the sculpture is the first step. The treatment of the wall and of the sculptures in these cases is connected and has to be regarded as parts of the same problem and the same step of treatment.

Lost pegs and thick layers of clay for re-attaching sculptures

In 1980-85 a larger number of sculptures have been re-attached to the wall. In many cases the original pegs have been re-used. Lost pegs in the back have been replaced by wooden sticks. The pegs at the feet were often not replaced. Sculptures and clouds were often re-attached on thick layers of mud-straw or mud-fibre mixtures. Often these layers are visible, unesthetic and too thick, causing the re-attached elements to protrude too far. Often the re-attached sculptures meanwhile have loosened again. The use of wires imbedded into the wall and laid around the waist of the sculptures is mostly ineffective and furthermore visually perturbing.

Unstable temporary attachment of sculptures with nails or wire

Probably after 1985 some sculptures have been secured on the wall using nails and thin wires. Some of parts that have been fixed that way, have fallen-down. In all cases, the wires are unstable fixations and visually perturbing.

Sculptures mounted on wrong positions

Records on the interventions in 1980-85 or photographs before or during the work have not been found so far. The number of re-attached sculptures can only be found out by examining the sculptures. Two of the sculptures which were so loose that they had to be detached during the conservation work in 2001 and 2007 definitely were not mounted on their original positions (W3.71 and W1.34). Several of the clouds also seem to have been inserted to fill gaps, originally belonging to other positions.

Basic guidelines for the conservation

The principal considerations and decisions were the same as for the treatment of the walls:

1. Minimal intervention: The interventions shall be reduced to the necessary minimum and only to conservation treatment. Restoration like reconstruction of missing parts, fillings and retouching are not planned.
2. Respect older repairs: The aim is to preserve the situation as it has come down to us. Changes and repairs will be left in place as part of the history of the hall

There are few exemptions made of these two decisions:

1. Fillings and reconstruction of smaller missing parts were done if necessary for reasons of stability. Fillings were made to secure fragile parts and the margins of lacunae. In few cases the wire cores of flying bands were reconstructed to connect the fragile remnants of the original bands.
2. Older repairs were removed when they were covering original parts, especially the thick clay layers for re-attaching the sculptures. Sometimes they were also removed to get access to the wall behind. They were removed as well when they were too unstable to support themselves, for example the re-attaching layers of clouds. Reconstructed clouds were not re-attached to the wall.

A Principal consideration was to use only materials with properties close to the original materials and very good aging stability. Therefore only clay-based materials were used for “gluing”.

Tests and interventions on-site

Interventions on-site took place in October 2001, July 2002, April and September 2007 and in July 2009.

The work focussed on the following aspects:

1. Stabilisation of broken and loose parts
2. Consolidation of softened or structurally weakened parts
3. Consolidation of parts with wire core
4. Re-attaching loose and detached sculptures
5. Re-attaching clouds
6. Re-attaching fragments found in the hall

The methods are described in detail in the following articles.

Stabilisation and rejoining of loose and broken limbs and parts

Catharina Blaensdorf

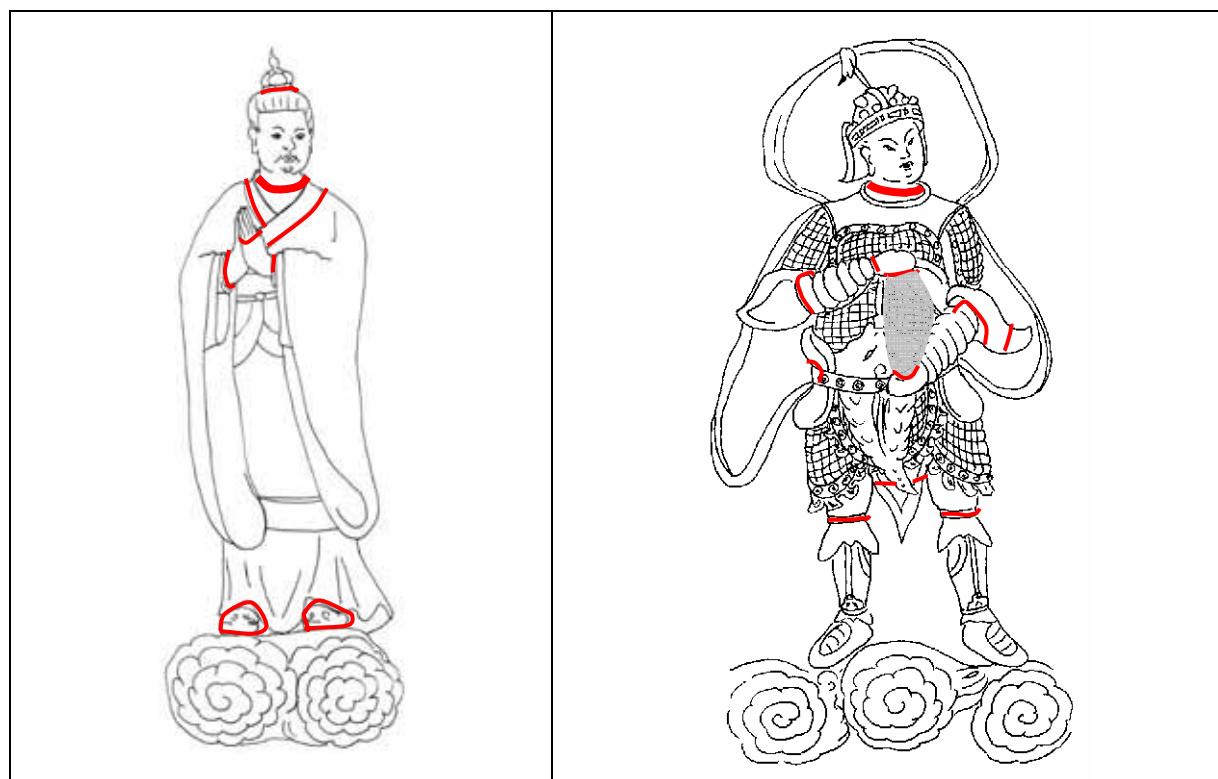
Many sculptures show broken or loose parts which need to be reconnected to the sculpture (fig. 1). Typical positions are:

fractures

- across the neck
- wrists
- fingers
- on sculptures with visible legs: knees
- on sculptures with self-supporting arms: elbows, sometimes upper arms or shoulders
- thin protruding parts of robes, armours or tunics

detached parts

- collars
- shoes
- headgears or parts of them
- ornaments on belts, armours, headgears
- attached single strands of hair or beard
- attributes carried by the sculptures (today often missing)



1

Position of fractures and opened junctions

The most frequent type of fracture is the one across the neck, resulting in a loosening of the head (fig. 2). The fracture might be caused by movements of the bamboo pole, but often also mechanical influences (touching) can be assumed. Hands are often bent, broken or even

broken-off. Depending on the hand posture fractures also occur across the fingers (fig. 4). The cracks at elbows and the fractures across self-supporting arms can be seen as mechanical damage (fig. 3).

The most frequent damage caused by detaching along work joints is the loosening of collars which were applied as thin clay strips and originally stabilised only by thin strips of paper applied below or imbedded into the ground layer (fig. 2, arrow). Various small decorative elements on headgears, belts, armours as well as bracelets and necklaces tend to detach at the joints (fig. 6). Elements with wire core slip from the often corroded wire (fig. 5a, b) or break lengthwise parallel to the wire.



2 Head and collar broken off;
arrow: paper strip along joint of collar



3 Break at elbow (arrows); raised arm broken off



4 Fingers broken off



5a 1 cm 5b
Small decoration from the headgear of W2.58, made of several pieces, attached with a piece of wire



6 Mould-made belt decorations often detach and fall-off

Method for stabilisation and rejoining

Methods for stabilising fractured or detached parts was tested since the first tests made by S. Scheder in 2001. The described method was applied in April and September 2007. Clay mixtures of different dilution can be used as bonding material for fractured or detached parts. The decision which mixture was used, mainly depended on

- the width of the clearance
- the tools suitable for application of the clay mixture
- the fitting accuracy of the break

The dimensions of the cracks vary between very fine hairline cracks to gaps of several millimetres. The insertion of clay material into cracks can only be done by injection.

If parts are completely detached, like the collar in fig. 2, the fracture surfaces are completely accessible. Clay material can be applied easily by paint brushes.

If the pieces to be joined are not fitting well or if the fracture surfaces are damaged, the clay mixture has to work not only as adhesive, but also as filling material.

Principal way of procedure

The treatment comprised several steps which were carried out in the following order:

1. Cleaning of fracture surfaces
2. Aligning the parts and finding the fitting position
3. Moistening of surfaces
4. Application of adhesive clay mixture
5. Adjusting the break in perfect position
6. Fastening the parts tightly until the clay mixture has dried

Cleaning

The cleaning of fracture surfaces is important because a thorough cleaning is the precondition for a stable adhesion. Sand grains and clay granules inside the gap prevent a good fitting. Clay mixtures will not adhere on dusty surfaces.

Cleaning of the fracture edges is done with different tools, supported by a vacuum cleaner. Dust blowers (rubber balls which can be squeezed by hand to blow out air by a fine nozzle) can be used to blow dust out of gaps. Depending on the width of the gap and the type of dirt, pointed wooden tools (bamboo sticks) or paint brushes can be used. Together with the tools to remove dust, a vacuum cleaner is used to suck away the dust immediately.

Alignment of parts in the right position

Before a consolidation material is applied the parts have to be adjusted “dryly” to find the fitting position. In case of poor fitting due to deformed fracture edges or dust remaining inside the crack, the crack can also be moistened firstly without using too much water.

When the fitting position is found, a system for holding the parts in this position is tried out. It is necessary to prepare the devices for holding the pieces in this stage, as there is no time to check for fitting tools once the clay mixture is injected or applied.

Moistening the fracture surfaces

The surfaces have to be moistened in the full extent und sufficiently. In 2007, water mixed with ethanol (water : ethanol - 1:1 or 1:2 by volume) is used for moistening. Ethanol functions as surfactant (reduction of surface tension of water) and thus enhances the moistening effect. It evaporates fast and thus reduces the soaking of the clay parts with water. For hairline cracks, a pre-moistening of the fracture surfaces is not possible without the addition of ethanol, as the water will not penetrate into dusty gaps.

If the fracture surfaces are exposed or if the gaps are big enough, a diluted clay slurry can be inserted (applied by paint brush or injected). This increases the adhesion. As mixture HFM 1 (see below) is used, sometimes diluted with an additional amount of water.

Clay mixtures for bonding

Depending on the dimensions of the gap, different clay mixtures were used in 2007:

HFM 1	10 parts water, 5 parts “yellow earth” 1.5 parts sand, 0-0.2 mm	slurry to increase adhesion; hairline cracks
HFM 2	10 parts water, 10 parts “yellow earth” 2 parts sand, 0.2 mm	cracks up to 5 mm

Larger cracks sometimes had to be treated in repeated applications, allowing the first injection to dry and shrink before more material was injected. The mixtures were applied with the tip of fine paint brushes (fig. 7) or with cannulas of different diameters (fig. 8), depending of the width of the clearance. If the fracture surfaces were exposed, the clay mixtures could be brushed on.



Application of clay mixture into the crack across the neck with a fine paint brush



Application of clay mixture into a crack with a syringe

Adjusting and holding the joint in the right position (temporary fixation)

When the clay mixture is applied, the parts have to be adjusted in the fitting position and hold together until the clay mixture has dried. If the parts are moved during the drying phase, the joining will not adhere and the crack will open up again.

Very small parts can be pressed down by hand and held there for a short time. This works well if the joint or crack is in vertical position. Also for small parts, however, the adhesion is improved by applying a slight pressure during drying.

For bigger parts, a system has to be prepared to hold the parts in position under slight pressure for several hours. Before a temporary fixation system is attached, the surrounding has to be stable to avoid damages by the support system. The consolidation of the surface and the polychromy, the re-attaching of small parts and, if necessary, stabilising fillings have to be carried out before –re-attaching bigger parts (fig. 9 and 10).

Depending on the shape, different devices can be used as support structure for holding the parts during drying. In 2007, devices were made in a very simple way of wide-spread cheap materials which were available in Lantian. Small props (fig. 11), different types of string (fig. 10, 13, 15) or elastic bands (fig. 11 and 12) were used. Blocks of soft materials can be used for cushioning or stabilising (fig. 13). Strings can be twisted to increase the pressure. The used devices partly looked improvised and provisionally, but they were effective. Great care was taken that the surface was not damaged in any kind.



9

Consolidation of the smaller damages in the clay surface before re-attaching bigger parts.



10

Re-attaching the head and temporary fixation with strings until the head had dried



11

Temporary fixation with elastic bands; left arm propped up by wooden support



12

W3.46

Temporary fixation with elastic bands



13

Temporary fixation with plastic strings, polystyrene block and block of sponges

Fillings and partial reconstructions

Following the principal considerations, fillings, completions and reconstruction of lost parts should not be carried out. In some cases, however, it was necessary to built up a “bridge” between two preserved parts which could not be connected directly anymore. Moreover, fillings were made to protect fragile margins or to increase the stability of poorly fitting joints. Figure 14 shows a sculpture of an old man with long hanging strands of white beard. A part was broken out (arrow). To guarantee the stability of the preserved parts, a small piece of clay was formed to bridge the gap.



14

N2.1

Stabilisation of a broken strand of hanging beard



15

W4.37

Temporary fixation of hands with cotton strings;
Re-attachment of bowl to the hand of W4.37



15

Detail of reconstructed palm with re-attached bowl.
Arrow: remnants of original wire

Figure 15 and 16 show one of the very few examples where modelled parts of the body were reconstructed. The monk W4.37 was holding a tiny bowl (about 2 cm in diameter) in his left palm. As the hand was broken off, the bowl fell down. It was found at the feet of the sculpture. From the remnants of the wire originally connecting the bowl to the hand, it could be proved that the bowl belonged to this specific sculpture and into his left hand.

As the palm did not exist anymore, the bowl could not be re-attached. In the end the part of the palm was reconstructed which was necessary as stand for the bowl. At the same time the reconstruction served as filling and stabilisation of the preserved thumb and rudiment of the hand. The completion was made of mixture of “yellow earth” with hemp fibres. The bowl was connected to the hand with a clay mixture of “yellow earth” and sand.

Consolidation of softened or structurally weakened parts

Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder

Besides fractures and detaching parts, the sculptures also show damages in the surface of the clay modelling. These are damages of the fine modelling layer consisting of clay, hemp fibres and sand. There are two different types and causes of damage:

- Damages caused by **water**, either soaking the sculptures or running down over the surfaces: Damage phenomena are the erosion of surfaces (fig. 1 and 4), resulting in the loss of fine structures. Sometimes deformations and lacunae in the surface layers occur (fig. 2 and 3). Often the exposed surfaces look grainy as the portion of clay minerals is reduced, resulting in the sand grains and the fibres sticking out on the surface (fig. 4).
- Damages caused by **mechanical stress**: touching and rubbing resulted in abrasion of surfaces. Protruding parts clearly are more affected than recessing ones: Edges of robes, hands, armour parts or noses and ears show the most damages. Sometimes the influence of a punctiform impact, like a hit with a pole and too hard pressure by hand can be observed (fig. 5). Bending thin parts repeatedly or pressing them until they crush resulted in softening of these parts which nowadays are mostly held together by the fibres inside the clay. Parts affected badly tend to crumble away whenever they are touched (fig. 9).

Often both damage causes occur together, one intensifying the other: water-damaged areas are more sensible to mechanical stress. On the other hand, areas pre-damaged by mechanical forces will take up water much easier and erode faster under the influence of water (fig. 7).

Aims of treatment

The structurally weakened parts are very sensitive to mechanical stress and can be damaged already by the touch of a paint brush. The aim of the treatment is to stabilise the crumbling surfaces and the softened parts in a way that allows surface cleaning and prevents further damage. Flaking and sanding of surfaces has to be stopped. Softened and flexible parts need to regain an adequate rigidity and stability. If possible, the treatment should be invisible. In theory, water alone is sufficient to regenerate structurally weak clay parts. In praxis, this is often not possible as the required compression after moistening would result in deformation of the parts. Thus consolidation with clay suspensions and stabilising fillings is necessary which remain visible after the treatment. It also has to be stressed out that the damaged parts will remain sensible against mechanical stress and cannot regain the stability and rigidity of undamaged parts.



1
Eroded head



2
Rounded lacuna on the cheek.
Damage by water (?)



3
W2.59
Lower hem of skirt deformed
by water



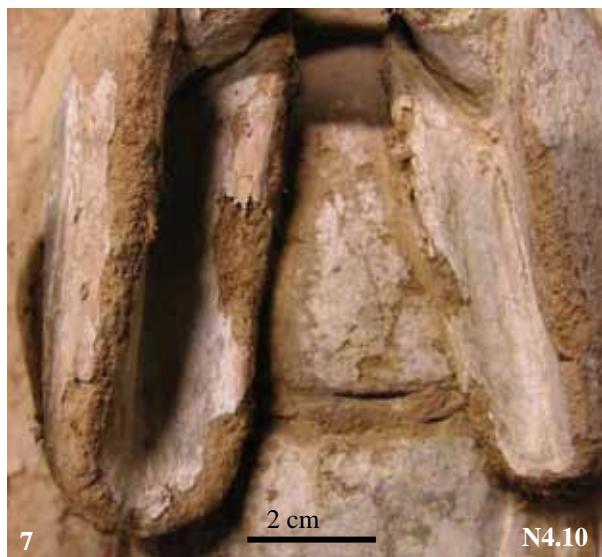
4
W2.59
Rudimentary preserved hands
with grainy surface



5
N5.1
Edge of the sleeve cuff broken-out
because of punctiform impact
(arrow)



6
N4.11
Edges of sleeves damaged from the combination of water and
mechanical stress. Edges showing cracks parallel to the contour
and crumbling fine clay (arrows)



Damaged edges of sleeve cuff before (fig. 7) and after treatment in September 2007 (fig. 8).



Damaged part of armour before (fig. 9) and after treatment in April 2007 (fig. 10).

Method of stabilisation treatment

Treatment of surfaces and bent parts

The first step is, as far as possible, a cautious cleaning to remove dust and adhering dirt. The damaged parts then are moistened and if necessary formed back to their original shape. This can be done on “fluffy” or grainy appearing surfaces by imbedding the fibres and sand grains again into the clay matrix with the help of a fine spatula (fig. 8). Bent parts can be rearranged and held in position until they are dry.

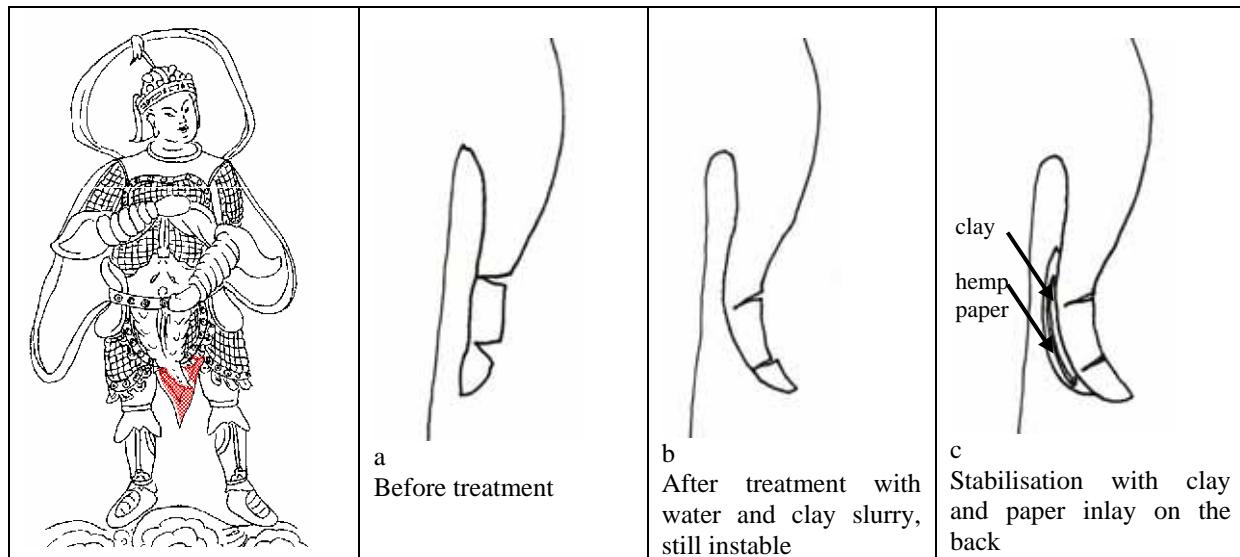
Stabilisation of rough surfaces

If the surfaces are still rough and sanding after this first step of treatment, a diluted clay suspension made of “black earth” or “yellow earth” with water can be applied to cover the

sticking-out sand grains and fibres (fig. 10 centre, hanging part of armour). The type of earth is chosen depending on the colour of the surrounding which varies between yellow and brown. Margins of lacunae or sensitive fracture edges are treated in the same way. If necessary, fillings along the edges are made to stabilise them.

Stabilisation of softened and bent parts

Bent parts are stabilised by injecting clay suspension (mixture of HFM 1) into cracks and holding the parts in the correct position until they are dry. In the case of the hanging tip of robes and armour of the *tianwang*, this sometimes is not sufficient. To avoid visible stabilisation like thicker fillings, stabilising layers are applied in three cases on the back of the element: the back is moistened with water. A thin layer of clay slurry (clay suspension or HFM 1) is applied. A piece of hemp paper is imbedded into the clay slurry. After drying the paper is covered with a thin layer of clay (“yellow earth”) with hemp fibres (fig. 11).



11

Stabilisation with applied clay layer and hemp paper inlay on the example of a hanging tip of a tunic

Consolidation of parts with wire core

Catharina Blaensdorf

Thin, long and curved parts are not modelled over a wooden substructure, but possess a core of wire. Typical parts are flying bands, strands of hair or decorations on the headgear. Wire loops also serve to attach attributes or weapons to the sculptures.

During the manufacture process the wires were probably pierced into the still soft clay body. After the clay had dried, the elements were formed over the now stable imbedded wires.

The wires consist of iron and are produced by drawing. Different diameters were used depending on the dimensions of the element.

Damages of parts with wire cores

There are two types of damages:

- Damages caused by ***mechanical stress***: many parts are bent, resulting in deformations of the wire. The clay layers modelled around the wire can not stand the stress and brake, either across the part or along the wire.
- Damages caused by ***corrosion***: The degree of corrosion depends on the penetration of water into the hall: The wires on the west wall are in poorer condition than the one on the middle wall. Thin wires partly are heavily corroded. There hardly is a metal core preserved. These wires have no flexibility anymore and break, sometimes into small pieces. As the corrosion develops faster on parts exposed to the air, the elements, damaged by mechanical stress often also show serious problems of corrosion.

Aims of treatment

The aim of the treatment was to prevent further losses on the parts with wire cores. Principally the treatment should focus on two aspects:

- Stabilisation of clay parts around the wire
- Consolidation of wires

So far, the consolidation of corroded wires themselves has not been investigated yet. During the work in April and September 2007, the treatment focussed on the stabilisation of clay parts with wire core as a unit, consolidating the clay and the inner structure, but not treating the wire.

Method of treatment

Damages on the clay parts

The clay parts detaching to the wire mostly show a very poor adhesion of the wire and tend to fall off at the slightest movement on the wire core. Broken parts are reconnected using clay suspension with sand (recipes HFM 1 or 2). As the fracture edges are very sensible and the consolidated parts will not withstand mechanical stress (bending of the wire), fillings are made to bridge the gaps between preserved parts. If the loss between two preserved fragments is bigger than several centimetres, only the fracture edges are reinforced by a filling without closing the whole loss.

In parts, broken along the wire, often one half of the clay modelling is missing, exposing the wire to one side (fig. 5). In this case, clay has to be applied to coat the wire and reconnect the clay modelling to the wire. On thin bands, this results in the reconstruction of the missing half as the bands are so thin, that the clay necessary for stabilisation have the same thickness as the original part.

For fillings a mixture of “yellow earth” with hemp paper is used (fig. 1). Reconstructions in shape are modelled to resemble the original shape. Stabilising fillings are not modelled. Their surface is below the original one.

There are many remnants of wire without clay modelling around. These are not changed during the conservation work.

Reconnecting broken wires

Especially the long “flying bands” are often broken into several pieces (fig. 4). They are mostly attached only on one end and maybe another point in the middle, so most of them are hanging down unsupported. If the wire is broken at one point, the band falls off. For reattaching these broken bands, the wire has to be reconnected.

The treatment of broken wires comprised the following steps:

- Cleaning
- Arrangement in the correct position
- Connection of the broken pieces with new wire
- Fillings with a mixture of “yellow earth” and hemp paper (*ma zhi*)

Severely corroded parts of wire which were covered with clay later on were coated with a layer of Paraloid B72 (dissolved in acetone).¹

¹ Paraloid B67 would have been preferable, but was not available at that time.

For the connection of the broken wire parts, a thin flexible wire is used, which is wound round the original wire (fig. 6). Wires can also be connected by a strip of Japanese paper wound around the break and coated with Paraloid. This is only possible if the piece missing in-between is not too long and if the weight hanging on the re-connected part is rather low. The connection with wire is more stable.

The reconnected parts are covered with a thin layer of clay slurry. If necessary for the stabilisation, fillings are inserted.

Like most of the sculptures of this type, W1.37 had a band flying over his head. The band originally was attached on both shoulders. Only the band on the left shoulder was preserved, ending in a wire sticking up vertically (fig. 2). During cleaning of the sculpture in September 2007, another part of the wire was found lying on the shoulders of the sculpture. The preserved parts were reconnected with a new wire. This was attached with a small clay ball on the right shoulder. In this way, the preserved part of the wire could be re-attached and the original shape of the flying band can be recognised again (fig. 3). The “flying band” over the head of W3.47 was repaired in a similar way.

During cleaning of section 1 of the west wall in April 2007, a long “hanging band” was discovered entangled in the bands hanging down from the belt of W2.55, which were also damaged. In the end, one “hanging band” could be reconstructed which did not belong to W2.55. It could be attributed to W1.51, a similar sculpture in the tier above.

The band was broken in two parts and pieces of the clay modelling were missing (fig. 4, 5). The broken wire parts were reconnected with thin wires (fig. 6). The band had been deformed due to the fall and had to be bent cautiously into a position fitting to the sculpture. During the application of the stabilising fillings, the band had to be supported to dry in the required shape (fig. 7, 8). In the end, the band could be reattached to the sculpture W1.51 (fig. 9).



Stabilisation of fragmented hanging band on the sculptures with stabilising fillings



Stabilisation of a part a flying band including a loose part found on the sculptures back:
Situation before treatment



Situation after treatment (November 2007); arrows: connection points of old and new wire; white line: inserted pieces of new wire



5



6



7



8

Consolidation of a hanging band from W1.51

4, 5

Detached band before treatment

6

Connection with new wire

7, 8

During stabilisation and filling

9

After re-attaching to the wall (with temporary support)



4



9

Re-attaching loose and detached sculptures

Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder

One of the most conspicuous damages of the west wall and the adjoining parts of the north and south wall is the detaching of sculptures from the wall. The larger areas with renewed plaster on the north and south wall indicate that a larger number of sculptures were missing in these parts already in 1980, but only a small number of sculptures were missing on the west wall at that time. A number of sculptures have been re-attached in 1980-85, in the lower tiers because they were loose, in tier no. 1 also to repair the wall.

The current situation of loosening and detaching of sculptures thus seems to be occurred since 1985. Among the loose and the lost sculptures, there are several which had been re-attached in 1980-85. The reasons for the poor stability are, that missing pegs at the feet were often not replaced, replaced pegs were often rather short and the clay application used for attaching was so thick that it developed big shrinkage cracks which diminished the adhesion.

The characteristics of loosening vary in several degrees:

- sculpture slightly loosened, crack between sculpture and wall open, but connection to wall stable
- sculpture slightly loosened, movable towards the wall
- sculpture tilting forward, adhesion to the wall lost at the peg in the back
- sculpture completely loose, hold in place by prop
- sculpture already detached, as precaution (since 2005) or fallen down (before 2005)

There are two ways of treating loose sculptures,

1. to stabilise them on the wall
2. to detach them and remount them after consolidation of sculpture and wall

The decision, if a sculpture should be treated on the wall or if it has to be detached, depends on the stability of the connection to the wall and possibility to bring the sculpture into a fitting position. If a sculpture is loosened, but can be pushed easily back into its original position, there is no need to remove it from the wall. Often dust and even small “objects” (pieces of clay from the wall, fragments of wire of sculptures or wall plaster) have fallen into the gap between sculpture and wall, making it impossible to bring the sculpture back to its original position.

Tests show that detaching a loose sculpture and mounting it in perfect position gives better results, in regard to a stable connection to the wall and to esthetical criteria, than trying to stabilise it in a not-fitting position.

The sculptures show a connection to the cloud below their feet: as the bamboo pole inside the sculpture ends behind the cloud, the cloud has to be removed before detaching the sculpture. Removing a well-connected cloud or a sculpture from the wall would damage the finish coat of the wall which has been applied at the same time or even after the fine modelling of the sculptures. On sculptures which have detached from the wall, these connections have been broken already. If a sculpture is tilting seriously, also the cloud detaches. This means that loose sculptures in most cases can be detached without producing additional damage to the wall. If there still is a connection to the wall plaster or to a stable cloud, the sculpture should not be detached, but stabilised on the wall, if there is any chance to regain a sufficient connection to the wall again.

For the stability, the connection between the long peg in the back of the sculpture and the wall is essential. The pegs at the feet and the laminar connection between clay body and wall support the connection. Without a stable connection of the peg to the wall and to the sculpture, however, the sculpture will not stay attached to the wall.

Treatment of loosened sculptures on the wall

The treatment comprises the following steps:

1. Removal of dust and dirt from the gap between sculpture and wall
2. Finding the perfect position of the sculpture
3. Preparation of temporary supports (props)
4. Insertion of a tube behind the sculpture
5. Closing the cracks and gaps around the sculpture
6. Moistening of fracture planes and, if possible, the hole around the peg
7. Injection of clay mixture into the gap
8. If possible, adjusting of position of the sculpture
9. Support of the sculpture with slight pressure during drying

Dust and dirt have to be removed as thoroughly as possible. It is advisable to move the sculpture a bit (if this is possible) during the cleaning process. Afterwards the sculpture has to be positioned as exact as possible. Normally this means to push the top part of the sculpture back towards the wall. If there are still fragments of material inside the gap, this is not possible without opening the gap at the feet. After finding the best position, the sculpture has

to be pulled forward again to open the gap as wide as possible. Often it is necessary to clean the gap another time afterwards with a vacuum cleaner.

As preparation of the re-attaching, a system of temporary supports has to be prepared to hold the sculpture in position during drying under slight pressure. All parts have to be prepared and at hand, because the prop has to be installed immediately after application of the clay mixture.

As a next step a tube is inserted into the gap behind the sculpture. If possible, it is inserted from the top, because the injection material will flow down, but not up. Depending on the width of the gap or the accessibility of gaps or holes, also several tubes can be inserted on different positions. The tubes can be affixed in the best position with a small lump of half-dry clay mixture (recipe not important).

All cracks and holes connected to the gap behind the sculpture have to be closed, using half-dry clay (fig. 1), tissue papers or cotton (fig. 2), to prevent clay suspension flowing out. The use of cotton has to be restricted to smooth areas as cotton fibres are hard to remove from rough surfaces. Where the system of cracks or voids inside the wall can not be estimated, the surrounding background is protected by facings with Japanese paper (adhesive: Klucel E, 2.5 % in ethanol). If the cracks are not closed tightly, water will flow out during moistening of the gap, revealing the leaking spots.



W2.41



W2.41

1

Stabilising sculpture W2.41, June 2009: Cracks around the gap closed with clay mixture



W4.33



W4.33

2

Stabilisation of W4.33, September 2007. Cracks blocked with cotton wool during injection.

Left: moistening with water
Right: injection of clay mixture (HFM 2)

For moistening a mixture of water and ethanol is used (1:1 or 2:1 by volume). Afterwards a clay mixture is injected. As the same tubes are used for water and for the clay mixture, it has to be assured in advance that the diameter of the tube is big enough for the chosen clay mixture. In 2007, a mixture of “yellow earth” with sand (HFM 2) was used. In 2009, the new mixture with micro-balloons and Tylose (HFM 8) was used. The gaps were filled from bottom to top, if possible, including the hole around the peg.

Immediately after bringing the sculpture into the ideal position, the props are installed. It is important not to make attempt of changing the position of the sculpture or of the prop anymore, after the clay mixture starts to solidify. Wobbling and readjusting will then result in the formation of cracks in the clay mixture and prevent a stable connection.

The sculptures should dry with the prop in place for at least 24 hours. The clay, tissue papers or cotton can be removed when the clay material does not flow anymore. Depending on the dimensions of the gap, this took several minutes. Cotton wool and paper have to be removed before the injection material has dried completely.

If the gap is so big that it cannot be filled in one application, the tube can be left in place. After the first application has dried, more material can be injected to fill space and cracks developed by the shrinkage of the clay mixture.

Treatment of detached sculptures

The treatment comprises several phases:

- a. Detaching of the sculpture (and the cloud)
- b. Consolidation of the sculpture and the wall
- c. Re-attaching the sculpture (and the cloud)

Detaching the sculptures

Before a sculpture is detached, it has to be checked that this can be done without damage for the parts next to it. If the cloud underneath the sculpture is preserved, it has to be removed firstly. After the removal of the cloud, the peg(s) at the feet are accessible. If the hemp string is still intact, the knot has to be opened, or if there is no other way, the string has to be cut.

Afterwards all loose sculptures could be detached without problems. The peg in the back remained inside the sculpture during detaching, but often was loosened and fell out afterwards (fig. 4). The pegs at the feet mostly remained inside the wall or were already missing.

Sometimes small parts of the background plaster detached together with the sculpture because they were adhering to it and not the wall anymore (fig. 6). Small parts still adhering to the sculpture were secured in their position before detaching the sculpture by a facing of Japanese paper (adhesive: Klucel E, 2.5 % in ethanol).

Consolidating the sculptures

After detaching from the wall, sculpture and wall can be consolidated separately. The sculptures are cleaned, broken parts and softened surfaces are consolidated. Afterwards the sculpture can be turned over and places face down to treat the back (fig. 6). The surface has to be cleaned thoroughly. Remnants of wall plaster adhering to the sculpture have to be removed. Cracks and gaps are filled with clay mixtures (HFM 2). The peg in the back can be adjusted into the hole, but not without filling the hole completely, because the connection needs to have some flexibility during re-attaching the sculpture. If the tip of the peg is broken off, what occurs often, the broken end has to be carved to a pointed tip again. If the broken peg is too short, it is extended with a threaded bar (diameter 8 mm). Due to the tilting of the sculptures, the hole inside the back is big enough to insert the threaded bar next to the original peg.

The clouds are also consolidated and cleaned. Remnants of original clay substructure are preserved if possible. Replacements of the substructure from 1980-85 are removed because mostly they are not fitting in thickness and often visually unsatisfying.

Consolidating and preparation of the walls

The wall behind the sculpture has to be cleaned and consolidated. On positions of sculptures detached some time ago, the wall might be covered with later repair plasters which have to be removed. Clay mixtures of 1980-85 are removed, if they are often too thick, not correct in the position or not stable anymore. Losses of the wall plaster (i.e. the undercoat) have to be repaired. For this a straw-mud mixture is used. The holes for the pegs have to be left open. The holes for the pegs in the back are enlarged to allow an adjustment of the sculptures on the wall. As often the sculpture has to be lifted over the head of the sculpture in the tier below, the angle of the peg in this moment is almost vertical. The peg can only be adjusted when the sculpture is rather close to the wall. Also for this operation, it is necessary to enlarge the hole for the peg inside the wall to on the upper side. On the upper side of the hole a tube is inserted and affixed in the position with a small lump of clay (fig. 11).

In the surrounding of the sculpture, the painted part of the background was protected with a facing of Japanese paper (adhesive: Klucel E, 2.5 % in ethanol).

Preparation for the re-attachings

After the consolidation of the sculpture and the preparation of the wall, the sculpture is adjusted into the right position and hold there by hand. This is necessary to see if the sculpture can be mounted without difficulties. If the peg for the feet is not preserved or not in the right place anymore, the correct position can be marked. The pegs for the feet are inserted before the sculptures are mounted to the wall.

During the test for re-attaching a temporary support system has to be prepared, consisting of a prop, a cushioning for the sculpture surface and a fixation method for holding the prop.

Re-attaching the sculptures to the wall

The re-attaching of the sculpture has to be carried out speedily. All necessary tools and materials have to be prepared in advance. The preparation of sculptures from the upper tiers has to be done on the scaffold, because the cautious lifting of sculptures to the scaffold needs too much time. Moreover, it is necessary to work at least with two persons, one or two on the scaffold and one on the ground to assist by handing missing things quickly. The necessary materials and devices, which have to be arranged next to the position of the sculpture to be mounted, are:

- Spray bottle with water; bowl with diluted clay suspension (HFM 1); bowl with clay mixture for re-attaching (HFM 2); syringes filled with water, clay suspension and clay mixture
- Paint brushes to apply clay mixtures, spatulas to spread them
- Cushioning material to place the sculpture face down
- Tissue paper for wiping off surplus of clay
- All parts of the temporary support

When everything is prepared, the re-attaching is done in several steps

1. Inserting the peg into the sculpture and fastening it with a clay mixture. Depending on the dimension of the hole, the clay mixture can be injected or applied with a spatula. The clay mixture can be chosen depending on the dimension of the hole and the type of application. Firstly the hole is moistened (fig. 7). If it is deep or wide a first application of clay mixture can be done. Then the peg is inserted. More clay mixture is injected until the hole is filled (fig. 8).
2. Moistening the wall and the back of the sculpture. A spray bottle is a suited device for this. The hole for the peg has to be thoroughly as well.

3. Application of a diluted clay suspension (HFM 1) on the back of the sculpture (fig. 9) and on the wall.
4. Application of the clay mixture to the back of the sculpture. The clay mixture can be applied with a syringe and spread with paint brushes or spatulas (fig. 10). As clay mixtures for re-attaching in September 2007 “yellow earth” with sand (HFM 2) was used, in April 2007, also mixtures with hemp paper. If the hole for the peg is very big, mixtures containing glass foam were inserted with a spatula, having a low shrinkage and giving a good mechanical locking due to the rough additive. The application on the sculpture and on the wall has to be done at the same time and quite speedy.
5. The sculpture is attached to the wall (fig. 12) and adjusted correctly.
6. The support system is set up, giving a light pressure to the sculpture (fig. 13).
7. Clay mixture is injected into the void in the hole around the peg through the tube.
8. The sculptures should dry for at least 24 hours, if possible for 48 or 72 hours.
9. After the connection is dry and stable, the bamboo pole can be attached to the peg(s) at the feet with a hemp string. If the peg is not located below the feet, but inside the body what occurred in few cases, it is not possible to connect pole and peg with a hemp string. The peg near the feet in this case has to be treated like the one in the back.

After the sculpture has been mounted, the cloud below the feet can be mounted in a similar way. If there is no cloud preserved, the peg(s) at the feet and the connection with the hemp remain visible. Pegs and connection can be covered by a thin layer of clay for esthetical reasons (fig. 19 and 20).

Temporary support systems

In an ideal case, the prop should contact the sculpture at the point of the upper peg and in the same angle as the peg or at least vertical to the sculpture surface. The prop should be attached to a stable, vibration-free construction.

During the work periods in April and September 2007, this ideal case was not given. The props were made of wood (fig. 13, 14). For the uppermost tier, also slats of polystyrene were used which could be jammed behind the lintel of the purlin (fig. 15). Except for the top of the wall, the only place to attach the props was the scaffold. The scaffold consisted of iron bars, connected by metal clamps. This meant that the system was rather flexible as additional bars could be added at different levels. The main disadvantage however was that the scaffold was not vibration-free and was shaking as soon as a person was moving on top of it. Climbing on the scaffold resulted in props falling down. Adding horizontal bars at all required levels,

Re-attaching of detached sculptures on the example of west wall, section 1, W2.58 and W2.59



Detail of west wall, section 1 in April 2007 before treatment. The sculptures W2.58 and W2.59 have been detached in 2005.



W2.58: the peg in the back has fallen out, the one at the feet is missing. The plastic bags contain the clouds.



The same part of the west wall, section 1, in September 2007 after treatment. W2.50 and W2.59 are re-attached.



W2.59: the back has opened drying cracks. Arrow: small parts of the painted cloud background detached together with the sculpture.



7

Moistening the hole for the peg



8

Injection of clay mixture around the inserted peg



9

Applying of clay suspension on the back of a sculpture



10

Applying clay mixture on the back of the sculpture



11

Tubes inside the holes for the pegs; wall moistened



12

Re-attaching the prepared sculpture speedily

W2.58 and W2.59 after
re-attaching, stabilised
by wooden props

13

transformed the scaffold into a cage, making it very hard to move or sit on it and to reach the sculptures behind the bars. For further work, a system at least independent from the scaffold would be a considerable progress.

Replacement of missing pegs and hemp strings

A considerable number of pegs for the feet are missing today. The main connection between wall and sculpture is given by the peg in the back, but the pegs at the feet give additional stabilisation. Because of this reason, missing pegs and hemp knots should be replaced.

In section 2, a larger number of pegs at the feet were missing (W1.34, W1.35, W2.36, W2.37 and W1.38a). Some pegs had splintered tips and could not be reused because they would have been too short if the tip was carved to a pointed shape again (W1.37). The missing and unsuited pegs were replaced by new ones. These were cut from branches of Smoke tree or Young Fustic, a wood species that has been identified on original pegs. Typical for Smoke tree or Young Fustic is the yellow core of the very hard wood (fig. 18). The yellow heartwood is still well-visible on many original pegs. Smoke trees are shrubs with thin boles and branches. They are still growing wildly in the mountains behind the Shuiliu'an. The branches used for the pegs were thinner than the original ones: For the original pegs the wood was split into thirds or quarters. The new branches were so thin, that only the bark was cut off to get the fitting diameter (fig. 18).

Missing hemp strings were replaced by hemp strings made by Mr. Xu Liujin for this purpose (fig. 16 and 17). The replaced pegs and strings are partly still visible if they are not hidden behind a cloud. If the original hemp string was preserved, but too short to tie it in a knot, the connection was covered with a layer of clay for protection and stabilisation of the string (fig. 19 and 20).



14

Wooden props attached to the iron bars of the scaffold with C-clamps



15

Polystyrene slats jammed behind the lintel of the purlin



16



17

16, 17
Mr. Xu Liujin produces strings from hemp fibres



18

W2.36

Replaced missing peg made of Smoke tree and replaced hemp string; the yellow heartwood of the smoke tree wood is discernible.



19

W4.54a

Replaced peg and the original hemp string, which still was connected to the bamboo pole. The connection was covered with clay for protection.



20

W4.54a

Re-attaching clouds

Catharina Blaensdorf, Laura Thiemann, Stephanie Edlmann

The clouds are part of the modelled decoration of the west wall. They are similar to the sculptures, but show slight differences in the technique of application to the wall. Because of these differences, also the technique for consolidation and re-attaching had to be modified.

The modelled clouds are positioned below the feet of the sculptures, concealing the end of the bamboo pole. If the sculpture is tilting forward, the cloud gets loose as well. The substructure of the clouds is a thick layer of clay with hemp fibre or, seldom, mud-straw. As obviously no props have been used originally to support the clouds during drying, the clay mixture of the substructure must have had a very good cohesion and creeping strength. Probably an organic binder was added to the mixture to obtain these properties.

Missing clouds were partly replaced in 1980-85. The clouds are made in the same system with moulds and attached with mud-straw or clay-hemp fibre mixtures. The added clouds differ slightly in shape and they are not painted. Thus they can easily be distinguished from the original ones.

Typical damages

The typical damage is the detaching of the mould-made clouds from the substructure. Sometimes also the substructure detached from the wall, but often it is rather stable. In the parts of the wall which have been repaired in 1980-85, the clouds are re-attached on a new substructure. This often is too thick and protrudes on the edges of the cloud.

Clouds show the same damages as the surface layers of the sculptures: ridges are sometimes scratched or damaged in other ways by mechanical stress. Detached clouds tend to break. Often pieces are held together by the hemp fibres in the clay, but are soft and flexible.

A problem often is that the clouds are partly concealed behind the heads of the sculptures. If they have detached, it is not easy to insert them into their original position again with very little space to move between the head of the lower tier and the feet of the upper tier. For the same reason it often is not easy to install a prop as support during drying.

Treatment of detached clouds

Some principal decisions were made in 2007 concerning the clouds:

1. Clouds will only be detached if the sculpture behind has to be detached
2. Detached clouds will be re-attached with the same method as originally

3. Replaced clouds will be left in place, but if they have to be detached for some reason, they are not re-attached as long as the position of the clouds found in the hall is not clear.

Loose clouds were stabilised in the same way as loose sculptures. Detached clouds were consolidated with the same methods as the sculptures (fig. 3) and prepared for re-attaching. If the substructure was still intact, the cloud was mounted with a layer of clay with sand (HFM 2) and supported with a prop during drying (fig. 1, 2, 4).

If the substructure was instable or missing, it had to be prepared first. As the clay mixtures used for conservation in April and September 2007 are not suited to be applied in thick layers and do not possess enough creeping strength to hold the cloud in the right position during drying. Therefore, the substructure was prepared by forming a layer of mud-straw which could dry for at least 24 hours before the clay bed for re-attaching the cloud was applied.



1
Cloud below W4.55 detached



2
Substructure behind cloud below W4.55



3
Consolidation of a cloud before re-attaching



4
Re-attached cloud below W4.55 during drying

Holes in the pedestal caused by losses of twine relief of clouds were closed with a mud-straw mixture to protect the margins (fig. 5, 6). As the holes are often deep and connected to larger voids inside the wall, also the transport of dust into and out of the hole should be stopped. The surface of the filling is kept in the level as the substructure of the surrounding.



5



6

Deep hole in the twine frieze of the north wall: closing of hole with mud-straw mixture in several applications.

The hanging cloud (September 2007)

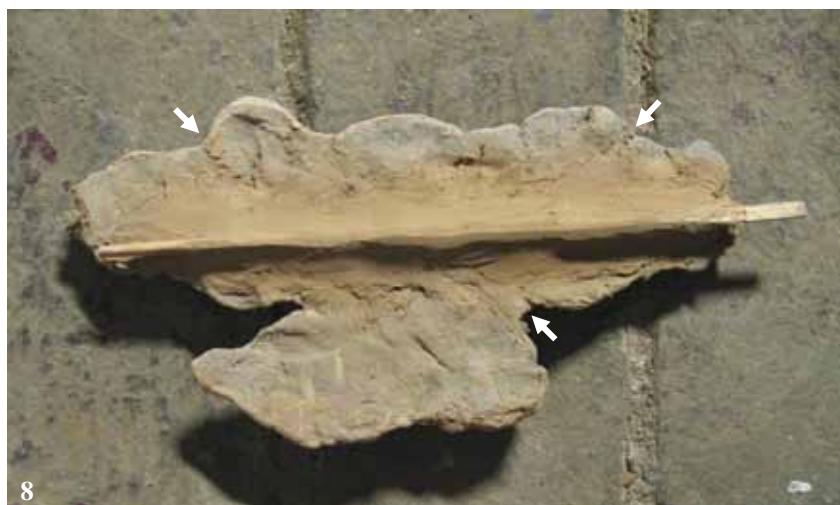
A special situation was found on the west wall in section 2. Below the decorative frame between the sculptures W3.56 and W3.57 the cloud band was interrupted. The cloud positioned below the frame is of the more rare type of a cloud with many small swirls. It was not mounted to the wall, but just hanging between the clouds below W3.56 and W3.57. When the fragile cloud was removed, the background was discovered to be painted (fig. 7).

It was not possible to decide if the cloud originally belonged there or not. Obviously the cloud was not there while the background was painted. The big pink painted cloud looks strangely proportioned, but it is original. The modelled cloud might have been inserted at the end of the manufacturing process. It definitely is an original cloud and it fits well between the two adjoining clouds, although the suspension on two tips of the swirl “tails” seems to be a provisional and unusual solution.

The decision for the treatment of the cloud was to bring it back to its position, but without re-attaching it to the wall. A break in the middle made the cloud unstable and flexible. The tips of the swirl “tails” were broken and could not hold the weight of the cloud anymore. The cloud was consolidated. To regain its stability again, a wooden stick was attached to the back of the cloud with a mixture of clay with hemp fibres (fig. 8). The stick is also serving to suspend the cloud on its tips. In the end, it was arranged in the same position as before the treatment, but it now is stabilised. It can be removed easily with endangering the cloud or the surrounding.



Decorative frame in section 2, hanging cloud removed. A big pink painted cloud is visible behind the cloud.



Stabilised cloud from the back
arrows: ends of hairline cracks that destabilised the cloud



Hanging cloud after treatment

Re-attaching fragments found in the hall

Catharina Blaensdorf, Siegfried Scheder, Ina Meissner

88 fragments detached the last years were found in the niches of the windows and on the “bench” below the north and south wall. During the cleaning of the consolidated areas (north wall, section 1, 2, and 3 of the west wall) many small fragments were found which had fallen down behind sculptures and clouds.

During the work, the found sculptures and fragments were checked to see if they could be assigned to the wall. Some pieces could be identified and were reattached (table 1). Additionally small fragments of bracelets, hanging bands and headgear decorations could be identified and re-attached.

Table 1. List of larger fragments identified and re-attached to the wall in 2007

<i>description</i>	<i>original position</i>	<i>place of finding</i>	<i>time of re-attachment</i>
head	N4.9	window 1	April 15, 2007
head	W2.36	window	September 2007
fragmented hanging bands	W2.55 W1.51	at the feet of W2.55	April 2007 (see: <i>Consolidation of parts with wire core</i>)
male deity	W1.38a (between W1.38 and W1.39)	window	September 2007
male deity	W4.54a (between W4.54 and W4.55)	bench, south wall	September 2007
crown of Bodhisattva	W3.34	window	September 2007
“globe”	W2.38	on the hands of W4.64	September 2007
“sword”	W2.38	behind W2.38 to W2.39	September 2007
part of sleeve	W3.57	somewhere on the wall in section 2	September 2007
two clouds labelled “south clouds”	W1.38 and W1.38a	wardrobe, detached in 2005	September 2007

As the breaks are very characteristic, the parts can be identified without doubt as far as there are contact areas or fracture edges preserved. Imprints of bamboo poles inside the heads, traces of paint around missing parts were also useful evidences.

N4.9 and W2.36 – lost heads

There are numerous sculptures without head and only four heads were found in the hall. Two heads belong to deities with skirts, fierce faces and protuberant eyes; the other two belong to two male standing deities with white “human” faces. The two heads of the fierce deities could be identified. The first evidence was the skin colour (in both cases reddish brown).



5

N4.9 after re-attaching the head
and consolidation of clay surfaces
and polychromy



4

Filling the hole inside the
neck



3

Cutting the bamboo pole to
the fitting length and
diameter



2

Insertion of bamboo chop
stick into the bamboo pole



1

N4.9 before treatment



Before treatment



After treatment



Head of W2.36 catalogued as find “box 11-8”
 The face was separating from the back of the head (arrow); the clay surface was powdery and the polychromy showed tenting flakes.
 On the back of the head there was a layer of repair plaster from 1980-85 (yellow arrows).

6-8

Re-attaching the head to W2.36. The head was found in one of the window niches in April 2007 and stored in a cardboard box under the number “box 11-8”.

Ina Meissner succeeded in the identification and re-attachment in September 2007.

On N4.9 fragments from the splintered top of the bamboo pole were found inside the head, fitting perfectly to the pole. On W2.36 the fracture edge around the neck fitted well. Furthermore, the sculpture had been re-attached to the wall in 1980-85 and the thick clay bed for re-attaching preserved on the back of sculpture and head showed fitting fracture edges.

The bamboo pole of N4.9 was broken off at the level of the throat (fig. 1). To gain a stable connection, the inner core had to be repaired. A bamboo chop stick was inserted into the bamboo pole (fig. 2), cut into the right length (fig. 4) and stabilised with clay suspension. The hole in the neck was filled with a clay mixture (HFM 2) before re-attaching the head (fig. 4). The bamboo stick was inserted into the upper part of the bamboo pole inside the head. The break in the neck was filled with clay mixture (HFM 2). After attaching the head, the shape of the neck was remodelled (fig. 5).

W2.36 was detached during the work of the wall to be built up the wall behind to a fitting level. As the sculpture was pushed too far back towards the wall when mounted in 19890-85, the head could not have been re-attached in that position (fig. 6). After the identification, head and body were consolidated. The clay layer of 1980-85 was removed from the back. The head showed severe damages. The face part was separating from the back of the head (fig. 7, arrow). The head required careful consolidation before it could be re-attached to the body. As the bamboo pole was still intact, there was a stable core for the head, but as the throat was missing, the clay parts of head and body had only a small contact zone at the right shoulder. The head was attached to the bamboo pole using clay suspension (HFM 1). In the back the joint was filled and the head stabilised. At the throat the bamboo pole was only coated with a thin layer of clay, without remodelling the missing neck (fig. 8).

W 1.38a and W4.54a – detached sculptures

During the work on section 2 of the west wall, two sculptures could be identified to belong into lacunae on the wall.

W4.54a was detached from the wall and its position was not known anymore in 2001 when it was used for conservation tests. Cracks in the back were filled up and two holes, in the left cheek and at the loop at the bottom of the hanging sleeves were filled suing a mixture of “black earth”, hemp fibres and sand. In April 2007, the sculpture was lying on the “bench” below the south wall. It was stored and catalogued under “box 7” (fig. 10).

The peg from the back was preserved inside the wall (fig. 9). The one for the feet was missing. It is positioned at the height of the knees in this case. This position might have caused the sculpture to break at that level. The lower part with shins and feet is lost today.

The sculpture was cleaned and reattached to the wall (fig. 11). The missing peg was replaced by a new one made of a smoke tree branch.

W2.38 was discovered inside one of the window niches. Obviously it still had been in its place in 1985, but later on it got lost. Two big iron nails are the evidence of the attempt to stabilise the sculpture, probably with a wire attached to the nails (fig. 12).

The sculpture was found without head. The identification of its position was made possible by the “negative” of adobe brick surfaces still visible on the back of the sculpture. When the sculpture detached, the wall plaster remained on the back of the sculpture. Additionally one part of the inner modelling with an imprint of the bamboo pole was still preserved on the wall (fig. 12, arrow).

The wall behind the sculpture was rebuilt. The part of the core of the sculpture was detached after documenting the position as base for the correct re-attaching of the sculpture. The plaster preserved on the back of the sculpture had to be removed as it would not have fitted to the new wall. The detached part of the core was inserted.

After rebuilding the wall, the sculpture was mounted. The edges of the painted background and the recorded position of the bamboo pole allowed finding the correct arrangement. Afterwards two clouds, labelled as “south clouds” in 2005, could be identified to belong below the feet of W1.38 and W1.38a, but a third cloud, labelled as “north cloud” could not be positioned. It did not seem to fit below the feet of W1.39, the sculpture north of the “south clouds”.

The weapon of W 2.38

W2.38 is one of the sculptures with protuberant eyes and fierce face, dressed only with a skirt. During cleaning a weapon resembling a big dagger or a plump sword, was found lying behind the feet of W2.38 and W2.39. It consisted of blade and hilt, and a ring around the hilt representing the guard. There was no possibility to attach the weapon to the sculpture.

The comparison to other weapons showed that they possess a knob at the end of the hilt. A “ball” or “globe” of clay had been found on the hands of W4.64 in April 2007, looking like a gift carried by the sculpture. As there was no clear evidence how to attach the “globe” to the hands, it was stored. After some days the “globe” was identified as the missing knob. Unpainted strips marked the outlines of fingers. There was a bent wire sticking out of the end of the hilt. After bending it back to a straight position (fig. 16), the clay knob could be threaded on the wired. The completed weapon then could be arranged under the left hand of W2.36. The traces of the fingers showed how the knob had to be positioned. As the blade is not painted on one side, it was clear where the front was. Finally also a 1 cm long clay part was identified as one of the fingers and was re-attached (fig. 17). A wire sticking out of the knob and a wire loop on the blade, as well as two unpainted strips on the leg of the sculpture prove that another part was attached there, maybe a flying band, which is lost.



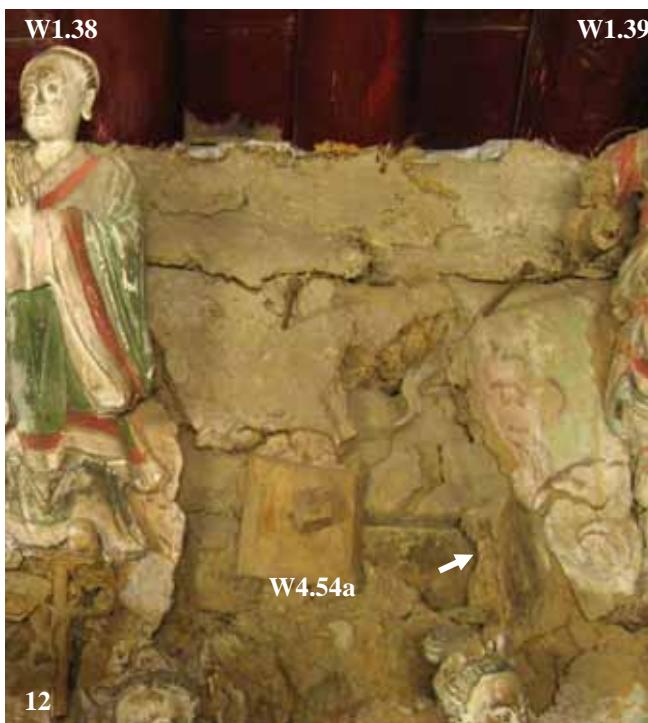
9
Missing sculpture: situation before treatment



10
Sculpture catalogued as "Man in box 7", Sept. 17, 2007



11
W4.54a after re-attachment to the wall



12
Situation before treatment
Nails from an attempt to hold the sculpture on the wall (after 1985). Part of the inner core of the sculpture is preserved (arrow). The clouds below W1.38 and W1.38a were detached in 2005.



13
Situation after treatment
W1.38a and the two clouds are re-attached.



Part of west wall, section 2. Yellow: find spots of weapon and knob, about 4 m apart from each other



W23.8, at the beginning of the treatment, preserved part of weapon provisionally propped up behind the sculpture



situation after treatment with mounted weapon



Weapon during consolidation. The rediscovered knob shows unpainted strips where the fingers were holding it.



3 Paint layers and surfaces



Paint layers and surfaces: Damage situation and principal considerations

Catharina Blaensdorf

The surfaces of sculptures, reliefs and backgrounds were painted. At the west wall, the original polychromy of 1563-68 is preserved in large areas. The damages can be classified in two main groups:

- Damages of the polychromy
- Dust and soiling of the surfaces

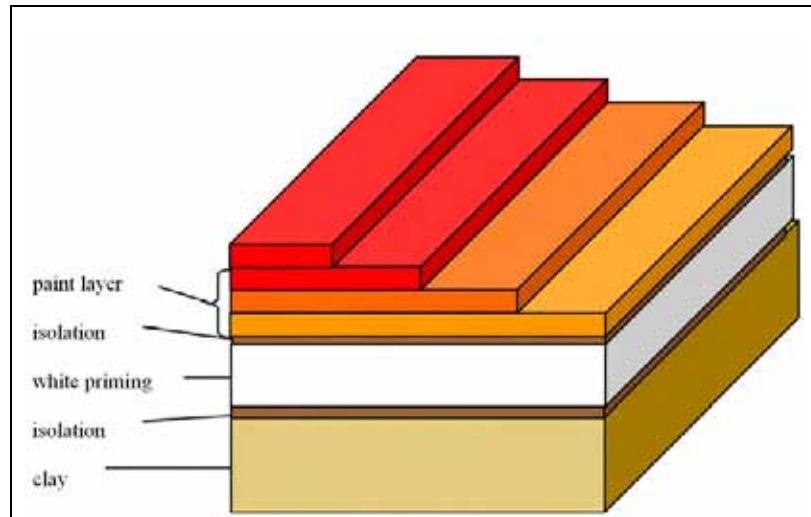
The first group contains damages connected with the paint layers as different types of loss of adhesion and discolorations. The second group comprises different types of contamination of the surfaces. The main factors are dust and larger airborne particles settling on the surfaces. Other sources with minor extent are soot or spots of dripped down material. A special case is the soiling with material used during the repair phase of 1980-85, mainly clay layers or clay suspension covering the polychromy.

Although the sources of the problems, polychromy damages and dust, are different, they are both described in this same chapter as the steps of conservation treatment of cleaning and consolidation are always connected.

Painting technique

The painting technique is described for the west wall and the adjacent parts of the north and south wall. Other parts of the hall probably are made with the same technique, but are not examined in detail. The front part is decorated with more elaborate techniques as the west wall and therefore might be made with different techniques.

Figure 1 shows a scheme of the paint layer sequences. The clay surfaces were coated with an isolation layer (probably animal glue, maybe mixed with egg), then a white priming layer was applied on walls and sculptures. Consisting of white clay with illite and muscovite as main components, it probably comes from a local deposit.



1
Scheme of layering on the example of a red paint layer

The binder probably is a mixture of animal glue and egg with an addition of polysaccharides. The paint layers are thin and often applied in semi-transparent layers like water-colour. Only few colours, especially a white mixed of shell white and lead white, shows a thicker application and a visible impasto. The binder of the paint layers is egg and animal glue in different ratios. The binders of the thick white layers have not been investigated yet.

The colorants of the paint layers are mostly inorganic pigments. Some are man-made as minium, vermillion (?), lead white, atacamite, charcoal black or soot; others come from natural sources like orpiment, ochre, red earths, and shell white. Additionally also organic dyestuffs have been used: indigo and red lakes have been identified, additionally also a yellow lake might be present. On the *puxian pusa* of the middle wall Prussian Blue was used, obviously a repainted area. On the west wall, no repainted parts were identified so far.

Gilded areas can be distinguished technically into leaf gilding and powder gilding. Architectural parts, robes and decorative elements (weapons, headgears, attributes etc.) are covered with gold leaves. The gold is not burnished and there is no bole underneath. Gold powder has only been used for the skin. A first analysis on a leaf gilt element of unknown origin indicates that for gilding completely different binders were used, including drying oil and milk. Different from painted areas, gilded areas may also possess coatings which today are discernible as thin brownish or reddish brown transparent layers.

The use of egg results in a certain water-resistance of the paint layers, but the mixture with aqueous components and the rather weak binding cause a sensibility against liquid water and mechanical stress (for example wiping).

Causes of damage

Several types of damages of the paint layer can be observed and assigned to several sources. The causes of these damages can be defined as

- a. Water penetrating into the hall
- b. Material-immanent problems and pollution
- c. Burning of incense and soot of other sources
- b. Previous, too extensive cleaning
- c. Repairs and repainting of the architecture without sufficient protection
- d. Overlapping repair plasters and not-fitting fillings
- e. Dust entry into the hall

Table 1 shows the relation between damages phenomena and causes.

Table 1. Relation of damage phenomena and different causes

<i>damage phenomenon</i>	<i>cause</i>
1. Separation of layers: Tenting, detaching or flaking of the polychromy or the top layers	Penetration of water into the hall
2. Loss of cohesion: chalking of surfaces	Penetration of water into the hall
3. Stains of water running down	Leakage of roof
4. Losses of polychromy	Water penetrating into the hall
5. Discoloration of paint layers	Pigment change (air pollution ?)
6. Darkening and blackening of surfaces	Incense and entry of soot
7. Loss of light colours	too extensive cleaning, (fading of dyestuffs)
8. Stains, splashes and drops of paint and other materials	Painting the architecture without sufficient protection of the sculptures
9. Clay material on the surfaces	insufficient protection of sculptures during repair of 1980-85: material dripping down, dirty fingers etc.
10. Nests of wasps	Hall accessible for small animals
11. Dirt and dust on the surface	Airborne dust and dirt accumulating on the surfaces

Damage phenomena

Loss of adhesion and cohesion

Separation of layers and loss of cohesion can be traced back to water penetrating into the hall. In some cases even stains from water running down over the surfaces can be observed (fig. 2). Climate changes and natural ageing of the binders might have supported the process, but water-damaged areas prove that the penetration of water through leakages of the roof is the main source of damage.

The water caused leaching and degradation of the binding media resulting in chalking layers. The coarse-grained atacamite (green) is extremely powdery and cannot be touched without losses. Especially in thicker applications often larger losses occur (fig. 3).

The swelling and shrinking of the surface clay layers caused by contact to liquid water also resulted in separation of layers. Often the thin, but more compact and harder paint layer detaches from the thicker, soft priming layer, but separation also occurs between polychromy and clay surface or even within the surface of the clay modelling (fig. 4). Often detached layers are tenting due the temporary swelling caused by the water penetrating the clay (fig. 4). Loose layers flake off, leaving lacunae with distinct borders and often rounded shapes (fig. 5).

The detaching and chalking paint layers are very sensitive regarding mechanical stress, but as long as they are not touched they do not tend to fall off. Before any kind of treatment a thorough consolidation of the surface is necessary in many areas.



2
Stains from water running down over the surfaces



3
Detail of green robe: thick application of atacamite almost lost



4
N2.1
Delaminating paint and surface layers in the face of a water-damaged sculpture from the north wall



5
W2.59
Losses caused by detached layers in a face: Lacunae with rounded distinct shapes

Discoloration by pigment changes (5)

Most changes in colour seem to result from contamination of the surface with different kinds of material, but one type can be attributed to the material itself: The thickly applied white serving as highlights of the clouds (fig. 6) and separation between hem and robe became grey or greenish as a result of changes of the pigment. Many white areas, especially faces, show a certain darkening or greying and mostly this is not connected to pigment changes, but to some kind of contamination (fig. 7).



6
Cloud with discoloured white highlights



7
White face discoloured by unknown substances or influences

W3.56



8
Light blue of the lining and bright gilding preserved on a broken-off piece of a sleeve

W3.57

The discoloration in the thick white layers can be explained by the formation of black lead sulphide from lead carbonate (lead white) which was not sufficiently protected by binder and therefore undergoes changes caused by the contact to sulphur. The exact damage reasons and the origin of sulphur have not been investigated yet. In the surrounding there is no industrial production which could be the source of nitrogen oxides. It is important to respect that these discolorations cannot be removed by any acceptable kind of cleaning.

Loss of light colours – fading or result of previous cleaning actions?

There are a number of robes which today are white or have white linings. As white is not a usual colour for robes (being the colour of death and mourning), it seems strange that deities of the west wall should be robed in white. A closer observation revealed that some parts originally were not white, but light yellow, light blue or light bluish-green. The original

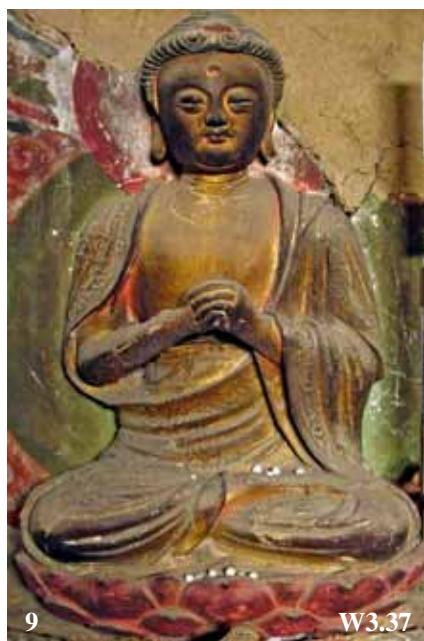
colours are only preserved in recessions and well-hidden parts. A broken-off part of the left sleeve of W3.57 was discovered behind the sculpture. On the sculpture, the gilding of the borders is tarnished or covered by a darkened, brown coating and the lining of the sleeve is white. On the discovered fragment, however, the gold is bright and clean and the lining is light blue (fig. 8). As a natural dyestuff indigo is not completely light fast and can fade. As no organic dyes were discovered in the yellow or light green however, the loss of light colours might also be caused by too extensive cleaning. Traces of extensive cleaning can be found on several sculptures where the rubbing resulted in scratches and losses of polychromy.

Contamination of the surface by use of the hall and repairs of building and sculptures

The surfaces have been contaminated by different materials which can be explained as traces of the use of the hall and repairs made in previous years. The following phenomena can be distinguished:

1. Blackening by soot from burning incense sticks
2. Drips of paint from painting rafters and beams
3. Stains of unknown transparent substances
4. Drips of clay suspension, finger marks and overlapping repair plasters (1980-85)
5. Reconstruction and filling of cracks

Blackening by soot



9

W3.37

Sakyamuni sculpture in the centre of the west wall with surface darkened by soot from incense sticks

Today it is forbidden to bring burning incense sticks into the hall, but the sculptures still show traces of this former ritual use of the hall. Especially on the larger and on the more important sculptures the surfaces are darkened by soot. Often it is still recognisable that the incense sticks were placed below the sculptures, affecting the lower sides more than the upper ones (fig. 9). Only in deep recessions the original colouring still can be seen.

The darkening of gilded areas might be increased by the presence of a water-soluble coating on the gold which attracted fine dust particles over a longer period. The fact that the ventilator installed in the south wall in 1980-85 opened the wall towards the street and the kitchen might have increased the accumulation of soot.

Splashes, tears and drips from repainting the architecture

Numerous sculptures show tears and drips, sometimes also splashes of transparent material and red paint (fig. 13). These spots are caused by painting the beams and rafters of the hall without protecting the sculptured walls sufficiently. As the drips of red have different nuances and consistencies, the problem seems to have occurred repeatedly.

Stains of unknown substances

Especially many of the faces show stains of a material which turned the pigment layer semi-transparent and brownish (fig. 7, forehead). It is not clear if this was an intended treatment, like a varnish as it partly covers faces completely, partly only consists of drop-like stains. It is also possible that several substances were applied. As the protruding parts are mostly darker than recessions of the modelling, there might also be an influence of people touching the sculptures and thus leaving traces of skit fat (sebaceous matter) or to attempts of cleaning.

Repair of 1980-85

During the intervention of 1980 to 1985 severe damages of the walls and the architectural structure were treated. Especially in the upper parts of the wall – that is tier 1 and partly tier 2 on the west wall – many sculptures were detached and the background behind them was repaired before re-attaching them again. The craftsmen mostly used traditional materials like clay with different additions and tried to respect the original polychromy. In detail, however, there are many traces of the work which resulted in a contamination of the painted surfaces:

- water and clay suspension running down during drilling holes for anchors
- clay suspension dripping down from repairing the wall (*Consolidation of wall area with large void inside the clay wall*, in his volume, fig. 10)
- splashes of mud-straw or clay plaster plasters on the surfaces (fig. 10)
- repair plasters overlapping original painted surfaces (fig. 10, background)
- finger prints in clay from holding the sculptures with dirty hands (fig. 11)

These traces of clay materials on the original polychromy are caused by an insufficient protection of the surfaces during work. The marks of fingers often occur on the body of the re-attached sculptures and seem to come from holding them in the hands or bringing them into the right position on the wall. Repair plasters overlapping the background show that the painted cloud decoration was not regarded as very important at that time.



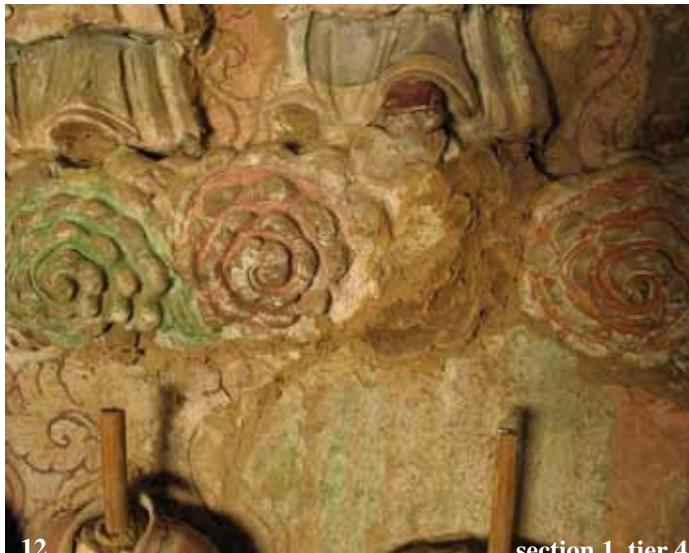
10

Sculpture and background covered by splashes of clay material and overlapping repair plasters from 1980-85



11

Clay marks from holding the sculpture with dirty hands on the green tunic
W1.02



12

section 1, tier 4

Fillings of gaps and reconstruction of cloud which overlapped and damaged the paint layer



13

Tear of red paint which obviously dripped down during painting the rafters
W2.59

Later repairs (?) of the wall in section 1

In section 1 of the west wall, cracks have been filled and gaps have been closed using a clay mixture with an organic additive (glue or polysaccharide). The mixture is very hard and shows deformations caused by inner tensions. When wetted, it gets very sticky. The fillings and completions overlap original surfaces and are not fitting in shape (fig. 12). It is not clear when they have been executed, but as material and technique differ from the ones mostly used in 1980-85, this might have been part of a later partial repair.

Insects and other animals

Insects as well as small other animals can get into the hall without difficulties through existing gaps. During the conservation work relatively few animals have been observed in the hall: abundant populations of mosquitoes during the warm seasons; flies; spiders; wasps, observed to be active in spring / early summer; birds and mice.

Mosquitoes and flies are no problem for the cultural heritage (except for their bodies increasing the amount of dirt slightly). Spiders built webs which are visually obtrusive when they are full of dust (fig. 17). Birds came into the space between original west wall and the new protective wall in June 2009 and pecked on the rafters, but luckily did not find the holes to enter into the hall. Mice seem to entertain themselves during the nights inside the hall, leave droppings and might live in large voids inside the wall, but so far no damages caused by mice were found.

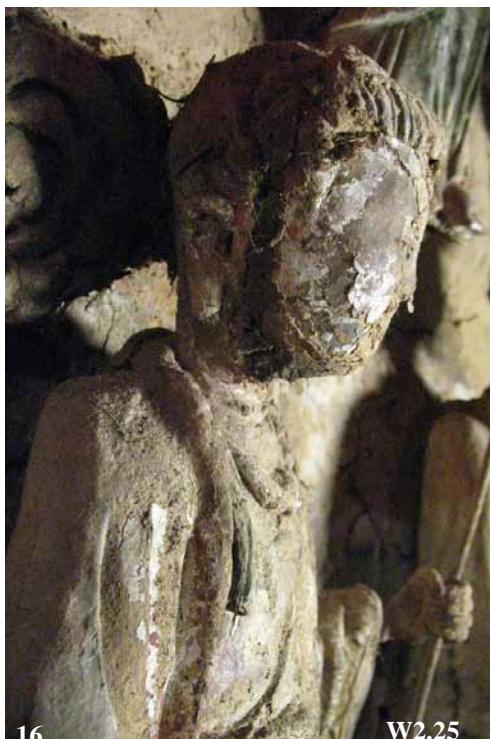
The only insects leaving more stable traces of activity are wasps, maybe potters wasps (family *Vespidae*, subfamily *Eumeninae*) which build nests using clay. The nests can be found in many recessions next to and behind sculptures and have different sizes (fig. 14). The nests are rather hard, but can be removed with metal spatulas (fig. 15). In April 2007 many wasps were observed in the rear part of the hall, coming in through the ventilator openings, obviously from the garden areas. After closing the ventilators, fewer wasps have been observed, although there are still many open gaps in the walls.



Accumulation of dust and dirt on the surfaces

The causes and mechanisms of dust entry are described in chapter 6 of this report. Summarizing the situation it can be stated that on all surfaces extensive amounts of dust and loose particles have accumulated. Closing the ventilators and windows has resulted in a reduction of new dust accumulation. It can be assumed that after finishing the conservation of walls and sculptures and cleaning at least the rear part of the hall, new dust accumulating will be considerably reduced. Nevertheless, dust will remain a constant and regenerating problem. Besides keeping the floor as clean as possible and thinking about possibilities to reduce the dust entry caused by visitors, cleaning has to be done at intervals and a certain accumulation of dust in the meantime has to be accepted. Regarding cleaning methods and consolidation of the polychromy, this prospect means that cleaning has to be possible with losses of polychromy and consolidation has to be strong enough to allow a cautious cleaning afterwards.

During the conservation work, the sequence of work steps normally meant that firstly the work was done which produced a lot of dust and dirt. Afterwards the area was cleaned. If more “dusty” work had to be done, the surrounding was protected by plastic foil or paper coverings. If possible consolidation of the paint layers was done *after* cleaning, to avoid consolidating the dirt as well, but often the polychromy was so fragile that consolidation of the most endangered parts had to be the first of all steps as cleaning with consolidation would have resulted in considerable losses (fig. 16).



16

W2.25

Dust and loose polychromy; a flake of the polychromy hanging on the tip of the nose



17

W3.17

Severe dust settlement and cobwebs

Treatment

The treatment of the polychromy and the surfaces comprised the following steps:

1. Removal of dust
2. Cleaning of surfaces from fine dust
3. Removal of adhering particles from the surfaces
4. Consolidation of detaching paint layers
5. Consolidation of chalking paint layers
6. Removal of spots and drips of paint

Treatments on-site took place in October 2001, July 2002, April and September 2007 and in July 2009. For the consolidation of chalking paint layers a test series was started in the laboratory. The methods are described in detail in the following articles.

Cleaning the surfaces

Catharina Blaensdorf

Cleaning of the surfaces has the aim to remove harmful substances and enhance the visual appearance. Mostly it was the first step of the work, sometimes interlinked with preliminary or partly consolidation of the paint layer or fragile clay parts.

The cleaning comprised several steps:

1. Removal of dust and loose particles
2. Removal of mechanically adhering particles and fine dust
3. Removal of material penetrated into the surface

Cleaning is very time-consuming as precise, careful working is demanded in order to achieve acceptable results. The removal of dust has been carried out thoroughly and comprehensively. The work had to be carried out from a rather primitive scaffolding, often further obstructed by support bars, wooden props, the railing, and the beams. Thus it often demanded working in an uncomfortable posture (fig. 1 and 6) and with rather poor illumination.

The removal of clay adhering to the surface was restricted by the given conditions and the rather short period of time. As mechanical or wet cleaning can easily damage the polychromy, adhering clay was only removed as far as it was possible without damaging the paint surface. Thorough removal of overlapping repair plasters has been carried out mainly if necessary for the conservation of the area.



1
Dusting in crouched posture on the scaffolding
(Giovanna Spagnuolo, Yan Min)



2
N5.8
Drip of red paint and traces of clay on a conserved sculpture



3 Cleaning with dust blower



4 Dust blower and small tube attached to the vacuum cleaner (Liu Linxi)

The same applies to the removal of paint drips: some could be removed or thinned mechanically, or could be dissolved using the small range of chemicals present on-site (ethanol, acetone, white spirit).

This means that in the already treated parts further cleaning could be done if there is enough time and adequate working conditions can be provided. The consolidated sculptures partly still show drips of paint (fig. 2, chest) or traces of clay (fig. 2, green robe) which could not be removed during the treatment in April and September 2007.

Removal of dust and loose particles – dusting off

The first step of the work was the removal of dust loose particles. It is necessary to use a professional vacuum cleaner with a strong engine and fine filters. A house-hold vacuum cleaner is not suited as the fine dust will block the filter quickly. If there is no fine filter the engine is damaged and half of the dust is just exhausted into the hall again. A professional vacuum cleaner was purchased for cleaning the Shuilu hall in April 2007. It might give an idea how time-consuming this work is that the dusting of the sections 2 and 3 of the west wall took three weeks.

Dusting off had to be started at the uppermost tier and continue downwards. For dusting soft hair brushes of different size and dust blowers (the red “rubber balls” fig. 3 and 4) have been used. Often it was necessary to work with two persons, one dusting off and the other one



5
Dusting off with two persons
(Stephanie Edlmann and Yan Min)



6
Tube of vacuum cleaner attached to scaffolding and between rafters (arrow); small tube attached to allow cleaning behind the sculptures (Franziska Kolba)

holding the vacuum cleaner (fig. 5). The tube of the vacuum cleaner can be connected to smaller tubes of different size. This resulted in the extension necessary to reach the uppermost tier while the vacuum cleaner itself remained on the floor (fig. 6). It also served to reduce the suction and to reach smaller cavities and recessions with the flexible small tube (fig. 4 and 6). Sometimes spatulas (fig. 8) or even tea spoons were used to empty the cavities behind sculptures and clouds.

Before and during dusting off, cavities, recessions, and gaps were checked for detached small parts, which had fallen down and were concealed under layers of dust. Numerous fragments, ranging between some mm and several cm in length could be retrieved during cleaning. At the same time the sculptures were checked for loose and detached parts and the condition of the polychromy to avoid losses and damaging by cleaning. If necessary, the cleaning was interrupted for preliminary consolidation. Detached parts were temporarily stored in small boxes labelled with the place of discovery. As the conservation work produced more dust, parts of the treated areas have been dusted off repeatedly.

Cleaning with paint brushes and dust blowers removed all loose particles and dust, but a layer of fine dust adhering to the more or less rough surfaces remained.

Mechanical cleaning

The difficulty for the removal of material adhering from painted surfaces is that often the adhesion between the paint layer surfaces and the residues is quite strong. The residues on the surfaces can be characterised as:

- fine dust
- traces of clay suspensions and clay plasters

Clay-based stains or layers range from thin yellowish hazes to thick layered crusts. The clay is fine-grained and sticks very well. Addition of water turn adhering clay layers into sticky mud, but when in dry condition the hardness of the clay often exceeds the one of the paint layer. Removal of clay mostly comprised two steps: an abrasive reduction, followed by a slightly moist cleaning of the surface. The tools used for cleaning can be divided in two types, pointed, abrasive tools and ‘soft tools’.

Pointed tools and abrasive cleaning

Overlapping clay layers mostly could be removed easily by lifting them with a scalpel or spatula. Only the hard clay mixture used for fillings and completions in section 1 could not be removed in this way.

Sharp-edged or pointed tools and stiff hair brushes can be used for reducing the thickness of the layers. A variety of commercially available and self-made tools were used. Sometimes the handle was shortened to increase the mobility of hand and tool. The tools comprised small iron spatulas, paint brushes of different stiffness, (glass fibre brushes), pointed bamboo sticks, bamboo knives, small scalpel blades (blade type no. 15) and self-made blades made of nails and medical tools. Cotton swabs and cut pieces of sponges which could be used wet and dry. Fig. 7 shows a selection of tools used for removal of residues.



7

Small cleaning tools for painted surfaces

1-3 polished medical blades; 4-5 blades made from steel nails; 6-8 small bamboo blades; 9-11 stiff hair brushes, 12 glass fibre brush; 13 blitzfix® sponge tool



8

Larger spatula for clearing a cavity
(Siegfried Scheder)



9

Removal of clay suspension from paint layer with small spatula
(Ma Linyan)



10

Removal of adhering clay with bamboo blades (Francesca Dominici and Valentina Furetto)



11

Removing clay residues with pointed bamboo stick
(Yang Qiuying)



12

Thinning of persistent clay residues with scalpel
(Ina Meissner)

'Soft tools' - sponges

'Soft tools' can be used for dabbing off fine residues of dust. Some sponges are for dry use and work like soft rubbers (i. e. abrasive); others can be used moist or wet. Cotton swabs were also used for moist cleaning. The characteristics of the sponges used for cleaning are given in table 1.



13

Cleaning with akapad® sponge and bamboo stick (Ina Meissner)

While natural sponges and blitzfix®-sponges are used wet or moist, wallmaster® and akapad® are used dryly. The sponges working like rubbers leave residues of abraded sponge which have to be dusted off. The decision which type of sponge was used was made individually depending on the special case and the preference of the restorer. From the bipartite akapad®-sponge only the soft yellow part, not the hard blue part is used.

Table 1. Overview on sponges used in the Shuilu'an

<i>Picture (length = 4 cm in)</i>	<i>Name</i>	<i>Properties/ application</i>	<i>application field</i>
	small natural sponges	soft, large pores used moist to wet	- removal of clay suspension (surplus during filling of voids) - removal of 'hazes' of dried clay
	blitzfix® (in comparison with small commercial cotton swab)	highly porous, small pores, smooth surface, softer than cotton swab used moist to wet	- used for cleaning recessions and small stains by wiping - used for removal of 'haze' by dabbing off
	wallmaster®	porous, soft used dry	- used for removal of thin clay layers - leaves traces of sponge >> a succeeding dusting off is necessary
	akapad® (formerly Wish-up®) (yellow part)	rubbery, harder than wallmaster® used dry	- used for removal of thin clay layers - leaves traces of sponge >> a succeeding dusting off is necessary

Gomma pane

Gomma pane ('rubber bread') is a material developed by restorers to imitate the effect of fresh bread or plastiline. Fresh bread formerly was wide spread for cleaning, especially of gilded surfaces, as it combines stickiness, moisture and a high ductility which allows to adapt to almost every shape and surface structure. Bread, however, leaves glutinous residues which can attract flies or fungi. Other kneadable materials often contain oily substances. *Gomma pane* is made of water and flour which are kneaded into a dough. The addition of precipitated copper carbonate thought to act as fungicide. The recipe used in the Shuili'an, following the recipe by Lars Göthberg, is listed in chapter 4, *Materials and recipes*).

Gomma pane gave excellent results for removing fine dust from the surfaces (fig. 14 and 15), often giving the cleaned surfaces a fresh and bright look as also dust from small cavities in the surface can be removed. It can be used in different degrees of softness and stickiness. It is necessary to check that it does not stick to the surface. *Gomma pane* tends to leave small particles behind. Thus it is necessary to check and dust off again after using *gomma pane*. During the summer time it is advisable to store it in a refrigerator, because it dries out fast and gets too sticky when covered with plastic foil. As there is no refrigerator in the Shuili'an, the *gomma pane* was prepared freshly about every second day.



14

Cleaning a white horse by dabbing off with *gomma pane* (Liu Linxi)



15

Test with *gomma pane* on the red polychromy of a fragment of a sculpture

Consolidation of paint layers

Kristina Holl

(Compilation on tests 2001 to 2007: Catharina Blaensorf, Siegfried Scheder)

Consolidation of the paint layers was part of the conservation work carried out in 2001, 2002 and 2007. In 2001 and 2002, preliminary tests were made to find a suited consolidant. The tests were limited by the rather short time of the work stay and the lack of analyses on the original materials. In 2009, a new test series was made.

Tests and materials used 2001 to 2007

In 1994 Paraloid® B 72 was proposed for the consolidation of the paint layers in the report compiled by Fan Juan for the Center of Conservation. In 2001, Paraloid® B 72 was still the material preferred by the Chinese restorers. Siegfried Scheder together with the Chinese restorers started a test series on test slabs made of unfired bricks with and without mud-straw plaster. In 2002 similar test slabs were made with a white priming made of kaolin. The criteria for the evaluation were discoloration, gloss and increase of adhesion or cohesion measured as degree of chalking of the surfaces. The following materials were tested in 2001:

- peach gum, 5 %
- egg white
- rice starch, 5 % and 10 %
- Klucel® G and Klucel® E (cellulose ethers), 2 and 5 %
- donkey skin glue, 5%
- Mowiol® 4-88 (poly (vinyl alcohol)), 2 and 5 %
- Paraloid B 72, 5%

The best results concerning the three criteria were achieved with Mowiol® 4-88. Even the dissolution of 2% gave satisfying results concerning the chalking effect of the surfaces.

In 2002, another small test series was made:

- Paraloid ®B 72, 1 and 2%
- Mowiol® 4-88, 2 % and 2 x 5 %
- Mowiol® 4-98, 2% and 2 % + 10 %

The supports were made of clay mortar and a white priming, consisting of a mixture of kaolin (90%), alabaster gypsum (5 %) and talcum (5 %), bound in maize starch (5 %) or peach gum (2.5 and 5 %). Maize starch was not suited as binder as it was not possible to apply it smooth, opaque layers.

The evaluation especially focussed on gloss and discoloration. The adhesion was tested in regard of the necessity to apply a paper facing. The facing of a double layer of Japanese paper

was applied with Glutolin® (methyl cellulose). The best results were achieved with Mowiol® 4-88.

Based on these tests, Mowiol® 4-88, in concentrations of 2 and 5 % were used for the consolidation in April and September 2007 (North wall; west wall, section 1 to 3). The consolidant was applied with paint brushes. The consolidation effect was sufficient, the darkening by the consolidant minimal. Margins or glossy spots were not observed, even if the material had to be applied more often. Nevertheless, the long-term stability of poly (vinyl alcohols) has been demurred since the 1970's. These concerns lead to new test series carried out in 2009.

Tests in 2009

For the assessment of different consolidates, a test panel was made, to simulate the original situation of the paint layers. A wooden panel was primed with a clay-sand-mixture. On top a shift of kaolin - once unbound, once bound with 0.5 % of rabbit skin glue - was applied.

On both types of priming, different consolidates - based on first tests made by Mr. Scheder in 2001- were applied and assessed by consolidation and colour change. Also the application form was assessed. As there are many narrow areas, where an application with a paintbrush is not possible or would take a long time, the consolidants should be suited to be sprayed. Both application forms were tested. The tests were made twice: first at the Technical University in Munich, than repeated in the laboratories in Xian. Tests on the original surfaces followed.

Consolidation tests in Munich

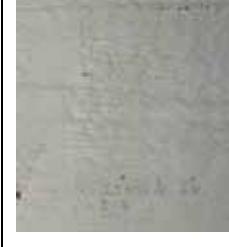
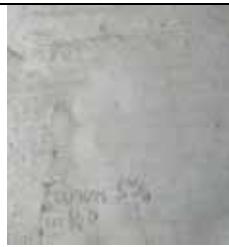
In Munich the following consolidants were tested:

Tab. 1 Consolidates tested in Munich

<i>Consolidant</i>	<i>Concentration in %</i>
rabbit skin glue, dissolved in water	5
rice starch, dissolved in water	5
Funori, dissolved in water	5
Mowiol 4-88, dissolved in water	5
Methocel A4C, dissolved in water	5
Klucel E, dissolved in water	5
Klucel E, dissolved in ethanol	5
Klucel G, dissolved in water	5
Klucel G, dissolved in ethanol	2.5
Silester AR, dissolved in ethanol	12.5, 25%

After drying the consolidated surfaces were assessed in sided light. Table 2 shows as an example of the results of rice starch, funori, and Klucel G on the different types of priming.

Table 2. Example of Interpretation of consolidants on different primings

<i>Consolidate</i>	<i>Figure on unbound priming</i>	<i>Interpretation</i>	<i>Figure on bound priming</i>	<i>Interpretation</i>
Rice starch 5 %, dissolved in water		rice starch flakes of, glossy areas		little glossy parts
Funori 5%, dissolved in water		little glossy, no colour change		little glossy, no colour change
Klucel G 5%, dissolved in water		colour change		colour change, glossy parts

Results

Rabbit skin glue: glossy and colour changes

Rice starch: flaking

Mowiol 4-88 and Methocel A4C: colour changes

Klucel G and E: after 14 days colour changes visible

Silester AR: good results

Best consolidation without colour change: Funori, but spraying is not possible.

→ The concentrations of consolidates need to be adjusted

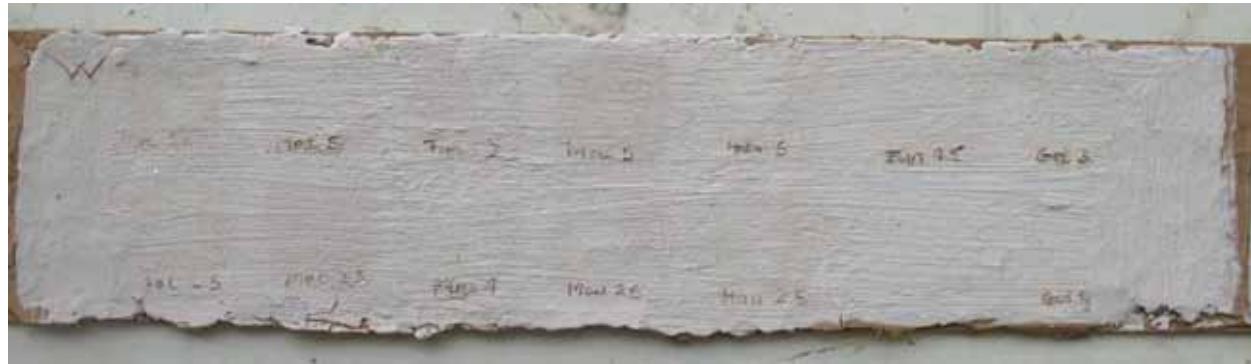
Consolidation tests in the laboratory in Xian

In Xian, the best consolidates assessed in Munich were reapplied in a different concentration and some new materials were adjusted. Silester AR was brought to China in the air plane, but was unsolvable there. Therefore it was excluded from the test series.

The test panels were again grounded with a clay-sand-mixture. As priming kaolin was applied – once unbound, once bound with 1 % of Tylose MH 300. The tested consolidates are shown in table 3.

Table 3. List of consolidants, used for the tests in Xi'an

<i>Consolidants, dissolved in water</i>	<i>Concentration in %</i>
Gelatine	2.5, 3, 5
Methocel A4C	2.5, 5
Funori	1, 1.5, 2
Mowiol 4-88	2.5, 5
sturgeon glue	2.5, 5



1

Overview of the test area with different consolidates. Priming with kaolin mixed with water.



2

Overview of the test area with different consolidates. Kaolin-priming bound with 1% Tylose MH 300 (dissolved in water)

Table 4 shows the results of Gelatine, Methocel A4C, funori, sturgeon glue and Mowiol 4-88 on unbound and bound priming.

Table 4. Example of Interpretation of consolidants on different primings

<i>Consolidate</i>	<i>unbound priming</i>	<i>Interpretation</i>	<i>bound priming</i>	<i>Interpretation</i>
Gelatine 2,5 % solved in water		Consolidation: – colour change: good		Consolidation: – colour change: good
Methocel A4C 2,5 % in Wasser		Consolidation: + colour change: ok		Consolidation: ++ colour change: darkens
Funori 1,5 % gelöst in Wasser		Consolidation: ++ colour change: good		Consolidation: ++ colour change: good
sturgeon glue 2,5 %		Consolidation: --- colour change: good		Consolidation: – colour change: good
Mowiol 4-88 2,5% gelöst in Wasser		Consolidation: -- colour change: darkens		Consolidation: -- colour change: darkens

For spraying tests, a rough replica of the torso of a sculpture was made of gypsum and covered with a layer of unbound clay (fig. 3). The model should serve to test the spraying not only on plane surfaces, but also on a three-dimensional shape with recessions and protruding parts.

Results

- best results concerning consolidation and colour change were achieved by funori 1.5 % and gelatine 3 %
- Funori is only applicable by paintbrush, gelatine can also be sprayed.



3

Model for spraying tests

Tests on original surfaces

Tests on flat surfaces

The tests were realized on a flat clay wall and on clay sculptures to judge the accessibility in recessions. Especially the extremely chalking green surfaces were tested.

A test area was selected below the 1000-armed *guanyin* in the part representing the pond from which the lotus flower raises serving as seat for the *guanyin* (fig. 4). The surface was cleaned with *gomma pane*. It was treated from left to right with sturgeon glue 3%, gelatine 3 %, funori 1.5%, and for comparison with Mowiol 4-88 2.5 % (fig 4).



Cleaned test area



Application of consolidants (from left to right:
sturgeon glue 3%, gelatine 3%, funori 1,5%, Mowiol
4.88, 3%)

4

Test area in the lotus pond of the 1000-armed *guanyin*



test area after consolidation



whole test area after consolidation tests

5

Test area after consolidation

Results

Sturgeon glue effects a yellowish colour change. Gelatine has good results but the surface is a little over-consolidated. For this issue, the concentration is reduced to 2 %. Funori has a moderate consolidation without colour change. The concentration is accelerated to 2 %. Mowiol 4-88 has good consolidation results but also colour change. So the tests in the laboratory prove on the original surface.

The subsequent test areas (fig. 4 right) were treated with funori 2% and gelatine 2%. On powdery surface singular application is not sufficient. After the second the paint layer is consolidated extensively.

On this surface spraying was tested with gelatine 2%. The consolidant distributes all over the surface.

Partial overspill of consolidate can be taken off with a wet sponge. For a sufficient consolidation the surface has to be sprayed three times.

In fig. 4 the documentation of the whole test area is visible. 1 stands for tests applied by paintbrush, 2 stands for spraying tests. On the top field all four consolidants have been tested (see fig. 3), underneath funori and gelatine 2% are applied twice, underneath on the left hand side funori 2% and gelatine 2% are brushed once, aside twice sprayed with gelatine 2%. The last field underneath was sprayed three times.

Test area on sculptures

A sculpture group next to the 1000-armed *guanyin* was selected to test the application on three-dimensional objects.

First spraying tests were done with gelatine 2 % on the right figure (fig. 6). After the first application some glossy parts on the frontal parts were visible. As this comes from an over-consolidation, for the next test on the sculpture in the middle the parts sticking out were covered with hemp paper and the concentration of gelatine was reduced to 1.5% (fig. 7). In this manner the paint layers are consolidated and glossy areas can be prevented.

Summary

The best consolidation results by paintbrush are achieved with funori (2%) and gelatine (2%). On powdery surfaces a second application is recommended. For spraying application, gelatine is the best consolidant. To achieve the best results, the concentration is reduced to 1.5%, and the application is done three times.



test sculpture before cleaning

after application of consolidant

after consolidation

6
Consolidation tests on the right sculpture

test sculpture before
application of consolidantafter application of
consolidant

after consolidation

7
Consolidation tests on the left sculpture



4 Materials and recipes



Compilation of materials and recipes

Catharina Blaensdorf

In the following the materials tested and used in the Shuilu'an are compiled and, if necessary, their preparation is described. The collection materials comprise:

- Clay mixtures, 2001 to 2009
- Consolidants for paint layers, 2001 to 2009
- Cleaning material: *gomma pane*

Materials which were tested, but did not prove suited and thus will not be included in further tests are not described.

Clay mixtures

Composition of the clay mixtures in the Shuilu hall

Samples of the different layers in the Shuilu hall have been analysed using XRD.

The mud-straw mortar for joining the adobe bricks contains about 10w% of particles bigger than 800µm and 10w% of particles between 500 and 800µm. These fractions mainly represent the organic additives of straw, chaff and husks. There are few larger stones, probably included by accident, but no visible proportion of sand. The mud-straw plaster and the inner core of the sculptures contain the same materials, but smaller particles of organic additives (bigger than 800 µm: 1.13 w%, 500-800µm: 14.7w%). This result corresponds to the visual observations.

The finish coat of fine clay contains sand and fibres. The content of fibres can be as high as 17%. The content of sand varies considerably. The fibres were identified as hemp fibres and probably come from hemp paper (麻纸 *ma zhi*, 'bast fibre paper') which is used for preparing clay mixtures until today.

The clay contains quartz, feldspars, mica (muscovite and illite) and small amounts of other components, but almost no calcite. The mortar from the joints, the undercoat plaster and the finish have a very similar composition and might be taken from the same source. The clay for inner core and finish coat of the sculptures are very similar in composition, but differ slightly from the wall materials. Maybe slightly different materials were used for plaster work and for sculpting.

Clay types used for conservation and tests

Two different types of earths or clay have been used for tests and for conservation work at the Shuilu'an. Both come from local deposits:

- ‘Black earth’ (黑土), from the flank of the mountain next to the Shuilu’an
- ‘Yellow earth’ (黃土), from a deposit 10 km from Lantian

As these are natural products, the qualities vary slightly. The ‘black earth’ used in April 2007 was lighter and more greyish than the one obtained in April 2008 from the same place. The yellow earth is finer and ‘fatter’ than the ‘black earth’. The colour of clay plasters and adobe bricks in the Shuilu’an is between the yellow and the black earth.

‘Black earth’ and ‘yellow earth’ are very similar in composition. Both do not contain calcite. Fluctuating properties of the ‘black earth’ are not discernible in XRD analyses. The composition of the ‘black earth’ corresponds best to the one of the adobe bricks, while the ‘yellow earth’ is very similar to the yellow ochre clay mixture used for attaching the clouds. Maybe different types of clay were used during the manufacturing of the clay walls and sculptures of the Shuilu’an.

Besides the fact the ‘black earth’ and the ‘yellow earth’ match die original materials so well, another advantage is that they are available in abundance without major problems on-site. For the tests carried out in Germany, big boxes with clay were sent to Munich, after it became obvious that the German types of clay were too different from the ones at the Shuilu’an: Tests for defining the properties of clay mixtures could not be done with German clay.

Preparation of clay



The clay was brought from the deposit in large wet lumps. Some root and earthworms had to be evacuated from the ‘black earth’, while the ‘yellow earth’ came in half dry, compact pieces. The materials was disintegrated roughly and spread for drying. A wooden tool was used to make it constantly finer during drying (fig. 1). The dried earths were stored in buckets.

For preparation, the earths had to be sieved to remove lumps, stone and other impurities. A sieve with a mesh size of 0.2 mm was used for sieving.

Additives for clay

material	source	special requirements
- water	normal tap water; water from the well in Shuilu'an	
<i>fibrous materials:</i>		
- straw	wheat straw from the surrounding, cut in small parts	
- hemp fibres	麻纸 <i>ma zhi</i> ('bast fibre paper')	
- Dralon® fibres	4 to 6 mm long, acrylic fibres, available in different length	
<i>weight and/or shrinkage reducing inert materials:</i>		
- sand	sand from the river near by, washed and sieved	
- poraver®	glass foam, 0.1-0.3 mm and 0.5-1.0 mm; Dennert company, Germany	
- scotchlite™ K1®	micro-balloons, diameter 30- 120 µm soda lime borosilicate glass: 97 - 100 % Hazardous Ingredients: Silica, Quartz (Xn; R48/20) < 3 % CAS-Nr: 7631-086-9	avoid inhalation, avoid contact to skin and eyes avoid ingestion
- Tylose® MH 300	methyl hydroxy ethyl cellulose	not hazardous dissolve in cold water; solution has to be stored cool



April 2007: Prepared clay mixtures, front to back:
HFM 1, HFM 2, HFM 3, HFM 4, M1 (*ma zhi*)

Recipes for clay mixtures

Filling and re-attaching of parts

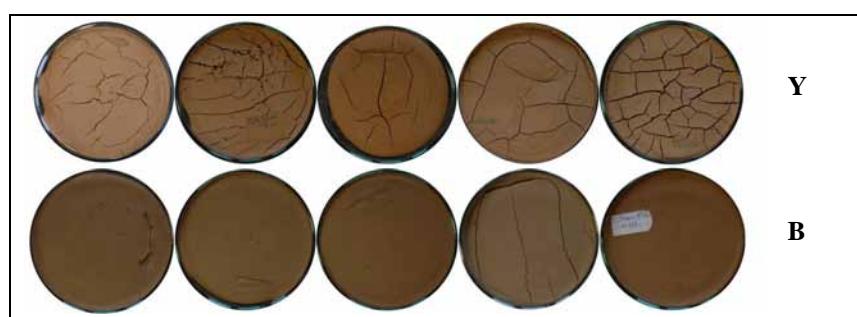
2007

Name	<i>ingredients, in parts by volume</i>			used for
	water	clay	<i>inert materials</i>	
HFM 1	10	5 ‘yellow earth’	1.5 sand (0-0.2 mm)	slurry to increase adhesion; hairline cracks
HFM 2	10	10 ‘yellow earth’	2 sand (0.2 mm)	cracks up to 5 mm
HFM 3	10	10 ‘yellow earth’	2 sand 5 poraver (0.2 mm) (0.1–0.3mm)	injection, clearances above 0.5 cm (not extrudable through cannulas and thin tubes)
HFM 4	10	10 ‘yellow earth’	10 poraver 1 dralon fibres (0.5-1.0 mm) (6mm)	clearances above 1.5 cm (not extrudable)

2009

The aim of the tests was to develop an injection mixture for gaps and voids with clearances above 3 mm. The ‘black earth’ gave better results as the ‘yellow earth’ in all mixtures as the shrinkage was lower.

Name	<i>ingredients, in parts by volume</i>				used for
	water	clay	<i>inert materials</i>	<i>adhesive</i>	
HFM 8	4	6 ‘black earth’	15 scotchlite K1	2 Tylose MH 300 3% in water	injection into cracks and gaps



3
Comparison of ‘yellow earth’ (Y, upper row) and ‘black earth’ (B, lower row) with different additives

Hemp fibre clay mixture - M1

2001 powdered and sieved ‘black earth’, hemp paper (麻纸 *ma zhi*), sand

2007 powdered and sieved ‘yellow earth’, hemp paper (麻纸 *ma zhi*)

Preparation:

- Stratify: 2 cm of clay, 3 layers of hemp paper, 2 cm of clay, 3 cm of hemp paper etc.
- Add enough water to cover the mixture. Soak over night; mix until paper has dissolved.
- The addition of sand is advisable to reduce the formation of shrinkage cracks.

The mixture was used for fillings on the surface and remodelling of missing parts. In April 2007 it was also used to attach sculptures and clouds to the wall.

Mud-straw mixtures

2007

Name	ingredients, in parts by volume			used for
	clay	straw	inert materials	
M 2	0.8 to 1	1 (1-3 cm length)		undercoat layer of wall
M 3	2	1 (1-3 cm length)	1 sand (0-2 mm)	tested as undercoat layer of wall

The clay was ponded in water and then mixed with straw. The mixture was allowed to soak for at least several hours. M2 was used to reconstruct missing parts of the undercoat wall plaster in 2007.



4
Mixture
M2, crack
system
comparable
to original
wall



5
mixture M3
with fewer,
but larger
shrinkage
cracks

Consolidants

List of tested materials

<i>Material</i>	<i>composition / provenience</i>	<i>preparation</i>	<i>used / year</i>
egg white	protein		consolidation test / 2001
funori	polysaccharide mucilage, Japanese algae adhesive	5 % in water 1, 1.5 and 2 %, in water	consolidation test / 2009 consolidation test / Shuili'an 2009
Glutolin®	methyl cellulose (Pufas comp., Glutolin)		facing with Japanese paper / 2002
Klucel® E	hydroxyl propyl cellulose, low viscosity	5 % in ethanol	consolidation test / 2009
Klucel® E	hydroxyl propyl cellulose, low viscosity	2 and 5 %, in ethanol 5 % in ethanol	consolidation test / 2001 facings with Japanese paper / 2007
Klucel® G	hydroxyl propyl cellulose, high viscosity	2 and 5 % 2.5% in ethanol	consolidation test / 2001 consolidation test / 2009
Methocel A4	ethyl cellulose (Dow chemical comp.)	5 % in water 2.5 and 5 %, in water	consolidation test / 2009 consolidation test / Shuili'an 2009
Mowiol® 4-88	poly (vinyl alcohol), partly saponified (Kuraray comp.)	2 and 5 %, in water 2 and 5 %, in water 2 and 5 %, in water	consolidation test 2001, 2002 consolidation / Shuili'an 2007 consolidation test / Shuili'an 2009
Mowiol® 4-98	poly (vinyl alcohol), completely saponified (Kuraray comp.)	2% and 10 %	consolidation test / 2002
Paraloid ®B 72	ethyl methacrylate copolymer	5%, in ? 1 and 2%, in ?	consolidation test / 2001 consolidation test / 2002
peach gum	polysaccharide, China	5 % in water 2% and 5 %	consolidation test / 2001 test as binder / 2002
rabbit skin glue	protein (Kremer pigments)	5 % in water	consolidation test / 2009
rice starch	polysaccharide (Kremer pigments)	5 % and 10% in water 5 % in water	consolidation test / 2001 consolidation test / 2009
Silester AR	pre-hydrolysed ethyl silicate hybride binder (Monsanto company)	12.5 % and 25 %, in ethanol	consolidation test / 2009
sturgeon glue	protein	2.5 % and 5 % in water	consolidation test / Shuili'an 2009

Cleaning

Preparation of gomma pane

<i>Ingredients</i>	<i>Preparation</i>
200 ml water	- boil water
7 g copper sulphate (CuSO ₄ x 5 H ₂ O)	- pour water in bowl
15 g Soda (NaCO ₃)	- add copper sulphate to water and dissolve
190-200g wheat flour	- add soda >> formation of gas bubbles; precipitation of copper carbonate - add flour and stir

Remarks on preparation:

- do not inhale gas forming during reaction of copper sulphate with soda, work outside !!
- for mixing-in flour, do not work with bare hands
- add flour until the mixture does not stick to surfaces anymore. Consumption of wheat flour might vary depending on flour qualities. In Shuilu'an more flour was necessary than prescribed in the recipe.
- keep *gomma pane* cool (if possible)
- do not use anymore when it becomes sticky



6



7



8



9

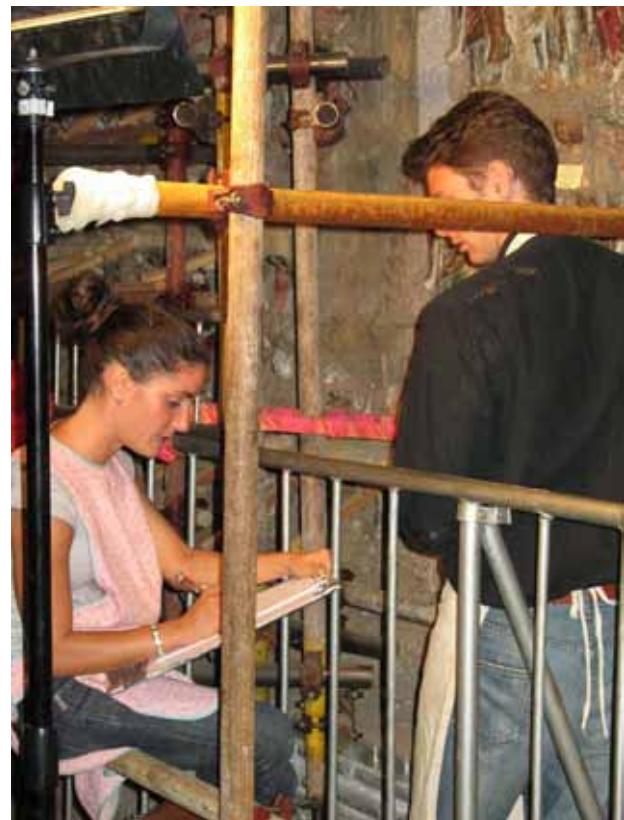
6-9 Preparation of *gomma pane*

6
Dissolution of copper sulphate;
preparation of soda

7
Starting to add flour

8
Addition of flour to a thick dough

9
Gomma pane freshly prepared



5 Documentation



Documentation of manufacturing techniques, condition and treatments

Catharina Blaensorf

The work done in the Shuiliu hall has been recorded in different ways. Written reports on the treatments and tests were made after each work stay (see chapter 8: *Work and travel reports*). When work on the walls was started in a larger scale in April 2007, a documentation system was developed that is based on chronologically organised reports, but on the single parts of the walls. A documentation sheet for each sculpture was started. Condition and treatment were also recorded in a mapping. The mapping gives a visual overview on all parts. Details can be checked in the individual sheet on the single sculpture. During the work, all treatments were written down in a daily protocol as it proved to be to time-consuming to enlist the treatments, checking hundreds of handwritten sheets on the sculptures and there were no sheets for larger areas as the voids inside the walls. The information of the protocols later on was transferred to the documentation sheets and to the mapping.

Documentation sheets on single sculptures

The documentation sheet comprises four chapters and normally do not fill more than two pages. For practical reasons the documentation sheets are handwritten as they had to be filled in sitting in front of the sculptures on the scaffolding (fig. 1). Furthermore, handwritten documentations allow the inclusion of small sketches that help to identify the parts of the sculpture.

The documentation sheets are divided into the following paragraphs:

Headline Position, section, sculpture no.

1 Identification

- Type of sculpture
- Dimensions

2 Technological description

- 2a Clay and modelling
- 2b Colours of each part

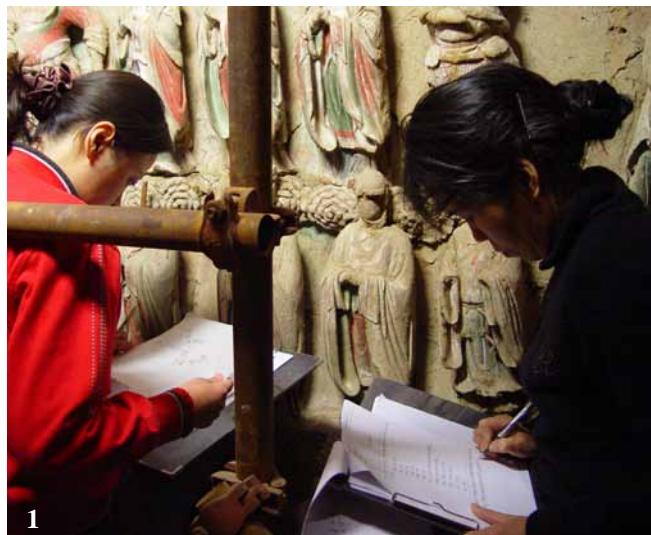
3 Condition and damages

- Clay
- Paint layers
- Missing parts

4 Treatments

- Cleaning
- Consolidation of paint layers
- Consolidation of clay
- Remarks

The information is written down in bullet words, as far as possible answering preset keywords. Some space is left blank after every paragraph so additional information can be added later on. Figure 2 shows the form used in September 2007 in photocopied version. Figure 3 shows two examples of handwritten documentation sheets. The forms are planned to be filled in English. Due to the fact that German, Chinese, English and Italian restorers participated in the work, however, and that documentation proved to be very time-consuming, we accepted that different languages were used to save time.



Filling hand written documentation forms on the scaffolding before begin of treatment

1 IDENTIFICATION		POSITION	SECTION	Sculpture no:
<ul style="list-style-type: none"> — TYPE: — ROBE — SAGES: — HEADGEAR: — HANDS: — CLOUDS: 		DIMENSIONS (CM) <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 50px; margin: 10px auto;"></div>		
2 TECHNOLOGICAL DESCRIPTION		3 CONDITION / DAMAGES		
2a CLAY / SUPPORT SYSTEM <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		CLAY / SUPPORT <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		
2b COLOURS / PAINT LAYERS <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		PAINT LAYERS <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		
HEADGEAR → ROBES — JACKET: BORDER, LINING — WAIST CLOTH: BORDER: — BELT: — INTERGARMENT: BORDER — GOWNMENT WITH LONG SLEEVES — KASAYA — SKIRT — TROUSERS — ARMOUR: — OTHER: <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		MISSING PARTS <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		
		4 INTERVENTIONS / MEASUREMENTS CLEANING OF SURFACE <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		
		VACUUM CLEANER PAINT BRUSH <input checked="" type="checkbox"/> WASH-UP WALL -MASTER DONNA RENE BLITZ FIX CONSOLIDATION OF SHELLACE / PAINT LAYER <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		
		REMARKS <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		
		CONSOLIDATION OF CLAY <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 10px auto;"></div>		

2

Photocopied form used in September 2007

Position: West wall, sec. 2 Figure no. W 3.49		Position: West wall, tier 2 Figure no. W 3.49	
① Identification:	Type: tianwang with arms, red skin yellow hair	Dimensions:	W: 26 H: 26 D: 16
	Arms: chain plates covering head, arms, belly; three hanging flags lion head Liangzi hawk belt		
② Technological description:			
2.1			
2.2 colors/paint layers	headgear: gilded on gold; central ornament redish brown; on his back armor: gold orange; including collar; borders of garments: red sleeve underneath armor: reddish bluish green belt: red; white lion; border: gilded on gold (bottom only) face mask: gilded on gold cloak: green (armour) or bluish grey lion head: white with white dots (dots slightly yellowish) belt: red or orange; golden fastener on the sides part above belt: green, orange fusus park (creel) with golden border boots: black with white soles feet: red (pink reddish pink) below right foot; green below right foot hand around waist: red or red Belt: around it: green ca. light grey; light grey stripe as central line		
3			
The first page of two handwritten documentation sheets			

The identification of the sculptures is based on the numbering system introduced in 2002. Each sculpture is identified by a code of letters and numbers, indicating the wall, the tier and the place in the row. For example

W2.38

W = West wall 2 = tier no. 2 38 = 38th sculpture from the south side

The numbers are marked in photographs of the walls made by Siegfried Scheder in 2002. Although some sculptures were not included in the numbering system in 2002, the numbers were not changed anymore to avoid confusion.

The sculptures on the west wall are still not identified regarding their iconographic signification. As a first step, the sculptures were classified roughly into:

- men, women, warriors/tianwang, monks, bodhisattvas, special sculptures

Additionally frequently occurring types of robes, headdresses, shoes and hand gestures were classified to simplify the description (fig. 4). The description recorded in this way can be also used for art historical or iconographic interpretation.

Kleidung					Männer, „chinesische Gewänder“					Kopfbedeckungen				
Type	Skizze	Beispiel	Beschreibung	Figuren	Type	Skizze	Beispiel	Beschreibung	Figuren					
Untergewand + Gewand														
M1			Gewand oder kurze Jacke mit goldenem Kragen Mantel oder Umhang Schärpe, vorn offen (rot) innen Ärmel Innenseite Oberwand: Schärpe oder Rock - rote Ärmel der Jacke - goldene Untergewand	W1.12 W2.48 W1.2 W2.49 H5.2 W1.79 H5.3 W1.80 H5.10 W1.451 W1.46 W1.452 W1.47 W1.453 W1.48 W1.454 W2.10 W1.454a W2.31 W1.55 W2.32 W1.56 W2.33 W1.57 W2.34 W1.458 W2.38 W1.460 W2.37 W1.462 W2.39 W1.463 M1 plus Krone HK3 H4.11 H1.6 H5.4 H3.7 H5.5	M1a			M1a: lung guan (Brennende Kappe, mit 9 Strahlen für Kaiser) Wolken- oder Strahlerkappe mit fünf Stegen und Wolkenapplikationen flügig zum (Ost) bringt die Wolke aus „Brennt“ und 2 „Schnecken“ über der Stirn, golden bzw. rosa, aufgestickte Applikationen aus goldenen Kugeln und roten Schnallen	H4.11 H3.6 W2.58 W7.60 W1.69 W2.70 W9.49 W4.51 W4.52 W4.53 W4.54 W4.56 W4.57 W4.72					
M2			Innenlanges Untergewand, Innenseite Oberwand, Obergewand mit weißen Ärmeln, Beinhalde, Ohrloch, innere Ärmelblätter eng, an den Handgriffen ist über dem Ärmel in der Obergewand eine geschlitzte, umgerückte Ausbildung zu sehen	W1.59 W2.56 W1.33 W2.37 W1.32 W2.38 W1.43 W2.69 W1.43 W1.458 W1.44 W1.478 W1.45 W1.471 W2.47 W1.72 W2.46 W1.73 W2.47 W2.48	M1b				von M1a, aber ohne aufgestickte Ziernapplikationen	W1.42 W1.43 W1.44 W1.46 W2.43 W2.54 W3.52 W3.57 W4.48 W4.50 W4.62 W4.74				
Hande														
1			Engfingergreifen Hände vor der Brust zusammengefaßt. Linke greift über rechte, beide Hände halb gerollt. Hände können ein Amulett haben.		M2				Vorderer Teil wie M1, aber abgeschrägt und nur 3 Stege, nach hinten zweispitziges Rückenteil angestellt, rosa bzw. golden, rote Applikationen rot, von aufgestickte Applikationen auf der Kappe. Kappe größer als M1	W1.45				
2			Festhaltungsgreifen Hände vor der Brust zusammengefaßt, Handflächen flach aneinander gelegt		M4					W3.67 W3.68				
3			Arme vor dem Brust zusammengefaßt Arme vor dem Brust zusammengefaßt. Hände und im gegenüberliegenden Armel versteckt											
Schuhe														
M1			bret, beide Enden aufgeworfen mit Falte unten, Mittelaufnahmen Spitz eingestellt rot mit weißer Sohle 	W1.4	M5			hoher Hut mit aufstehenden Seitenteilen, schwarz mit rosafarbenen (=goldenen) Randem	N 2.1 (Alter)					
M2			schmal, nach vorne spitz, mittlere Spitze leicht abgewinkelt, (z.z.) schwarz, Sohle weiß, nicht abgesetzt	H2.29 W1.33 H2.37 W2.66 W1.38a W4.50 W2.39	M6			Beamtenhut mit zwei stehenden Auslegern, schwarz, Stoffapplikation golden	N2.2 W1.41 W1.47 W3.66					
M6			Stoffsohne, Füße unterhalb der Kleidung, Hals auf Spitz eingestellt, dunkelgrün/rot mit weißer Sohle	M1.4	M7			goldene melonenförmige Kappe >> nomadische Filzkappe	W4.50					
Fäden														
F1			schmal, Spitze horngelagert, zwei kleine Falten unter Spitze, Sohle glatt eingestellt rot mit weißer Sohle	H1.8 W3.71 H4.1 H4.7 H4.8	M11a			kleine Lotusblatt- krönchen, golden >> hält Haare zusammen mit Haarnadel han tuo shu guan 莲花束发冠	W2.36 W2.57 W4.60 W4.66					
F2			schmal, Spitze horngelagert, Sohle mit Spitz horngelagert rot mit weißer Sohle	W2.55 W3.59 W3.61	M11b			wie M11a, aber mit stöpseligem Element in der Mitte	W3.62 W4.65 W4.67					

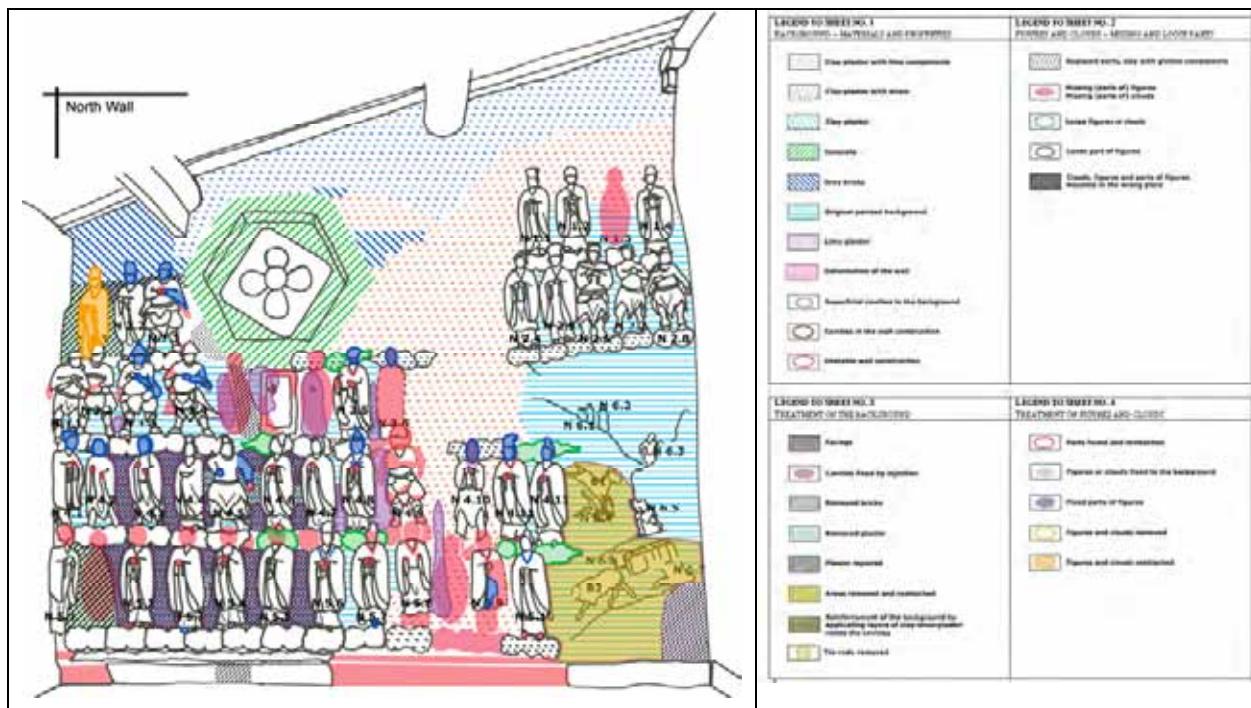
Form:	Position: West Wall	Section: 3	Sculpture No.: W 1.26
1 IDENTIFICATION		Photograph/Sketch	
<ul style="list-style-type: none"> Type: Bodhisattva Robe: -- Headgear: 3 Shoes: Bare Foot Hands: 8? Clouds: Replacement Photos: 1, 205, 823 			
Dimensions (cm)		H: 48	D: 13
		W: 18	
2 TECHNICAL DESCRIPTION			
2a Clay/Support System - Specials			
<ul style="list-style-type: none"> Very thick bamboo stick <input checked="" type="checkbox"/> Reattached <input checked="" type="checkbox"/> other <input checked="" type="checkbox"/> clay core visible on both missing hands other <input checked="" type="checkbox"/> wooden dowels coming out from the arms 			
2b Colours/Paint Layers			
<ul style="list-style-type: none"> Headgear: 3 (black hair on green base) Skin: gilded, pink base Shoes: black <input checked="" type="checkbox"/> brown <input checked="" type="checkbox"/> red <input checked="" type="checkbox"/> bare foot <input checked="" type="checkbox"/> Robes: <ul style="list-style-type: none"> Belt: gilded brownish Kasaya: red, green with gilded parts and gilded borders on white base Skirt: red with gilded border Cloaks: green, red with gilded brownish border 			
3 CONDITION/DAMAGES			
Clay/Support	<ul style="list-style-type: none"> Many parts of the cloak and the kasaya are covered with not original clay Some cracks around the neck Big cracks running all around the sculpture; on the right side some restoration clay and some other cracks on it Serous cracks on the left part of the kasaya from up to down and on the tip 		
Paint Layers	<ul style="list-style-type: none"> soot deposits on face of the sculpture, on the chest and on the skirt and on the gilded party of the kasaya loose <input checked="" type="checkbox"/> All colours, especially left side strong <input checked="" type="checkbox"/> light <input checked="" type="checkbox"/> Faded on the chest, Lacunias on the neck, the kasaya, cloak (but the restoration doesn't allow to see them very well) 		
Missing Parts	<ul style="list-style-type: none"> Both hands Left foot (restored) Some parts on the left part of the cloaks and kasaya 		
4 INTERVENTIONS			
Cleaning of the surface	<input checked="" type="checkbox"/> Vacuum cleaner <input checked="" type="checkbox"/> Paint Brush <input checked="" type="checkbox"/> Below <input checked="" type="checkbox"/> Wish-Up <input checked="" type="checkbox"/> Wallmaster <input checked="" type="checkbox"/> Gomma Pane <input checked="" type="checkbox"/> Blitz Fix <input checked="" type="checkbox"/> Other Remarks: <ul style="list-style-type: none"> Warm water and Blitz Fix used to remove/soften clay on surface Clay also mechanically removed with bamboo sticks and spatula Clouds removed and a lot of surrounded clay Large amount of clay/deposits → difficult to remove → especially arms, chest and skirt 		
Consolidation of Surface/Paint Layer	<input checked="" type="checkbox"/> Mowiol 88 2% <input checked="" type="checkbox"/> Mowiol 88 4% especially on green		

5

Example for electronic data sheet with photographs, developed by Stephanie Edlmann

Form:	Position: West Wall	Section: 3	Sculpture No.: W 1.26
Consolidation of the clay			
<input checked="" type="checkbox"/> Inject I <input checked="" type="checkbox"/> Inject II <input checked="" type="checkbox"/> on raw edges of clay → around left? and feet <input checked="" type="checkbox"/> Inject III Remarks: <ul style="list-style-type: none"> Between 1.26 & 1.27 there is a big difference in height between old and new wall. The gap was feathered out using No. 4 clay with a surface of No. 2 with hemp and? with 'B... Clay' The gap where the statue joins the wall was filled with No. 2 with hemp No. 2 was injected into the crack? at the neck 			
4 REMARKS			

Form No.: 10	Position: West Wall	Section: 3	Sculpture No.: W 1.29									
Identification Technical Description Colours/Paint Layers of Figures Condition/Damages Interventions/Cleaning Interventions/Consolidation Remarks												
Identification <table border="1"> <tr> <td>Type: Bodhisattva</td> <td>Clouds: Replacement</td> <td>Remarks:</td> </tr> <tr> <td>Robe: <input type="text"/></td> <td>Headgear: Head missing</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Shoes: Missing</td> <td>Hands: <input type="text"/></td> <td></td> </tr> </table>				Type: Bodhisattva	Clouds: Replacement	Remarks:	Robe: <input type="text"/>	Headgear: Head missing		Shoes: Missing	Hands: <input type="text"/>	
Type: Bodhisattva	Clouds: Replacement	Remarks:										
Robe: <input type="text"/>	Headgear: Head missing											
Shoes: Missing	Hands: <input type="text"/>											
Dimensions <table border="1"> <tr> <td>H: <input type="text"/></td> <td>W: <input type="text"/></td> <td>D: <input type="text"/></td> <td>Fotos: <input type="text"/></td> </tr> </table>				H: <input type="text"/>	W: <input type="text"/>	D: <input type="text"/>	Fotos: <input type="text"/>					
H: <input type="text"/>	W: <input type="text"/>	D: <input type="text"/>	Fotos: <input type="text"/>									



7

Mapping of condition and treatment (executed by Laura Thiemann); north wall with all information overlying and legend

In November 2007, a computer form was created and for some of the sculptures the information was transferred into this electronic version (fig. 5). Due to the high amount of time necessary for this work, it was not pursued. Instead the information was entered into an ‘access’ data base (without photographs; fig. 6) by Stephanie Edlmann as a term paper.

The mapping of condition and treatments were done for all areas consolidated between 2001 and 2007 (north wall, west wall sections 1 to 3). The mapping was made using ‘photoshop’. Figure 7 shows an example the mapping done by Laura Thiemann.

Mapping of condition and treatments

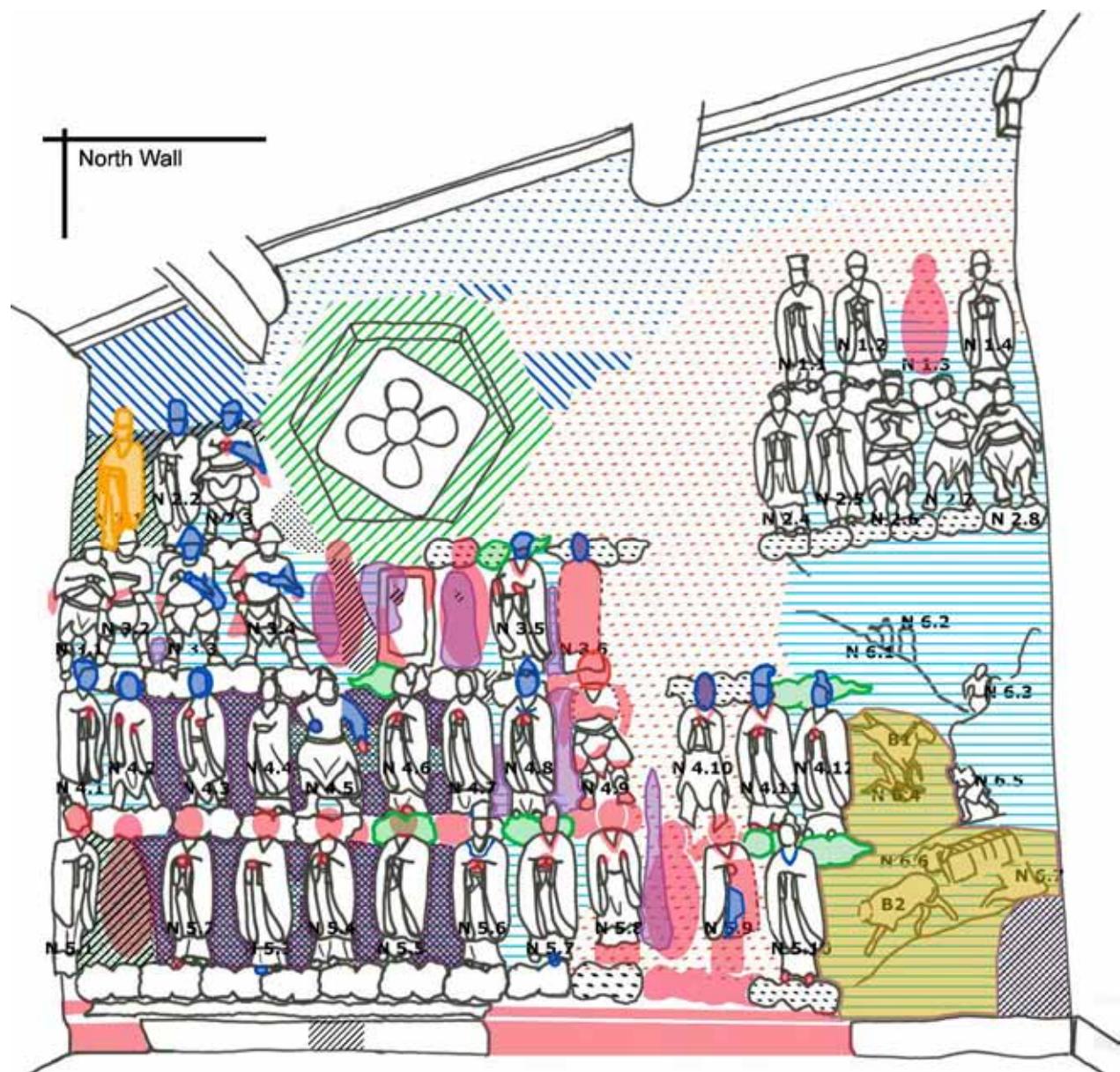
Laura Thiemann

LEGEND TO SHEET NO. 1 BACKGROUND – MATERIALS AND PROPERTIES	LEGEND TO SHEET NO. 2 FIGURES AND CLOUDS – MISSING AND LOOSE PARTS
 Clay-plaster with lime components	 Replaced parts, clay with glutine components
 Clay-plaster with straw	 Missing (parts of) figures  Missing (parts of) clouds
 Clay-plaster	 Loose figures or clouds
 Concrete	 Loose part of figures
 Grey bricks	 Clouds, figures and parts of figures mounted in the wrong place
 Original painted background	
 Lime-plaster	
 Deformation of the wall	
 Superficial cavities in the background	
 Cavities in the wall construction	
 Unstable wall construction	

LEGEND TO SHEET NO. 3 TREATMENT ON THE BACKGROUND	LEGEND TO SHEET NO. 4 TREATMENT ON FIGURES AND CLOUDS
 Facings	 Parts found and reattached
 Cavities fixed by injection	 Figures or clouds fixed to the background
 Removed bricks	 Fixed parts of figures
 Removed plaster	 Figures and clouds removed
 Plaster repaired	 Figures and clouds reattached
 Areas removed and reattached	
 Reinforcement of the background by applying layers of clay-staw-plaster inside the cavities	
 Tie-rods removed	

North wall

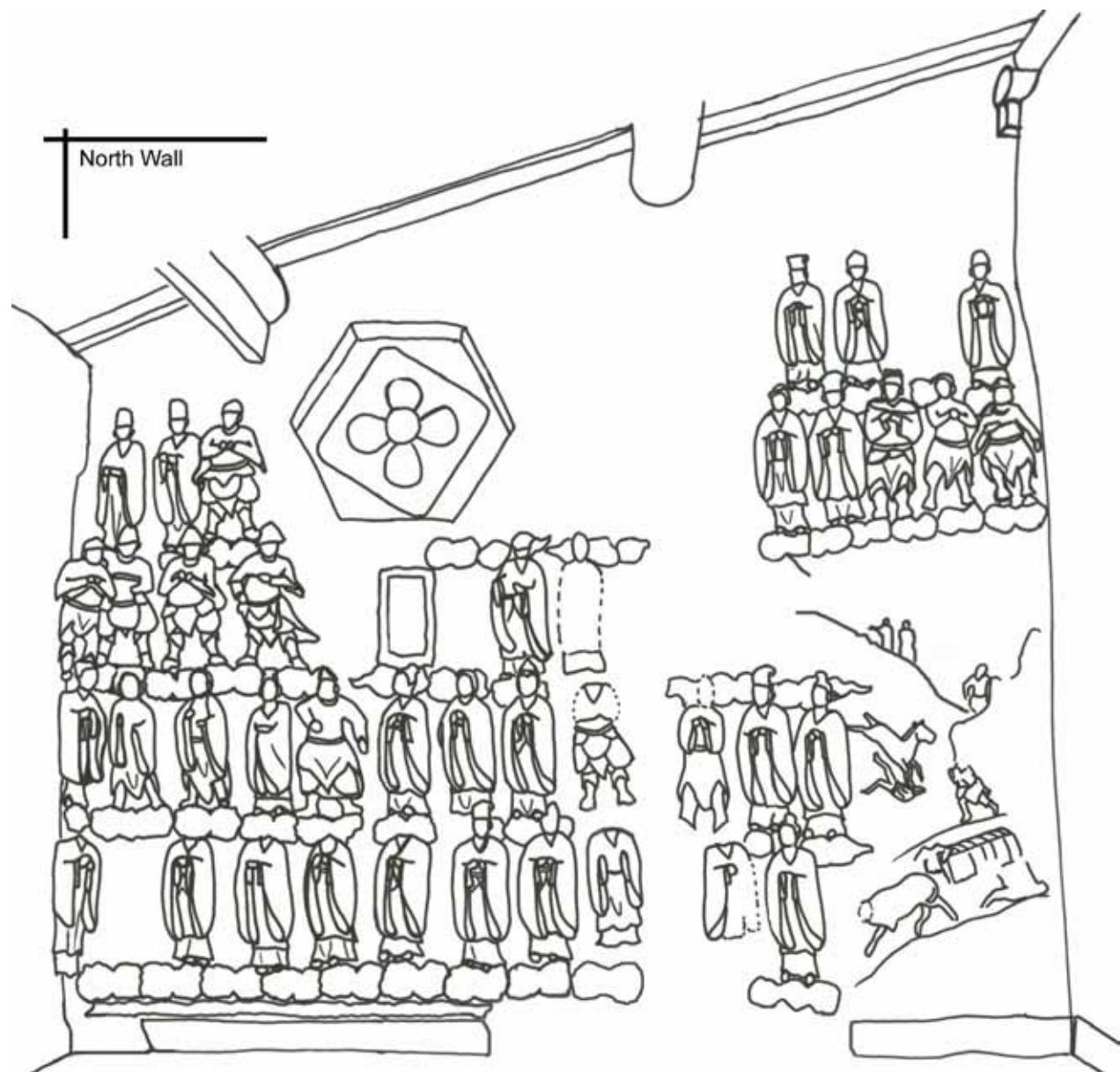
All information - all five layers superimposed



The following pages show the information of the single layers or sheets printed on tracing paper. The sketch of the wall can be found as separate sheet in this volume to insert it underneath the single information sheets.

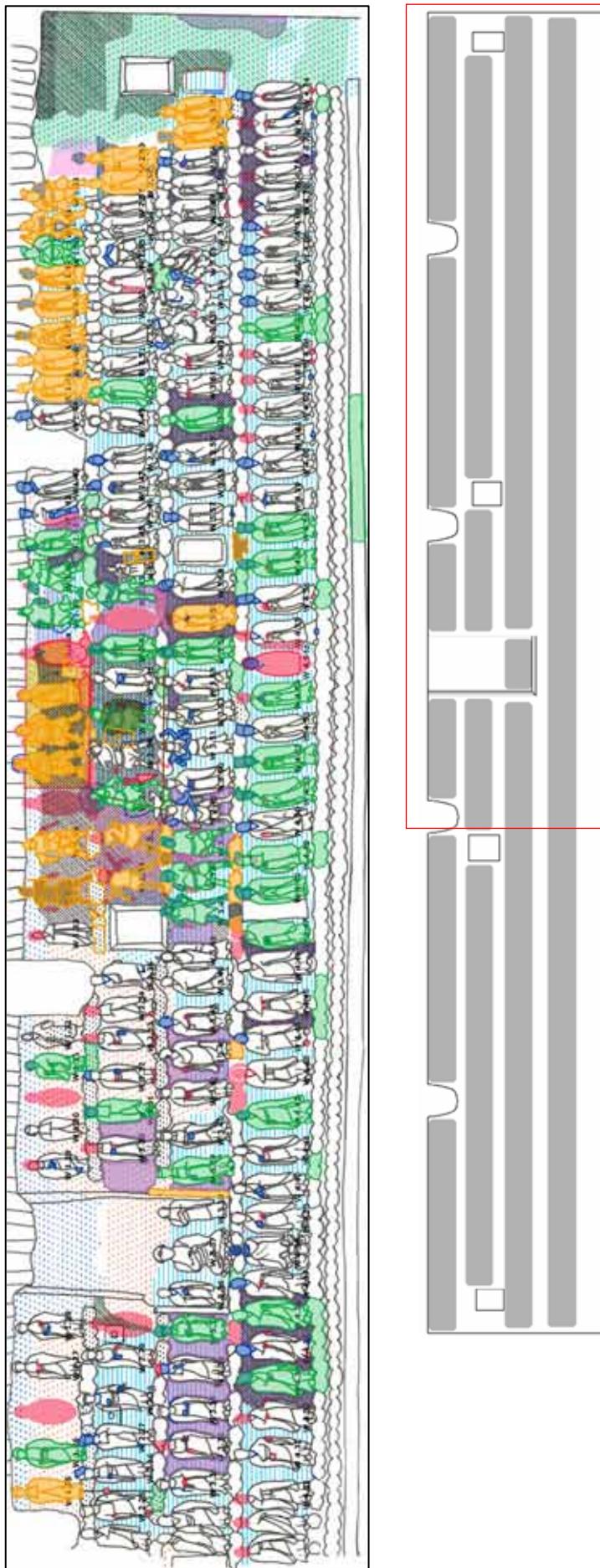
North wall

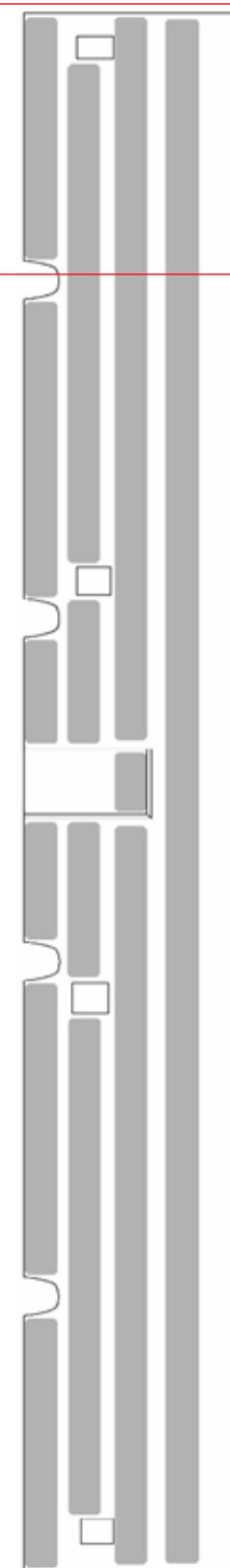
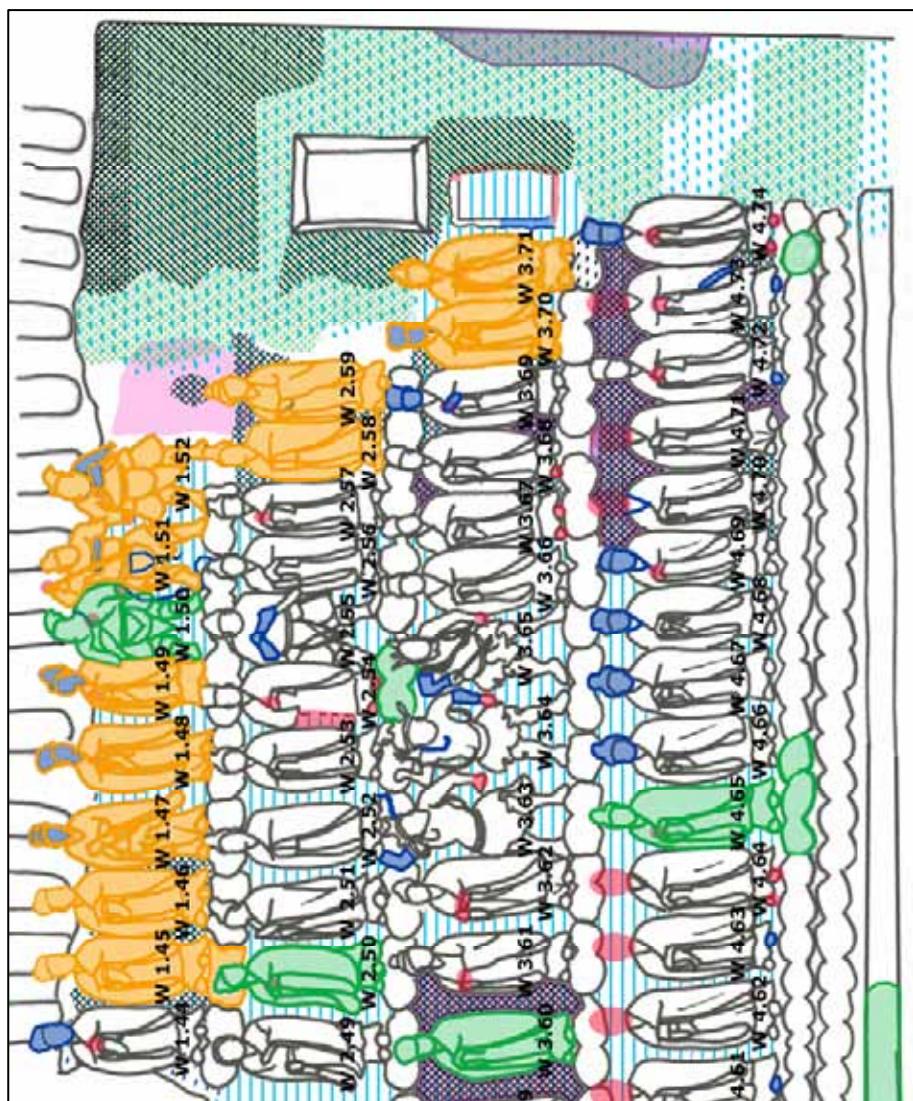
Sketch

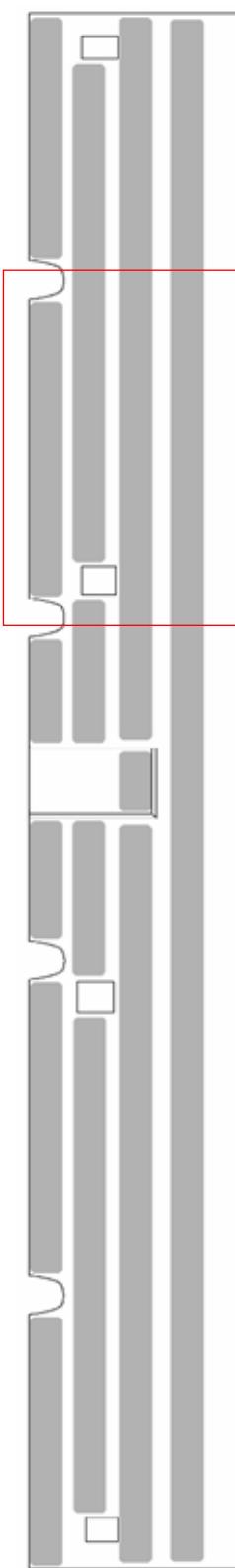
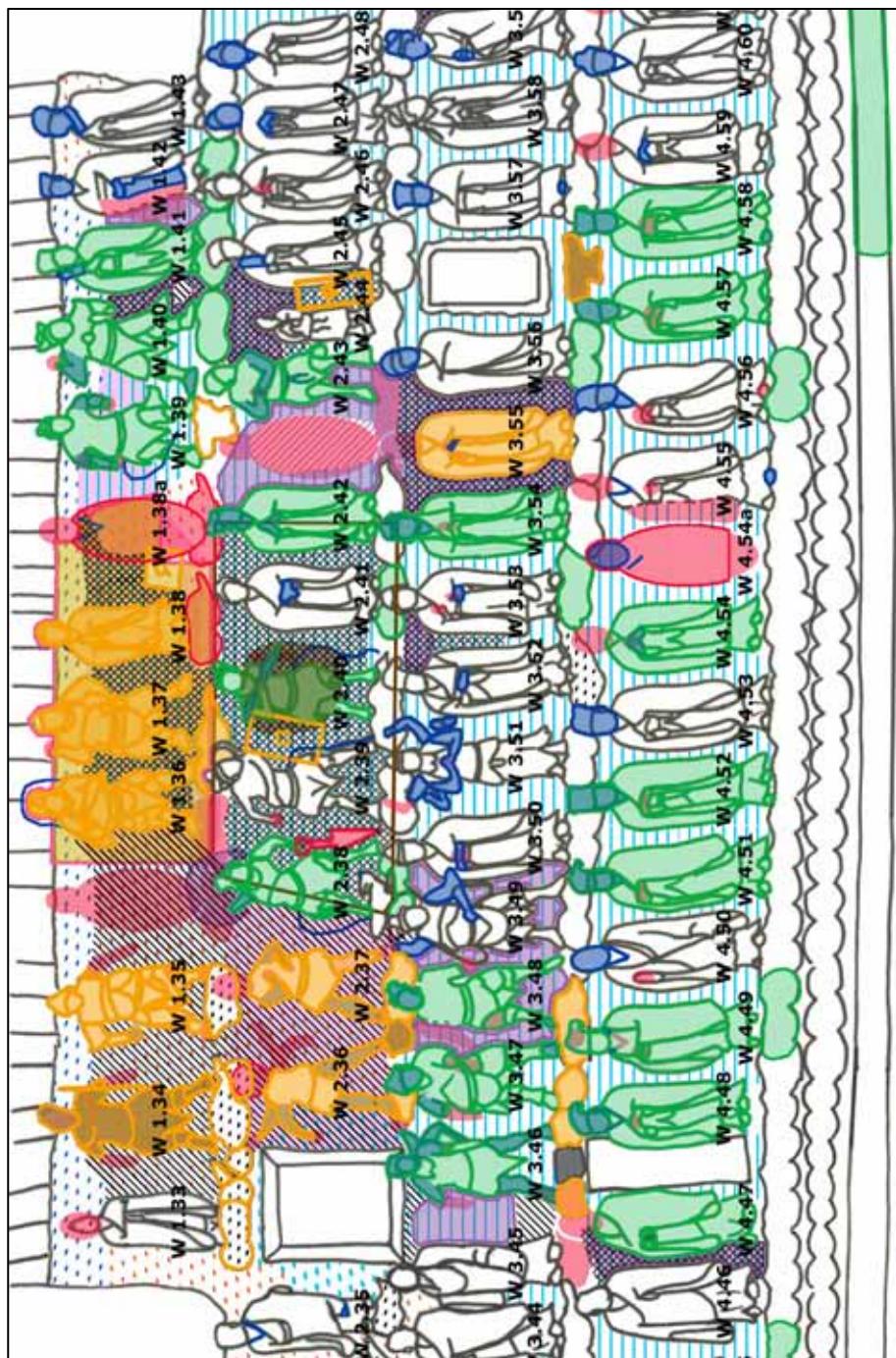


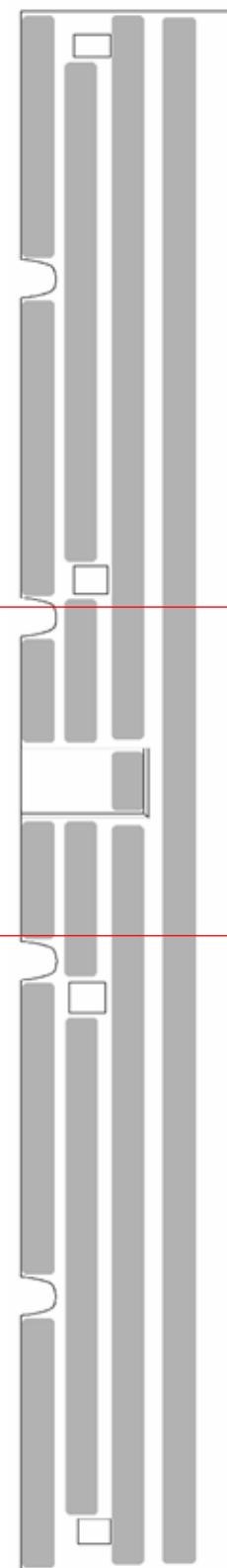
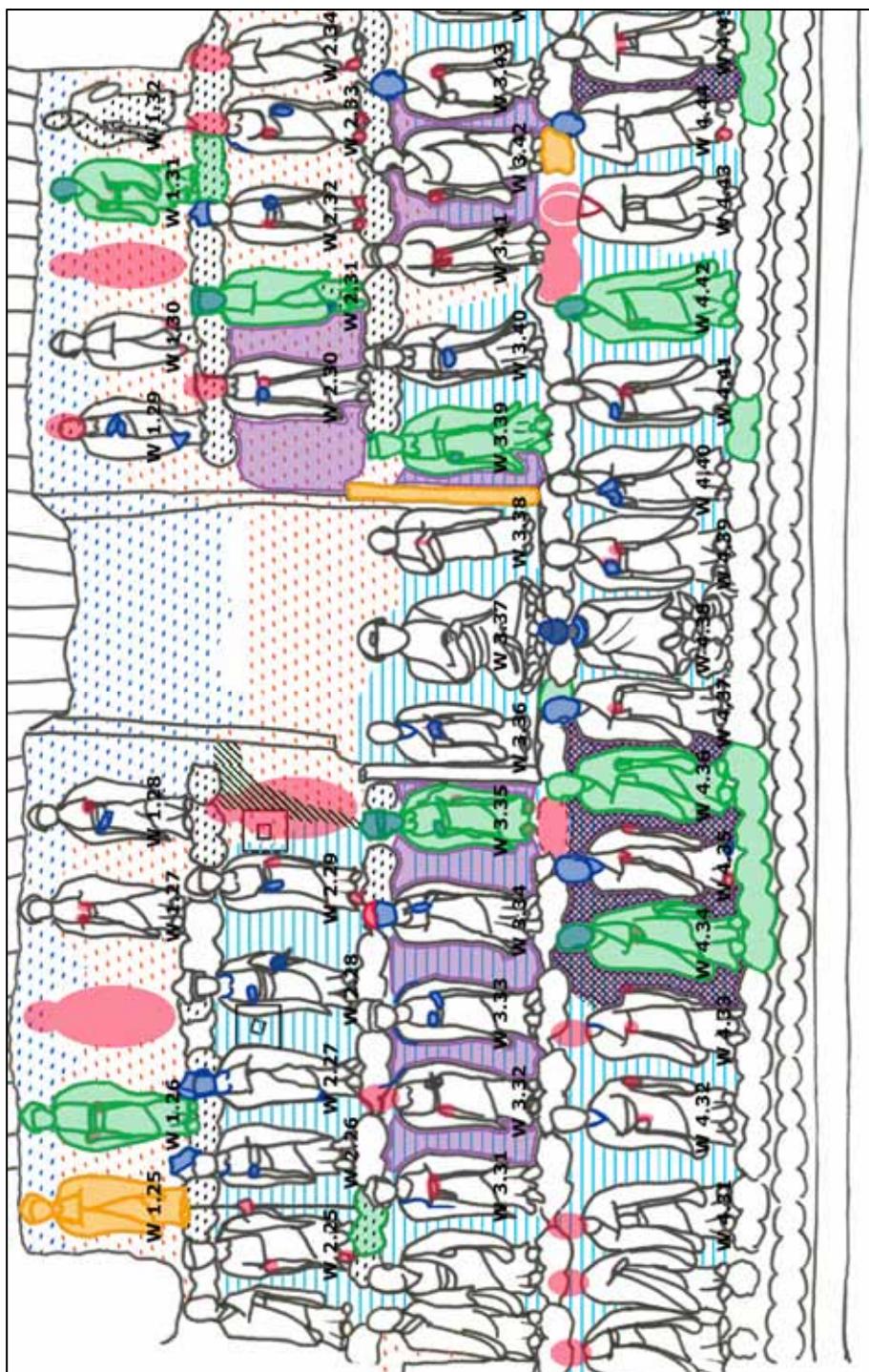
South wall

All information superimosed









Cataloguing fragments found inside the hall

Catharina Blaensdorf, Stephanie Edlmann

Until April 2007 fragments and sculptures detached from the wall over the years were lying in the hall. They were deposited in the niches remaining from the four windows in the west wall and on the “bench” running below the pedestal of the north and the south wall. As the north and the south wall are out of reach for visitors and were only poorly illuminated, this was an understandable solution.

Sculptures and clouds detached in 2005 were stored in two wooden wardrobes which were set up in front of the *kongqueling wang* for this purpose.

In April the fragments from the bench on the north wall were collected as the scaffolding was set up there, so it was no longer safe to store them there. In a next step, all fragments were taken out of the window niches before the windows were opened again during the repair work on the west wall. In September 2007 also the fragments from the south wall were collected. These fragments were stored in cardboard boxes and in the two wardrobes set up in 2005.

During the cleaning of the north wall and the sections 1, 2 and 3 of the west wall, numerous small fragments were discovered behind sculptures and clouds. They were stored in small polystyrene boxes.

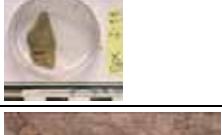
In September 2007, all fragments collected inside the hall were photographed and catalogued. The small fragments found on the wall during cleaning are not catalogued yet. It will be the next step of work, starting in 2010, to collect all fragments, also from the front part of the hall and to set up a complete catalogue (as excel file or data base). This can be used during the conservation to see if the found fragments can be attached to places where parts are missing.

The following list of stored fragments gives the contents of the wardrobes and the boxes in the state of June 2009.

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
wardrobe 1 (light brown, two doors)	upper part, upper shelf	- Man, without head, with peg	bench below south wall, Sept. 2007	
wardrobe 1 (light brown, two doors)	upper part, lower shelf-	- <i>tianwang</i> K9.48, no head	detached from lowest tier left of <i>kongqueling wang</i> in 2005	
wardrobe 1 (light brown, two doors)	lower part, upper shelf	- 1 bigger sculpture - 1 small sculpture - 1 pole with remnants of cloud decoration - 1 big cloud - 1 cloud tail of 1980-85 - 1 fragment of an arm of an <i>jingang</i> - 1 plaster fragment with red polychromy	found on the pedestal of the <i>yingshen fo</i> , next to the south gable wall in June 2009	
wardrobe 1 (light brown, two doors)	lower part, upper shelf	- 2 clouds from 1980-85, below W3.2a and W3.3 - half of original cloud from cloud pedestal below W4.2c (green)	detached from test area below window 4 in June 2009	
wardrobe 1 (light brown, two doors)	lower part, lower shelf	- 5 small plastic cases with small finds	retrieved during cleaning of west wall, section 1 to 3 in April and September 2007	
wardrobe 2 (dark brown, one door)	upper part, upper shelf	- woman, without head	found in window no. 4, Sept. 2007	
wardrobe 2 (dark brown, one door)	shelf 1 (top shelf)	- clouds from 1980-85 - 1 peacock feather form 1980-85		

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
wardrobe 2 (dark brown, one door)	shelf 2	- Man labelled as: “north wall, upper right, no. 2, top tier, second from the right”) = N3.1 (?)	detached in 2005	
wardrobe 2 (dark brown, one door)	shelf 3	- sculpture labelled as “West wall, third row, 44” = W3.28, with cloud	detached in 2005	
wardrobe 2 (dark brown, one door)		- cloud labelled as “south cloud” (two clouds labelled as “north clouds” belongs below W1.38 and W1.38a) (red cloud of small swirls ??)	below W1.39 ? (does not fit), detached in 2005	
wardrobe 2 (dark brown, one door)		- 2 clouds below W3.22 and W2.23 left side	detached in 2005	
wardrobe 2 (dark brown, one door)		- cloud below W1.16 (half of double cloud,	detached in 2005	
wardrobe 2 (dark brown, one door)	shelf 4 floor of wardrobe)	- box 1 - box 9		
Box 1	1	- left part of male figure: shoulder and arm with sleeve (blue ? with green lining)	found in 2007	
Box 1	2	- torso of small (male=) sculpture, 20 cm high	found in 2007	

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
Box 1	3	- part of mould-made door wing	found in 2007	
Box 1	4	- fragment with wire core	found in 2007	
Box 1	5	- fragment with traces of light polychromy	found in 2007	
Box 2	1	- double cloud from 1980-85	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	2	- half of double cloud from 1980-85	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	3	- half of double cloud from 1980-85	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	4	- half of double cloud from 1980-85	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	5	- cloud from 1980-85	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	6	- terracotta decoration (from roof ?)	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	7	- part of railing, from 1980-85	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	8	- cloud from 1980-85	found in April 2007 on bench below north wall	
Box 2	9	- substructure of cloud ?, with remnants of priming layer	found in 2007	

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
Box 3	1	- head of a man with small crown	found in 2007	
Box 3	2	- fragment of drapery	found in 2007	
Box 3	3	- head of man with crown; thick plaster layer of 1980-85 on the back	found in 2007	
Box 3	4	- fragment of hanging sleeve (green)	found in 2007	
Box 3	5	- 2 fragments of something green, with wire loop	found in 2007	
Box 3	6	- fragment of a sculpture ? with traces of polychromy	found in 2007	
Box 3	7	- fragment of gilded (?) object	found in 2007	
Box 3	8	- fragment of an arm (?)	found in 2007	
Box 3	9	- fragment	found in 2007	
Box 3	10	- 2 fragments with traces of polychromy	found in 2007	
Box 3	11	- fragment (plaster ?)	found in 2007	
Box 3	12	- fragment of upper of tianwang	found in 2007	

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
Box 4	1	- double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 4	2	- half of double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 4	3	- peacock feather from 1980-85	found in 2007	
Box 4	4	- peacock feather from 1980-85	found in 2007	
Box 4	5	- half of double cloud (dark pink)	found in 2007	
Box 4	6	- half of double cloud (red)	found in 2007	
Box 4	7	- fragment of cloud	found in 2007	
Box 4	8	- fragment of double cloud (green and white)	found in September 2007	
Box 5		- sculpture with skirt, head fragmentary, legs broken off	found in 2007 on bench below south wall	
Box 6	1	- sculpture of a woman, holding an infant on her left arm; head of woman missing; 20 cm high	found in April 2007, jammed between two sculptures of the south wall	

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
Box 6	2	- abdomen of a <i>tianwang</i> , with remnants of left leg	found in 2007	
<i>Box 7 - now empty</i>		<i>until Sept. 2007: W4.54a</i>	<i>identified and re-attached in September 2007</i>	
Box 8	1	- upper body of a <i>tianwang</i>	found in 2007	
Box 8	2	- double cloud (dark pink and green)	found in 2007	
Box 8	3	- fragment of architecture (?) : slab with edge (traces of red)	found in 2007	
Box 8	4	- half of double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 8	5	- half of double cloud (pink)	found in 2007	
Box 8	6	- fragment of small sculpture, head, hands, and legs lost, 13 cm high	found in 2007	
Box 8	7	- half of double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 8	8	- fragment of an arm (?)	found in 2007	
Box 8	9	hand, balled to fist (white)	found in 2007	
Box 8	10	fragment with traces of polychromy	found in 2007	

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
Box 8	11	fragment of flying band (green)	found in 2007	
Box 8	12	- fragment of an edge (green)	found in 2007	
Box 9	1	- right sleeve of a man	found in 2007	
Box 9	2	- tail of a red cloud, labelled "No. 4.12 ..."	found in 2007	
Box 9	3	- double cloud (red (?) and white (?))	found in 2007	
Box 9	4	- double cloud (orange and white (?))	found in 2007	
Box 10				
Box 11	1	- crouching gilded animal, 6 cm high	found in 2007	
Box 11	2	- fragment of an arm (?)	found in 2007	
Box 11	3	- fragment of an arm (?) (pink)	found in 2007	
Box 11	4	- cloud with tail	found in 2007	
Box 11	5	- gilded finger, 8 cm long	found in 2007	
Box 11	6	- fragment of <i>tianwang</i> , lower part of armour and part of tunic with gilded edge	found in 2007	

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
Box 11	7	- fragment of robed figure (neckline, sleeve or leg ?)	found in 2007	
Box 11	(8)	- head of W2.36	<i>identified and re-attached in 2007</i>	
Box 11	9	- half of double cloud	found in 2007	
Box 11	10	- double cloud with tail (traces of red)	found in 2007	
Box 12	1	- left hand (white)	found in 2007	
Box 12	2	- clay fragment with traces of polychromy	found in 2007	
Box 12	3	- wire	found in 2007	
Box 12	4	- edge of robe (?) (red)	found in 2007	
Box 12	5	- shaft of black boot and part of knee (?)	found in 2007	
Box 12	(6)	- crown of Bodhisatva W3.34	<i>identified and re-attached in Sept. 2007</i>	
Box 12	7	- part of cloud with small swirls	found in 2007	
Box 12	8	- half of double cloud	found in 2007	
Box 12	9	- double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 12	10	- naked arm (reddish brown)	found in 2007	

<i>Storage place</i>	<i>subdivision</i>	<i>type of object</i>	<i>place / time of finding</i>	<i>photograph</i>
Box 13	1	- double cloud (from 1980-85 ?)	found in 2007	
Box 13	2	- double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 13	3	- double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 13	1a	- half of a double cloud from 1980-85	found in 2007	
Box 13	2a	- fragmentary half of double cloud (from 1980-85 ?)	found in 2007	
Box 13	3a	- plaster fragment of painted background (dark grey)	found in 2007	
Box 13	4	- 2 fragments of landscape (trees ?) (green)	found in 2007	
Box 13	5	- fragment of wood with traces of clay and polychromy	found in 2007	
Box 13	6	- 2 pegs for feet, 13 cm long	found in 2007	
Box 13	7	- half of a double cloud from 1980-85	found in 2007	
		- arm of W3.27	found in 2007	



6 Climate control and dust



Environmental influences: Introduction on climate conditions and dust

Catharina Blaensdorf

The focus of the co-operation project on the Shuilu hall was to develop and to test methods for the conservation of wall and sculptures. The conditions of the surrounding, however, have to be kept in mind and have to be included into the decisions concerning the conservation treatments. The characteristics of the building and the exchange of air influence two aspects:

- Climate conditions
- Accumulation of dust

Problems with moisture and salt efflorescence were reported by the Chinese experts since the beginning of the co-operation project, although climate measurements carried out by the Center for Conservation in 1992 to 1994 showed that the climate was stable¹ and no efflorescences could be observed since the year 2000.

The control of the climate conditions has been started during the work in April 2007. Continuous measurements have been made since September 2007. Besides understanding the climate inside the hall in general, the measurements also served to control the effect of changes in the building situation.

The accumulation of dust is a problem related to the air circulation inside the hall, but also to factors of the environment which cannot be influenced as the increase of traffic, especially lorries, on the nearby road and the raising number of visitors. The accretion of dust has been observed since 2001. In 2008 tests for a regular dust control have been started.

The building

The Shuilu hall is built in the traditional technique with wooden stands and beams. The walls are made of adobe bricks on a lower part (pedestal zone) of rammed earth. The floor level of the hall nowadays is lower than the surface level of the surrounding. Chinese investigation showed that there is a layer of pebbles below the floor, intended to serve as moisture barrier. The foundations of the clay walls could not be investigated yet. There is no air conditioning and no heating. The original design of the outside is not known. On the west wall at least the upper part built by adobe bricks seems to have been covered only by a mud straw plaster.

¹ 西安文物保护修复中心 CENTER FOR CONSERVATION (ed.), 陕西省蓝田水陆庵。泥质彩绘壁塑风化机理及加固技术研究 *Shaanxi sheng Lantian Shuilu'an nizhi caihui bisu fenghua jili ji jia gu jishu yanjiun* (Studies on the mechanisms of the deterioration and on consolidation techniques for the polychrome clay sculptures on the walls of the Shuilu'an in Lantian /Shaanxi Province), Xi'an 1994, p. 43–48.

Openings to the outside consist of doors and windows: five of the three *jian* (bay or space between two pillars) on the east side contain doors. The openwork carving in the upper part of the door wings nowadays are closed with glass panes. The wooden frames of the door wings do not fit perfectly into the framing, resulting in gaps below, above and between the doors. A broken pane on the northern (right) door was replaced in 2009.

The west wall has four small windows. They had wooden shutters (fig. 5), but no glass and probably not even coverings with paper. It is not known how often and how long doors and windows were open in historical times.

The saddle-back roof projects over the wall on the eaves' side, but not on the gable sides. As a traditional building, the Shuilu hall has no drip moulding: rain water from the roof drips down from the eave tiles to the floor. On the east side (entrance), tiled gullies run along the courtyard below the eaves (fig. 2). Towards the garden (west side) there are no gullies, but an area sealed with concrete. Until 2007, the water hitting the concrete splattered back on the lower part of the wall (fig. 3).

Repairs and changes

At least since repairs of the late nineteenth or early twentieth century, the original walls have been faced by revetment walls of fired bricks. In 1959 two annex buildings were added in the north and south, covering the front part of the hall, but not the rear part of the north and the south (fig. 1, annexes in blue). On the entrance side the walls were covered or rebuilt with fires bricks (probably 1980-85). The age of the existing doors is unknown.

On the west wall two revetment walls were built in front of each other. The earlier one might have dated from the *guomingdang* era or from the renovation in 1959; the later from the renovation of 1980-85. Already the first revetment wall had closed the four windows, transforming them into niches in the wall. In 1980-85 two hexagonal openings were broken into the western ends of the north and south wall (fig. 1, yellow, and fig. 9) to insert ventilators. The openings were covered by a metal grid to the outside. The ventilators were thought to be necessary for air exchange and reduction of moisture.

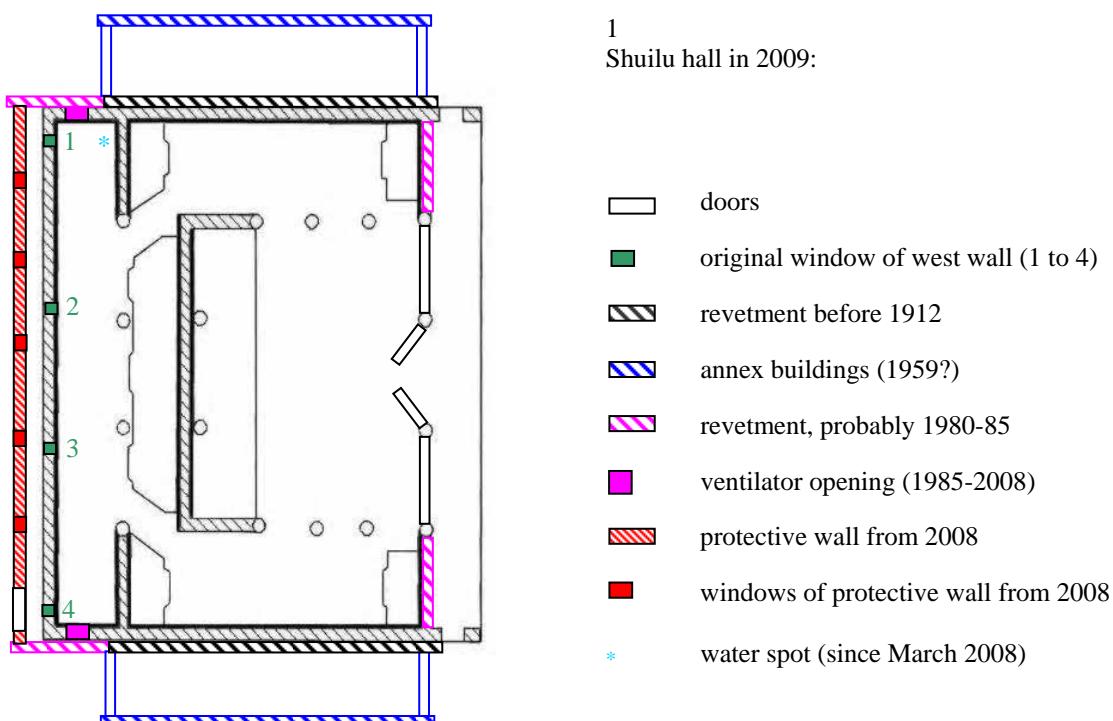
Changes of the building situation during the period of climate measurements (2007-2008)

In spring of 2007, the revetment walls of the west wall were removed. The first revetment wall was dry and did not show any indication of salt efflorescence. When it was removed, the original windows were rediscovered (fig. 4).

Between November 2007 and March 2008, a new wall was built to protect the west wall. Unlike the former revetments, this wall is built with a distance to the original walls. It is possible to enter the small corridor created this way (60-70 cm at the floor, about 100 cm below the roof). The new wall has five windows which are obstructed with metal bars and

grids to keep animals and larger insects out, but as the spacing between the rafters are open, birds come in. The windows are staggered compared to the original ones (fig. 1, red and green squares), so daylight does not reach the original windows anymore. After the new wall was erected, salt efflorescences formed on the wall (fig. 13). They are probably caused by bricks or mortar with high salt content.

In April 2007 the windows were closed with polystyrene blocks to keep out dirt of the construction work (fig. 6). The polystyrene was inserted from the inside and thus was fully visible. Besides poor aesthetical properties, it tended to crumble spreading the surrounding with white pellets. In November 2008, wooden frames were attached on the outside of the windows (fig. 7). A dust- and water-proof polyethylene fleece (Tyvek[©] 1622E, DuPont company) was mounted on the frames (fig. 8). The fleece blocks the air stream, but allows the penetration of air and humidity.



Courtyard with east side of the Shuilu hall in April 2007: The central door is open. Along the sides gullies for collection rain water (arrow).



West wall on a rainy day in May 1998: wet lower part of wall (white arrow); concrete area around the wall (yellow arrow)



4

Rediscovering of the original windows during the removal of older revetment



5

Original shutter preserved in window no. 2 until summer 2007



6

Temporary closing with polystyrene block



7

wooden frame around the window



8

window after installation of fleece

6 – 8

West wall, window no. 4, attachment of fleece screen in November 2008

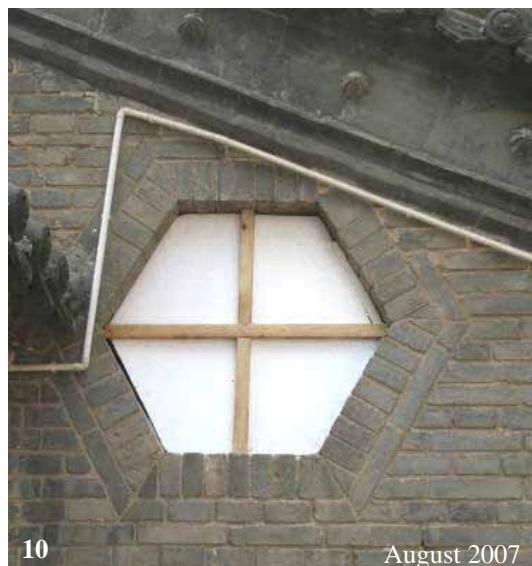
The conservation of the north wall showed that the dirtiest parts of the walls in the rear part were the areas below the ventilators. Evidently a lot of dirt and dust came in through the openings of the ventilators. As it was not clear if the ventilators were necessary for dehumidification, in a test phase they were closed temporarily with polystyrene boards (fig. 10). The climate was monitored during this period. During the winter of 2007 to 2008 the openings were closed definitely with fired bricks (fig. 11).

Since March 2008 a mysterious water spot has been observed in front the ‘accident scene’ on the north wall (fig. 1, * and fig. 12). The humidity seems to come out of the gap between two tiles. It never dries, but also did not change since then.



9

March 2007



10

August 2007



11

March 2008



12

20 cm long water spot in front of the 'accident scene' of the north wall, western part.



13

New protective wall in front of the west wall in June 2009; newly developed salt efflorescence on the revetment walls of the north side, probably caused by the salt inside the bricks of the new protective wall

Opening hours and visitors

The Shuilu'an is open every day from 9 am to 6 pm. Since 2001 the number of visitors is increasing. In 2008, the average of visitors per day was about 200. The number fluctuated considerably depending on the day of the week, the season and the weather. Most of the visitors come on sunny weekends in the warm period of the year. In the winter and with bad weather there are about 20 to 30 visitors per day, on a work day even less. So far, there are almost no foreign visitors, due to the fact that the Shuilu'an is still not included in the list of important sight-seeing places in the travel guides, but it is very well-known among Chinese – which explains the still rising numbers of Chinese tourists.

During the summer the door of the Shuilu hall usually is open the whole day. Today only the middle door serves as access, while the others are barred with wooden beams from the inside. In winter and with few visitors, the door is mostly closed, but there are no regulations for opening or closing the door.

On the 22nd day of the first month of the Chinese year (i.e. the 22nd day after the Spring Festival) a ‘Temple Festival’ takes place in Shuilu’an attracting enormous numbers of visitors: During the three days of the festival, in 2008 more than 20 000 people visited the Shuilu hall, in 2010 about 70 000 visitors were counted. The dates of the ‘Temple Festival’ are listed in table 2.

Table 2. Dates of the ‘Temple Festival’ of the Shuilu’an during the periods of climate measurements

1992	1993	1994	2007	2008	2009	2010
February 25	February 13	February 20	March 11	February 28	February 16	March 8



14

Impressions of the ‘Temple Festival’ 2009



15

Climate measurements

The climate measurements started parallel with the conservation work in April 2007. They had two purposes to check the influence of

- changes on the building situation on the long-term climate conditions
- conditions caused by the conservation work (lamps, application of water and aqueous suspensions to the walls) on climate conditions as short-term fluctuations

Table 3 gives an overview on interventions and conservation work together with the periods of climate measurements. The measurements are set up to answer different aspects:

- long-term monitoring over several seasons inside the hall
- comparison between inside and outside climate
- comparison between different measuring positions inside the hall with long-term measurements
- comparison of the climate situation on different positions and heights of the wall with short-term measurements

As the maximum of available data loggers is three, one or two instruments have been positioned inside and one outside. Due to problems with the instruments, the long-term measurements have been interrupted on the outside. The comparison of different heights (vertical distribution) has only been started rudimentary using hygro-thermometers. As the precision of the instruments is rather low, the evaluation can only show tendencies.

Table 3. Periods of repair on the west wall, conservation work and climate measurements 2007-2009

<i>time</i>	<i>Repair and conservation work</i>	<i>climate measurements</i>	
March/April 2007	begin of removal of revetment on west wall; rediscovering of original window in north end of west wall (window 1)		
April 2007	conservation on western part of north wall and northern part of west wall (section 1); openings of the ventilators closed with polystyrene		
until August 2007	repair of west wall		
end of August 2007	- polystyrene missing in front of the ventilators; closed again with polystyrene plates - original windows closed with polystyrene	Sept. 6, 2007 – July 15, 2008	1 data logger
between November 2007 and March 2008	- construction of new protective wall in front of the west wall - ventilators closed with bricks	July 18 to Nov 3 2008	2 data loggers inside 1 data logger outside
November 2008	windows covered with dust-protection screen	Nov. 4 2008- Jan. 22, 2009	2 data loggers inside
June / July 2009	conservation tests (west wall and 1000-armed <i>guanyin</i>)	since Jan. 22, 2009	data loggers inside and outside

Accumulation of dust and dirt on the surfaces

The accumulation of dust and particles brought in with the circulation of air is one of the most obvious problems of the rear part of the hall. The material depositing on the surfaces is dark grey. A detailed analysis of the “dust” has not been carried out yet. A first microscopic examination revealed brown, black and colourless particles and various fibres. The last thorough cleaning of sculptures and reliefs might date back to 1985.

The following sources of the “dust” can be assumed:

- Soil of the surrounding fields
- Dust from the courtyard and garden area
- Abrasion of tyres and exhaust emissions from the road nearby
- Soot and greasy components from cooking
- Material brought in by visitors adhering to clothes and shoes (dirt, fibres, dust etc.).
- A certain dusting off from the walls themselves
- Cobwebs

Observations in 2007 proofed that the test area of 2002 was covered by a considerable accumulation of dust again. After cleaning the area again in April 2007, new dust had settled in September 2007. In June 2009 the area was dusty again. A thick layer of dust was observed in September 2007 on props installed in 2005 (fig. 17).

It is necessary to examine the sources of air circulation and dust entry to understand the causes of the dust problem. The circulation of air is initiated by several factors:

- Visitors and open doors during visiting times
- Gaps in the construction allowing air flow: around doors, windows, below rafters
- Until 2007: ventilators

Visitors come alone, but also in larger groups. The movement of people stirs the air. Dirt is brought in on cloths and shoes. Besides moving around in the hall and sometimes close to the sculptures, there still is the habit to throw coins, bank notes and ribbons on the sculptures.

Air circulates through gaps below the rafters. Normally air is blown in from the west side, probably due to the fact that there is more air movement in the rather open garden area on the west than in the enclosed courtyard on the east of the hall. The gaps around the doors and below the rafters could be closed rather easily, but this has not been done so far.

Until April 2007 air circulated through the two ventilators in the north and south wall. It was evident that the ventilators increased the entry of dust and dirt extremely. The south wall is even dirtier than the north wall has been (fig. 16). This can be explained by the fact that the air stream was often coming in from south, causing the ventilator thought to get air out of the

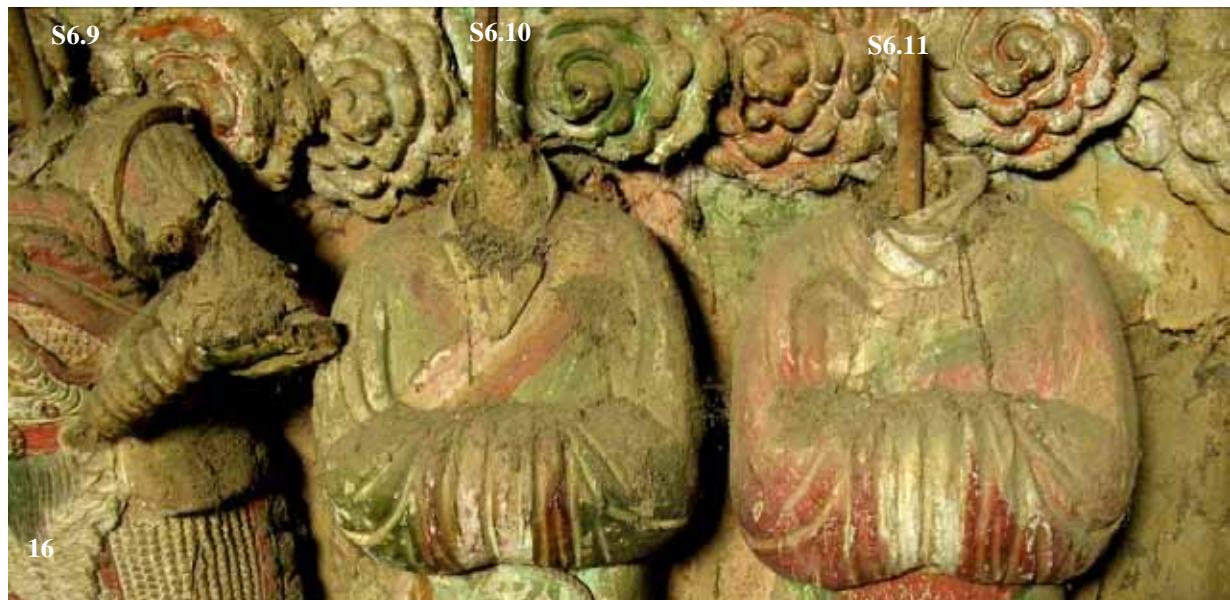
hall to rotate in the opposite direction and thus sucking the air in. As street and kitchen are located in the south of the hall, the air from that side might bring in more pollution.

Besides the regular air circulation dust is also moved and spread by other actions:

- any kinds of interventions on the walls
- vibrations of the building

Interventions on the wall stir up quantities of clay dust and dirt hidden in crevices and gaps. Repairing the walls and pillar structure (as in summer 2007), detaching wall parts and sculptures and even moving on increasing dusty scaffolding (as in April and September 2007) results in the spreading of dust. This means that as long as conservation is going on and the main amount of dust has not been removed from the complete hall, dust will settle down again on already cleaned surfaces in a short time.

The serious earthquake, starting from May 12, 2008 resulted in such vehement movements of the building that dust and small clay particles were spread everywhere.



Massive dust accretion below the ventilator on the south wall



W4.30 (west wall, section 3), Oct. 17, 2007: The foam rubber upholstery around the wooden prop shows how much dust has accumulated since 2005.

Climate measurements 2007 to 2009

Catharina Blaensdorf, Yan Min

The aim of the measurements was to understand the climate inside the Shuilu hall and check the influence of construction work and restoration treatments on the climate.

First climate measurements were done by the Center for Conservation in 1992 to 1994. In 2007, long-term measurements of the climate started parallel to the conservation work. A data logger was placed close to the work area (position 1). Additionally, one or two additional data loggers could have been positioned inside or outside the hall for longer periods. Short-period measurements have been made during the work stays.

Positions of measuring

Over the measuring period 2007 to 2009 the instruments have been placed on different positions. Reasons were the fluctuating number of available instruments (one to three data loggers), but also changes of question for the measurements. The positions were chosen considering the significance of the place, but also for practical reasons:

- position suited for the considered type of measurements
- no damage to the sculptures by the instruments
- out of reach of unauthorised persons to prevent manipulation or theft of the instruments or damage of the sculptures in the attempt to do so
- easy to reach for authorised persons without endangering the sculptures and without aid of supports to stand on
- visually unobtrusive to minimise the aesthetic disturbance and the temptation of unauthorised persons to take them
- outside position protected from direct sunlight and rain

These aspects limited the choice of positions inside the hall to places far behind the protective barriers, hidden by protruding parts of the figural decoration, and to heights that can still be reached without a stand or ladder. The instruments can be placed on pedestals or protruding parts without decoration. It is not necessary to fasten them additionally. The position in the Sakyamuni niche of the west wall used in 1992-94 was not used again as it is fully visible and can be reached through the barrier.



2

Data logger, outside: north annex next to west wall (position 3)

On the outside, there was no suited place available out of reach of visitors. Therefore a small rabbit cage was attached to the wall above the western door of the north (fig. 2). There was fear that instruments could be stolen, damaged or manipulated during the days of the ‘Temple Festival’, but no problems occurred so far.

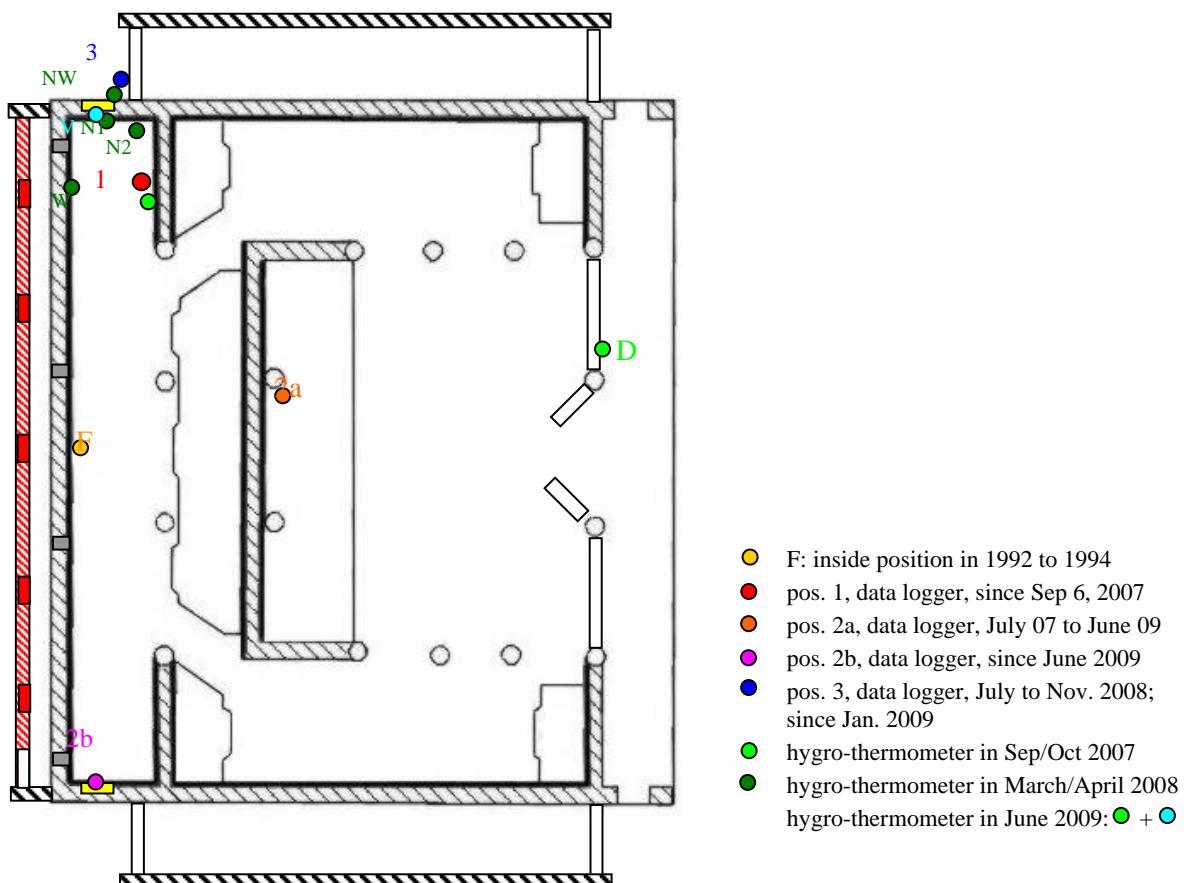
Table 1 gives a description of the positions used in 1992 to 1994 and in 2007 to 2009. Table 2 and fig. 1 give an overview on the measuring periods as well as positions, type and number of the measuring instruments.

Table 1. Description of measuring positions

<i>position / instrument no.</i>	<i>description</i>	<i>height above floor (in / out)</i>	<i>characteristics of position</i>	<i>month / year</i>
F ●	middle of the west wall (Sakyamuni niche ?)	90 cm	- rear part of hall, rather low	1992-1994
	outside; courtyard	?		1992-1994
<i>data loggers</i>				
1 ●	1000-armed <i>guanyin</i> , lotus pedestal	130 cm	north west corner, assumingly the most humid and coldest area of the hall	since 9/2007
2a ●	Sakyamuni, pedestal	210 cm	front part of the hall, closer to open door	6/2008 – 1/2009
2b ●	South wall, ledge of ventilator opening	240 cm	rear part of hall, south side	since 6/2009
3 ●	outside: north annex, west door	250 cm	no sunlight, no rain; close to position 1	6-11/2008 since 6/2009
<i>thermo-hygrometers with 2 sensors (inside and extension wire)</i>				
1 ●	1000-armed <i>guanyin</i> , lotus pedestal	130 cm	next to data logger on pos. 1	9-10/2007
D ●	courtyard, outside of northern door; thermo-hygrometer	30 cm / 150 cm	comparative pos. to pos. 3	9-10/2007 6/2009
W ●	west wall, section 1	70 cm / 180 cm	‘bench’ and cloud of tier no. 3	3-4/2008 6/2009
N1 ●	north wall, below ventilator	60 cm / 180 cm	‘bench’ and cloud of tier no. 3	3-4/2008
N2 ●	floor in front of north wall	5 cm / 0 cm	‘water mark’ in front of ‘accident scene’ on north wall	3-4/2008
NW ●	outside, next to pos. 3	160 cm / 50 cm	west wall corner to north annex, on top of security camera	3-4/2008
V ●	north wall, ledge of ventilator opening	240 cm / 120 cm	tier no. 2; west of pos. N1	6/2009

Table 2. Periods, type and number of measuring instruments and positions of climate measurements

Period	number of instrument	Type of instruments	Measuring positions (numbers in fig. 1)	position no.
1992, Sept. 16 to Nov. 4	2	unknown	- middle of the west wall (Sakyamuni niche ?)	- F ●
1992, Dec. 25 to 1993 Jan. 27			- courtyard (without position)	-
1993, Feb. 16 to April 30				
1994, May 1 to June 1				
2007, Sept. 6 to 2008, July 15	1	data logger	- 1000-armed <i>guanyin</i>	- 1 ●
2008, July 18 to Nov. 4 (data logger on position 3 out or order on Nov. 4)	3	data logger	- 1000-armed <i>guanyin</i> (1) - Sakyamuni, pedestal (2) - north annex, west door (3)	- 1 ● - 2a ● - 3 ●
2008, Nov. 4 to 2009, Jan. 22	2	data logger	- 1000-armed <i>guanyin</i> (1) - Sakyamuni, pedestal (2)	- 1 ● - 2a ●
2009, Jan. 22 to June 19	2	data logger	- 1000-armed <i>guanyin</i> (1) - north annex, west door (3)	- 1 ● - 3 ●
2009, June 19 to Nov. 19	3	data logger	- 1000-armed <i>guanyin</i> (1) - south wall, ventilator (2) - north annex, west door (3)	- 1 ● - 2b ● - 3 ●



Measuring instrument

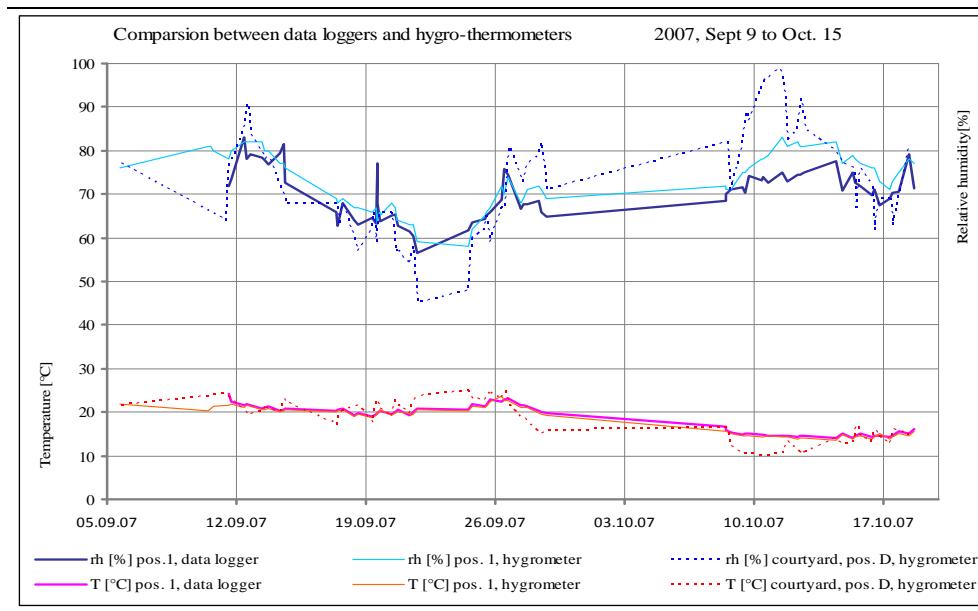
In 1992 to 1994, electronic instruments of unknown type have been used¹.

Since 2007, data loggers and digital hygro-thermometers have been used. The relevant data for the measuring instruments is complied in table 3. The data loggers H 175-2 have been used for long-term measurements. The advantage of this type of data logger is that current measurements can be seen on the display. The measurements were taken every hour.²

Short term measurement in March / April 2008 and June 2009, were made with hygro-thermometers of the type ‘Hygrotherm’. The instruments have a display and a sensor with a 150 cm long wire. Comparative measurements between hygro-thermometers and data loggers proved the slight imprecision of the hygro-thermometers (fig. 3, humidity on pos. 1). Although the precision is not very high and the acclimatisation needs at least 10 minutes, so that measuring series can only be done slowly. Nevertheless, being cheap, light and small, they are handy instruments for extra measurements.

Table 3. Technical data of instruments used in 2007 to 2009

instrument	producer	dimension [mm]	storage capacity	temperature			relative humidity		
				measuring range	precision	resolution	measuring range	precision	resolution
H 175-2 (data logger)	testo®	L 82 W 52 D 30	16 000 values	(NTC) -20 – 70°C	± 0.5°C	0.1°C	0 – 100 %	± 3 %	0.1 %
Hygrotherm	TFA	L 110 W 110 D 20	---	-10 – 60°C	± 0.5°C	0.1°C	10 – 99 %	± 5 %	1 %



3
Comparative measurement with data logger and two hygro-thermometers ‘Hygrotherm’.
Pos. 1 = pedestal of 1000-armed guanyin
Pos. D = courtyard, at the western door of entrance

¹ 西安文物保护修复中心 CENTER FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE (ed.), 陕西省蓝田水陆庵。泥质彩绘壁塑风化机理及加固技术研究(Studies on the mechanisms of the deterioration and on consolidation techniques for the polychrome clay sculptures on the walls of the Shuilu'an in Lantian /Shaanxi Province), Xi'an 1994, p. 43–48.

² On Nov 4, 2008 the data logger in position 3 measured wrong temperature values and had to be replaced. The measurements continued on Jan 22, 2009.

Results of the climate measurements

The period of long-term measurements between stretches over 28 months. For 19 months measurements of the outside climate exist. The measurements of 1992 to 1994 are included in the report only in summarised form, but the information was included into the interpretation of the measurements.

The short term measurements gave information on the vertical distributions and on differences between different positions in close vicinity.

Outside climate conditions

The outside climate is characterised by considerable seasonal and daily fluctuations of temperature and humidity.

In 2009, the measured value for the temperatures ranged from -9° C to 37° C, for the relative humidity fluctuated between 13.8 % rh and 99.9 % rh. The averages in 2009 were 19.3° C and 66.7 % rh. FAN Juan reported 68-70 % rh to be the annual average.³

The coldest months are December and January with longer frost periods. In 2009, temperatures below 0°C were measured on November 11 for the first time of the coming winter. Between Nov 11 and Dec 31, 356 hours of frost were recorded with temperatures down to -5 °C. The winter of 2007/2008 with an unusual amount of snow and a long time of very low temperatures must have been even colder. Temperatures of -8 to -9° C were mentioned by FAN Juan 1994.⁴

The warmest month of the year is July when the temperature constantly is higher than 20° C. Table 4 gives an overview of periods with temperatures over 20° C.

Table 4. Periods of outside temperature higher than 20° C.

	<i>length of period</i>	<i>month</i>
seldom	1 to 10 days for some hours	November (2008: 1 day for 1 hour) March (2008: 3 days for 5 hours)
sometimes	10-20 days for some hours	October (9-15 days for 1-8 hours)
during the day	> 20 days. mostly more than 4 hours	April (2009: 22 days for 1-12 hours) May (2008: 22 days for 1-24 hours) September (23-24 days for 5-24 hours)
most of the time	each day	June (2008: each day for 16-24 hours) August (2009: 30 days for 10-24 hours)
constantly	each for 24 hours	July

³ 西安文物保护修复中心 CENTER FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE (ed.), 陕西省蓝田水陆庵。泥质彩绘壁塑风化机理及加固技术研究, Xi'an 1994, p. 45.

⁴ 西安文物保护修复中心 CENTER FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE (ed.), 陕西省蓝田水陆庵。泥质彩绘壁塑风化机理及加固技术研究, p. 45.

In January, the humidity is lower than in other months. September is the month with the highest humidity with an average of more than 80 % rh. In September 2009, 157 hours with an average of 95.1 % rh represented a period of almost uninterrupted rainfall (Sep 8-14). August and October can also be rather wet (70 to 83 % rh). May, August, September and October 2009 were the months when the humidity most frequently was higher than 90 or even 95 % rh.⁵ According to FAN Juan 1994 the local climate at the Shuilu'an is characterised by a high amount of rain in spring and autumn. She reports in the “summer” the humidity was below the average humidity of the year (without clear specification which months are the summer period).⁶

Daily fluctuations of temperature and humidity can be observed all the year round. An increase of the temperature of 10 to 15° C during 8 to 10 hours occur regularly in February, March, April, May, June, October and November. August and September show less strong fluctuations of max. 10° C.⁷

The coolest time of the day in all months is about 8 am. The warmest time is in the afternoon, mostly between 1 pm and 5 pm. Temperature peaks often can be observed around 4 pm.

The relative humidity can rise and drop quickly. Fluctuations of 20 to 30 % occur all the year round in every week. The highest humidity often occurs in the morning (6 to 9 am), the lowest in the afternoon (around 5 pm). Especially in March and April, but also in February, May, June, September and December changes of 40 to 55 % occur within 12 hours. The decrease of humidity happens faster than the increase. The quickest drop of humidity was 48 or 55 % in 4 or 6 hours, while the quickest rise was 50 % in 11 hours. July, August and January show less strong fluctuations, but changes of 30 % within one day occur regularly. In January, March, April, May, June, October and November 2009, quick increases of the temperature resulted in a fast drop of the humidity. When the temperature rose about 10 to 15° C in 8 to 10 hours, the humidity dropped below 30 % rh. This often happened during the warmest time of the day (afternoon), sometimes also during a phase of temperature rise or fall. Between January 22 and November 19, 2009, 5 hours below 20 % and 122 hours below 30 % rh were measured.

Inside climate conditions

The temperatures show almost no fluctuations in the course of the day, but mainly slowly developing changes caused by seasonal differences. The humidity shows bigger and faster

⁵ 2009, Jan 22 to Nov 19:

2011 hours of more than 90% rh: 233 h in Aug, 219 h in Sep, 160 h in May, 129 h in Oct, 91 h in July, 82 h in Nov 1-19, 52 h in Feb, 25 h in Mar, 11 h in June, 10 h in Apr)

387 hours of more than 95 % rh: 121 h in Sep, 102 h in Aug, 78 h in Oct, 67 h in May, 6 in July.

⁶ 西安文物保护修复中心 CENTER FOR CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE (ed.), 陕西省蓝田水陆庵。泥质彩绘壁塑风化机理及加固技术研究, Xi'an 1994, p. 45.

⁷ The data of December 2009 was not available yet.

fluctuations: Changes of 10 % rh with in 24 hours occur every month, rarely even fluctuations of 15 to 20 % rh.

These data measured on position 1 can be used as reference for the whole hall as the differences between measuring positions are minimal (see below). Between July 2007 and December 2009, the extreme values were:

	minimum	maximum
- temperature:	-1.1 °C	28.2 °C
- humidity:	27.7 %	82.0 % rh

The annual average is about 14 to 15 °C and 61.6 – 62.5 % rh (table 5).

Table 5. 12-months minimum, maximum and average on position 1 (1000-armed guanyin)

year	months	relative humidity [%]			Temperature [°C]		
		min.	max.	average	min.	max.	average
1992-1994		~45	80.0			26 - 28	
2007-2008	Sep – Aug	38.7	79.3	62.5	-1.1	27.3	14.6
2008	Jan – Dec	31.3	77.4	61.6	-1.1	27.5	14.6
2009	Jan – Dec	27.7	82.0	62.1	1.1	28.2	15.2

Temperatures below 0° C are unusual inside the hall, but during the exceptional long, cold and snow-rich winter of 2007/2008 the temperature dropped below 0° C for a longer period (430 hours between 0° C and -1.1° C in January and February 2008, measured in position 1). In the winter 2008 / 2009 no frost occurred inside the hall.

Between mid of November to mid of March the temperatures are mainly below 10° C.⁸ Between beginning of June and August 20, the temperature is continuously higher than 20° C. Already in the first half of May and until beginning of October longer periods with temperatures over 20° C occur.

The warmest period is between the first half of June and the second half of August when the temperature is constantly higher than 25 °C. The maximum temperature measured at pos. 1 was 27 to 28° C.⁹ As the outside temperatures can exceed 35° C in the second of June and the first half of July, the temperatures inside the hall are not surprising.

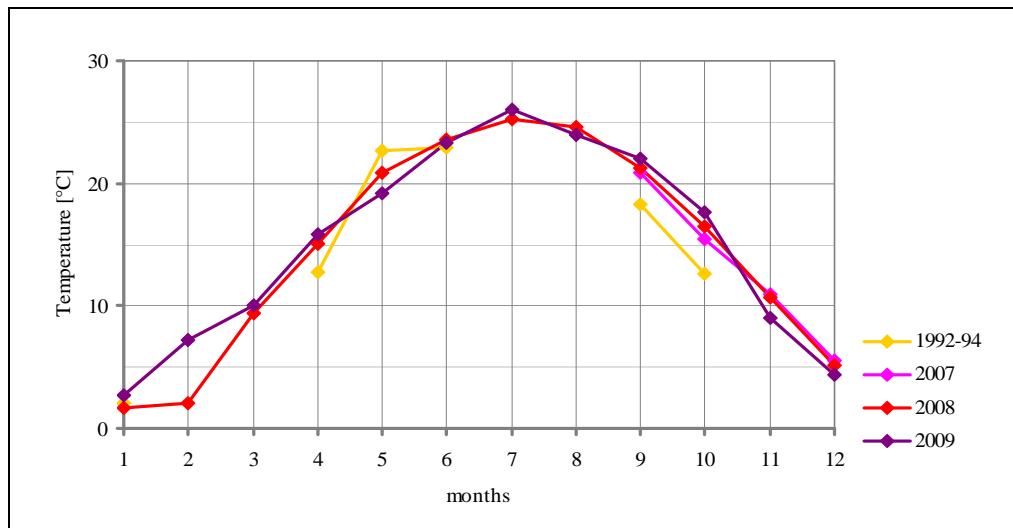
The highest humidity values occur in August to October (fig. 4). This reflects the influence of the seasonal weather.

⁸ Mainly below 10° C on pos. 1:
2007, Nov 26 – 2008, March 6;
2008, Nov. 18 – 2009, March 17;
2009, Nov. 12 to the end of the year.

⁹ Highest temperatures:
2008: 27.3° C on July 13, 16:00-18:00 on pos. 1 (pedestal of 1000-armed *guanyin*).
2009: 28.2° C on July 7, 17:00-18:00 on pos. 1, 29.1° C on pos. 2b (south ventilator).

Monthly average of temperature on position F (1992-1994) and 1 (2007 to 2009)

year	pos	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
92-94	F	2.1			12.8	22.6	22.9			18.3	12.6		
2007	1									20.9	15.5	11.0	5.5
2008	1	1.7	2.0	9.4	15.1	20.8	23.6	25.2	24.6	21.2	16.5	10.7	5.2
2009	1	2.7	7.2	10.1	15.9	19.2	23.3	26.0	23.9	22.0	17.7	9.0	4.4


Monthly average of humidity on position F (1992-1994) and 1 (2007 to 2009)

year	pos	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
'92-94	F	64.1			75.0	51.0	63.2			78.9	68.4		
2007	1									65.2	69.2	62.5	63.7
2008	1	58.6	58.9	53.2	65.6	57.8	58.8	67.7	68.9	69.6	69.3	62.3	48.3
2009	1	45.8	61.0	58.7	60.2	63.8	60.3	65.2	74.4	73.5	66.2	56.8	60.7

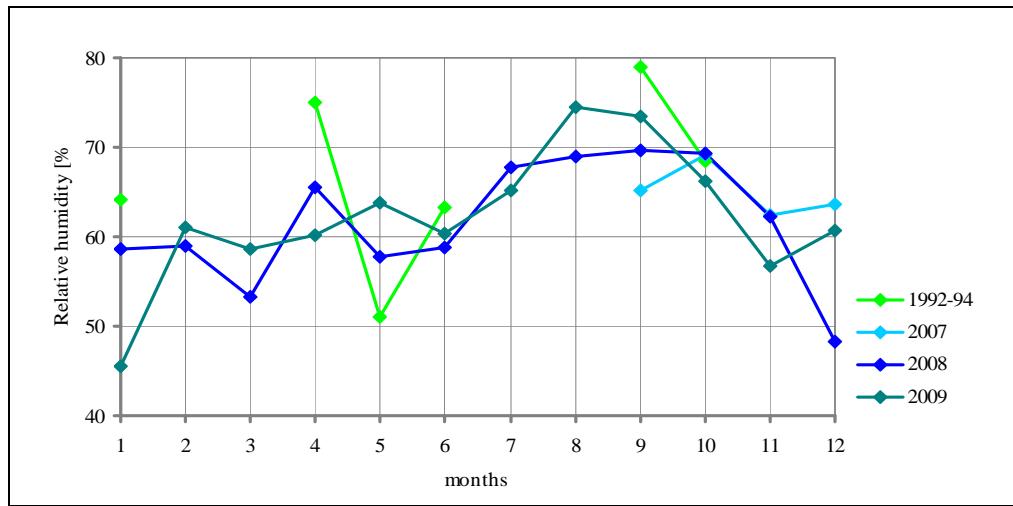


Table 6: Extreme fluctuations of relative humidity outside within 12 hours in the year 2009

Dropping humidity

<i>time</i>		<i>outside</i>		<i>inside (pos. I)</i>	
<i>period</i>	<i>time span in hours</i>	<i>rh [%] from > to</i>	<i>differences [%]</i>	<i>rh [%] from > to</i>	<i>differences inside [%]</i>
Feb 19, 5:00 – 17:00	12	91.4 > 49.0	- 42.4	61.2 > 64.5	+ 3.3
Feb 22, 9:00 – 16:00	4	71.8 > 21.9	- 49.9	55.9 > 53.3	- 2.6
March 1, 8:00 – 20:00	12	83.5 > 35.5	- 48	62.9 > 59.7	- 3.3
March 5, 9:00 – 17:00	8	87.5 > 30.2	- 57.3	61.8 > 57.5	- 4.3
March 12, 6:00 – 17:00	11	91.2 > 41.9	- 49.3	60.2 > 59.3	- 0.9
Apr 4, 8:00 – 18:00	10	85.2 > 43.9	- 41.3	62.1 > 63.9	+ 1.8
Apr 5, 8:00 – 17:00	9	69.2 > 21.2	- 48	60.9 > 50.6	- 10.3
Apr 13, 7:00 – 13:00	6	78.5 > 23.5	- 55	67.3 > 62.0	- 5.3
Apr 20, 8:00 – 15:00	7	72.8 > 26.1	- 46.7	62.8 > 54.3	- 8.5
Apr 24, 1:00 – 11:00	10	85.4 > 28.2	- 57.2	66.6 > 50.6	- 16.0
May 20, 7:00 – 17:00	10	76.2 > 31.1	- 45.1	63.2 > 57.9	- 5.3
June 12, 8:00 – 16:00	8	70.0 > 23.8	- 46.2	61.0 > 51.5	- 9.5
June 30, 7:00 – 17:00	10	72.9 > 28.7	- 44.2	59.2 > 52.7	- 1.5
Sep 21, 7:00 – 14:00	7	86.8 > 34.5	- 52.3	65.1 > 66.1	+ 1.0
Dec 4, 4:00 – 16:00	12	82.6 > 27.6	- 55	61.8 > 58.1	- 2.7

Rising humidity

<i>time</i>		<i>outside</i>		<i>inside (pos. I)</i>	
<i>period</i>	<i>time span in hours</i>	<i>rh [%] from > to</i>	<i>differences [%]</i>	<i>rh [%] from > to</i>	<i>differences inside [%]</i>
March 22, 18:00 – March 23, 9:00	11	27.6 > 78.2	+ 50.6	53.8 > 60.3	+ 6.5
March 26, 17:00 – March 27, 4:00	12	47.5 > 87.3	+ 39.8	53.4 > 60.6	+ 7.2
Apr 18, 12:00 – Apr 19, 1:00	13	54.4 > 92.3	+ 37.9	61.5 > 67.9	+ 6.4
Apr 22, 10:00 – Apr 23, 0:00	14	41.2 > 89.5	+ 48.3	55.0 > 63.5	+ 8.5
May 8, 12:00 – May 9, 0:00	12	52.5 > 92.8	+ 40.3	59.5 > 62.1	+ 1.6
May 21, 15:00 – May 22, 3:00	10	46.7 > 87.6	+ 40.9	69.8 > 68.2	- 1.6
June 7, 13:00 – June 8, 1:00	12	50.8 > 89.9	+ 39.1	60.8 > 66.4	+ 5.6
June 26, 15:00 – June 27, 9:00	18	34.6 > 82.5	+ 47.9	59.1 > 61.7	+ 2.6

Cycles

<i>time</i>		<i>outside</i>		<i>inside (pos. I)</i>	
<i>period</i>	<i>time span in hours</i>	<i>rh [%] from > to</i>	<i>differences [%]</i>	<i>rh [%] from > to</i>	<i>differences inside [%]</i>
May 16, 8:00 – 17:00	9	95.4 > 52.1	- 43.3	69.9 > 69.7	- 0.2
May 16, 17:00 – May 17, 7:00	14	52.1 > 88.5	+ 36.4	69.7 > 69.8	+ 0.1
May 17, 7:00 – 13:00	6	88.5 > 38.5	- 50.0	69.8 > 67.9	- 0.9
May 17, 13:00 – 22:00	9	38.5 > 77.9	+ 39.4	67.9 > 67.5	- 0.5
Oct 18, 8:00 – 17:00	9	75.6 > 20.2	- 55.4	65.0 > 57.1	- 7.9
Oct 18, 17:00 – Oct 19, 8:00	15	20.2 > 76.4	+ 56.2	57.1 > 59.1	+ 2.0

In 2007 the humidity exceeded 75 % rh only twice, once in September and once in October.¹⁰

In 2008, September was the month with the highest humidity (maximum 77.4 %, average 69.6 % rh). In 2009 the most humid month in the monthly average was August (max. 81.5 %, average 74.4 %), but September was almost the same (max. 82.0 %, average 73.5 %). There were longer periods and considerably more hours of high humidity measured on position 1 in 2009 (altogether 510 hours) than in 2007 (together 84 hours) and 2008 (166 hours).

The lowest humidity values occur in December and January, when the humidity can drop below 40 %. Maybe due to the snowfall, the winter 2007/2008 was not that dry (51-65 % rh).but in the winter 2008 /2009 the humidity dropped below 40 % for longer periods (max. 79 hours continuously; altogether 138 hours), and for few hours even below 30 %. In 2007, the humidity fell below 40 %, also for 2 hours in June.¹¹

Regularly occurring or significant fluctuations depending on the opening times (with opening of the door) cannot be recognised and thus seem not have an influence on the inside climate. On day with bad or cold weather, however, the doors are normally closed and are only opened if a visitor wants to enter the hall.

During the temple festivals, Feb 28, 2008 and Feb 16, 2009, stronger fluctuations of temperature and humidity can be observed from the days of the festival to the following weekend (appendix 1, graphs of Feb 2008 and Feb 2009). Regarding the fact that the doors were always open and 20 000 people visited the hall during three days, the fluctuations are still modest. The most extreme change was 5° C and a drop about 23 % rh in 18 hours.

Conservation work in the rear part of the hall between August and October 2007 had no significant influence on the climate, although four additional lamps were installed and humidity was brought in by buckets full of water, clay suspension and by fresh plaster.

Closing the ventilator openings and covering the original windows with fleece screens did not result in recognisable changes of the climatic conditions, although it diminished the air ventilation inside the hall considerably.

¹⁰ More than 75 % rh on pos. 1:

2007, Sep 12 to 13 (33 hours); Oct 4 to 6 (51 hours)

2008, July 27, 28 and 29 (54 hours), Aug 19 (1 hour), Sep 19-21 and 22 (84 hours), Oct 2, 22 (27 hours)

2009, Aug and Sep: longest periods: Aug 4-9 (130 hours), Aug 22-26 (88 hours)

Maxima 2009: Aug 24, 17:00 (86.3 %, pos. 2b); Sep 6, 16:00 (82.0 %, pos. 1).

¹¹ Less than 30 % rh on pos. 1:

2007: ---

2008: Dec 22 (1 hour)

2009: Jan 23 (2 hours)

Less than 40 % rh:

2007: June 4 (2 hours)

2008: Dec 4, 21 (59 hours)

2009: Jan 23-26 (79 hours)

Climate inside the hall compared to the outside conditions

The climate inside the hall is much more stable than outside. The building materials, clay and wood, work as buffers for climatic changes. Although there is little ventilation inside the hall, there is still an exchange of air through the doors, the original windows and numerous gaps (especially below the rafters).

The daily fluctuations of humidity and temperature outside have almost no influence of the inside climate. Besides the ability of the clay to store and release humidity and keep the temperature, reactions to the outside climate are retarded. While the peaks in the outside climate cycles often appear at 8 am (lowest temperature/ highest humidity) and 4 to 6 pm (highest temperature / lowest humidity), the peaks in the inside climate appear about 10 to 11 am (lowest temperature) and 8 to 11 pm (highest temperature). This means that the hall warms up quickly when the doors are open, but keeps the warmth longer in the evening after the hall is closed at 6 pm. If the conditions are not changing fast, the peaks inside and outside are almost at the same time: In the frost period of the winter 2008/2009 the deepest temperature was reached inside the hall in the same hour as the lowest temperature occurred outside.

Fast occurring changes in the outside climate have very little influence on the inside climate, even if they are drastic (table 6). Fluctuations of 35 to 50 % rh within 6 to 15 hours result in changes of often less than 5 % in the inside (table 6, cycles). The maximum was a drop of 16 % in 10 hours while in the outside the relative humidity dropped 57.2%. In general, the inside climate reacts faster to the drop of the humidity outside than to an increase of humidity.

Averages over 12 months show over one year, the temperature inside the hall is slightly lower than outside, but the humidity is lower as well (table 7). Regarding the overall rather high humidity this is an advantage and proves that the humidity is not retained and building up inside the hall. When outside temperatures are declining in late autumn, the hall remains warmer than the outside and keeps the warmth all winter. Even in longer frost periods of the winter 2008/2009 the temperature inside did not drop below 0° C. In the rainy seasons (February, July to November) the monthly average humidity of the inside of the hall is 6 to 10 % lower than the outside, in dry months (January, April, June) it is slightly higher than outside (0.5 to 6 %).

Table 7. Average values on position 1 (1000-armed guanyin) and outside

year	months	relative humidity [%]		Temperature [°C]	
		1000-armed guanyin	outside	1000-armed guanyin	outside
2008	July 19 – Oct 31	70.1	77.6	21.8	21.2
2009	Jan 22 – Dec 31	62.1	66.7	15.2	19.3
2009	Aug – Sep	74.0	81.7	23.0	22.2
2009	Jan 22-31	42.9	39.6	3.2	0.9

Comparison of different measuring positions inside the hall

Continuous measurements since July 2007 have been taken on position 1 on the pedestal of the 1000-armed *guanyin*. A second data logger could be installed for some months. Periods, positions and aims are listed in table 8.

Table 8. Measuring positions of **data loggers** inside the hall

<i>position / instrument no.</i>	<i>description</i>	<i>height above floor</i>	<i>characteristics of position</i>	<i>month/year</i>
1 ●	1000-armed <i>guanyin</i> , lotus pedestal	130 cm	north west corner, assumingly the most humid and cold area of the hall	since 9/2007
2a ○	Sakyamuni, pedestal	210 cm	front part of the hall, closer to open door	6/2008 – 1/2009
2b ●	South wall, ledge of ventilator opening	240 cm	comparison to pos. 1: north versus south side of rear part (difference of height not intentionally)	since 6/2009

Position 1 and 2a – 2008, July 18 to 2009, January 22

Position 2a (pedestal of the Sakyamuni, front side of middle wall) was selected to check if in the front part of the hall and at a position closer to the doors the climate differed from the rear part (position 1: pedestal of the 1000-armed *guanyin*). The measurements showed that in the average of the six months the climate on both positions is almost identical (table 9).

Table 9. Evaluation of climate inside the hall from 2008, July 18 to 2009, Jan 22

<i>Position</i>	<i>relative humidity rh [%]</i>			<i>temperature [°C]</i>		
	<i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>average</i>	<i>min.</i>	<i>max.</i>	<i>average</i>
position 1	41.1	77.4	62.8	1.0	27.5	15.0
position 2a	39.9	77.8	62.3	0.9	27.8	15.1
difference pos. 2a to pos. 1	- 1.2	+ 0.4	- 0.5	- 0.1	+ 0.3	+ 0.1

Table 10. Difference of pos. 2a to pos. 1, 2008, July 18 to 2009, Jan 22

<i>Month</i>	<i>relative humidity rh [%]</i>			<i>temperature [°C]</i>		
	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>	<i>average</i>	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>	<i>average</i>
July 19-31	- 0.8	+ 0.8	- 0.7	+ 0.3	+ 1.4	+ 0.1
August	- 1.7	+ 0.4	- 0.9	+ 0.1	+ 0.3	+ 0.1
September	- 0.9	+ 0.4	- 0.4	+ 0.2	0	0
October	- 3.9	+ 0.5	0	- 1.4	- 0.4	0
November	- 0.7	+ 0.5	- 0.6	- 0.1	- 0.3	0
December	- 2.6	- 0.3	- 0.4	- 0.1	- 0.3	+ 0.1
January 1-22	- 1.2	- 2.6	- 0.3	- 0.1	0	0

+ value higher on pos. 2a than on pos. 1

- value lower on pos. 2a than on pos. 1

In the average of the six months, position 2a is slightly warmer and less humid than position 1. It warms up faster and stays warm longer. The temperature shows slightly stronger fluctuations on position 2a: It gets warmer in July to September and colder in October to January. The minimum relative humidity is lower on position 2a than on position 1 in the six months, but the maximum is higher in the rainy season of July to October (table 10). This shows that the front part of the hall is more influenced by the outside climate because of the open doors. Additionally the orientation of the doors towards the courtyard which is sheltered from the wind means that the air on this side is warmer than on the garden side of the west. In general however, the influence of the outside climate fluctuations on the inside of the hall is rather small. The measurements of the two positions inside are much more similar to each other than to the outside weather. In a rather phase in the beginning of August 2008, the average humidity outside was 8 to 9 % lower than inside the hall, but on position 2a was only 1.3% lower than on position 1.¹²

Position 1 and 2b – 2009, June 19 to Dec 31

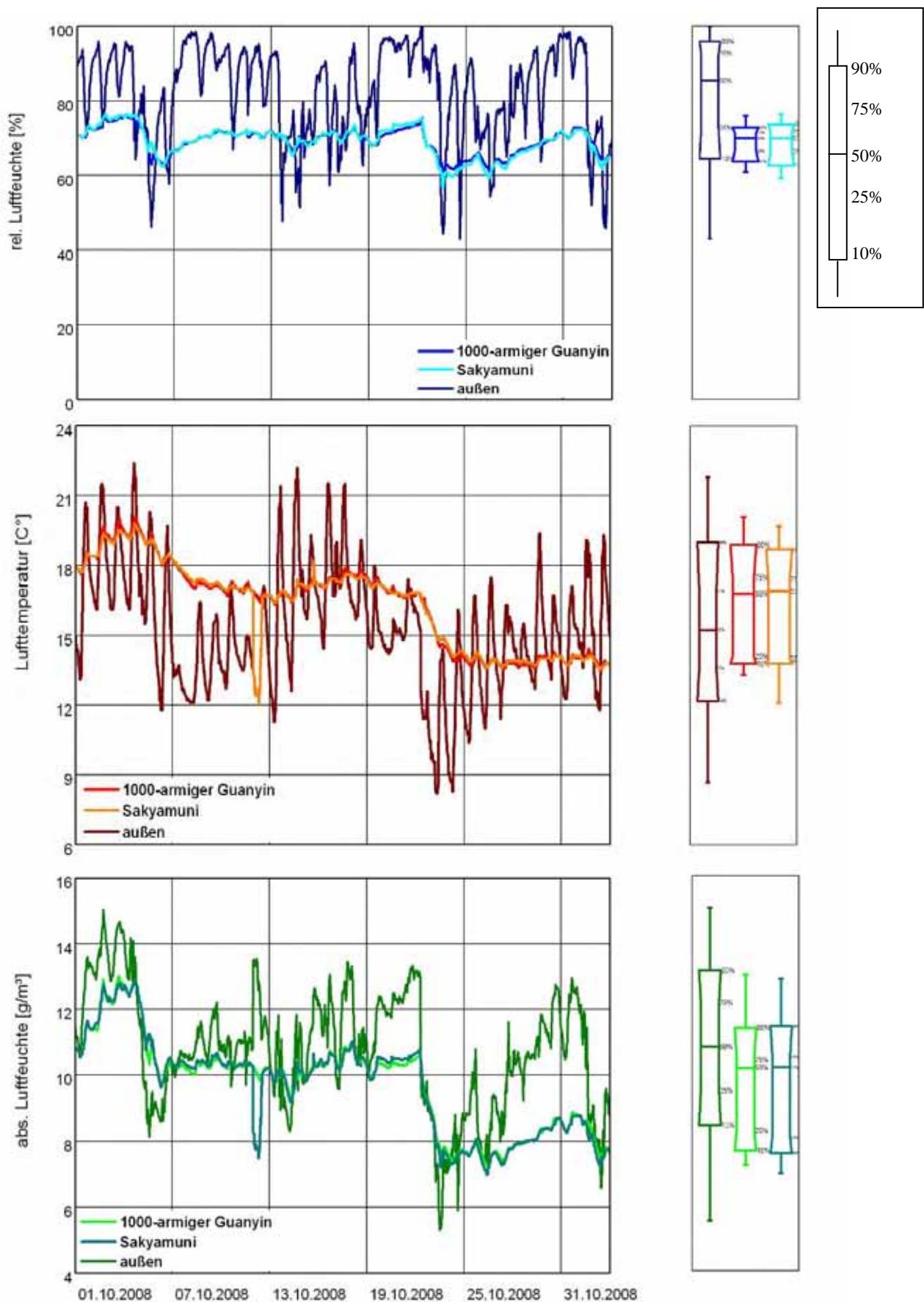
After the relation between position 1 and 2a could be evaluated, the data logger from position 2a was moved to a new place. The idea was to compare the south side to north side of the rear part of the hall. The position equivalent to position 1 would have been the pedestal of the *kongqueling wang*, but as this is extremely dusty and dirty, the ‘window sill’ of the southern ventilator opening) was selected instead. It is 110 cm higher than position 1 and as the ventilator was closed with a single layer of fired bricks only the position is less isolated from the outside than the original clay walls. As the same data logger has been used, the position was recorded as ‘position 2b’.

In the average over six and a half months, position 2b is slightly cooler and more humid than position 1 (table 11). This proves that the corner between north wall and 1000-armed *guanyin* is not the most humid area in the hall. Minima and maxima of relative humidity and temperature are slightly more extreme in position 2b than in position 1. Although it is located higher and on the south wall which receives direct sunlight during the day, the temperatures in winter are about 1.3° C lower than on position 1. The thin wall of fired bricks provides a much poorer isolation than the clay walls.

The difference between position 2b and position 1 is bigger than the one between position 2a and position 1.

¹²

2008, August 1- 8, average rh [%]: pos. 1: 68.5, pos. 2: 67.2, pos. 3 (outside): 59.4.



5

Exemplary calculations of distribution of climate values fro the rainy month of October 2008:
 Relative humidity (top), air temperature (centre) and absolute humidity (bottom)
 Calculation: K. Holl

Table 11. Evaluation of climate inside the hall from 2009, June 19 to 2009, Dec 31

<i>Position</i>	<i>relative humidity rh [%]</i>			<i>temperature [°C]</i>		
	min.	max.	average	min.	max.	average
position 1	36.6	82.0	65.6	2.4	28.2	18.3
position 2b	35.9	86.3	66.5	1.0	29.1	18.2
difference 2b to 1	- 0.7	+ 4.3	+ 0.9	- 1.4	+ 0.9	- 0.1

Table 12. Difference of pos. 2a to pos. 1, 2008, July 18 to 2009, Jan 22

<i>Month</i>	<i>relative humidity rh [%]</i>			<i>temperature [°C]</i>		
	minimum	maximum	average	minimum	maximum	average
June 19-30	- 2.7	+ 2.7	+ 0.7	+ 4.6	+ 0.9	+ 0.5
July	- 2.6	+ 0.9	- 0.9	+ 0.3	+ 0.9	+ 0.4
August	- 0.7	+ 4.8	+ 0.2	- 0.4	+ 0.6	+ 0.1
September	- 1.6	- 0.1	+ 0.4	- 0.5	+ 0.6	+ 0.1
October	- 3.6	+ 1.6	+ 0.7	- 0.3	+ 0.6	- 0.1
November	- 0.7	+ 3.6	+ 3.0	- 1.4	- 0.3	- 0.9
December	- 0.6	+ 5.4	+ 4.0	- 1.4	- 0.7	- 0.9

+ value higher on pos. 2a than on pos. 1

- value lower on pos. 2a than on pos. 1

Vertical distribution of temperature and humidity and comparison of different walls

Measurements on several nearby positions inside the hall have been made twice during working visits. As the hygro-thermometers used for this purpose are equipped with an external sensor, the differences in the vertical levels could be measured at the same time. The hygro-thermometers were read about every hour. Table 13 gives an overview of the positions used in 2008 and 2009. For measuring range and precision of the instruments: see table 3.

2008, March 20-21 and April 8

The measurements were taken during two visits at the temple. The hygro-thermometers were set up in the north-west corner of the rear part of the hall (positions W, N1, N2; fig. 6). The positions represented the differences from the wet appearing spot on the floor (0 cm height) to the third tier (180 cm height). The outside position (pos. NW) was close to position 3.

March 20 and 21 were cooler days, rainy in the morning and later on sunny. April 8 was warmer, but rainy; during three hours of constant rain fall, the hygro-thermometers measured 99 % relative humidity outside.¹³

¹³ The measuring instruments are imprecise in the ranges of high humidity. The measuring error of the instruments has not been taken into account in this evaluation.

The measurements showed that the west wall is slightly warmer and less humid than the north wall (pos. W compared to pos. N1). As the data logger at position 1 was not recording in these days, a comparison to the 1000-armed *guanyin* could not be made for the whole time. During the afternoon of April 8, pos. 1 was warmer and drier than the west and the north wall.

Table 13. Measuring positions of thermo-hygrometers with inside sensor ('in') and external sensor on 150 cm long wire ('out') inside the hall

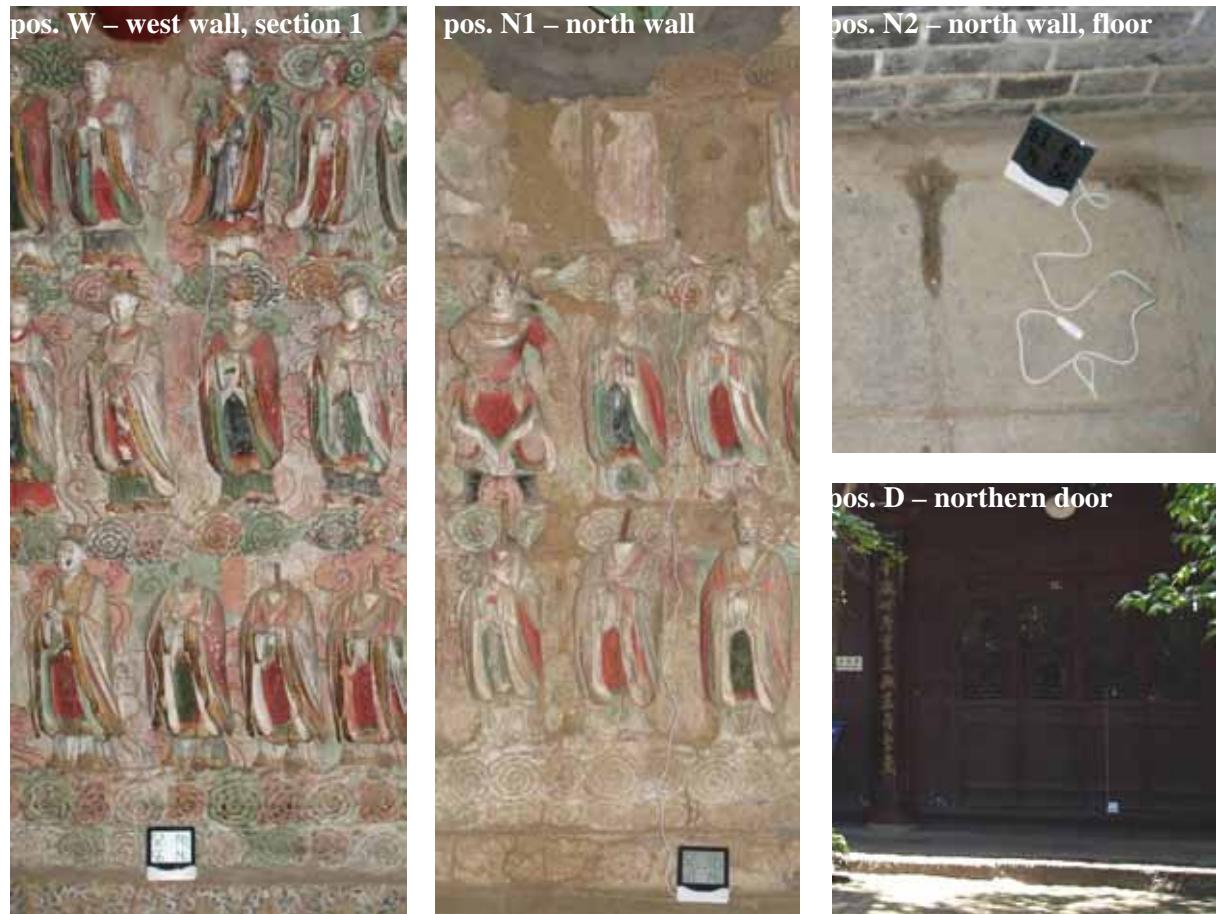
<i>position / instrument no.</i>	<i>description</i>	<i>height above floor in / out</i>	<i>characteristics of position</i>
<i>2008, March 20 and April 8</i>			
NW ●	outside, west wall corner to north annex, on top of security camera	NW in: 160 cm NW out: 50 cm	next to data logger, pos. 3
W ●	W1 in: west wall, section 1 W1 out: west wall, section 1, cloud of third tier	W1 in: 70 cm W1 out: 180 cm	comparative pos. to pos. N1, N2, NW
N1 ●	N1 in: north wall, 'bench' N1 out: north wall, cloud of third tier	N 1 in: N 1 out: 180 cm	comparative pos. to pos. W, N2, NW
N2 ●	'water mark' in front of 'accident scene' on north wall	N2 in: 5 cm N1 out: 0 cm	comparative pos. to pos. W, N1, NW
<i>2009, June 26 to July 1</i>			
D ●	courtyard, outside of northern door; thermo-hygrometer	D in: 30 cm D out: 150 cm	outside
1 ●	1000-armed <i>guanyin</i> , lotus pedestal	in: 130 cm out: 100 cm	next to data logger on pos. 1
V ●	V in: north wall, ledge of ventilator opening V out: hanging down to the second tier	V in: 240 cm V out: 120 cm	comparative pos. to pos. W, (N1, N2)

The sequence from warm/dry to cool/humid was as to be expected: The coolest and most humid part was the floor in front of the north wall. The higher, the warmer and drier the air is (table 14). The difference between the measured levels of the wall (0, 5, 60/70, 180 cm height) was maximum 9 % rh and 2.2 °C.

Table 14. Ranking list of positions from warm/dry to cool/humid

<i>warm / dry</i>	<i>sequence</i>	<i>position</i>	<i>height above floor</i>
	(1000-armed <i>guanyin</i> , April 8, afternoon)	(pos. 1)	(130 cm)
	west wall	W out	180 cm
	north wall / west wall	N1 out / W in	180 cm / 70 cm
	north wall	N1 in	60 cm
	floor in front of north wall	N2 in	5 cm
<i>cool / humid</i>	'water mark' on floor in front of north wall	N2 out	0 cm

During the three hours of rain the humidity increased about 3 %, reaching 82 % rh on the floor. The strange ‘water mark’ did not expand during rainy periods, but does not disappear in dry months either. If there is an underground water supply, this seems to be independent from outside precipitation.



6

Measuring positions with hygro-thermometers (2008 and 2009)

2009, June 27, 29, 30 and July 1

The measurements were taken during working inside the hall. The hygro-thermometers were set up at the positions 1 (next to the data logger) and V. Positions V measured the situation at the lower margin (the ‘sill’) of the ventilator opening and, with the external sensor, the north wall (similar to pos. N1 out). As outside comparison position D (western door, fig. 5, lower right) was chosen for safety reasons. The first day (June 27) was rainy until noon. Then the sun came out. June 29 was cloudy with rain coming up in the afternoon. June 30 and July 31 were warm and sunny.

The measurements showed that the ‘window sill’ of the ventilator opening is cooler and more humid than the north wall below (comparison of pos. V in to V out) on rainy days. On hot, sunny days it is warmer and drier than other positions. This proves that the thinner wall of fired bricks in the ventilator opening is a poorer isolation than the original clay bricks. The rather big difference between internal and external sensor on position 1 on June 27 and 29

might be caused, at least partly, by the conservation work. During the days of the measurements the position on the north wall (pos. V out) was warmer and drier than position 1 on the pedestal of the 1000-armed *guanyin*.

Summary

Continuous measurements were made since July 2007. Although the number of available instruments varied, the obtained data suffices for a representative evaluation. The results can be summarised as follows:

1. While the outside climate undergoes strong daily and seasonal fluctuations, the climate inside the hall is very stable with only minuscule daily fluctuations. Rapid changes of the outside climate within 4 to 10 hours have no or very little effect on the inside climate. Only changes over a longer period, like days of constant rain or hot sunshine, result in visible changes of humidity and, less prominent, of temperature. Compared to the outside climate, fluctuations are not only small, but also occurring rather slowly.
2. The minima and maxima of the measuring period July 2007 to December 2009 accounted to 27.7 % - 82.0 % relative humidity and -1.1 and 28.2° C on position 1 (1000-armed *guanyin*). In the unusual cold winter of 2007/2008 frost occurred inside the hall, even on position 1, which is 130 cm above the floor. Further climate monitoring shall prove if this was an exemption or if frost occurs more regularly inside the hall. The year 2009 had more extreme fluctuations than 2008, and it was warmer and more humid in average.
3. The humidity can reach 80 % in the rainy months of August to October, and can drop below 40 % in the dry winter months. The longest period of more than 75 % rh was 130 hours (5.4 days); the longest period of less than 40 % rh three to four days. During these periods climate conditions are not ideal. At a humidity of more than 75 % the risk of fungal attack increases. Very low humidity can result in detaching of paint layers. There have been considerable differences between the single years, however. Periods with a relative humidity higher than 80% are very rare.
4. In the annual average the air inside the hall is cooler and less humid than outside (inside ca. 62 % rh and 15° C, outside ca. 66% rh and 19° C). In dry periods, the humidity inside the hall is higher than outside and, vice versa, in rainy periods lower inside than outside. This proves that the humid air is not ‘trapped’ inside the rear part of the hall and that dehumidification cannot be improved by ventilation. The ventilators, broken into the walls in 1980-85, did not result in dehumidification, but produced an enormous problem of dust aggregation.
5. Daily fluctuations are visible as small increases and decreases of temperature and humidity. The retardation of the maxima and minima compared to the outside mostly is about two hours in the morning and four to five hours in the evening. This means that the hall stores the warmth of the day in the evening, after the doors have been closed.

6. Opening times of the temple and ongoing conservation work (with additional lamps and buckets full of water and clay suspension) had no noticeable influence on the climate. Only the 'temple festival' with up to 20 000 visitors within a few days resulted in visible, but moderate fluctuations.

7. Changes on the building situation as the uncovering of the original windows (March to July 2007), closing of the ventilators (winter 2007/2008) and installation of fleece screens in front of the original window (November 2008) did not influence the climate condition.

8. Although the average humidity is rather high (62 %), there are no noticeable damages which can be related to high humidity. There is no evidence of fungi activity. Salt efflorescence in dry months has not been observed.

Conclusion

The climate inside the Shuiliu hall is very stable compared to the outside climate: Rapid changes of the outside climate have almost no influence on the climate inside and the extreme values (minima / maxima) of temperature and humidity are much more moderate.

The construction and building materials wood and clay function as climate buffers. They absorb humidity, store temperature and isolate against outside conditions. Although the average temperature inside is lower than outside, the average humidity is lower, even in rainy periods. Even the fact that the floor level inside the hall is lower than in the surrounding, is compensated. Even without external manipulation (as dehumidifiers, humidifiers, forced ventilation), the climate inside is as good as it can be in a region with rather high humidity and extreme fluctuations of the outside climate conditions.

The Shuiliu hall has been preserved with the existing kind of building situation since at least 440 years. Changes like closing or opening of windows and erection of revetment walls probably had no serious influence on the climate situation. The existing climate situation thus can be assumed to be similar to the original one.

In these conditions, sculptures and walls are very well preserved. Most of the existing damages can be traced back to leakages of the roof or damages allowing water to penetrate into walls and building structure. These kind of problems have to be separated from the climate conditions. The loss of cohesion in the paint layers resulting in flaking and powdering is severely increased where damages of water penetration can be observed, but powdery paint layers are found in the all areas of the rear part of the hall. The causes can be seen in deterioration of the binders, but also in climatic influences.

Since the repair of the roof in the late 1990's, no problems with water penetration occurred anymore. Even with the rather high average humidity of 62 % rh, no problems with fungi have been observed.

The existing climate situation is not ideal compared to museum standards, but it has proved to be stable and rather good compared to the outside climate. The painted clay reliefs and sculptures have been considerably well-preserved under these conditions since hundreds of years. Although flaking and powdering on the paint layers have occurred, principally damages that can be linked to climatic problems are small. Regarding this background, the situation should not be changed deliberately.

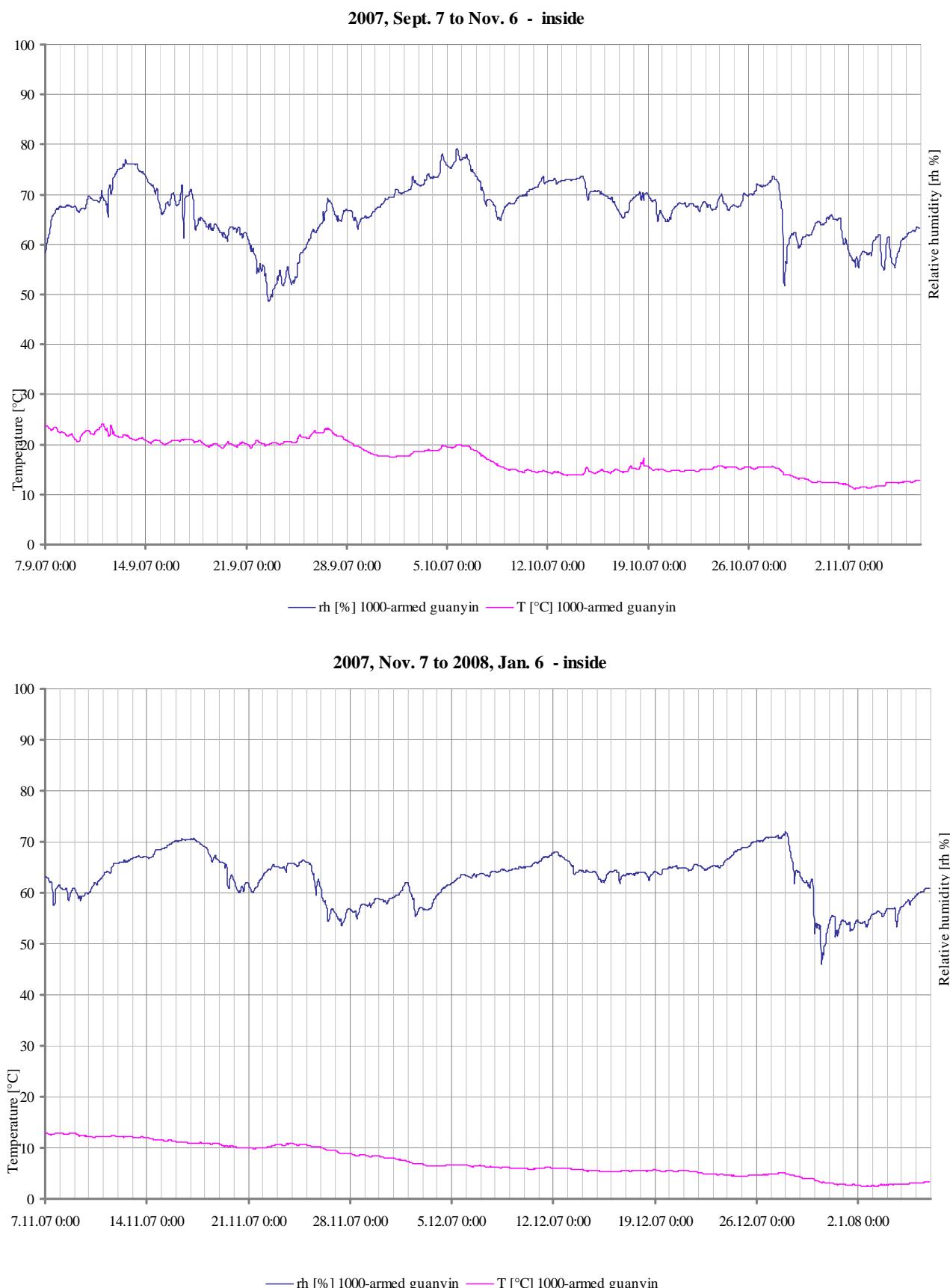
Appendices

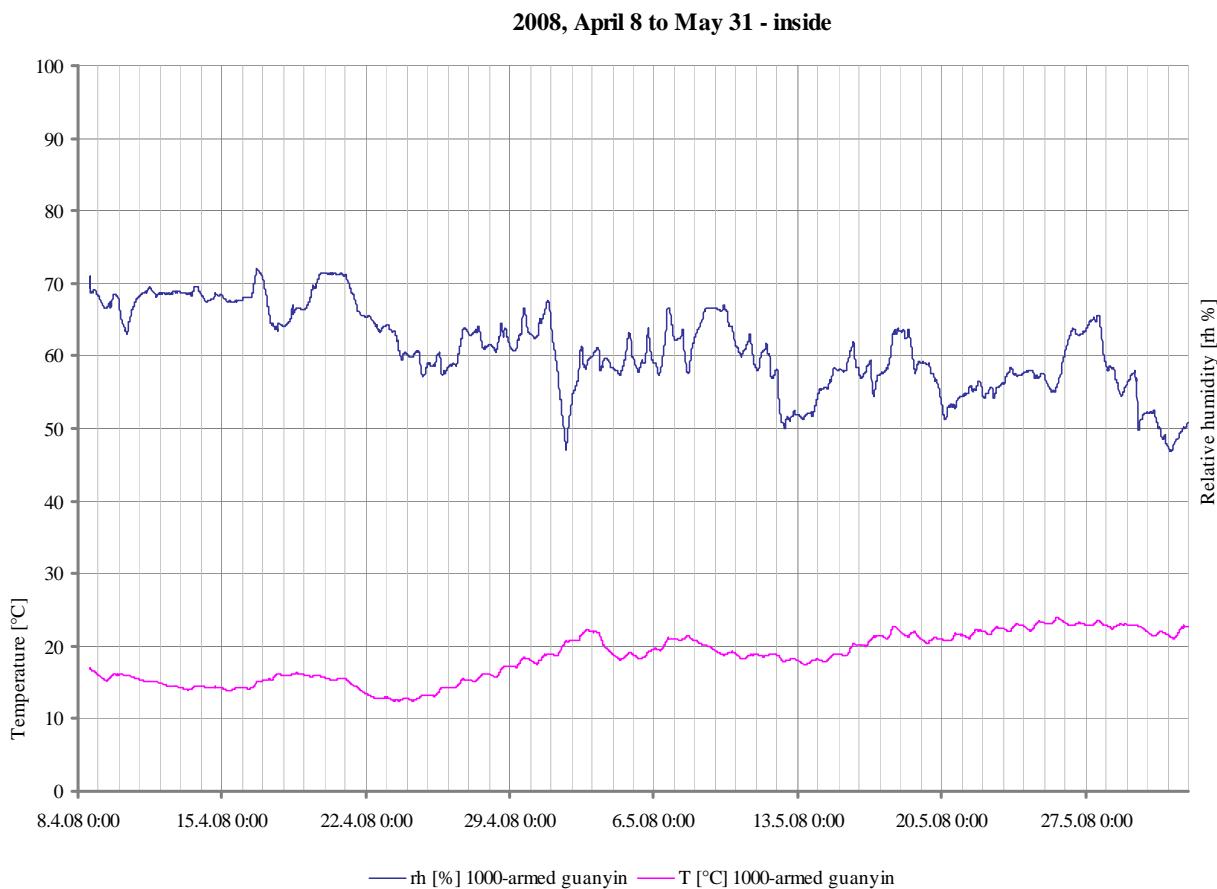
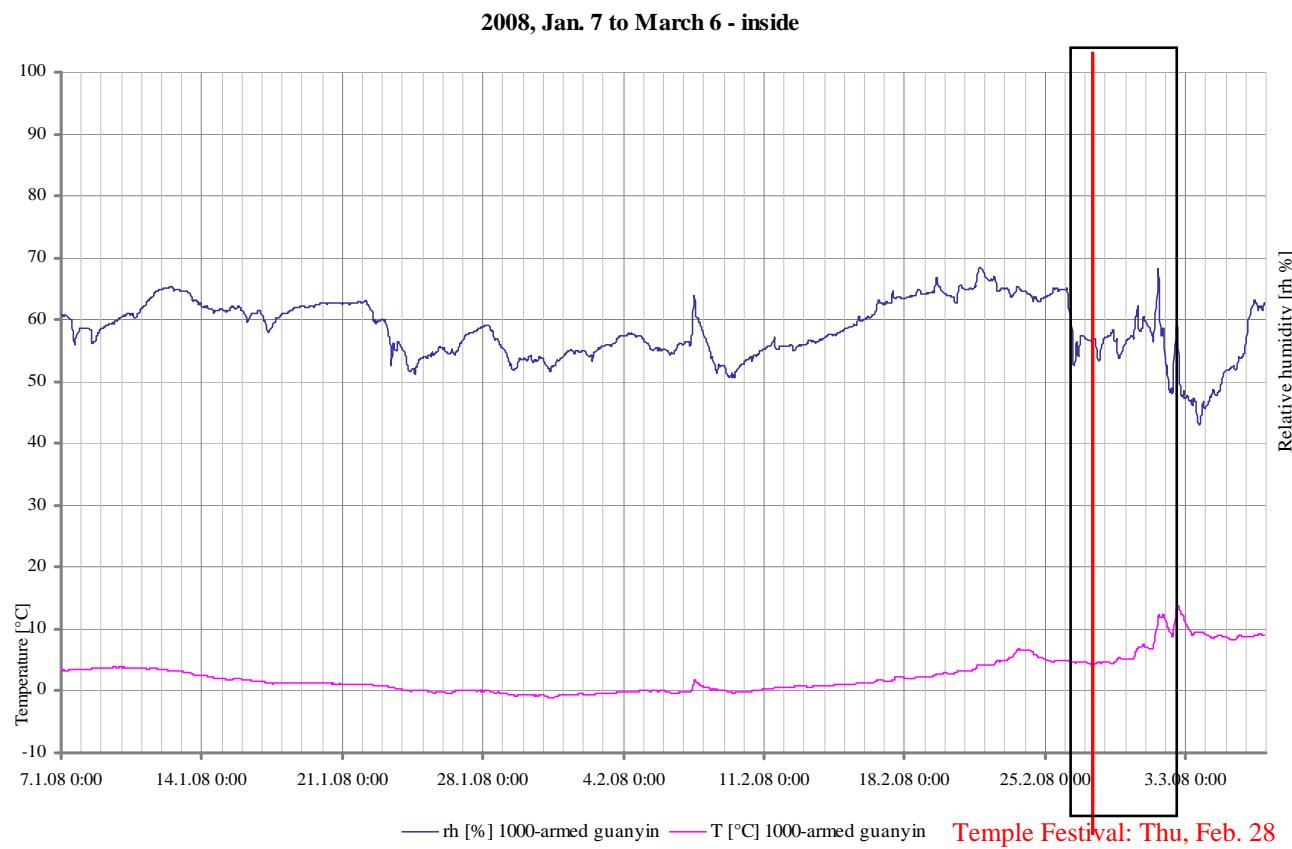
Appendix 1 Graphs of climate measurement

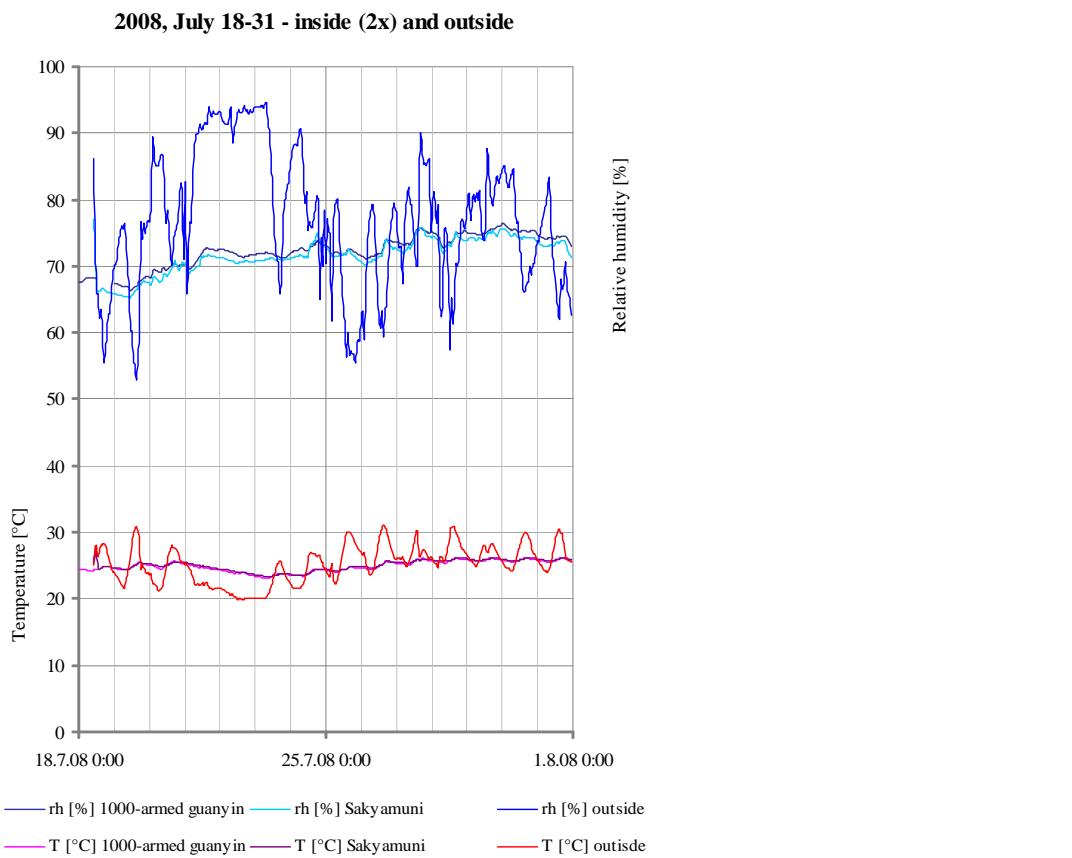
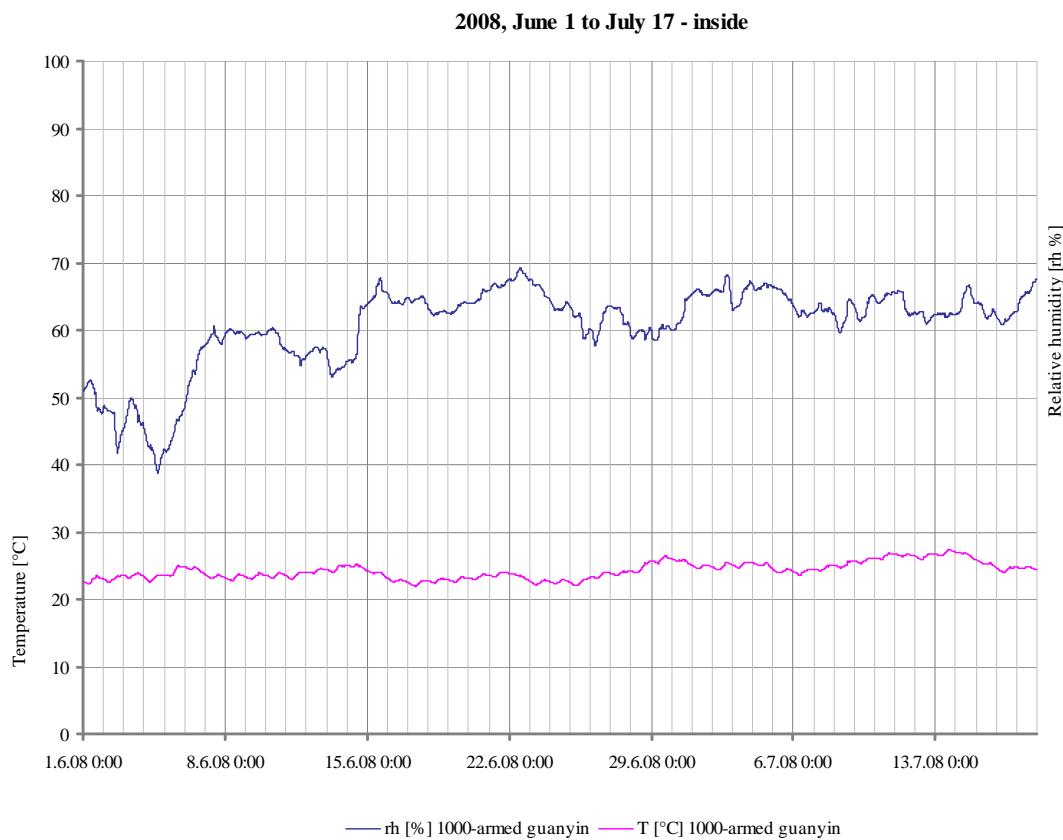
Appendix 2 Tabular compilation of minima, maxima and average values

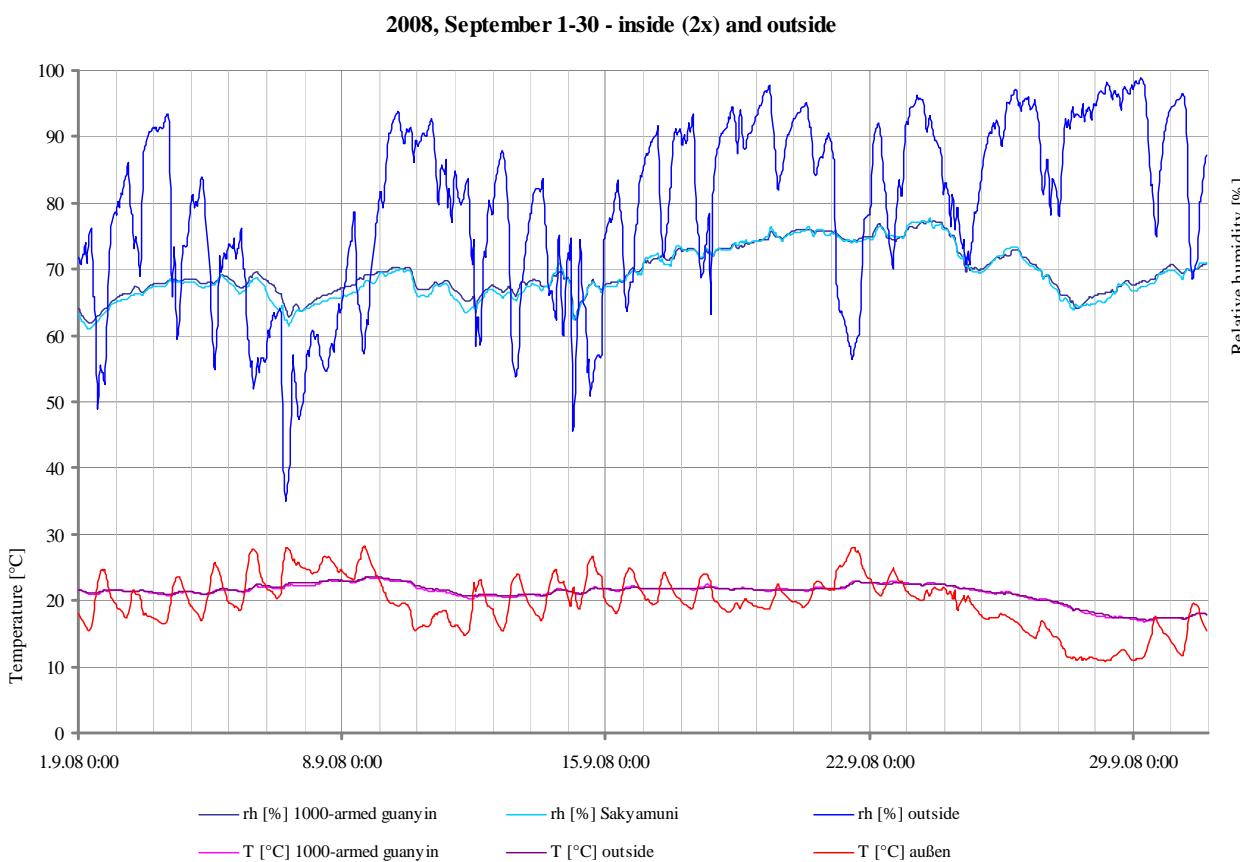
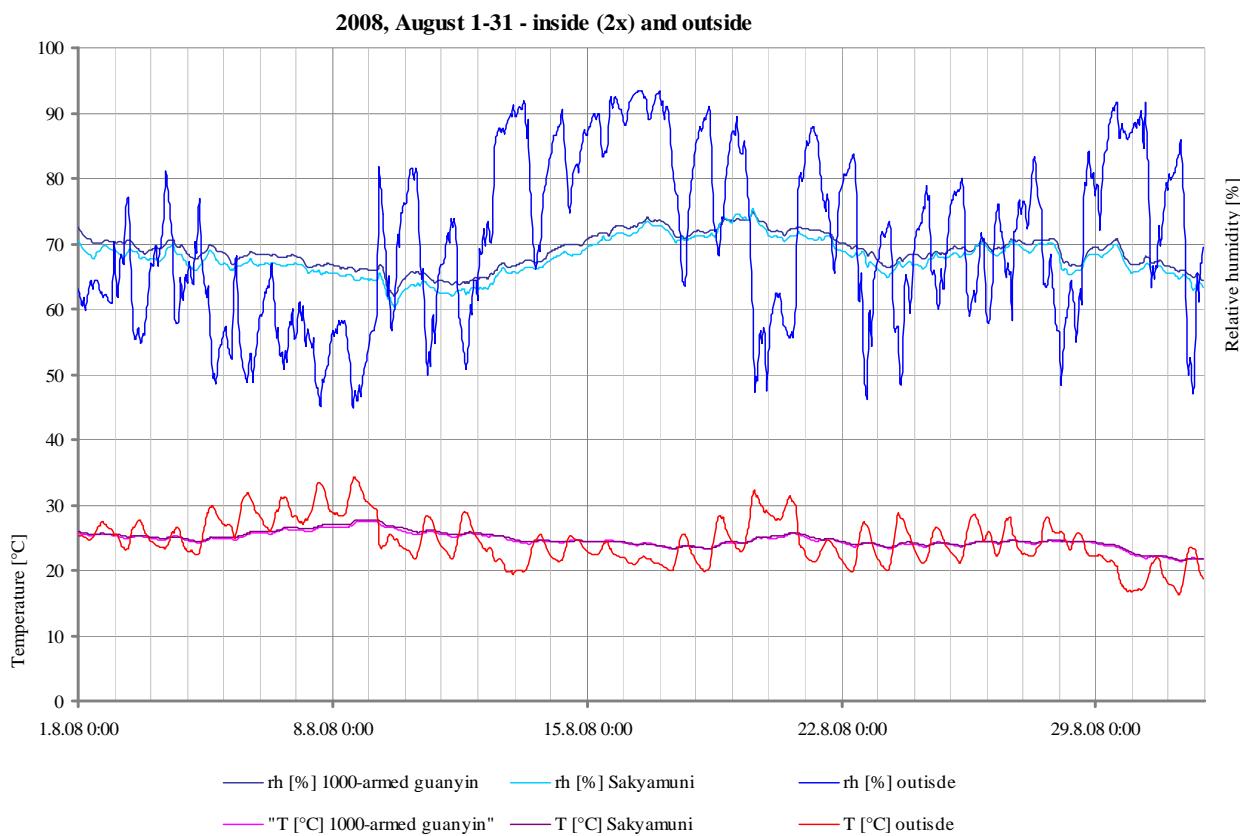
Appendix 3 Graphs of measurements with hygro-thermometers

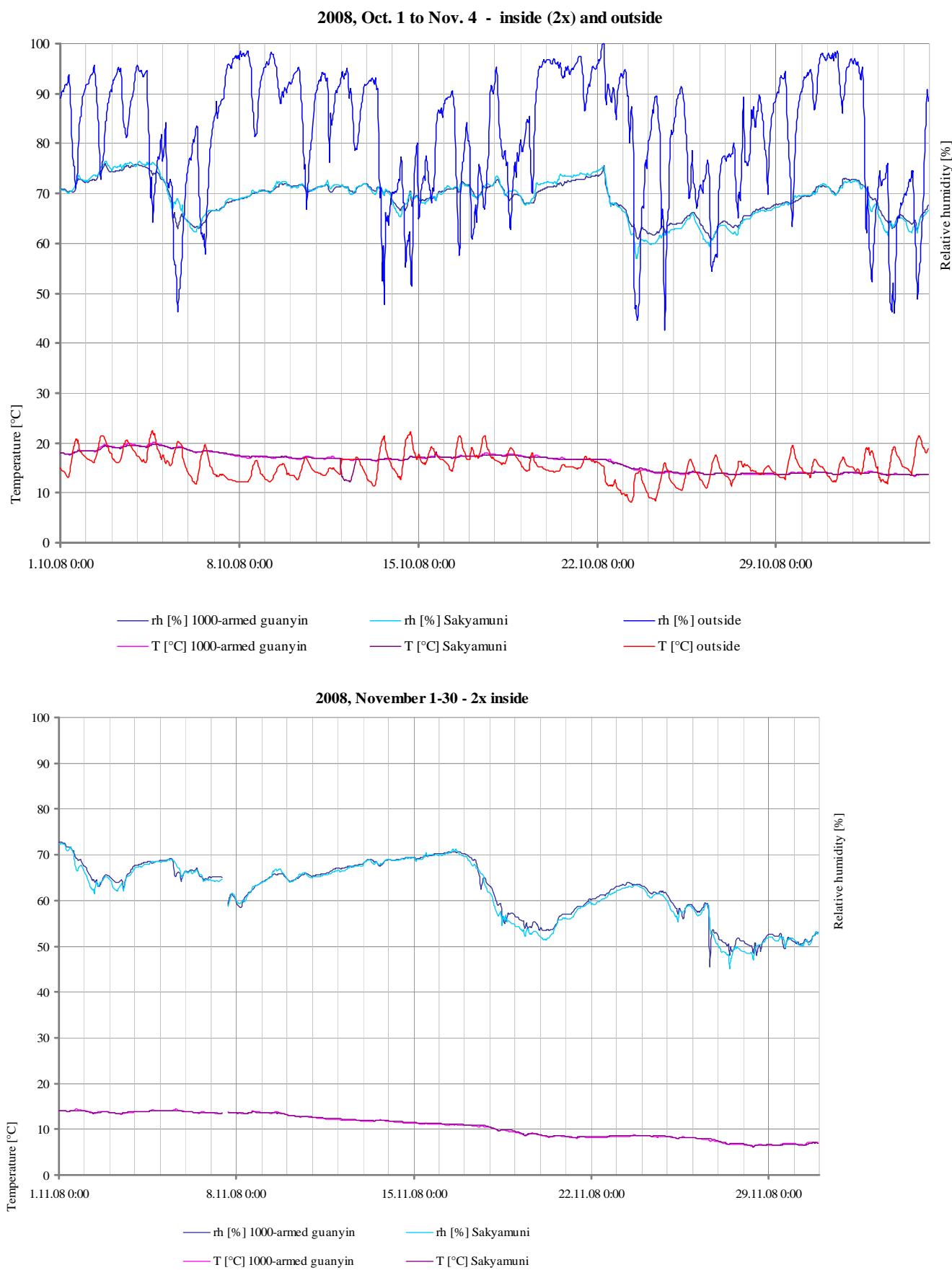
Appendix 1. Graphs of climate measurements

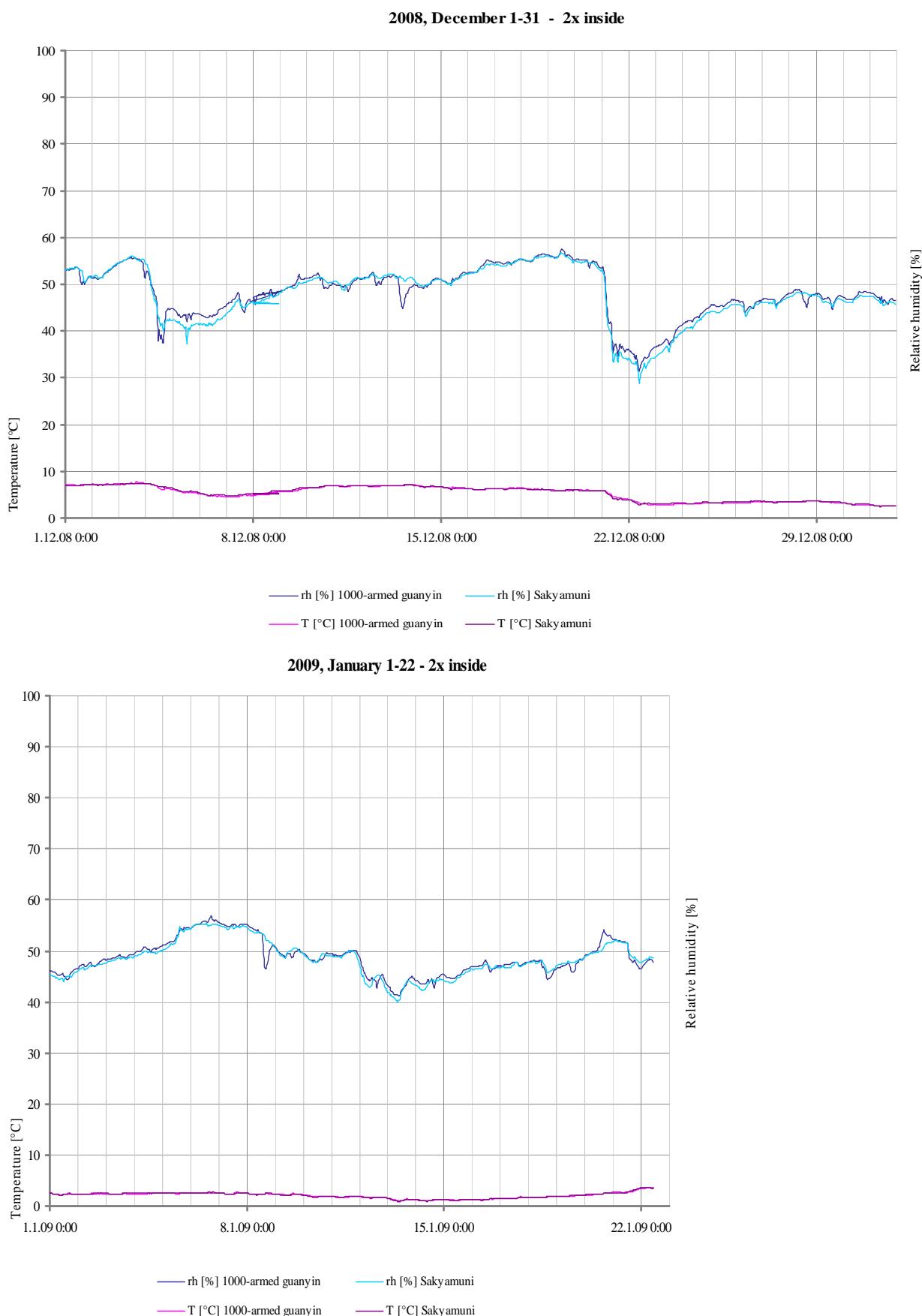




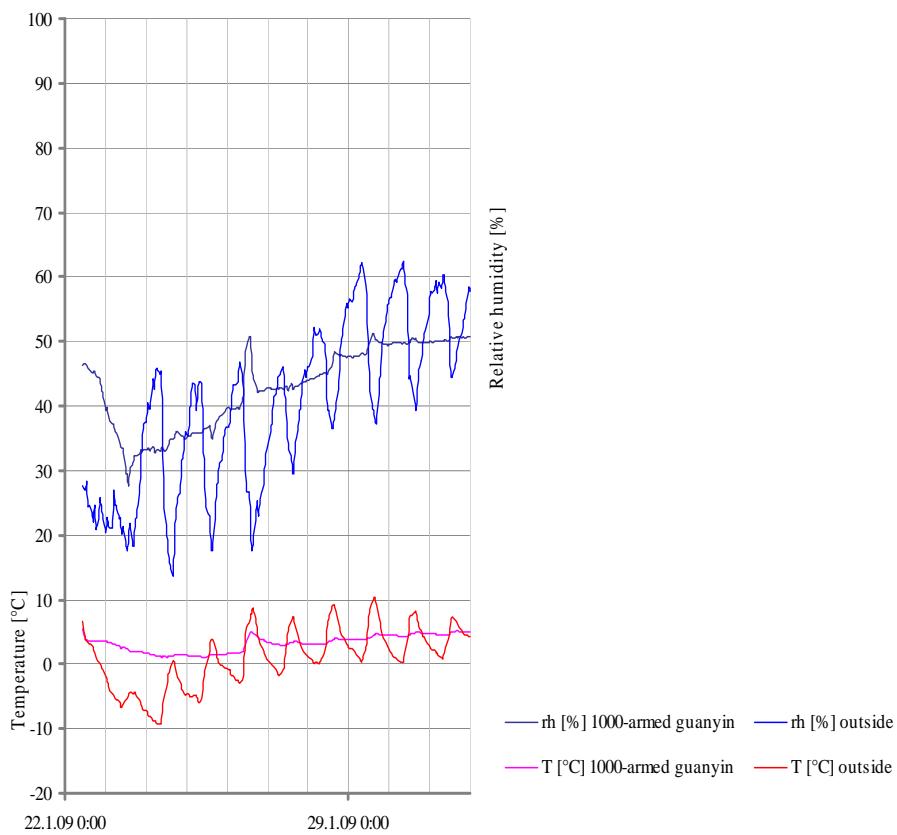




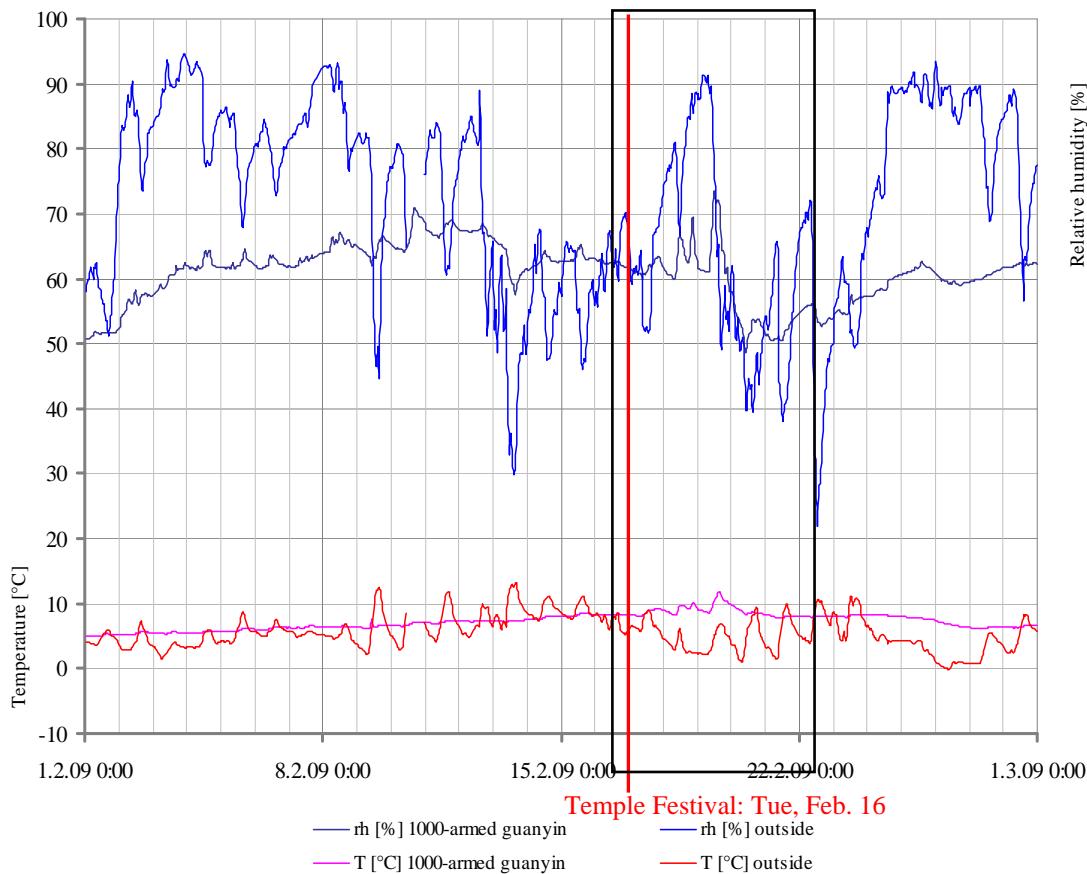


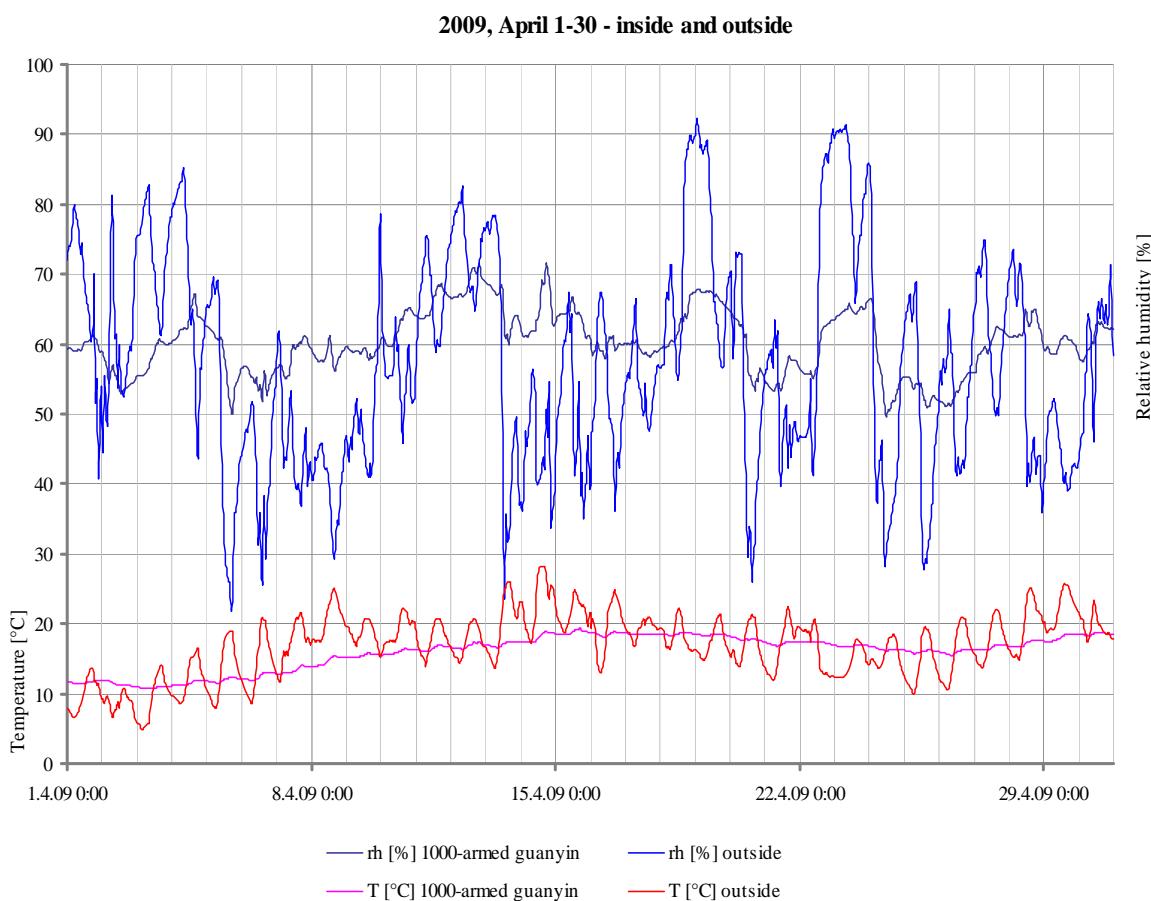
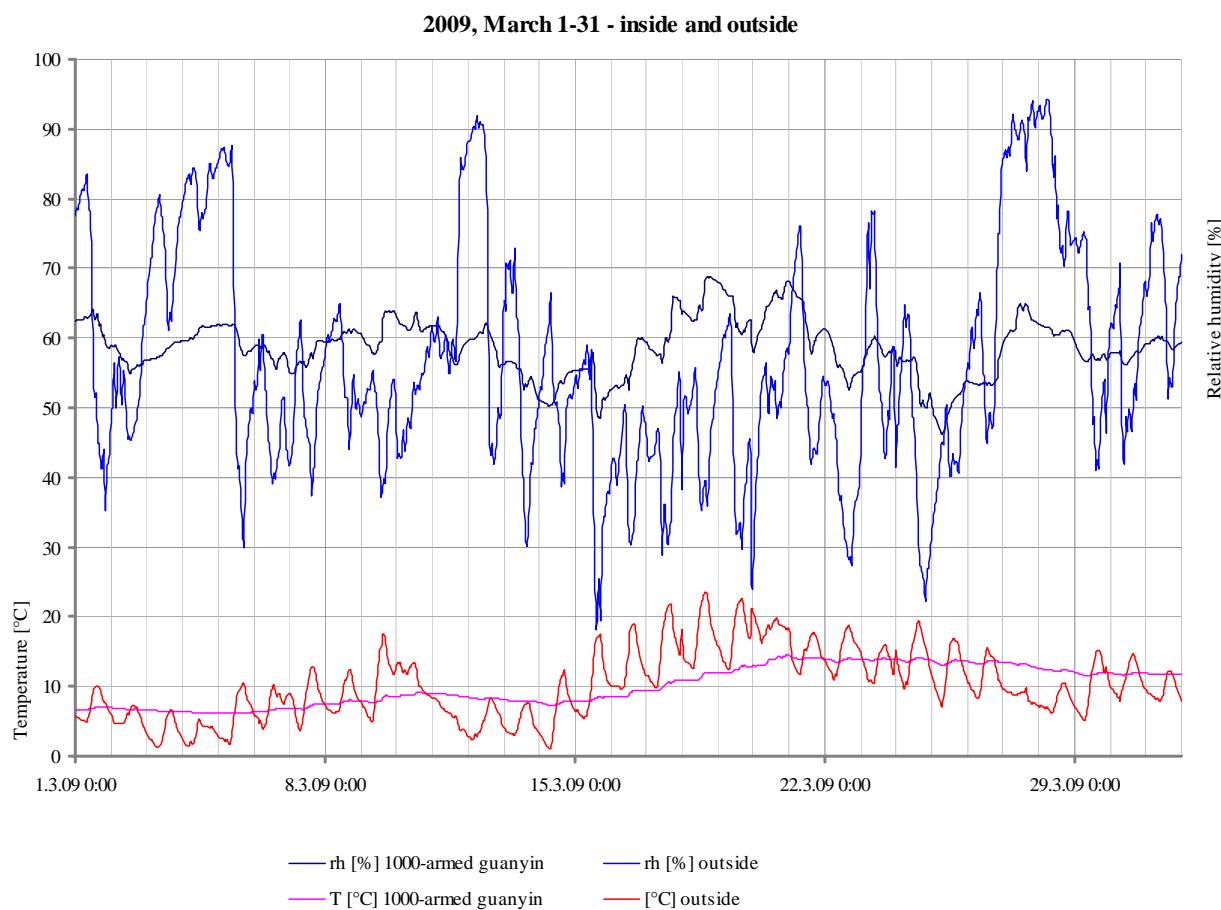


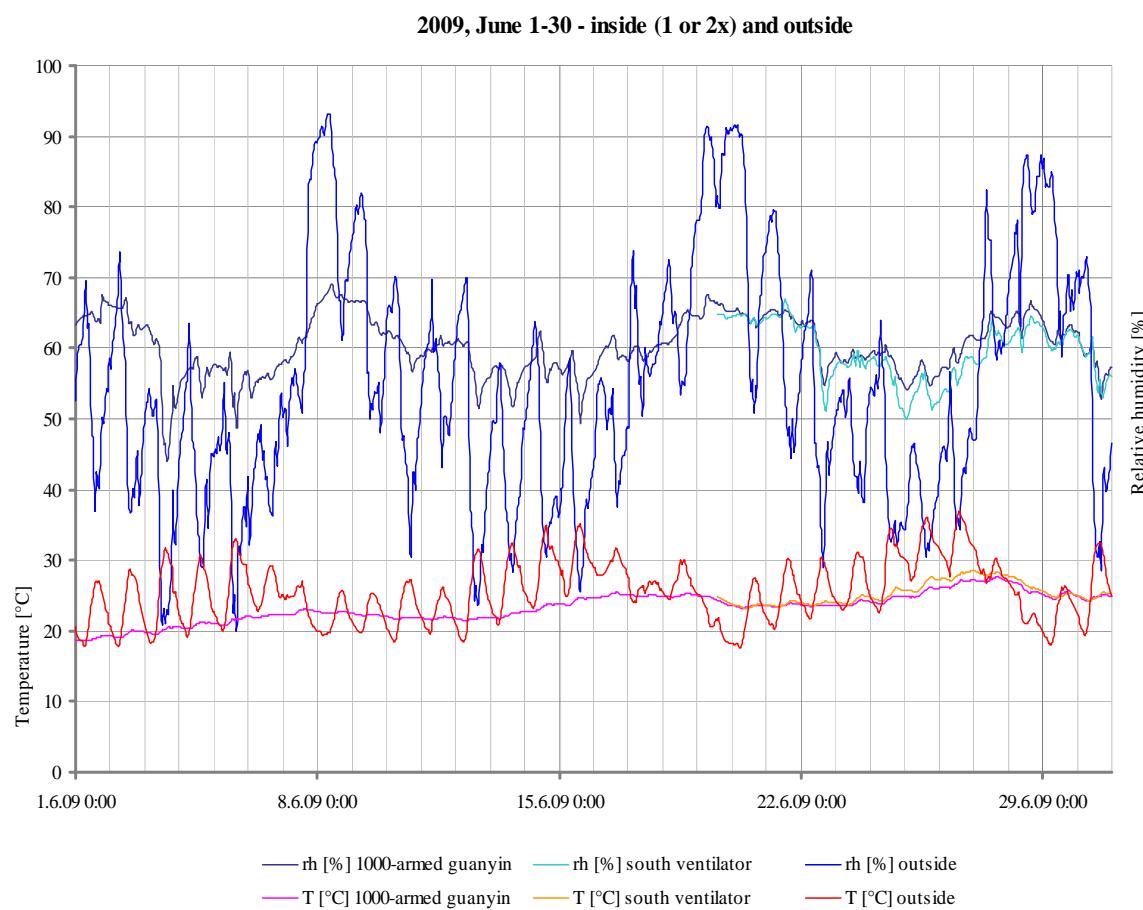
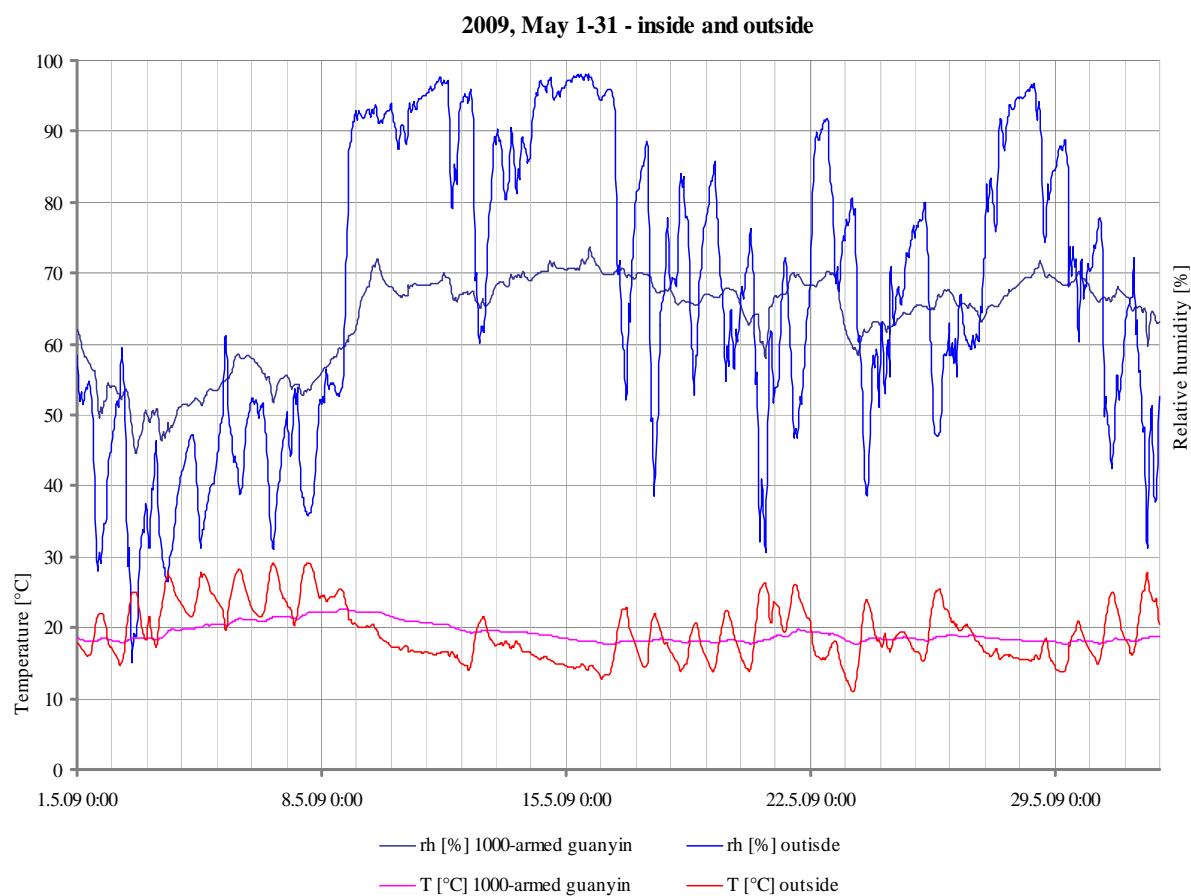
2009, Jan. 22-31 - inside and outside

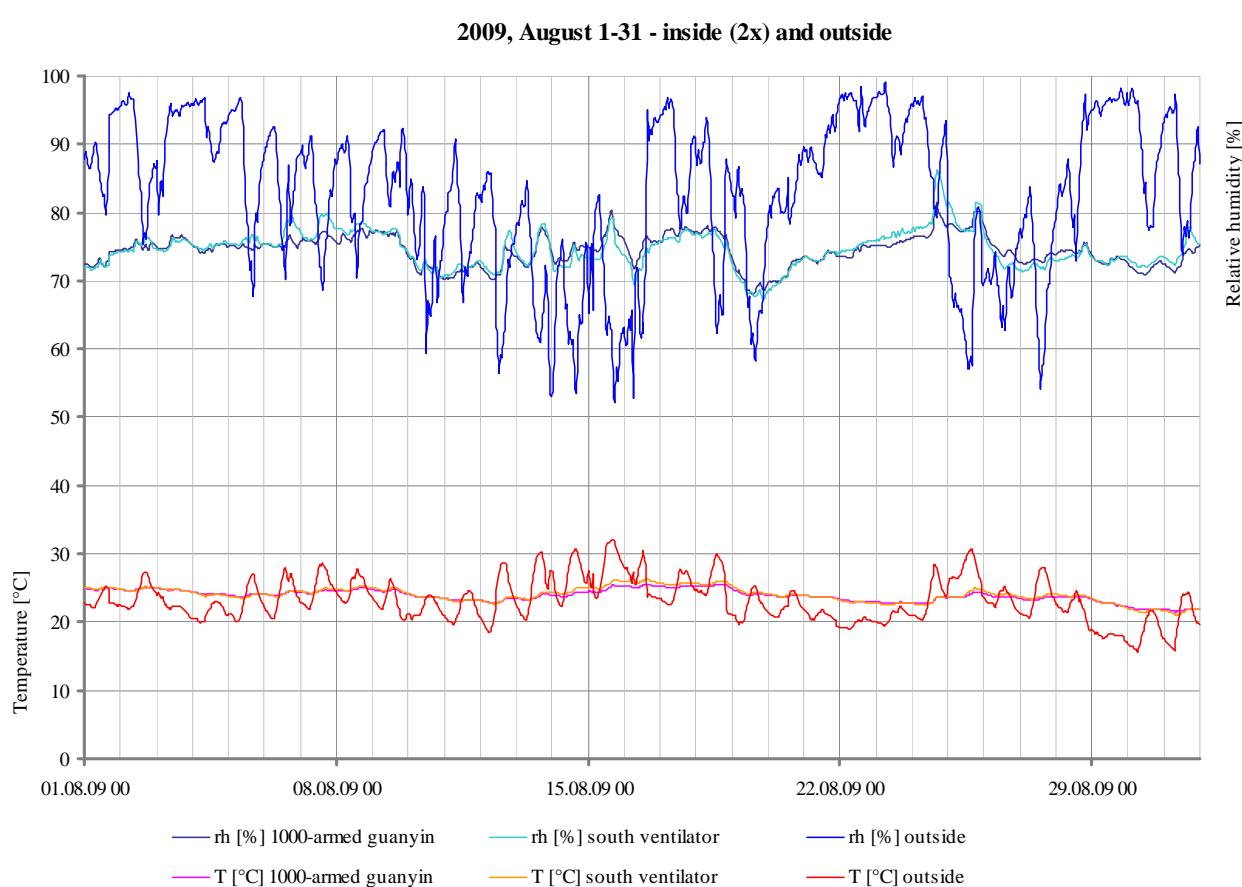
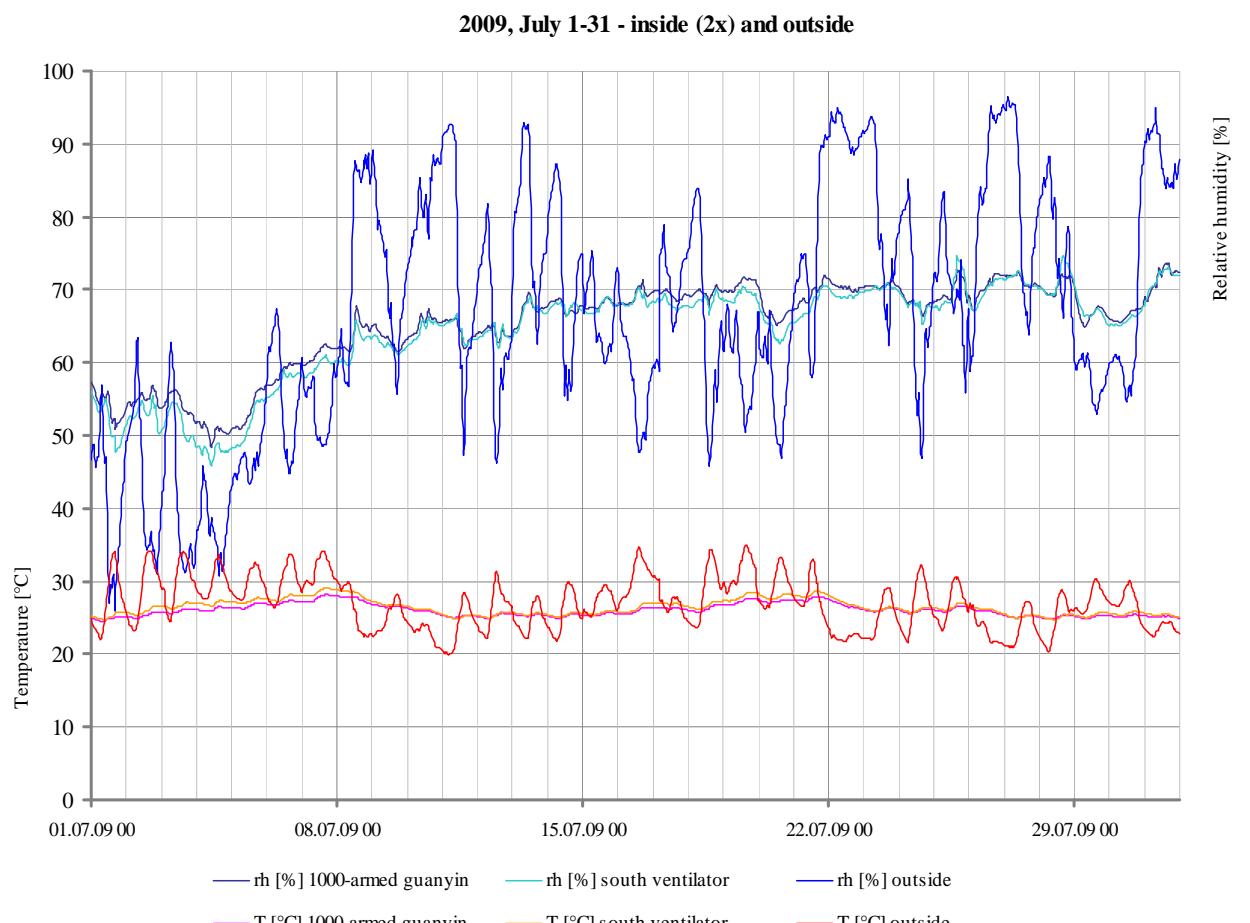


2009, Feb. 1-28 - inside and outside

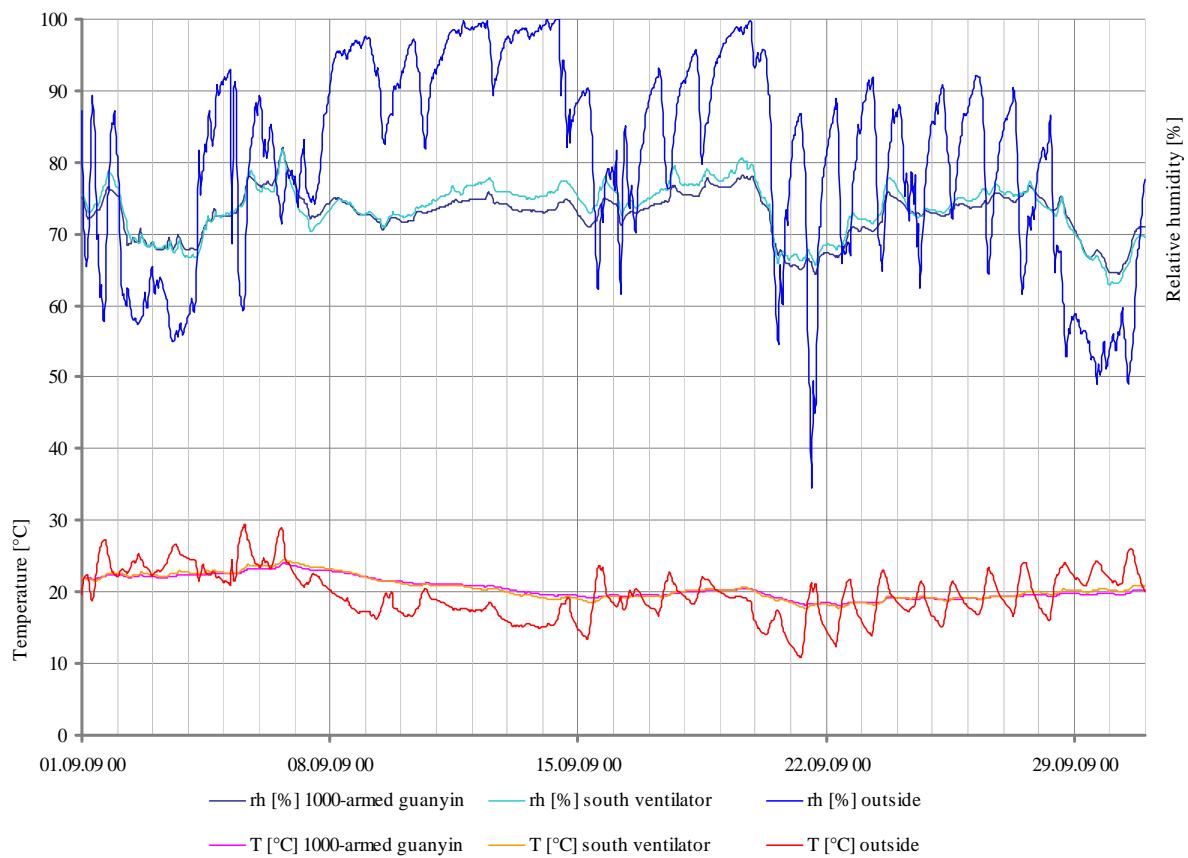




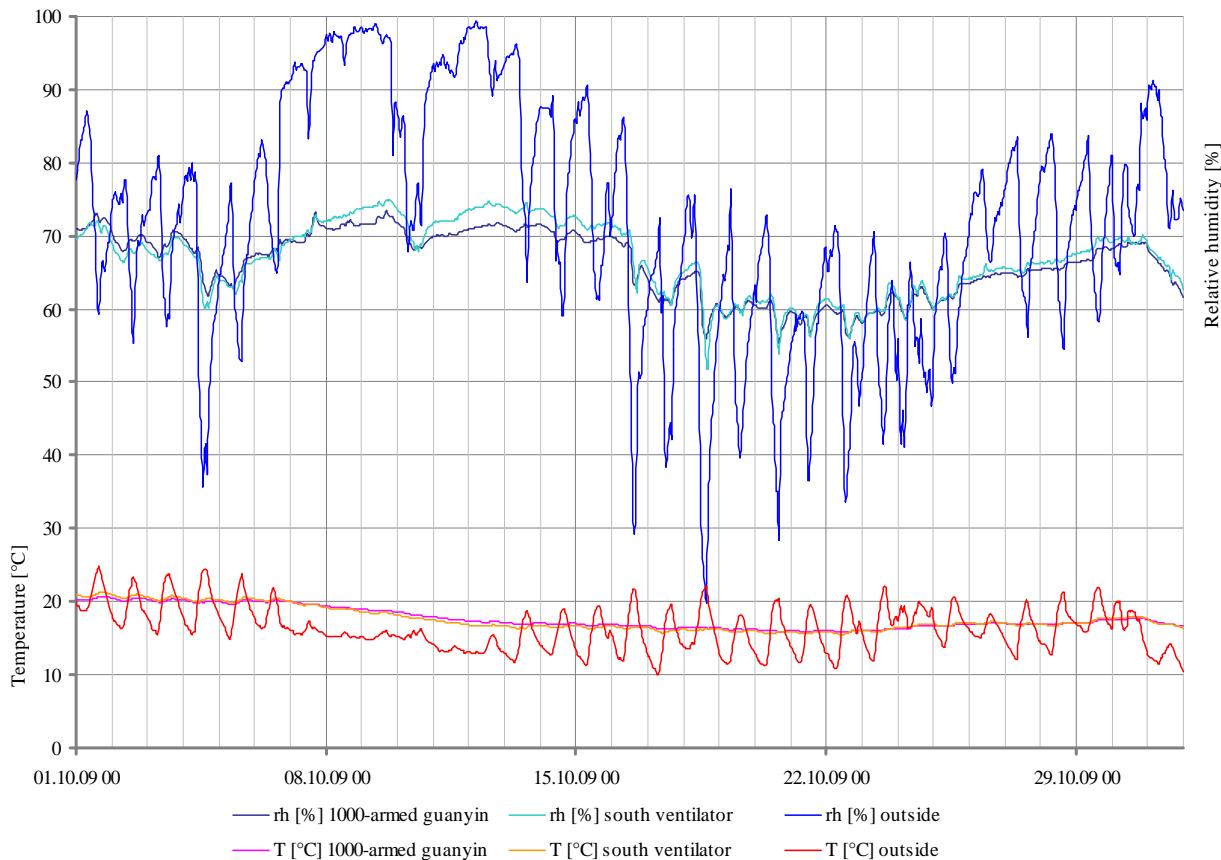


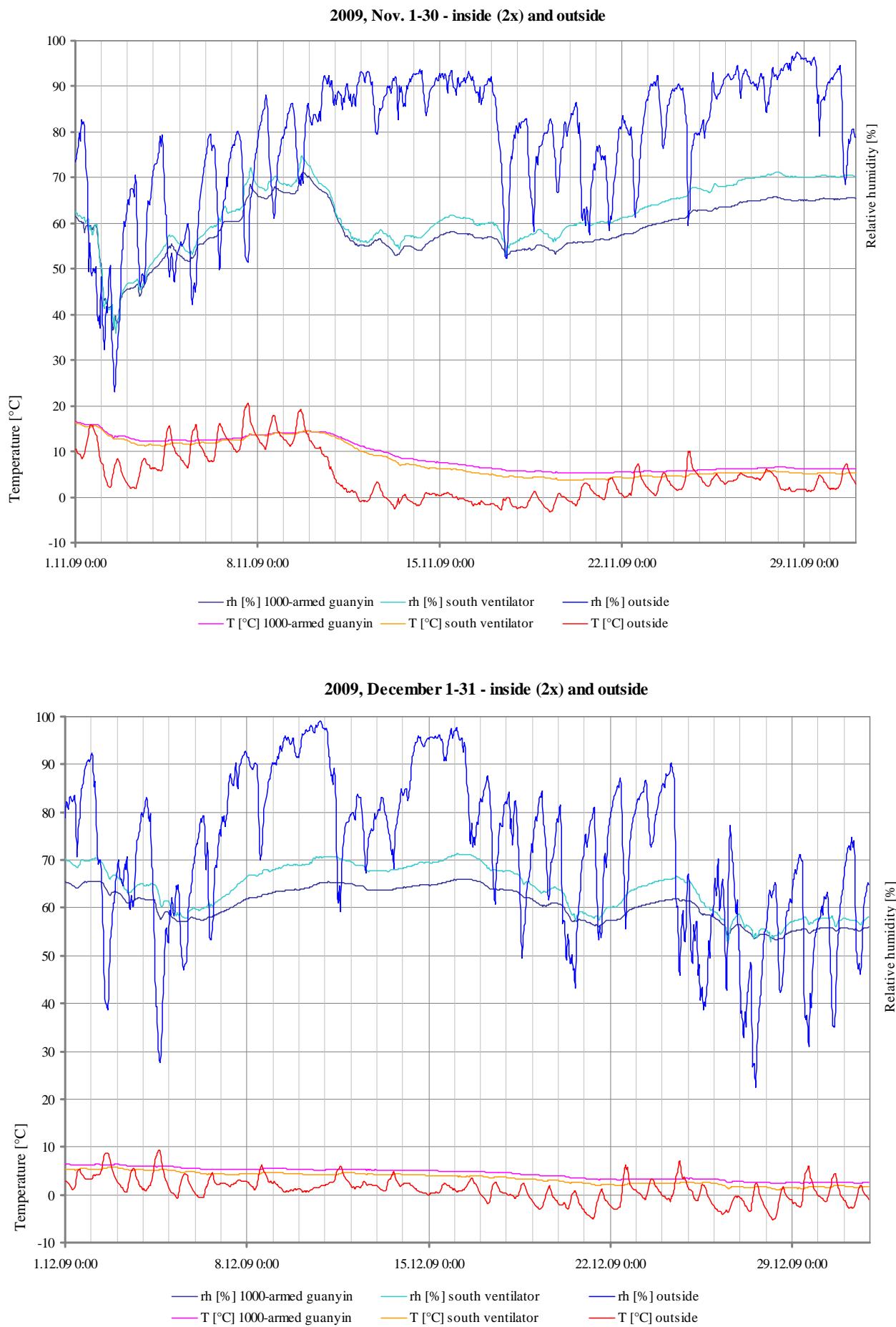


2009, Sept. 1-30 - inside (2x) and outside



2009, October 1-31 - inside (2x) and outside





Appendix 2. Tabular compilation of extreme values and averages

September 1992 to June 1994

West wall, middle, 90 cm above floor

Period	relative humidity rF [%]			Temperature [°C]		
	min.	max.	average	min.	max.	average
1992, Sep 16-29	70.7	85.8	78.9	16.7	19.4	18.3
1992, Oct 30 – Nov 4	65.1	71.8	68.4	12.1	13.1	12.6
1992/3, Dec 25 – Jan 27	49.1	77.4	64.1	-0.5	4	2.1
1993, Feb 16 – March 21	54.6	81.6	69.66	3.3	13.3	7.0
1993, March 25 – April 6	49	80	66.4	8	17	11.5
1993, April 7-30	56	88	75	11	17	12.8
1994, May 1-31	31	81	51	20	26	22.6
1994, June 1-25	40	77	63.2	20	26	22.9

courtyard

Period	relative humidity rF [%]			Temperature [°C]		
	min.	max.	average	min.	max.	average
1992, Oct – Nov 7	44.7	62.8	53.7	8.7	20.8	14.7
1993, Feb 16 – March 22	24.5	99.9	66.7	-3.1	19	5.75

2007, Sep 6 to 2008, July 18: 1000-armed guanyin

period	relative humidity rh [%]			temperature T [°C]		
	min.	max.	average	min.	max.	average
11 month total	38.7	79.3	62.6	-1.1	27.3	13.7
Sept 6-30	48.6	76.9	65.2	17.5	24.1	20.9
Oct 1-31	51.7	79.3	69.5	12.3	20.0	15.5
Nov 1-30	45.9	70.7	62.6	2.7	12.9	11.0
Dec 1-31	45.9	72.1	63.7	2.7	7.9	5.5
Jan 1-31	51.2	65.3	58.6	-1.1	3.9	1.7
Feb 1-29	50.6	68.5	58.9	-0.7	7.6	2.0
March 1-6	43.0	68.2	53.2	6.8	13.8	9.4
April 7-30	57.1	72.0	65.6	12.5	19.0	15.1
May 1-31	46.9	67.0	57.8	17.5	24.0	20.8
June 1-30	38.7	69.2	58.8	22.0	26.5	23.6
July 1-31	59.6	76.4	67.7	23.1	27.3	25.2

evaluation criteria		temperature [°C]	hum. [rh %] at that time	period	duration [h]
T [°C]	lowest temperature	-1.1	51.6 – 51.9	Jan 31, 9:00-10:00	1
	highest temperature	27.3	62.5	July 13, 16:00-18:30	2.5
	below 0 °C	-1.1 – 0	51.2 – 59.1	Jan 24, 6:00 – Feb. 10, 12:00	430
	mainly below 10 °C	-1.1 – 13.9	43.0 – 72.1	2007, Nov 26 – 2008, March 6	
	more than 20 °C	19.2 – 24.1	48.6 – 76.9	Sep 6 – 28, 12:00	
		20.0 – 27.3	38.7 – 76.4	May 15, 15:30 – July 31	
	more than 25 °C (until July 19)	25.0 24.9 – 25.2 25.0 – 26.5 25.0 – 25.1 25.0 – 25.4 25.0 – 25.4 25.0 – 25.4 25.0 – 27.3	46.6 – 46.8 54.5 – 62.4 58.5 – 65.5 65.2 63.0 – 68.3 64.5 – 67.3 60.9 – 63.2 60.9 – 66.7	June 6, 16:30 – 17:30 June 13, 20:00 – June 14, 15:30 June 28, 15:00 – July 1, 1:30 July 1, 13:00-21:30 July 2, 14:30 – July 3, 3:00 July 3, 11:00 – July 4, 20:00 July 7, 16:30 – July 8, 4:00 July 8, 12:30 – July 15, 21:30	1 18.5 58.5 8.5 12.5 33.5 11.5 117
	warmest period(s)	23.1 – 27.3	59.6 – 76.4	July	

evaluation criteria		humidity [rh %]	temp. [°C] at that time	period	duration [h]
rh [%]	lowest humidity	38.7	23.6	June 4, 16:30-17:00	1.5
	highest humidity	79.3	20.0	Oct. 5, 16:00	0.5
	lower than 30 %	---			
	lower than 40 %	39.1 – 39.9	23.3 – 23.5	June 4, 14:30-18:30	2
	lower than 50 %	48.6 – 49.5 46.4 – 49.5 48.2 – 49.4 43.0 – 49.6 47.4 – 49.9 46.9 – 49.9 38.7 – 49.8	19.9 – 20.3 3.1 – 3.3 8.8 – 10.1 8.5 – 12.9 20.1 – 20.8 21.1 – 22.6 22.5 – 25.0	Sep 22, 12:00-22:00 Dec 30, 11:00-17:00 March 2, 3:00-9:00 March 2, 18:00 – March 4, 19 May 1, 15:00 – 20:00 May 30, 16:00 – May 31, 17 June 1, 15:30 – June 6, 2:30	10 6 6 49 5 25 131
	higher than 75 %	75.1 – 76.9 75.4 – 79.3	20.0 – 21.9 19.1 – 20.0	Sep 12, 3:00- Sept. 13, 12:00 Oct 4, 13:00 – Oct. 6., 16:00	33 51

2008, July 19 to Dec. 31: 1000-armed *guanyin*, Sakyamuni and outside

period	position	relative humidity [%]			Temperature [°C]		
		min.	max.	average	min.	max.	average
July 19 – Oct 31	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni, pedestal outside, north annex	60.8	77.4	70.1	13.5	27.5	21.8
		59.6	77.8	69.5	12.1	27.8	21.6
		35.1	99.9	77.6	8.2	34.2	21.2
July 19-31	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni, pedestal outside, north annex	66.4	76.4	72.5	23.1	26.2	24.9
		65.2	77.2	71.8	23.4	27.6	25.0
		52.9	76.9	77.5	19.9	31.0	25.2
Aug 1-31	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni, pedestal outside, north annex	61.9	74.9	68.9	21.4	27.5	24.6
		60.2	75.3	67.8	21.5	27.8	24.7
		44.8	93.5	70.3	16.2	34.2	24.5
Sept 1-30	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni, pedestal outside, north annex	61.9	77.4	69.6	16.8	23.5	21.2
		61.0	77.8	69.2	17.0	23.5	21.2
		35.1	98.8	79.4	10.9	28.2	19.7
Oct 1-31	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni, pedestal outside, north annex	60.8	76.0	69.3	13.5	20.1	16.5
		56.9	76.5	69.3	12.1	19.7	16.5
		43.1	99.9	83.1	8.2	22.4	15.3
Nov 1-30	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni, pedestal	45.7	72.8	62.3	6.2	14.4	10.7
		45.0	72.5	61.7	6.1	14.1	10.7
Dec 1-31	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni, pedestal	31.3	57.5	48.3	2.5	7.7	5.2
		28.7	56.7	47.9	2.4	7.4	5.3

2008, July 19 to Oct. 31 and to Dec. 31 - inside

evaluation criteria for inside climate		temperature [°C]	hum. [rh %] at that time	period	duration [h] pos 1 / 2a
T [°C]	lowest temperature July to Oct	12.1 13.5	69.8 63.6	Oct 12, 7:00 Oct 27, 10:00	(2a): 1 (1): 1
	lowest temperature July to Dec	2.4 2.5 – 2.6	45.9 45.6 – 47.1	Dec 31, 10:00 Dec 31, 9:00–23:00	(2a): 1 (1): 14
	highest temperature	27.8 27.5	64.4 – 64.7 65.9 – 66.0	Aug 8, 17:00 – Aug 9, 5:00 Aug 8, 17:00 – 18:00	(2a): 13 (1): 2
	below 0 °C	---			
	mainly below 10 °C			Nov. 18, 7:00 to Dec. 31	
	more than 20 °C	20.0 – 27.8	61.9 – 77.2	July 1 - Sept 26	
	more than 25 °C	25.0 – 25.4	66.9 – 69.4	Jul 19, 14:00 – Jul 20, 5:00	12 / 16
		25.0 – 25.4	66.9 – 71.2	Jul 20, 11:00 – Jul 21:00, 12:00	18 / 25
		25.0 – 26.2	71.2 – 76.4	Jul 26, 13:00 – Aug 3, 5:00	178 / 184
		25.0 – 25.1	68.3 – 70.6	Aug 3, 12:00–20:00	7 / 8
		25.0 – 27.8	62.0 – 69.7	Aug 4, 16:00 – Aug. 12, 20:00	178 / 196
		25.0 – 25.8	70.6 – 73.8	Aug 19, 17:00 – Aug 21, 6:00	26 / 37
	warmest period(s)			July 19 – Aug 21	

evaluation criteria for inside climate		humidity [rh %]	temp. [°C] at that time	period	duration [h] pos 1 / 2a
rh [%]	lowest humidity July to Oct	56.9 60.8	14.8 13.8	Oct. 23, 14:00 Oct 26, 13:00	(2a): 1 (1): 1
	lowest humidity July to Dec	28.7 31.3	2.9 3.2	Dec 22, 10:00 Dec 22, 10:00	(2a): 1 (1): 1
	highest humidity	77.8 77.4	22.4 22.6 – 22.7	Sept. 23, 15:00 Sept 23, 15:00, 17.00–18:00	(2a): 1 (1): 3
	lower than 30 %	28.7	2.9	Dec. 22, 10:00	1
	lower than 40 %	28.7 – 39.8	2.9 – 4.8	Dec 4, 11:00–16:00	(1): 5
		31.3 – 39.5	2.9 – 4.6	Dec 21, 8:00 – Dec 24, 0:00 Dec 21, 10:00 – Dec 23, 17:00	(2a): 64 (1): 54
	lower than 50 %	45.0 – 50.0	6.1 – 7.4	Nov 27, 1:00 – Nov 28, 12:00	(2a): 35
		48.1 – 49.9	6.7 – 6.8	Nov. 27, 11:00–16:00	(1): 5
		38.1 – 50.0	4.6 – 7.4	Dec 4, 5:00 – Dec 9, 16:00	127 / 131
		49.2 – 50.0	6.7 – 7.0	Dec 11, 3:00–15:00	12 / 7
		45.7 – 49.8	6.7 – 7.1	Dec 13, 11:00 – Dec 14, 13:00	26 / 6
		28.7 – 50.9	2.4 – 5.8	Dec 21, 3:00 – 31, 23:00	260
	higher than 75 %	75.1 – 75.9	25.8 – 26.1	Jul 27, 13:00 – Jul 28, 1:00	11 / 5
		75.1	26.2	July 28, 17:00	1 / 1
		75.0 – 75.3	25.7 – 26.0	Jul 28, 21:00 – Jul 29, 5:00	8 / --
		75.0 – 76.1	25.7 – 26.1	Jul 29, 13:00 – Jul 30, 23:00	34 / 13
		75.3	24.7	Aug 19, 14:00	1 / --
		75.0 – 76.5	21.4 – 22.1	Sept 19, 19:00 – Sept 21, 5:00	44 / 43
		75.0 – 76.8	22.4 – 22.8	Sept 22, 2:00 – 14:00	9 / 11
		75.1 – 77.8	22.1 – 22.7	Sept 22, 23:00 – Sept 24, 6:00	31 / 30
		75.0 – 76.3	19.0 – 20.0	Oct 2, 14:00 – Oct. 4, 20:00	26 / 54
		75.0 – 75.0	15.2 – 16.8	Oct 22, 4:00 – 7:00	1 / 4

position (1)= 1000-armed *guanyin*, rear part of hall

position (2a) = Sakyamuni pedestal, front part of hall

2008, July 19 to Oct. 31 – outside

<i>evaluation criteria for outside climate</i>		<i>temperature [°C]</i>	<i>hum.[rh %] at that time</i>	<i>period</i>	<i>duration [h]</i>
T [°C]	lowest temperature	8.2	84.4 – 87.4	Oct. 23, 7:900-8:00	2
	highest temperature	34.2	47.4	Aug 8, 15:00	1
	below 0 °C	----			
	more than 30 °C	30.3 – 30.8	52.9 – 56.0	July 19, 14:00-17:00	3
		30.0 – 30.1	56.4 – 60.1	July 25, 14:00-16:00	2
		30.4 – 31.0	59.3 – 64.4	July 26, 14:00-17:00	3
		30.3	69.9	July 27, 14:00	1
		30.0 – 30.9	57.6 – 70.5	July 28, 13:00-17:00	4
		30.2 – 30.4	62.1 – 63.2	July 31, 14:00-15:00	2
		30.4 – 31.9	48.7 – 52.8	Aug 5, 13:00- 19:00	6
		30.4 – 31.2	50.8 – 55.1	Aug 6, 14:00- 19:00	5
		30.0 – 33.4	48.0 – 55.5	Aug 7, 11:00- 21:00	10
		30.1 – 34.2	46.0 – 55.4	Aug 8, 11 – Aug 9, 1:00	14
rh [%]	30.2 – 33.2	49.0 – 63.7	Aug. 19, 13:00- 19:00	6	
	30.2 – 31.5	56.5 – 57.8	Aug. 20, 12:00- 17:00	5	
<i>evaluation criteria for outside climate</i>		<i>humidity [rh %]</i>	<i>temp.[°C] at that time</i>	<i>period</i>	<i>duration [h]</i>
rh [%]	lowest humidity	35.1	27.8	Sept 6, 12:00	1
	highest humidity	99.9	16.2 – 16.4	Oct. 22, 6:00-7:00	2
	lower than 30 %	---			
	higher than 90 %	90.1 – 94.5	19.9 – 22.4	July 21-23	49
		90.3 – 91.7	21.8 – 23.8	Aug 29, 30	2, 4
		89.5 – 93.3	16.5 – 20.8	Sep 2/3, 9, 10, 16, 17	13, 15, 7, 3, 8
		90.6 – 97.8	18.2 – 21.4	Sep 18, 19, 20, 22	15, 14, 12, 5
		90.3 – 98.2	10.9 – 21.8	Sep 23, 25/26, 27-29, 30	17, 32, 56, 10
		90.1 – 95.8	13.1 – 18.5	Oct 1, 2, 3, 4,	7, 11, 14, 10
		92.2 – 98.4	11.7 – 15.9	Oct 7-8, 8-10, 11-12, 12-13	25, 36, 22, 13
		90.6 – 97.4	9.5 – 16.7	Oct 16, 17-18, 19-21, 21-23, 25	1, 5, 43, 31, 2
		90.3 – 98.5	12.7 – 16.7	Oct 29, 30, 30-31	7, 12, 20
	higher than 95 %	95.4 – 97.8	18.9 – 19.4	Sep 19, 4:00-9:00	5
		95.1 – 95.6	20.0 – 20.4	Sep 23, 5:00-10.00	5
		93.9 – 96.2	14.4 – 17.6	Sep 25, 16:00 – Sept 26, 10:00	16
		95.0	11.0, 11.3	Sep 27: 16:00, 23:00	2
		94.0 – 98.8	10.9 – 12.6	Sep 28, 2:00 – Sept 29, 9:00	31
		95.2 – 96.3	11.6 – 12.7	Sep 30, 3:00-9:00	6
		95.6	16.1	Oct. 2, 8:00	1
		95.3	16.1	Oct. 3, 7:00	1
		95.2 – 95.7	17.3 – 17.4	Oct. 4, 0:00- 1:00	2
		95.2 – 98.1	12.1 – 13.0	Oct 7, 13:00 – Oct 8, 10:00	21
		95.2 – 98.2	12.5 – 14.1	Oct 9, 0:00-10:00	10
		95.2	12.9	Oct 10, 8:00	1
		95.1	16.7	Oct 12, 5:00	1
		95.3	16.4	Oct 18, 2:00	1
		95.2 – 97.0	14.2 – 15.2	Oct. 19, 18:00 – Oct. 19, 13:00	19
		94.8 – 99.9	15.2 – 16.4	Oct. 21, 20:00 – Oct. 22, 7:00	11
		95.2 – 98.5	12.4 – 15.7	Oct 30, 16:00 – Oct 31, 10:00	18
		94.9 – 97.0	14.5 – 15.7	Oct 31, 19:00 - Nov 1, 6:00	11

2009, January 22 – December 31

period	position	relative humidity [%]			Temperature [°C]		
		min.	max.	average	min.	max.	average
Jan 22– Dec 31	1000-armed <i>guanyin</i> outside, north annex	27.7 13.8	82.0 99.9	62.1 66.7	1.1 -9.3	28.2 36.9	15.2 14.3
Jan 22 – June	1000-armed <i>guanyin</i> outside, north annex	27.7 13.8	73.6 98.1	59.6 60.3	1.1 -9.3	25.5 35.2	13.7 13.8
July – Dec.	1000-armed <i>guanyin</i> southern ventilator outside, north annex	36.6 35.9 20.1	82.0 86.3 99.9	66.4 67.6 75.4	2.4 1.0 -5.3	28.2 29.1 35.0	17.2 17.0 15.3
January, 1-31	1000-armed <i>guanyin</i>	27.7	57.0	45.8	1.0	5.4	2.7
Jan. 1-22	1000-armed <i>guanyin</i> Sakyamuni	41.1 39.9	57.0 55.4	48.7 48.4	1.0 0.9	3.6 3.6	2.1 2.1
January. 22-31	1000-armed <i>guanyin</i> outside, north annex	27.7 13.8	51.3 62.4	42.9 39.6	1.1 -9.3	5.4 10.4	3.2 0.9
February	1000-armed <i>guanyin</i> outside, north annex	48.6 21.9	73.4 94.7	61.0 71.9	4.9 -0.1	11.8 13.3	7.2 5.5
March	1000-armed <i>guanyin</i> outside, north annex	46.2 18.3	68.9 94.2	58.7 56.5	6.1 1.0	14.5 23.6	10.1 10.2
April	1000-armed <i>guanyin</i> outside, north annex	49.6 21.7	71.6 92.3	60.2 57.2	10.7 4.8	19.3 28.3	15.9 16.9
May	1000-armed <i>guanyin</i> outside, north annex	44.7 15.1	73.6 98.1	63.8 67.7	17.6 11.0	22.7 29.2	19.2 19.2
June 1-30	1000-armed <i>guanyin</i>	43.9	69.1	60.3	18.6	27.6	23.3
June 19-30	1000-armed <i>guanyin</i>	52.7	66.7	61.0	23.2	27.6	24.9
June 19-30	southern ventilator (2b)	50.0	69.4	59.6	23.2	28.5	25.4
June	outside, north annex	20.0	93.2	54.9	17.7	36.9	25.6
July	1000-armed <i>guanyin</i> southern ventilator outside, north annex	48.4 45.8 26.1	73.7 74.6 96.5	65.2 64.3 66.3	24.4 24.7 19.9	28.2 29.1 35.0	26.0 26.4 26.9
August	1000-armed <i>guanyin</i> southern ventilator outside, north annex	68.0 67.3 52.1	81.5 86.3 99.1	74.4 74.6 82.5	21.5 21.1 15.6	25.6 26.3 32.1	23.9 24.0 23.2
September	1000-armed <i>guanyin</i> southern ventilator outside, north annex	64.4 62.8 34.5	82.0 81.9 99.9	73.5 73.9 80.8	18.2 17.7 10.9	24.0 24.6 29.4	22.0 22.1 21.2
October	1000-armed <i>guanyin</i> southern ventilator outside, north annex	55.3 51.7 20.1	73.4 75.0 99.3	66.2 66.9 72.1	15.8 15.5 10.1	20.7 21.3 24.8	17.7 17.6 16.3
November	1000-armed <i>guanyin</i> southern ventilator outside, north annex	36.6 35.9 23.1	71.3 74.9 97.5	58.6 61.6 78.6	5.3 3.7 -3.2	16.6 16.3 20.6	9.0 8.1 4.5
December	1000-armed <i>guanyin</i> southern ventilator outside, north annex	53.3 52.6 22.4	66.0 71.4 99.0	60.7 64.0 72.1	2.4 1.0 -5.3	6.4 5.7 9.3	4.4 3.5 1.1

2009, January to Dec. 31 - inside

<i>evaluation criteria for inside climate</i>		<i>temperature [°C]</i>	<i>hum. [rh %] at that time</i>	<i>period</i>	<i>duration [h] pos 1 / 2</i>
T [°C]	lowest temperature	0.9 1.1	39.3 – 40.6 33.1 – 33.6	Jan 13, 8:00-11:00 Jan 24, 9:00-10:00, 12:00	(2a): 3 (1): 3
	highest temperature	29.1 28.2	60.3 – 61.1 62.2 – 62.6	July 7, 17:00-18:00 July 7, 17:00-18:00	(2b): 2 (1): 2
	below 0 °C	---			
	mainly below 10 °C	0.9 – 9.9 1.0 – 9.9	27.7 – 73.4 52.6 – 71.4	January to March 17 Nov 12 – Dec. 31, 23:00	(1) (1) and (2)
	more than 20 °C	20.0 – 22.7 20.0 – 29.1 19.6 – 21.3	51.3 – 71.9 60.1 – 73.1	May 4, 10:00 to May 11, 19:00 June 2 – Sept 13 Oct 1, 0:00 – Oct 7, 1:00	(1): 177 146 / 146
	more than 25 °C	25.0 – 25.5 25.0 – 25.1 25.0 – 27.6 25.0 – 28.5 25.0 – 25.7 24.9 – 25.6 24.8 – 29.1 24.7 – 25.1 25.0 – 25.2 25.0 – 25.3 25.0 24.9 – 26.3	58.4 – 61.7 63.4 – 67.4 54.7 – 66.7 50.0 – 64.6 60.5 – 63.3 53.1 – 57.4 45.8 – 74.6 71.6 – 76.5 74.5 – 76.4 77.1 – 78.5 77.5 – 77.6 69.4 – 80.4	June 16, 10:00 – June 17, 23:00 June 18, 12:00 – June 19, 7:00 June 25, 10:00 – June 29, 3:00 June 24, 14:00 – June 29, 6:00 June 29, 12:00 – June 30, 1:00 June 30, 16:00 – July 5:00 July 1, 12:00 – July 31, 23:00 Aug 1, 0.00 – Aug 3, 2:00 Aug 2, 15:00 – Aug 3, 3:00 Aug 8, 12:00 – Aug 9, 2:00 Aug 9, 13:00-16:00 Aug 14, 16:00 – Aug 19, 2:00	(1): 37 (1): 19 (1): 88 (2): 112 11 / 12 9 / 13 728 / 731 51 / 51 11 / 12 5 / 14 (2): 4 81 / 116
	warmest period(s)			July	

<i>evaluation criteria for inside climate</i>		<i>humidity [rh %]</i>	<i>temp. [°C] at that time</i>	<i>period (position)</i>	<i>duration [h] pos 1 / 2</i>
rh [%]	lowest humidity	27.7	2.1	Jan 23, 14:00	(1): 1
	highest humidity	86.3 82.0	23.6 24.0	Aug 24, 17:00 Sept 6, 16:00	(2b): 1 (1): 1
	lower than 30 %	27.7 – 29.8	2.1 – 2.3	Jan 23, 12:00 – 14:00	(1): 2
	lower than 40 %	27.7 – 39.9 36.6 – 39.8	1.1 – 3.5 12.7 – 13.3	Jan 23, 0:00 – Jan 26, 8:00 Nov 2, 10:00 – 16:00	(1): 79 6 / 5
	lower than 50 %	43.9 – 49.9 46.4 – 49.9 39.9 – 54.1 46.4 – 49.6 27.7 – 51.3 48.6 – 48.9 46.2 – 49.2 49.6 44.7 – 50.0 48.7 – 49.0 47.7 – 49.4 45.8 – 50.0 36.6 – 49.8	2.2 – 2.6 2.4 – 2.5 0.9 – 3.6 2.8 – 3.6 1.1 – 5.4 8.3 – 8.6 13.0 – 13.4 16.1 18.4 – 18.5 21.5 – 21.6 25.6 – 25.8 26.0 – 27.4 11.4 – 15.1	Jan 1, 1:00 – Jan 4, 22:00 Jan 8, 15:00-19:00 Jan 9, 3:00 – Jan 20, 14:00 Jan 21, 14:00 – Jan 22, 10:00 Jan 22, 11:00 – Jan 31, 23:00 March 15, 15:00-17:00 March 25, 1.00 – 12:00 April 24, 12:00 May 2, 13:00 – May 3, 12:00 June 5, 15:00-16:00 July 1, 15:00 – 21:00 July 3, 17:00 – June 5, 9:00 Nov 2, 1:00 – Nov 4, 0:00	76 / 95 (1): 4 264 / 263 20 / 20 (1): 207 (1): 2 (1): 11 (1): 1 (1): 41 (1): 1 (2b): 6 4 / 40 47 / 42

2009, January to Dec. 31 – inside (cont.)

<i>evaluation criteria for inside climate</i>	<i>humidity [rh %]</i>	<i>temp. [°C] at that time</i>	<i>period (position)</i>	<i>duration [h] pos 1 / 2b</i>
higher than 75 %	74.5 – 76.5	24.6 – 25.2	Aug 2, 10:00 – Aug 3, 0:00	14 / 14
	74.6 – 76.8	24.2 – 24.9	Aug 3, 8:00 – Aug 4, 3:00	19 / 19
	74.3 – 80.0	23.5 – 25.3	Aug 4, 11:00 – Aug 9, 21:00	130 / 130
	75.0 – 77.5 (2)	23.5 – 23.7	Aug 12, 17:00-23:00	1 / 6
	75.4 – 78.3	23.6 – 24.4	Aug 13, 14:00-23:00	9 / 9
	74.3 – 80.4 (2)	24.2 – 24.5	Aug 14, 14:00 – Aug 16, 1:00	35 / 3
	74.8 – 78.1	25.0 – 26.3	Aug 16, 13:00 – Aug 18, 21:00	56 / 52
	74.9 – 86.3	22.5 – 25.0	Aug 22, 12:00 – Aug 26, 8:00	88 / 89
	75.1 – 75.6	23.6 – 23.9	Aug 28, 19:00-21:00	3 / 3
	75.0 – 77.8 (1)	21.5 – 22.0	Aug 31, 14:00-24:00	2 / 10
	74.4 – 75.5	21.9 – 22.0	Sep 1, 0:00-1:00	2 / 2
	75.1 – 78.8	22.0 – 22.6	Sep 1, 13:00 – Sep 2, 2:00	10 / 13
	75.0 – 82.0	22.9 – 24.6	Sep 5, 14:00 – Sep 7, 4:00	38 / 32
	74.9 – 77.9	18.9 – 20.9	Sep 11, 2:00 – Sep 15, 0:00	(2b): 94
	75.5 – 75.8	20.8	Sep 12, 11:00 – Sep 12, 14:00	(1): 4
	75.6 – 78.0	19.0 – 19.5	Sep 15, 16:00 – Sep 16, 3:00	1 / 12
	74.9 – 80.5	19.2 – 20.6	Sep 16, 23:00 – Sep 20, 7:00	(2b): 80
	75.0 – 78.3	19.7 – 20.4	Sep 17, 15:00 – Sep 20, 4:00	(1): 66
	75.0 – 77.9	18.7 – 19.4	Sep 23, 15:00 – Sep 24, 4:00	(2b): 13
	75.0 – 75.6	19.1 – 19.2	Sep 23, 17:00-23:00	(1): 6
	75.0 – 75.1	19.1	Sep 25, 18:00-21:00	---/ 3
	75.1 – 76.9	19.0 – 19.8	Sep 26, 6:00 – Sep 27, 22:00	(2b): 40
	75.0 – 76.8	19.3 – 19.7	Sep 26, 16h – 27, 3h; Sep 27, 11h – 28, 2h	(1): 24
	75.1 – 75.3	19.8 – 20.3	Sep 28, 15:00-16:00	2 / 1

position (1)= 1000-armed *guanyin*, rear part of hall

position (2a) = Sakyamuni pedestal, front part of hall: data logger until January 22

position (2b) = lower edge of ventilator opening in the south wall, opening closed with bricks, data logger since June 19

January 22 to Dec. 31 – outside

<i>evaluation criteria for outside climate</i>		<i>temperature [$^{\circ}$ C]</i>	<i>hum.[rh %] at that time</i>	<i>period</i>	<i>duration [h]</i>
T [$^{\circ}$ C]	lowest temperature	-9.3	33.1 – 33.6	Jan. 24, 7:00 – 8:00	2
	highest temperature	36.9	34.6	June 26, 15:00	1
	below 0 $^{\circ}$ C	-9.3 – 0.5 -2.6 – 0.0 -1.7 – 0.0 -3.2 – 0.0 -2.9 – 0.1 -5.0 – 0.1 -5.3 – 0.1	13.8 – 45.9 31.2 – 43.7 36.8 – 46.1 52.2 – 93.6 63.9 – 87.7 26.6 – 86.6 42.3 – 74.4	Jan 22, 21:00 – Jan 25, 12:00 Jan 25, 20:00 – Jan 26, 10:00 Jan 27, 2:00-10:00 Nov 11-12, 12-14, 15-18, 18-19 Nov 19-20, 21 Dec. 5, 6, 14, 17, 18, 18-19, Dec 19-21, 21-22, 23, 25, 25-27 Dec 27-28, 28-29, 30, 30-31, 31	63 14 10 11, 32, 71, 17, 12, 4 2, 7, 1, 9, 9, 16 38, 16, 5, 5, 41 18, 15, 9, 15, 3
	more than 30 $^{\circ}$ C	30.6 – 31.7 30.1 – 30.6 30.2 – 33.1 30.3 – 31.6 30.5 – 32.5 30.0 – 34.9 30.0 – 35.2 29.9 – 31.6 30.1 30.0 – 30.2 30.0 – 30.4 30.3 – 31.1 30.0 – 34.6 30.1 – 36.1 30.1 – 36.9 30.2 30.0 – 32.5 30.7 – 34.0 30.0 – 34.2 30.1 – 34.2 30.1 – 33.6 30.1 – 32.6 30.0 – 33.7 30.1 30.3 – 34.2 30.3 – 34.8 28.8 – 34.4 30.0 – 35.0 30.4 – 33.3 30.0 – 33.1 30.3 – 32.3 30.0 – 30.5 29.9 – 30.4 30.1 30.1 – 30.3 30.2 – 30.7 30.0 – 32.0 30.3 – 30.4 30.0 30.1 – 30.6	21.1 – 23.0 29.0 – 32.8 20.0 – 35.5 24.5 – 27.3 30.9 – 35.3 30.4 – 43.1 30.6 – 42.5 40.8 – 50.7 54.8 47.6 – 48.9 34.4 – 35.3 38.2 – 44.0 32.1 – 38.4 30.5 – 46.2 40.0 – 53.4 58.4 – 60.5 30.5 – 43.2 26.1 – 33.7 31.1 – 38.0 31.4 – 40.3 30.8 – 36.9 44.1 – 49.1 44.7 – 54.1 55.2 48.6 – 58.2 47.6 – 60.0 45.9 – 65.6 50.2 – 63.9 46.9 – 54.5 58.0 – 73.3 50.8 – 62.5 66.8 – 70.0 53.0 – 54.2 57.0 61.0 – 64.2 53.5 – 61.3 52.1 – 64.9 62.6 – 63.9 62.4 57.1 – 59.0	June 3, 13:00-16:00 June 4, 14:00-16:00 June 5, 12:00-19:00 June 12, 13:00-17:00 June 13, 13:00-18:00 June 14, 11:00-22:00 June 15, 10:00-21:00 June 16, 12:00-18:00 June 18, 15:00 June 21, 15:00-16:00 June 22, 14:00-15:00 June 23, 14:00-19:00 June 24, 13:00- June 25, 1:00 June 25, 9:00 – June 26, 4:00 June 26, 10:00 – June 27, 3:00 June 27, 15:00-16:00 June 30, 12:00-19:00 July 1, 13:00-19:00 July 2, 12:00-23:00 July 3, 11:00-22:00 July 4, 11:00-21:00 July 5, 11:00-20:00 July 6, 11:00-21:00 July 7, 3:00 July 7, 8:00-24:00 July 16, 10:00-17:00 July 18, 12:00-19:00 July 19, 10:00-22:00 July 20, 12:00-20:00 July 21, 11:00-16:00 July 24, 13:00-18:00 July 25, 13:00-18:00 July 29, 13:00-16:00 July 30, 14:00 Aug 13, 15:00-17:00 Aug 14, 14:00-17:00 Aug 15, 12:00-20:00 Aug 16, 12:00-13:00 Aug 18, 14:00 Aug 25, 13:00-16:00	4 2 7 5 6 12 12 7 1 2 2 6 13 20 17 1 7 7 11 12 10 9 10 1 16 18 13 12 9 6 6 5 3 1 2 4 8 1 1 4

January 22 to Dec. 31 – outside (cont.)

<i>evaluation criteria for outside climate</i>		<i>humidity [rh %]</i>	<i>temp.[°C] at that time</i>	<i>period</i>	<i>duration [h]</i>
rh [%]	lowest humidity	13.8	0.5	Jan 24, 16:00: sudden warming up in frost period	1
	highest humidity	99.9	15.3 – 17.1	Sep 14, 3:00, 9:00-11:00	3
	lower than 20 %	13.8 – 18.3 17.7 – 18.4 17.7 – 19.1	-1.3 – 0.5 3.8 – 3.9 7.7 -8.7	Jan 24, 13:00-16:00 Jan 25, 15:00-16:00 Jan 26, 15:00-16:00 <i>warmest period of the day</i>	3 1 1
	lower than 30 %	17.6 – 26.6 13.8 – 26.0 17.7 – 28.5 17.7 – 28.9 <i>** warmest period of the day</i> 29.4 – 29.9 18.3 – 25.5 <i>*+ warming up</i> 29.8; 24-26.3 <i>*- cooling down</i> 27.6 – 29.4 25.2 – 28.2 23.2 – 29.2 29.3 29.3 23.5 26.1 28.2 27.8 – 29.2 28.0; 29.1 15.1 – 29.9 26.5 – 29.5 20.9 – 27.4 29.0 – 29.6 20.0 – 29.2 28.4 25.5 – 29.2 29.0 28.7 29.3 20.0 – 27.6 28.7 21.3 – 27.8 27.6 – 29.3 22.4 – 27.5	-6.7 – 6.7 -5.3 – 0.5 -0.4 – 3.8 1.9 – 8.8 7.2 – 7.3 16.7 – 17.6 22.6; 21-21.1 17.7 – 18.9 19.2 – 12.2 18.0 – 19.0 20.4 25.1 24.9 21.4 15.9 19.2 – 19.5 21.5; 21.9 20.9; 22.4-25 25.6 – 27.2 28.1 – 31.7 29.2 – 30.6 31.6 – 33.1 32.5 33.5 – 34.8 29.9 32.3 21.7 20.8 – 22.2 20.4 5.3 – 7.4 8.0 – 9.3 -0.9 – 2.4	Jan 22, 14:00 – Jan 23, 18:00* Jan 24, 11:00-19:00** Jan 25, 12:00-19:00 Jan 26, 15:00-22:00** Jan 27, 15:00-16:00 Mar 15, 14:00-17:00** Mar 19, 16:00; 23:00-24:00 Mar 22, 15:00-18:00** Mar 24, 16:00-23:00*- Apr 5, 13:00-18:00** Apr 6, 17:00 Apr 8, 16:00** Apr 13, 13:00*+ Apr 20, 15:00** Apr 24, 11:00*+ Apr 25, 14:00-16:00** May 1, 14:00; 16:00*+ May 2, 11:00; 13:00-19:00*+ May 3, 12:00-16:00** June 3, 11:00-18:00** June 4, 15:00-17:00** June 5, 13:00-17:00** June 13, 16:00** June 15, 14:00-17:00** June 22, 16:00*- June 30, 17:00** Oct 16, 15:00** Oct 18, 13:00-16:00** Oct 20, 16:00** Nov 2, 16:00*+ Dec 4, 15:00-17:00** Dec 27, 11:00-15:00**	34 9 7 7 1 3 3 7 5 1 1 1 1 1 1 2 1; 1 1; 6 4 7 3 5 1 4 1 1 1 1 1 1 3 1 3 2 4

2009, January 22 to Dec. 31 – outside (cont.)

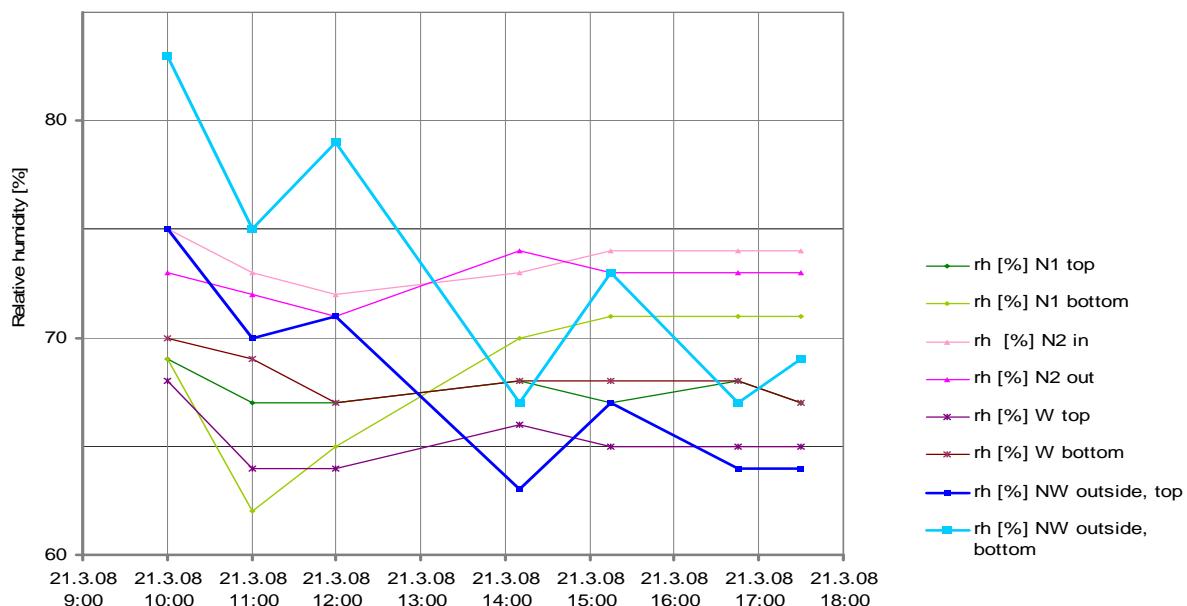
<i>evaluation criteria for outside climate</i>		<i>humidity [rh %]</i>	<i>temp.[°C] at that time</i>	<i>period</i>	<i>duration [h]</i>	
rh [%]	higher than 90 %	90.0 – 94.7		Feb 3-4, 7-8, 8, 19, 25, 26	20, 12, 5, 5, 8, 2	
		89.9 – 94.1		Mar 12, 27-28	6, 19	
		90.1 – 91.5		April 22-23	10	
		90.2 – 97.7		May 8-10, 10-11, 11-12, 13	32, 28, 11, 2,	
		90.0 – 96.8		May 14-16, 22, 27, 27-28	57, 5, 2, 23	
		90.2 – 91.4		June 8, 19	7, 4	
		89.5 – 96.5		July 11, 13, 22-23, 26-27, 31	9, 6, 34, 20, 11	
		90.0 – 96.9		Aug 1, 1-2, 3-4, 4-5, 6,	2, 18, 29, 15, 6	
		90.0 – 96.9		Aug 7, 8, 9, 11, 16-17	2, 2, 10, 1, 17, 4	
		90.1 – 99.1		Aug 18, 21-24, 28-30, 30-31, 31	5, 68, 3, 39, 10, 2	
		90.7 – 99.9		Sep 8-9, 9-10, 10-14,	32, 17, 89	
		90.0 – 93.2		Sep 4, 15, 17, 23, 25, 26, 27	6, 2, 8, 5, 2, 6, 2	
		90.0 – 99.8		Sep 17-18, 18-20	12, 38	
		90.2 – 93.7		Oct 6-7, 15, 31	16, 1, 7	
		90.2 – 99.3		Oct 7-9, 10-13	54, 61	
		89.9 – 93.6		Nov 10, 11, 11-12, 13, 13-14	8, 2, 13, 7, 13	
		90.0 – 94.7		Nov 14-16, 16, 23, 24, 25-27	33, 6, 7, 3, 36	
		90.5 – 97.5		Nov 27-29, 29-30	41, 13	
		98.6 – 99.0		Dec 1-2, 7-8, 8-11, 14-16, 24	6, 10, 54, 49, 1	
higher than 95 %	higher than 95 %	95.0 – 97.7		May 10-11	17	
		95.2		May 12	1	
		95.1 – 98.1		May 14-15	42	
		95.1 – 96.8		May 28	7	
		95.0 – 96.5		July 26	6	
		95.1 – 96.7		Aug 1-2	12	
		95.5 – 96.8		Aug 3-4	16	
		95.1 – 96.9		Aug 5	5	
		95.1 – 96.9		Aug 17	7	
		96.3 – 98.3		Aug 22	13	
		95.2 – 99.1		Aug 22-23	13	
		95.2 – 97.1		Aug 23-24	8	
		95.0 – 98.3		Aug 28-30	32	
		95.2 – 97.2		Aug 31	6	
		95.4 – 97.7		Sep 8-9	16	
		95.0 – 97.2		Sep 9-10	5	
		95.0 – 99.4		Sep 11-12	32	
		95.9 – 99.9		Sep 12-14	38	
		95.2 – 95.7		Sep 18	2	
		95.8 – 99.8		Sep 19	22	
		95.2 – 99.0		Oct 7-9	50	
		95.5 – 99.3		Oct 10-12	20	
		94.7 – 96.3		Oct 13	5	
		95.0		Nov 28, 8:00-9:00	2	
		95.5 – 97.5		Nov 28, 13:00 – Nov 29, 11:00	22	
		95.0 – 95.7		Dec 9, 10:00-19:00	7	
		96.5 – 99.0		Dec 10, 4:00 – Dec 11, 3:00	24	
		95.5 – 95.7		Dec 14, 15:00-17:00	2	
		95.1 – 95.9		Dec 14, 23:00 – Dec 15, 12:00	13	
		95.1 – 97.1		Dec 15, 19:00 – Dec 16, 7:00	12	
wettest period(s)		61.6 – 99.9, average 91.4		Sep 8 – 20	295	
		81.9 – 99.9, average 95.2		Sep 8 – 14	157	

Comparison between 2008 and 2009

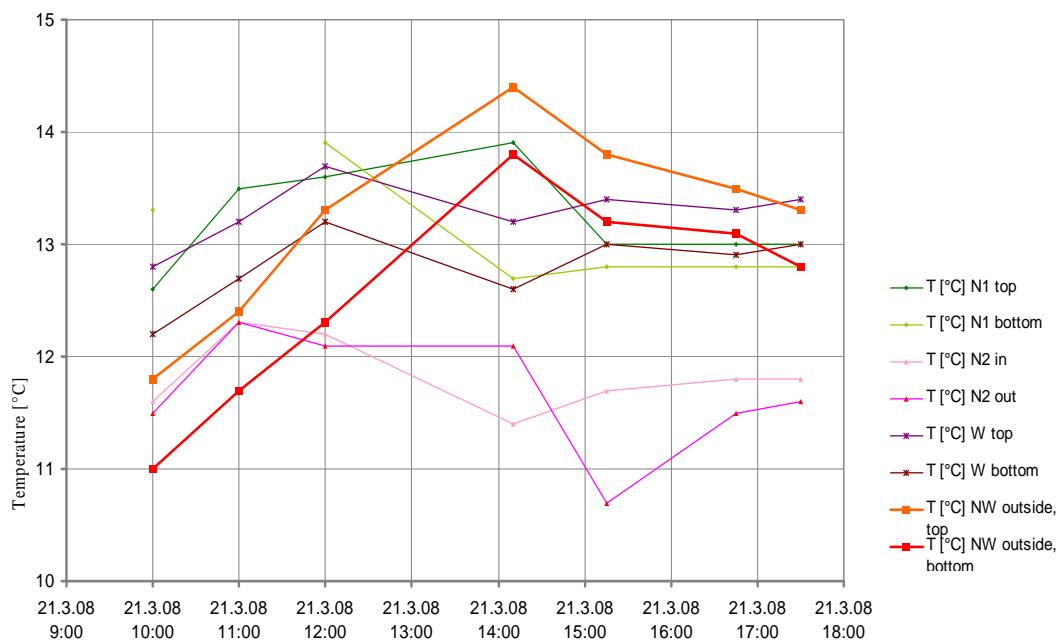
<i>period</i>	<i>position</i>	<i>relative humidity [%]</i>						<i>Temperature [°C]</i>					
		<i>min.</i> 2008 2009		<i>max.</i> 2008 2009		<i>average</i> 2008 2009		<i>min.</i> 2008 2009		<i>max.</i> 2008 2009		<i>average</i> 2008 2009	
August	pos. 1 outside	61.9 44.8	68.0 52.1	74.9 93.5	81.5 99.1	68.9 70.3	74.4 82.5	21.4 16.2	21.5 15.6	27.5 34.2	25.6 32.1	24.6 24.5	23.9 23.2
Sept	pos. 1 outside	61.9 35.1	64.4 34.5	77.4 98.8	82.0 99.9	69.6 79.4	73.5 80.8	16.8 10.9	18.2 10.9	23.5 28.2	24.0 29.4	21.2 19.7	22.0 21.2
Oct	pos. 1 outside	60.8 43.1	55.3 20.1	76.0 99.9	73.4 99.3	69.3 83.1	66.2 72.1	13.5 8.2	15.8 10.1	20.1 22.4	20.7 24.8	16.5 15.3	17.7 16.3
Nov	pos. 1	45.7	36.6	72.8	71.3	62.3	56.8	6.2	.5.4	14.4	16.6	10.7	9.0
Dec	pos. 1	31.3	53.3	57.5	66.0	48.3	60.7	2.5	2.4	7.7	6.4	5.2	4.4

Appendix 3. Graphs of measurements with hygro-thermometers

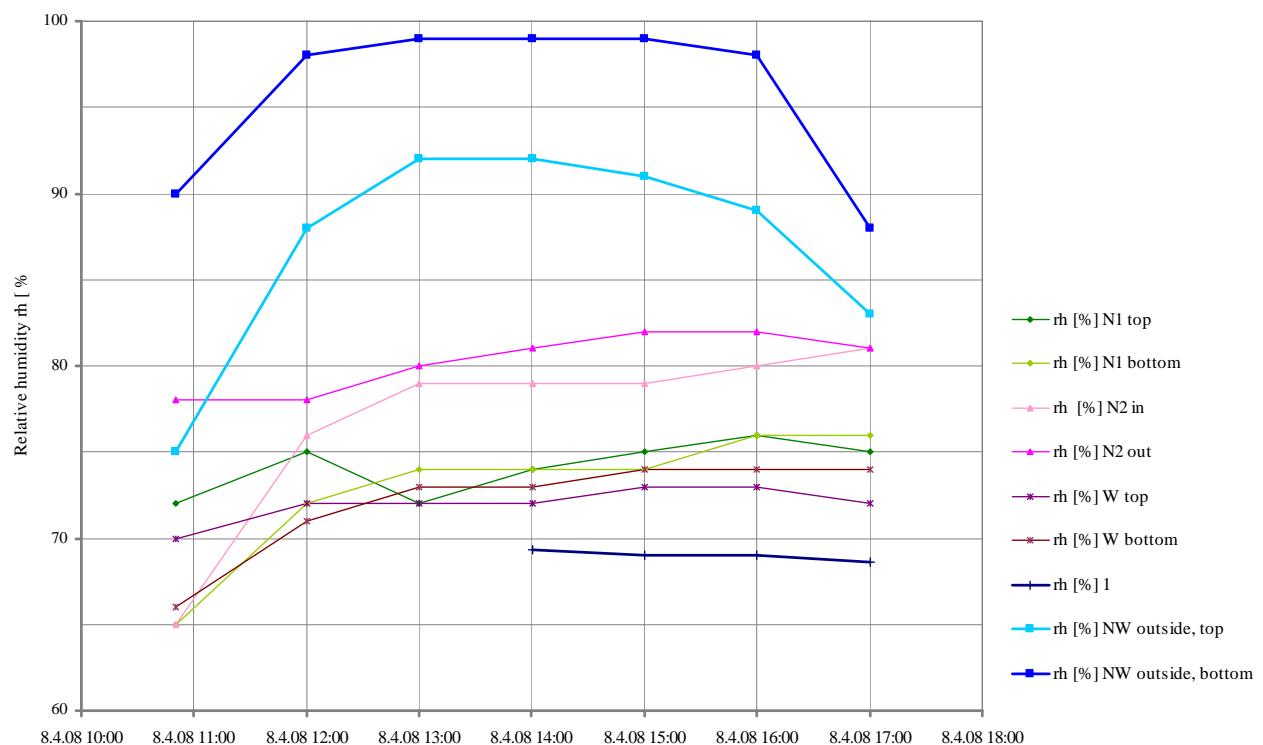
2008, March 20 to 21 - humidity



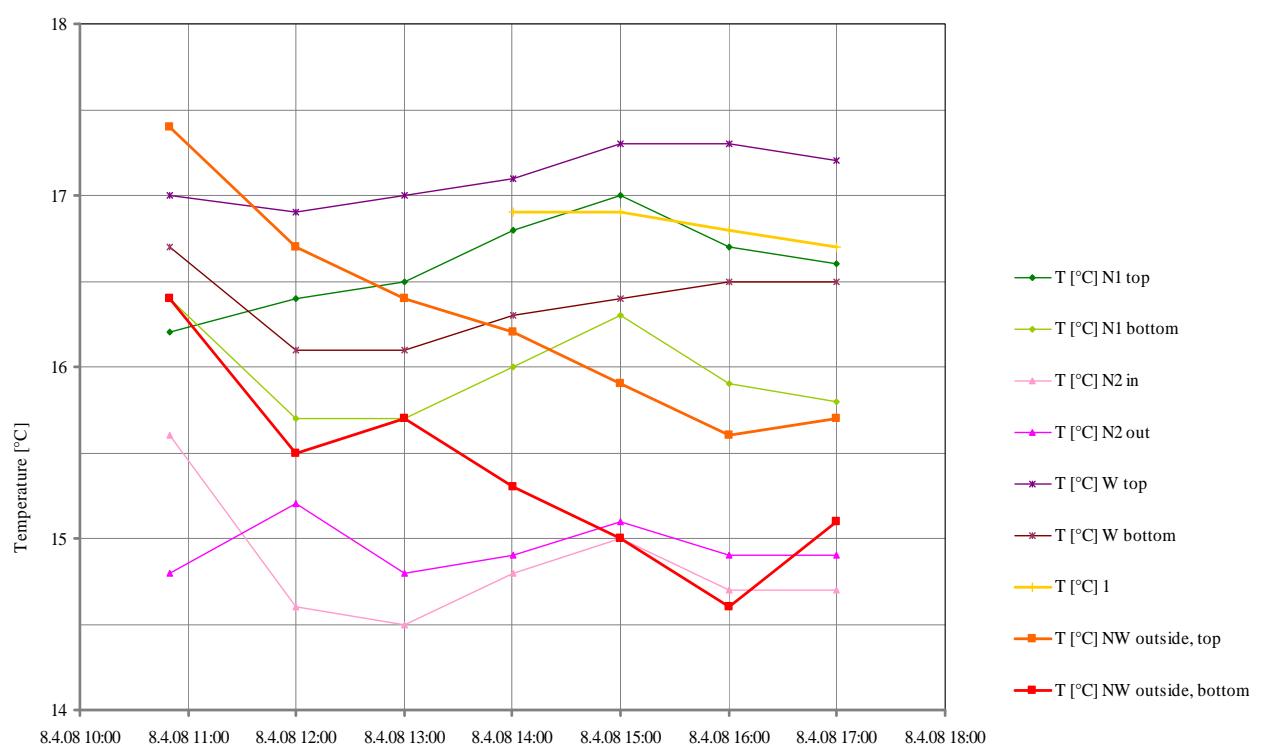
2008, March 20 to 21 - temperature

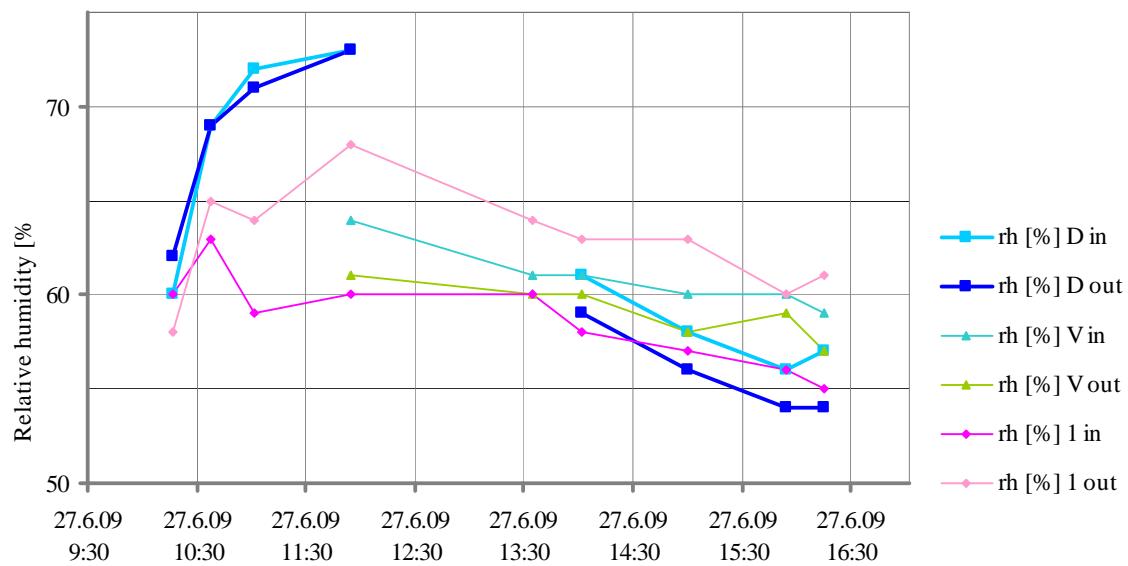
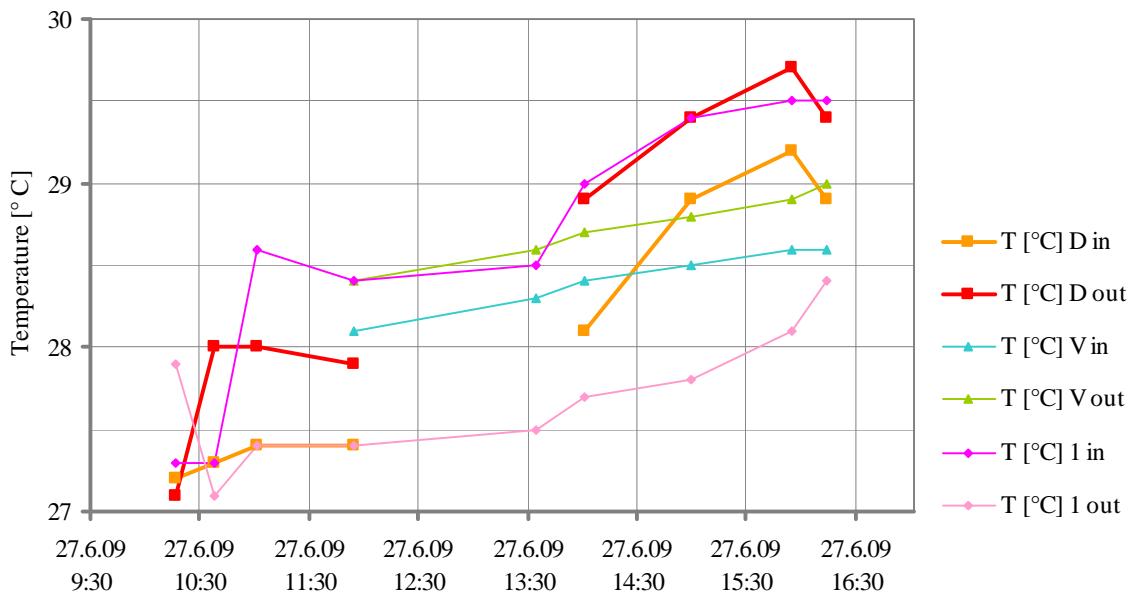


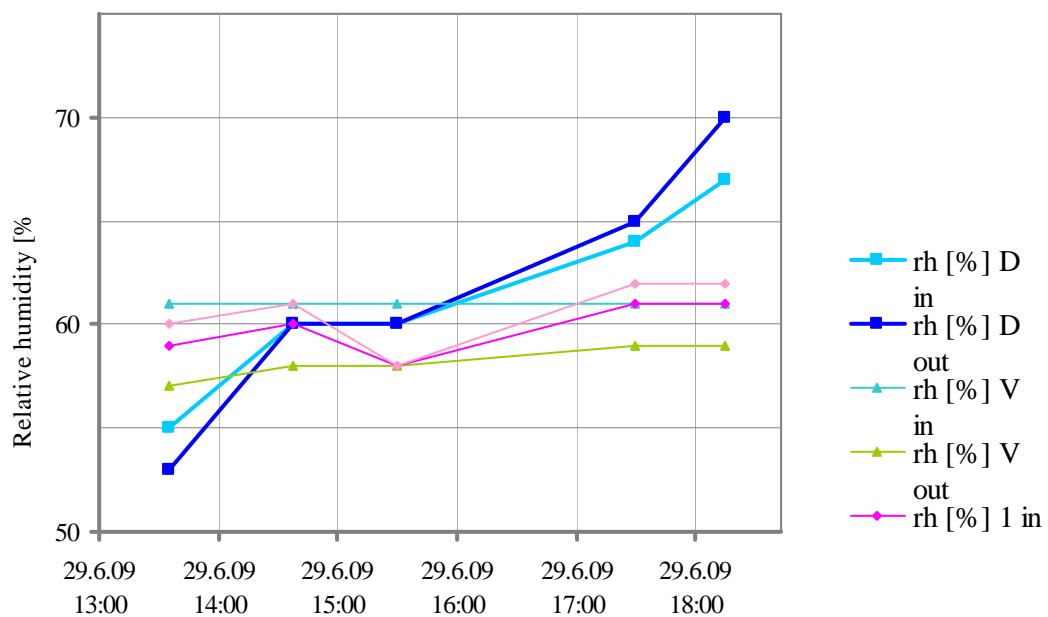
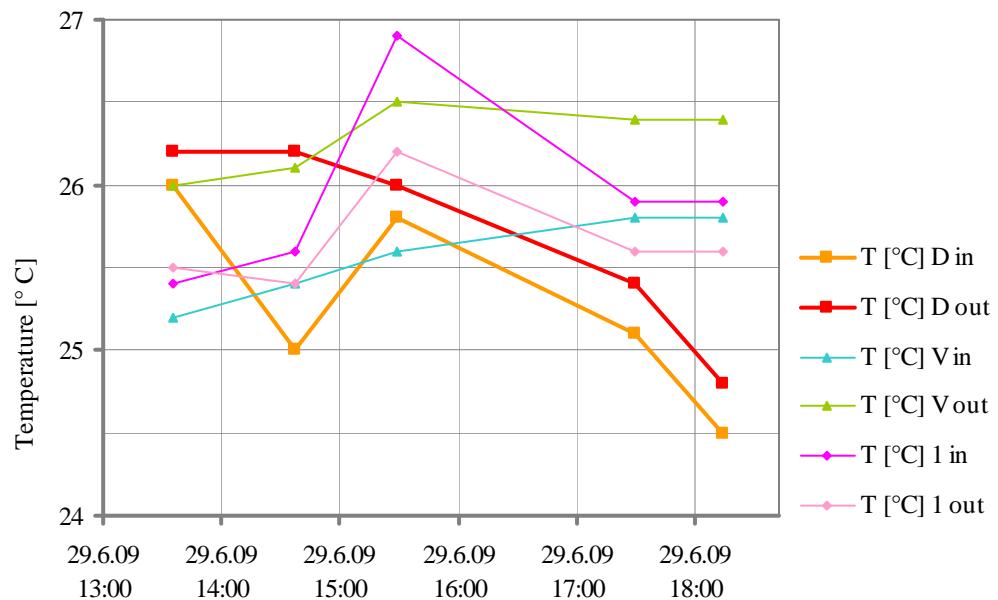
2008, April 8, humidity

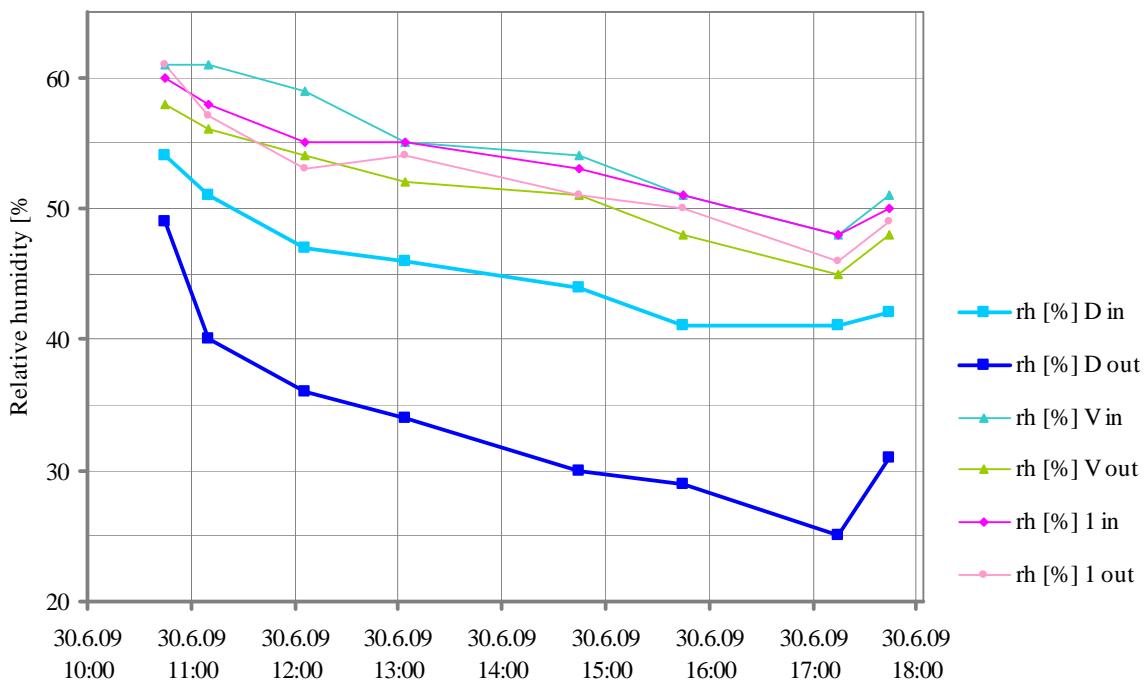
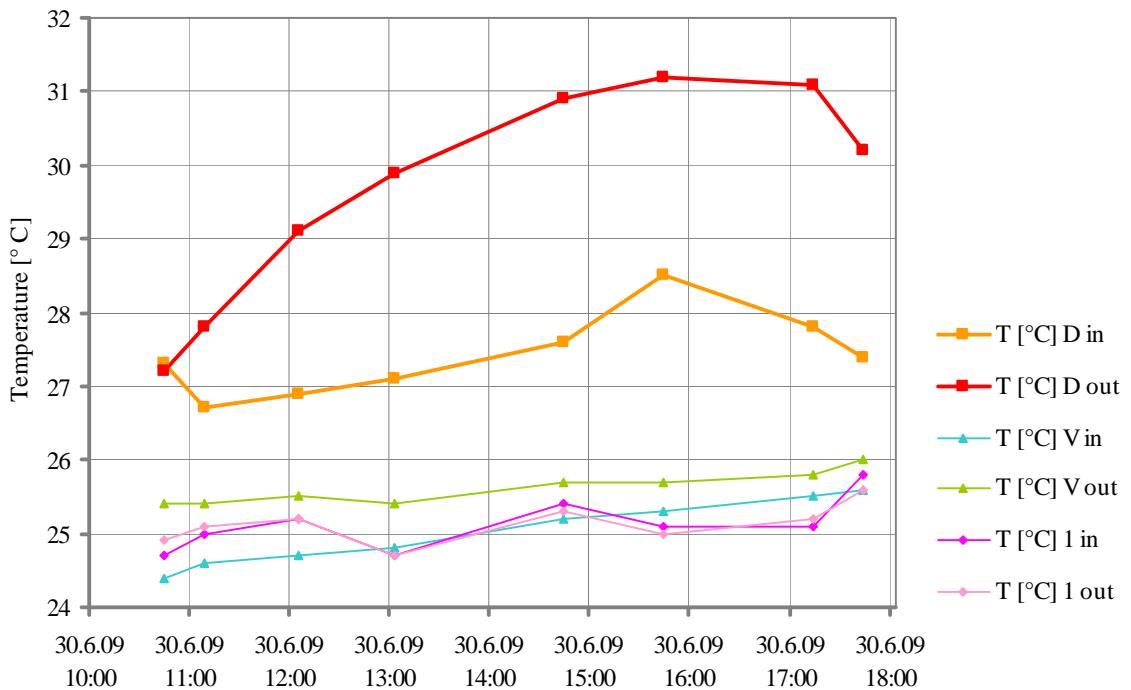


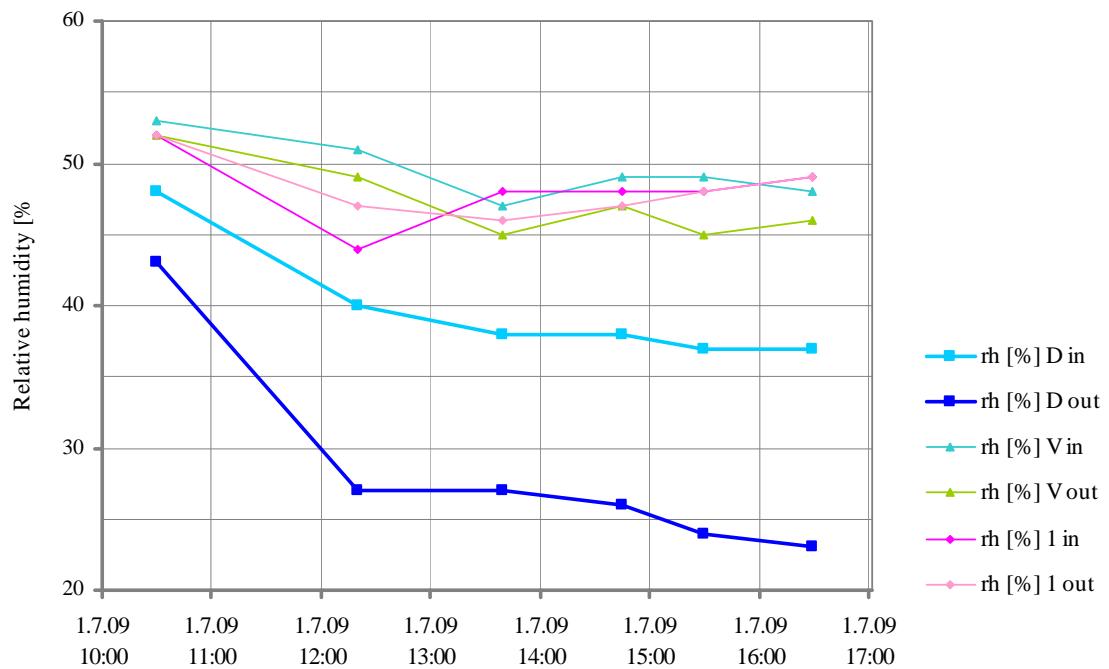
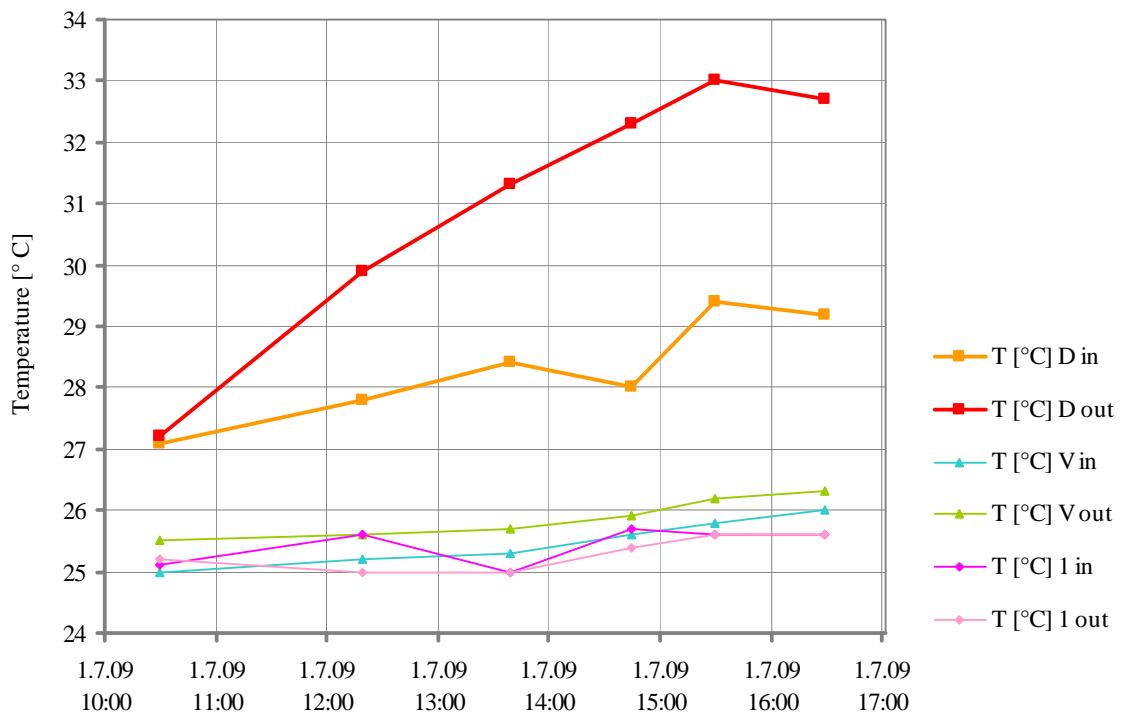
2008, April 8 - temperature



2009, June 27- humidity**2009, June 27- temperature**

2009, June 29 - humidity**2009, June 29- temperature**

2009, June 30 - humidity**2009, June 30 - temperature**

2009, July 1 - humidity**2009, July 1 - temperature**

Conclusion on the work 2007 to 2009 and perspective

Catharina Blaensdorf

In 2007, the aim was to test the conservation methods on a larger area in the Shuili hall. This area should serve as a reference for occurring problems, a rather standardised method of treatment and the possibility to calculate the expenditure of work and time.

The conservation work was carried in the rear part of the wall, starting in the north-western corner and continuing on the west wall. The treatment comprised cleaning and consolidation of surface and paint layers, reconnection of broken limbs and parts, reattaching of loose sculptures, filling of voids inside the wall structure and documentation. Additionally to the conservation work, long-term climate monitoring was carried out. A control and analysis of dust settlement was started in 2008.

The larger test area had the advantage that the variety of problems from voids inside the wall to powdery paint layers could be treated exemplary. They also offered the possibility to work with a bigger group of restorers at the same time. In September/October 2007 an international group of eight students was involved in the work. The Shuili hall and the conservation work to be done there proved to be a very suited project for students. The working visit thus became a success for the participants as well as for the progress of the work.

For most of the conservation problems, good results were achieved in the working visits of April and September/October 2007. In principal, modified clay-based materials proved to be suited to fill voids, re-attach loose parts and reconnect detached layers. The mixtures used in 2007 were not suited to fill or stabilise larger voids. An improvement of the clay mixtures used for filling and ‘gluing’, however, could only be done in time-consuming laboratory tests. Tests for grouting materials were done in Munich from 2007 to 2009. The developed mixture was tested on-site in July 2009. It can be applied using cannulas or thin tubes. Inside the wall it forms blobs of good creeping strength, low shrinkage, low weight and good adhesive strength which are suited to bridge voids up to several centimetres.

The work on-site also proved that it is not necessary to fill voids completely to reach a sufficient stability of the wall surface and the sculptures. Voids between the sculptures which could not be reached without damaging the painted background were not filled: If the sculptures are firmly attached to the wall, they provide a sufficient stability due to the long pegs in their back.

In some severe cases, like on the ‘accident scene’ of the north wall (treated in 2001) or the upper wall part in section 2 which had broken-down under compression (treated in September 2007), detaching of sculptures and background were the only possibility to reach a sufficient and visually satisfying stabilisation of wall and sculptures. These cases, however, are – and should be – the exemption. For the reconstruction of destroyed parts of the wall, adobe bricks and clay plaster (mud-straw mixtures) have been used.

For the consolidation of the paint layers, a test series in 2009 showed that gelatine and funori (algae mucilage) give even better results as the poly (vinyl) alcohol Mowiol 4-88 which had been decided to be the most suited consolidant in 2001. As application methods spraying was tested next to paint brush application. It proved to be a suitable method for selected areas (for example areas of extremely chalking green) or flat wall parts.

The documentation with description of the sculptures, condition and treatments was done handwritten on-site and transferred to electronic versions of records and mappings afterwards.

The evaluation of the measurements of temperature and humidity showed that the climate inside the hall is very stable compared to the outside. In the annual average, temperature, but also humidity are lower inside than outside. As peaks of high humidity inside occur in rainy seasons, increased ventilation would not improve the situation. Smaller interventions on the building situation had no influence on the climate conditions in the rear part of the hall. Even ten thousands of visitors during the three days of the temple festival only leave a marginally imprint on the climate values.

Climate measurements shall be continued during the coming years, allowing to monitor different positions and to estimate the differences between single years better.

Although suited treatments for frequently occurring conservation problems could be found during the three years of practical work on-site and of laboratory tests in Munich, still some problems remain to be solved.

- The clay mixtures used so far are not giving perfect results for cracks with very small clearance as they are often occurring in necks or limbs. Further tests should be done to develop a very fluid, well-penetrating mixture with a higher adhesive strength.
- The application of consolidants for very chalking paint layers, mostly thick green layers, should be tested and improved further as the tests so far did not give perfect results yet.
- Checking the effectiveness of treatments still remains a problem. The stability of wall surfaces and sculptures is now checked by touching the areas with slight pressure although this is not a very precise method. The situation inside the walls – before as well as after treatment – is much more difficult to check. The method to knock on the wall surfaces softly with the knuckles of the fingers gives an idea of a void behind the plaster, but it only detects voids close to the surface. If the plaster layers are still adhering to the surface of the adobe bricks, the wall will seem solid even if there is a large void behind it. On the other hand, detached surface layers that can be detected by knocking do not mean that this area is structurally endangered.

A first test was made to use an infra-red camera, but as the camera was not the right type and the conditions were completely experimental, it was not surprising that there was no result. In any case the sculptures interfere and it cannot be expected that it would be possible to reveal the wall structure behind the sculptures with infra-red cameras.

It would be helpful to find a more precise and reproducible method to detect lose parts and voids and also to evaluate the degree of damage.

- The system of handwritten documentation sheets is time-consuming and needs even more time to be put into the computer afterwards. Although there is no alternative to taking handwritten notes during the work, a documentation system for texts, mapping and photographs should be developed which can be applied during the work already and which can be applied to all parts of the hall. Numbering the single sculptures, the wall sections and the tiers, and developing a standard documentation sheet were the first steps to prepare an organised documentation and reduce the amount of time required for this. As far as possible, steps in this direction should be extended.



8 Travel and work reports 2001-2009



Arbeitsaufenthalt Oktober 2001

Siegfried Scheder

Zeitraum	Oktober 2001
Zeitdauer	3 Wochen
Vereinbarte Schwerpunkte	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentation der Tempelwände mit digitaler Bildtechnik - Erstellung zweier Musterfelder („älterer“ und Ming-zeitlicher Bereich) - Endoskopie der Schäden im Wandaufbau
Ausgeführte Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Digitale Fotodokumentation aller Wände und Zusammensetzung der Einzelbilder zu Wandabschnitten - Testfläche 1, Westwand: zwei Figuren (W3.70 und W3.71); Konserverung und Neumontierung der Figuren - Tests für Farbschichtfestigung und Kittungen an abgefallener Figur (W4.54a) - Tests für lehm basierte Grund- und Klebemörtel - Tests für Reinigung von Oberflächen - Tests von Festigungsmitteln für die Farbfassung - Vorbereitende Maßnahmen an Testfläche 2 (s. 8.2, Arbeiten 2002)
Teilnehmer	<ul style="list-style-type: none"> - im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege: Dipl.-Rest. Siegfried Scheder, Stephanie Wallner (Assistentin) - Zentrum für Konservierung Xi'an: Zhang Xiaorong 张孝绒, Liu Linxi 刘琳西, Yang Qiuying 杨秋颖. Leitung: Herr Ma Tao 马涛 - vor Ort: Ansprechpartner: Tempeldirektor Herr Zhou
Bericht	SCHEDER 2001 (Originaltext: deutsch, Übersetzungen: englisch und chinesisch)

Die Auswahl der auszuführenden Konservierungsarbeiten und Tests erfolgte in Abstimmung zwischen der chinesischen und deutschen Seite. Von chinesischer Seite war das Ziel, mit den Arbeiten Grundlagen für die für 2002 geplante Bewerbung um eine Gesamtfinanzierung durch die Provinz Shaanxi (bzw. das Nationale Denkmalamt) zu schaffen.

2001 nicht erfolgte Arbeiten (Endoskopie, Kartierung von Bestand und Schäden, Musterfeld 2) wurden auf 2002 verschoben.

1.1 Bestandsaufnahme und Schadenserfassung – Digitale Dokumentation

Alle Wandabschnitte und Skulpturen wurden mittels digitaler Fotografien erfasst. Da die Raumverhältnisse es nicht ermöglichen, größere Flächen im Zusammenhang zu fotografieren, wurden Einzelaufnahmen digital zusammengesetzt. Die so erstellten Wandabfolgen dienen als Grundlage aller weiteren Kartierungen.

Für das bearbeitete Musterfeld wurde eine detaillierte Kartierung von Zustand und Maßnahmen angefertigt (Kartierung mit Photoshop auf Grundlage eines s/w-Fotos). Weitere Digitalfotos dokumentieren den technologischen Aufbau, Schadensbilder, Arbeitssituationen und die Arbeiten an der Testfläche 1.

1.2 Materialtests und Vorversuche an Prüfkörpern

Bis zu dem Beginn der praktischen Arbeiten am Freitag der ersten Aufenthaltswoche wurden die bisherigen Untersuchungsergebnisse erörtert, kontrovers diskutiert, und ein Rahmen für die weitere Vorgehensweise gesetzt. In den Laboratorien des Zentrums für Restaurierung Xi'an wurden die mitgebrachte Materialpalette von Festigungsrohstoffen in verschiedenen konzentrierten Lösungen angesetzt, ihre chemische Zusammensetzung, besondere Eigenschaften und Verarbeitung in der Restaurierung erläutert. Darüber hinaus wurden einfache Tests durchgeführt, um die optisch-haptischen Eigenschaften der Materialien kennen zu lernen.

Getestet wurden

- Grund- und Klebemörtel ausgehend von traditionellen Lehmmörtelmischungen
- Festigungsmittel für die Farbschichten

Tests für Lehmmörtel

Für die Konservierung in Musterfeld 1 mussten verschiedene Mörtel zum Einsatz kommen. Für die Konsolidierung wurden Injektionsmassen benötigt. Zur Ergänzung und damit zur Stabilisierung des texturellen Wandaufbaus wurden Grund- und Deckmörtel benötigt. Alle Ergänzungsstoffe sollten auf Lehmbasis hergestellt werden und möglichst dem originalen Materialbestand entsprechen.

Nach eingehenden Diskussionen mit Erklärungen der Materialchemie und -technik wurden vom deutsch-chinesischen Restauratorenteam Rezepturen entworfen, auf Probekörpern angewandt und durch einfache Tests beurteilt.

Groblehm: Grundmörtel

Der Groblehmmörtel wurde nach einigen Varianten in nachfolgender Rezeptur hergestellt und ca. 2 cm stark auf einen ungebrannten Ziegelstein (Grünling) aufgeputzt. Aufgrund von Art und Ausmaß der Rissbildung und Oberflächenverformung (Schrumpfverhalten/ Spannungsaufbau) konnte die Qualität des Mörtels beurteilt werden.

Feinlehm: Deckmörtel/Klebemörtel

Der Feinlehm wurde nach einigen Varianten in nachfolgender Rezeptur hergestellt und ca. 0,5 cm stark auf einen ungebrannten Ziegel (Grünling) aufgeputzt. Rissbildung und Oberflächenverformung dienten auch hier zur Beurteilung der Qualität (Schrumpfverhalten/ Spannungsaufbau).

Für die Einarbeitung der Hanffasern in den Mörtel wurden nach traditionellem Rezept alternierend Lagen von Lehm, Hanfpapier und Wasser in einem Bottich aufgeschichtet, über Nacht stehen gelassen und am nächsten Tag durchgestampft, bis das Papier sich aufgelöst und die übrigen Materialien sich homogen vermengt haben.

Prüfkörper für hygrische Dilatation und Haftzugstärke

Hierzu wurde der Groblehm 2cm stark in eine Kunststoffringform (Installationsrohrstücke von 8 cm Durchmesser) eingestampft. Darauf sollte nach ausreichender Trocknung von den chinesischen Kollegen der Deckmörtel in einer Schichtstärke von 0,5 mm aufgebracht werden. Nach der Trocknung ausgeformte Grundmörtelscheiben sollten mit dem Klebemörtel verklebt werden. Für jede Mörtelkombination wurden vier Probekörper vorbereitet. Die Probekörper sollten im Zuge des Aufenthaltes der chinesischen Kollegen in Deutschland im Zentraallabor des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege geprüft werden.

Bestandteile	Charakterisierung	Gew. %
Lösslehm der Umgebung, gesiebt („schwarze Erde“)	< 0.25 mm	64
Sand	< 2mm	9.6
Weizenstroh	ca. 5 mm lang gehackt	1.6
Wasser		19.2

Tab. 1. Rezeptur Groblehm 2001

Bestandteile	Charakterisierung	Gew. %
Lösslehm der Umgebung, gesiebt („schwarze Erde“)	< 0.25 mm	66,0
gesiebter Sand	< 0,5mm	16,5
Hanfpapier		0,55
Wasser		16,5

Tab. 2. Rezeptur Feinlehmmörtel 2001

Als Klebemörtel zur Applikation der Figuren und Wolken wurde der Feinlehm mit Wasser verdünnt, bis die gewünschte Viskosität erreicht war.

Die Anwendung am Lehmkörper der Figuren zeigte, dass eine Suspension von Erde mit Sand ohne Fasern als Klebemörtel, Injektionsmasse und für Ergänzungen geeignet war. Diese Masse lässt sich dünnflüssiges Hinterspritzmaterial und als Kittmasse gut verarbeiten, verbindet sich gut mit dem Lehmkern der Figuren bzw. den Lehmputzschichten der Wände und lässt sich nach dem Anziehen oberflächlich gut strukturieren und glätten.

Tests für Teilergänzungen der Figuren

An der abgefallenen Figur W4.54a wurden Lehmbergänzungen getestet und so Fehlstellen an einer Ärmelkehre, im Gesicht und an den abgebrochenen Händen geschlossen. Auch dazu wurde der Feinlehm verwendet. Hierfür wurde der Untergrund gut angefeuchtet die Ergänzung schichtweise aufgebaut und an den Kontaktändern zum Original penibel angearbeitet. Nach einem Tag Trocknung zeigte sich eine partielle Haarrissbildung im Kontaktbereich. Deshalb wurde während der Austrocknung ein feuchtes Papier aufgelegt und die Fläche anschließend noch einmal geglättet. Kittungen aus ästhetischen Gründen wurden an den Wandabschnitten im Shuilu'an jedoch nicht ausgeführt.



1
W4.54a mit Teilergänzungen
(rote Pfeile)

Test zur Justierung eines HolzdüBELS

Oberhalb der Figur W3.71 befand sich in der Wand ein loser Holzdübel, an dem das untere Ende der Bambusstange einer mittlerweile nicht mehr vorhandenen Figur festgebunden war. Dieser Dübel sollte in Lehmtechnik wieder justiert werden, um einen Eindruck der Stabilität von Lehmverfüllungen zu bekommen. Der lockere Dübel mit Ausbruchtrichter im Lehmputz wurde aus dem Loch gezogen. Das Dübelloch wurde von losen Lehnteilen und Staub befreit. Daraufhin wurden die Innenwandungen des Dübeloches durch Einsprühen genässt. Anschließend wurde eine hochviskose Lehmsuspension in den Rückraum des Loches injiziert und der Dübel per Hand eingepresst. Dabei quetscht sich der Injektionsmassenüberschuss nach vorn. Im Anschluss daran wurde quasi nass in nass der Ausbruchtrichter mit Lehm-Strohmörtel geschlossen, mit einer kleinen Lanzette verdichtet und durch Abziehen auf Grundputzniveau reduziert. Die letzte detaillierte Ausrichtung des HolzdüBELS wurde während der Einputzung des Ausbruchtrichters vorgenommen. Während des Austrocknens wurde dieser Bereich mehrmals täglich mit Wasser besprüht. Nach anderthalb Wochen versuchte Vizedirektor Wang mit aller Fingerkraft den Dübel zu lockern – doch, vergeblich: auch ohne den (von den chinesischen Kollegen propagierten) Acrylzusatz war dies nicht möglich.

Tests für Festigungsmittel für die Farbschichten

Prüfkörperherstellung zur Nachstellung der weißen Grundierung

Die Prüfkörper bestanden aus ungebrannten Ziegelsteinen, auf die eine Feinlehmschicht aufgeputzt wurde. In kleinen quadratischen Testflächen wurden verschiedene Füllstoffmischungen in fünf unterschiedlichen Bindemitteln aufgestrichen.

Weder Füllstoffe noch Bindemittel der weißen Grundierung waren richtig untersucht. Ausgehend von den Untersuchungen von FAN Juan 1994 wurden Kaolin, Gips und Kreide in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen mit fünf verschiedenen Bindemitteln angesetzt. Beurteilt wurden Mischbarkeit, Verarbeitbarkeit und Deckkraft sowie Vergleichbarkeit zu der Grundierung im Shuilu'an.

Mischung Nr.	Kaolin (gemahlener natürlicher Kaolinstein)	Gips (Bologneser Kreide)	Kreide (Champagne Kreide)
M1	1	1	1
M2	1,5	0,75	0,75
M3	2,4	0,3	0,3
M4	3	---	---

Tab. 3. Füllstoffmischungen 2001, Angaben in Gewichtsteilen

Als traditionelle Bindemittel wurden Reisstärke, Eiklar, Pfirsichgummi, Störleim und Eselhautleim in jeweils 2 und 5%iger Lösung getestet. Als modernes Material wurde Klucel E dazu genommen. Die an den Figuren partiell erkennbare Isolierung der Lehmoberfläche vor der Grundierung wurde ebenfalls getestet, in dem eine Glutinleimlösung als Leimlösche aufgetragen wurde. In den Versuchen war kein deutlicher Unterschied zwischen geleimten und ungeleimten Oberflächen zu beobachten. Abb. X zeigt die Anordnung der Testflächen. Von den Grundierungen mit verschiedenen Bindemitteln ließ sich die Mischung mit Eselleim am besten verarbeiten, am zweitbesten die mit Störleim.

Pfirsichgummi
5%

Eikläre

Reisstärke2%

Klucel E 5%

M3	M4	M3	M4	M3	M4	M3	M4
M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
M3	M4	M3	M4				
M1	M2	M1	M2				

Störleim 5%

Eselshautleim
5%

Testreihe 1 wurde auf eine unbehandelte Oberfläche des Deckmörtels aufgetragen.

Störleim 5%

Reisstärke2%

M3	M4	M3	M4
M1	M2	M1	M2
M3	M4	M3	M4
M1	M2	M1	M2

Testreihe 2 wurde auf eine gelöschte Oberfläche des Deckmörtels aufgetragen. Als Lösche wurde 1%iger Eselshautleim aufgestrichen.

Pfirsichgummi

Eselshautleim
5%

2

Aufstriche von Grundierungsmustern: Füllstoffmischungen M1 bis M4 in unterschiedlichen Bindemitteln

Festigungsmittel

Als Festigungsmittel wurden als Alternative zu dem von FAN Juan 1994 propagierten ®Paraloid B 72 weitere Festigungsmittel getestet:

- Celluloseether (®Klucel E, ®Klucel G), 2% und 5 %
- Polyvinylalkohol (®Mowiol 4-88), 2% und 5 %
- hochviskose Celluloseether und Reisstärke 10 % in Gelform, um als Retentionsfaktoren in Materialkombinationen zur Festigung auf stark saugenden Untergründen oder als Reinigungsmedium für Oberflächen eingesetzt werden zu können.
- Paraloid B72, 2% und 5%

Dabei wurde auf die positiven Eigenschaften wie sehr geringe farbvertiefenden Wirkung und gut einzustellenden Festigungswirkung besonderer Wert gelegt. Diese Eigenschaften sollten eine Wiederholbarkeit der Festigungsmaßnahmen ermöglichen, ohne eine Überfestigung oder optische Beeinträchtigung der originalen Fassung zu bewirken. Nachteil dieser Produkte ist die Abbaubarkeit durch Mikroorganismen. Jedoch zeigen sich an den Fassungen keine Sporflecken oder ähnliches, was einen akuten Schimmelbefall vermuten ließe.

Als Probematerial stand neben Prüfkörpern eine abgefallene Figur zur Verfügung (2007 als W4.54a an die Westwand zurückgebracht). Die Festigungsmittel wurden mehrfach mit steigender Konzentration aufgetragen. Die Festigungswirkung wurde anhand von Pigmentrückständen beim Abrollen mit einem feuchten Wattetampon getestet.

Die getesteten Festigungsmittel zeichnen sich alle dadurch aus, dass sie – anders als ®Paraloid B 72 – keine glänzenden Filme bilden. Ihr Nachteil ist ihre Anfälligkeit gegen Mikroorganismen (Schimmel). Da jedoch trotz erheblicher Wasserschäden keine Sporflecken oder andere Hinweise auf Schimmel im Tempel zu erkennen sind, war dieser Aspekt nur von geringer Bedeutung für die Auswahl der Klebemittel.

Die besten Ergebnisse an Prüfkörpern und den Farbfassungen selbst ergab ®Mowiol 4-88 (kaltwasserlösliches Polyvinylacetat), in 2%er bzw. 5 %er Verdünnung. Damit konnte die Kohäsion der Farbfassung und die Haftung zum Untergrund befriedigend erhöht werden.

1.3 Maßnahmen an einer Testfläche (test area 1)



3

Figuren des Musterfeldes 1: W3.70 und W3.71



4

Notgesicherte Figuren von der Seite

Beschreibung der Testfläche

Als Testfläche (test area 1) wurden am nördlichen Ende der Westwand zwei Figuren (W3.70 und W3.71) und deren Umgebung ausgewählt, in dem mehrere Problematiken zu bearbeiten waren. Zusätzliche Maßnahmen konnten an der eingelagerten Figur (W4.54a) durchgeführt werden.

Die beiden Figuren sind die letzten in der Reihe des dritten Registers. Figur W3.70 ist ein Mann, W3.71 eine Frau. Neben ihrem Kopf befindet sich das Fenster Nr. 1, um das herum bis zur Ecke hin alle Figuren verloren sind. Der Feinputz der Wand war mit späteren Lehm- und Lehmkalkputzen ausgebessert. Dabei waren auch Hintergrundpartien mit ursprünglicher Fassung und ein Ornamentrahmen (gerahmtes Schriftfeld) neben W3.71 flächig überputzt worden.

Die Figuren waren bereits vom Hintergrund abgelöst und hingen nur noch am beeinträchtigten historischen Dübelsystem und einer simplen Drahtsicherung des Tempelpersonals. Darüber hinaus zeigen die zwei Figuren unterschiedliche Erhaltungszustände.

Figur W3.70 befand sich noch an ihrer ursprünglichen Position, inklusive der dazugehörigen Wolkenkonsole. Sie zeigte Brüche am Kopfansatz, eine Lockerung der Dübel in der Figur, eine starke Verschmutzung der Oberfläche und pudernde Fassungsbereiche. Figur W3.71 war bereits neu montiert worden und stammt – wie sich bei der Restaurierung zeigte – von einer anderen Stelle. Die dazugehörige Wolkenkonsole ist ergänzt. Die Figur zeigte zusätzlich zu den auch an Figur W3.71 vorhandenen Schäden eine partielle Rückwitterung der Oberflächen durch Tropfwasser und hat keine Hände mehr.

Im Hintergrund befanden sich Trennungen im Lehmputzgefüge unterschiedlichen Ausmaßes.

Arbeitsschritte

Während des Arbeitsaufenthalts wurden die beiden Figuren von der Wand abgenommen, in sich stabilisiert, die Fassung gereinigt und gefestigt. Anschließend wurden die Figuren neu an die Wand angebracht. Dabei wurde eine dauerhafte Wiederbefestigung der Figur W3.70 und eine temporäre Fixierung der falsch positionierten Figur W3.71 erprobt. In kleinen Bereichen wurden Lehmergänzungen zur Stabilisierung gefährdeter Teilbereiche durchgeführt.

Im Hintergrund wurden die Überputzungen entfernt und der ursprüngliche Ornamentrahmen freigelegt.

Abnahme der bereits vom Hintergrund gelösten Figuren

Zuerst wurde die Lastverteilung in der Drahtschlingenkonstruktion erörtert, um bei einer Öffnung nicht beide Figuren gleichzeitig lösen zu müssen. Im Zuge dessen zeigte sich das originale Dübelsystem aufgrund seiner gegenläufigen Konstruktion prinzipiell für eine Abnahme sperrend. Durch leichte, allseitige Bewegung der Figur wurden Spiel inzwischen Loch- und Dübelsystem ausgelotet. Da die Schrumpfung der Vierkantholzdübel im Lehmverbund mit zur Lösung der Skulptur beigetragen hatte, war genug Spiel gegeben, um die Figur ohne schädigenden Eingriff in das originale Armierungs- bzw. Dübelsystem abzunehmen.

Nach Abwägung aller Widrigkeiten wurde der Sicherungsdraht an geeigneter Stelle durchtrennt, der rückwärtige Wanddübel durch Vorkippen der Figur W3.70 freigestellt und durch Anheben der Figur die Bambusseele aus der darunter angeordneten Wolkenkonsole herausgezogen. Durch die unvermeidbare Hebelwirkung der Bambusseele während des Vorkippens der Figur, löste sich die bereits angeschlagene Wolkenkonsole. Man entschied sich, diese abzunehmen, um sie nach der Restaurierung wieder kraftschlüssig zu versetzen. Die Figur W3.71 konnte dann auf zwei Backsteinpodesten abgelegt werden, so dass der rückwärtige Dübel frei hängen konnte und keine Auflagelast erfuhr.

Mit Figur W3.71 wurde ebenso verfahren, jedoch war hier bereits eine Wolke der Restaurierung 1981-85 um einen überdimensionierten Holzdübel mit Lehm aufgeklebt worden. Ebenso zeigte sich anhand einer ca. 5mm starken rückwärtigen Mörtelschicht, dass die Figur bereits schon einmal versetzt worden war (vermutlich 1981-85).

Nach der Abnahme zeigte sich auf der Wand der Umriss der ursprünglich dort platzierten Figur und darin die Grundputzoberfläche zu sehen war. Der weiße Schleier auf der Lehm-Strohputzoberfläche konnte als Zeichen oder Markierung gedeutet werden. Schlüssigste Interpretation dieses Befundes ist die grafische bzw. schriftliche Einteilung der Grundputzfläche mittels weißer Farbe zur systematischen Vorgehensweise der bauzeitlichen plastischen Wandgestaltung.

Reinigung der Oberflächen

Die Haftung der Farbfassung war überwiegend so gut, dass die Oberflächen mit Haarpinseln und einem kleinen Staubsauger gereinigt werden konnten. Für eine weiterführende Reinigung wurden trockene Wish-up-Schwämme® verwendet, soweit die Fassung ausreichend stabil war.

Lehmsedimentationen von Putzausbesserungen wurden mit destilliertem Wasser angeweicht und mit Holzstäbchen mechanisch reduziert. Zur Nachreinigung und Entfernung von Schleieren wurden die Flächen mit feuchten Wattetampons abgerollt, ohne zu reiben. Um Trocknungsgrenzen zu vermeiden, wurden zur Nassreinigung nur Kleinflächen ausgewählt, die z.B. von Falten oder modellierten Kleidungsstücken begrenzt wurden.

Festigung der Farbfassung

Insgesamt wiesen die Farbfassungen eine Stabilität auf, die Berührungen und somit auch Entstauben zulassen. Teilweise ist die wasserquellbare Grundierung craquilliert mit leichten Randabhebungen. Partiell sind auch schollenartige Ablösungen der Farbfassung von der Grundierungsschicht zu finden. Stark pudernd, d.h. strukturell entfestigt, waren vor allem Teile der grünen Farbflächen, wobei das grobe Grünpigment sich von der hellgrauen Unterlegung ablöste.

Bei allen drei Mikroschadensbildern (aufstehende Ränder, Abhebungen und pudernde Malschicht) wurde 2%-iges Mowiol 4-88 von oben auf die liegende Figur aufgetropft, ohne die Malschicht zu verwischen.

Bei der Festigung der Grundierung wird diese nach einiger Zeit des Quellens mit einem Spatel niedergedrückt. Teils wurde hierbei nochmals eine 5%-ige Lösung des Festigungsmittels eingesetzt. Nach kurzer Einwirkzeit wurden Überschüsse mit einem befeuchteten Wattetampon abgerollt.

Schollenartige Farbfassungsabhebungen der Grundierung wurden benetzt, so dass das Festigungsmittel über kapillare Kräfte unter die Scholle gelangte und diese bereits im feuchten Zustand fixierte. Nach der Antrocknung wurden auch hier die Überschüsse mit einem feuchten Wattetampon abgenommen.

Pudernde grüne Farbflächen wurden mit Festigungsmittel so bestrichen, dass der Pinsel in der Flüssigkeitsschicht, ohne direkten Kontakt zur Pigmentoberfläche, das Mittel verteilt. Dieser Vorgang wurde teils dreimal mit 5%-iger Lösung wiederholt. Bei einer noch immer nicht ausreichenden Fixierung wurde Klucel G in 2%iger Lösung aufgebracht. Klucel E sollte durch seine niedrigere Viskosität und die viel längere Molekülketten die Korn-zu-Korn-Kontakte des grobkörnigen Grüns überbrücken.

Festigung des Lehmkorpus der Figuren und des inneren Stützgerüsts

Zur strukturellen und oberflächlichen Festigung der Lehmkörper sowie zum Wiederbefestigen der Holzdübel in der Lehmfigur wurde eine Mischung aus feinem Lehm und feinem Sand mit Wasser zu Suspensionen unterschiedlicher Viskosität verdünnt.

An Figur W.71 zeigten sich durch Tropfwasser rückgewitterte Bereiche, die teils bis zu 2mm unterhalb der Lehmkorpusoberfläche liegen. Diese Oberflächen sind von poröser Struktur und pudern teilweise. Da Lehm ein mit Wasser und Druck regenerierbares Materialsystem ist, wurden die ersten Versuche mit Beträufeln von Wasser durchgeführt. Parallel hierzu wurden solche geschädigten Bereiche mit einer Lehmsuspension beträufelt. Beide Varianten verbesserten die Oberflächensituation. Da jedoch in das gesamte bedingt wasserlösliche Figurensystem so wenig Feuchtigkeit als möglich eingebracht werden sollte (Gefahr von farbverändernden Ausschwemmungen), wurde die Variante mit der Lehmsuspension gewählt. Hierbei kann man je nach Tiefe der Verwitterungsstruktur mit dem Feststoffanteil der Suspension variieren. Man könnte diese Technik auch als eine Vorstufe zu einer Schlemmung zur Egalisierung von Oberflächenstrukturen betrachten.

Zur kraftschlüssigen Wiederbefestigung des Dübelsystems in der Figur wurde dieselbe Lehmmischung als dickflüssigerer Injektionsmörtel verwendet. Die gelockerten Dübel erhielten durch wieder einen festen Halt. Ebenso wurden Risse im Lehm mit Injektionsmörteln mit zunehmender Viskosität ausgespritzt. An der Figur 3.71 wurde dafür zunächst der alte Versatzmörtel (von einer vorangehenden Restaurierung, vermutlich 1981-85) abgenommen.



5

Figur W3.70: schadhafte Rückseite



6

Figur W.370: Verpresste Hohlräume mit gekittetem Rissbild unter Oberflächenniveau

Zur Verfüllung der Hohlraumsysteme wurden die auf der Figurenrückseite befindlichen Rissysteme mit Lehmmörtel geschlossen. Dabei wurden PVC-Schlauchstücke als Injektionskanäle eingekittet. Als Verfüllmaterialien wurden drei Lehmsuspensionen unterschiedlichen Feststoffgehaltes und der damit verbundenen Viskosität von milch- bis breiförmig angesetzt. Zuerst wurde die Injektionsmörtelverpressung mit der niedrig viskosen Masse begonnen, um schließlich den benetzten und vorgefüllten Hohlraum mit der höchst viskosen Masse zu verfüllen. Diese Masse verdrängt die niedriger viskosen aus dem ihr zugänglichen Hohlraum und bewirkt durch ihre geringere Kontraktion eine bessere Festigkeit nach der Austrocknung. Die verdrängten niedrig viskosen Massen werden an den Injektionsschlauchstücken mit einem Schwamm aufgefangen.

Abnahme von Überputzungen

Um das Fenster herum waren die ursprünglichen Oberflächen bzw. der Grundputz durch spätere Ausbesserungen mit Lehm- und Lehm-Kalkputzen überdeckt. Diese Überputzungen wurden entfernt. Dazu wurden die Putzschichten angefeuchtet und mechanisch auf eine Stärke von ca. 0.5 mm reduziert. Die weitere Reinigung erfolgte mit großen Wattentampons, wobei sehr vorsichtig gearbeitet werden musste, um die ursprüngliche Farbfassung nicht zu beschädigen (nur rollen, nicht reiben). Bei dieser Maßnahme fiel auch auf, dass W3.71 nicht in die erhaltenen Umrisse der ursprünglichen Figur passt.

Partielle Ergänzungen

An den beiden Figuren beschränkten sich Ergänzungen der Form auf stabilisierende Maßnahmen: Der Riss am Halsansatz von Figur 3.70 wurde geschlossen, die ausgebrochenen Ränder um die fehlenden Hände der Figur 3.71 leicht angeböschkt.

Verfüllung von Hohlstellen in den Wandputzen

Im Hintergrund der Figuren wurden Versuche unternommen, Lockerungen innerhalb der Wandputze mit größeren Hohlstellen zu festigen. Diese waren Trennungen zwischen Lehmziegel und Grundputz oder aber zwischen Grundputz und bemalten Feinputz.

Die Verfüllung der Hohlräume wurde ebenfalls in reiner Lehmtechnik ausgeführt. Es wurde auch ein Zusatz von Acryl diskutiert, der in Vorversuchen von den chinesischen Kollegen getestet worden war. Jedoch ist mit einem weiteren Schaden immer an der haftzugschwächsten Stelle des restaurierten Putzgefüges zu rechnen. Dies wäre theoretisch in diesem Fall eine Tonplättchenlage hinter der Hinterfüllmasse. Aus diesem Grund scheint es nicht erstrebenswert, die Materialien in ihren physiko-mechanischen Eigenschaften zu verbessern, sondern das ganze System des Wandaufbaus mit Putzgefüge und Verdübelungssystem im ursprünglichen Materialsystem wieder herzustellen. Diese Technik hielt schließlich über Hunderte von Jahren, bis es zu ersten Bauschäden und den damit verbundenen Störungen im Feuchtigkeitshaushalt der Wand kam.

Die Hinterfüllung ging wie bei der Festigung des Dübelsystems mit drei verschiedenen viskosen Lehmsuspensionen vonstatten. Sie wurden über eine 50 ml Spritze und Edelstahlkanülen von 2 mm Durchmesser injiziert. Auch hier wurde im Überschuss möglichst hoch viskose Hinterfüllmasse eingebracht, so dass sich die ehemals hohlen Bereiche an der Oberfläche leicht wölbten. Nach einiger Zeit, als sich die Hinterfüllmasse durch Wasserabgabe in den umgebenden Lehmputz zu einer gestockten Masse entwickelt hatte, wurde mit dem Handballen die Wölbung wieder in das Putzgefüge gedrückt (rückgeformt).

Dauerhaft und temporäre Wiederbefestigung loser Figuren

Nach der Konservierung der Figuren wurden diese wieder an der Wand befestigt. Die Bambusseele und der untere Holzdübel wurden mit einer Baumwollschnur verknotet. Dies musste vor dem Wiederanbringen der Figur geschehen, da späte dieser Bereich nicht mehr erreichbar gewesen wäre. Aufgrund von Hanfschnurmangel wurde die Baumwollschnur gewählt und diese in feuchtem, gedehnten Zustand verarbeitet. Zur wandfesten Neuanbringung der Figur W3.70 wurde die Fläche hinter der Figur vorgefeuchtet, die Dübellöcher mit Mörtel gefüllt und etwas Lehmmörtel aufgetragen. In dieses Bett wurde die Figur eingesetzt und angedrückt. Als Klebemörtel wurde der Deck- bzw. Feinmörtel aus Lehm, gesiebten Sand (Größtkorn 0,5mm) und Hanffasern mit etwas mehr Wasser angesetzt. Von seiner Viskosität ist dieser mit einem Fliesenkleber vergleichbar gewesen. Es musste sehr zügig gearbeitet werden, da Korrekturen nicht mehr möglich sind, sobald der Lehmmörtel stockt (bzw. zum Abreißen des Versatzmörtels führen). Anschließend wurde die

Figur mit einer zuvor präparierten Stange im 45°-Winkel zum Boden hin abgestützt. Abschließend wurden die Enden der Baumwollschnur mit dem Holzdübel verknotet.

Die abgenommene Wolke sollte aufgrund ihres schichtstarken Mörtelaufbaus (hohes Gewicht proportional zur Kontaktfläche) zusätzlich mit zwei neuen Holzdübeln gesichert werden. Dafür wurden in Wand und Wolkenrückseite zwei je zwei Bohrungen ausgeführt. Zuerst wurden zwei hölzerne gekürzte Essstäbchen wie beschrieben in der Lehmwand justiert. Daraufhin konnte ein Mörtelbett aufgebracht werden, in die gefeuchtete Wolkenrückseite gepresst wurde. Auch diese wurde im 45°-Winkel zum Boden hin abgestützt.

Die Figur W3.71 war während einer früheren Restaurierung an eine andere Position versetzt worden. Da gewünscht wurde, die Figur wieder anzubringen, wurde entschieden, sie nicht kraftschlüssig mit der Wand zu verbinden, so dass sie wieder abgenommen werden kann. Der Dübel wurde deshalb mit Korkstückchen verkeilt. Im Fußbereich wurde eine Sicherung mit einem aufschraubbaren Metallband angebracht, das verdeckt hinter der (ergänzten) Wolkenkonsole sitzt. Auf diese Weise ist auch eine temporäre Wiederbefestigung falsch positionierter Figuren möglich. Bei einer Gesamtmaßnahme können diese schnell wieder abgenommen werden, um sie an ihrer ursprünglichen Stelle wieder zu befestigen.



7

Neuversatz der konservierten Figuren in der Testfläche. Der unmittelbare Hintergrund der Figuren ist freigelegt. Rechts neben W3.71 ist der Rand des noch überputzten Rahmens eines beschädigten Schriftfeldes zu erkennen.

Arbeitsaufenthalt Juli 2002

Siegfried Scheder

Zeitraum Juli 2002

Zeitdauer 3 Wochen

Vereinbarte Schwerpunkte

- Fortführung der 2001 beschlossenen, aber noch nicht ausgeführten Maßnahmen

Ausgeführte Arbeiten

- Kartierung auf Grundlage der 2001 erstellten digitalen Dokumentation
- Testfläche 2, Nordwand: Unterer Teil des „Unfallreliefs“: Konservierung, Abnahme, Wandreparatur und Neumontierung
- Ergänzende Versuche zu Festigungsmitteln für die Farbfassung
- Tests zur Festigung von Lehmziegeln mit Kieselsäureester
- Endoskopie der Schäden im Wandaufbau
- Entwicklung eines Stützsystems und eines Verfahrens zur Abnahme, Begradiung und Neumontierung von deformierten Reliefteilen

Teilnehmer

- im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege: Dipl.-Rest. Siegfried Scheder, Laura Janowski (Assistentin)
- Zentrum für Konservierung Xi'an: Zhang Xiaorong 张孝绒, Liu Linxi 刘琳西, Yang Qiuying 杨秋颖, and Dang Xiaojuan 党小娟. Leitung und Aufsicht: Herr Ma Tao 马涛

Bericht

Kartierung von Scheder
 Text Blänsdorf, nach mündlicher Information durch Scheder
 (keine Arbeitsdokumentation vorhanden)

Während des Arbeitsaufenthalts wurden die 2001 diskutierten und begonnenen Arbeiten fortgesetzt. Vor dem Aufenthalt konnte mit deutschen Mitteln des Projektes eines Video-Endoskops zur Untersuchung der Hohlräume innerhalb der Wände gekauft werden. Die wichtigsten Arbeiten waren

- komplette Kartierung der Wände mit Nummerierung und Aufnahme der Putzschäden und -reparaturen
- Abnahme, Konservierung und Neumontierung des deformierten unteren Teils des Reliefs

1.1 Bestandsaufnahme und Schadenserfassung

Kartierung und Nummerierung

Auf der Grundlage der 2001 erstellten Digitalfotos und daraus zusammengestellten Wandabschnitten wurde eine Kartierung der Wände begonnen. Diese beinhaltet:

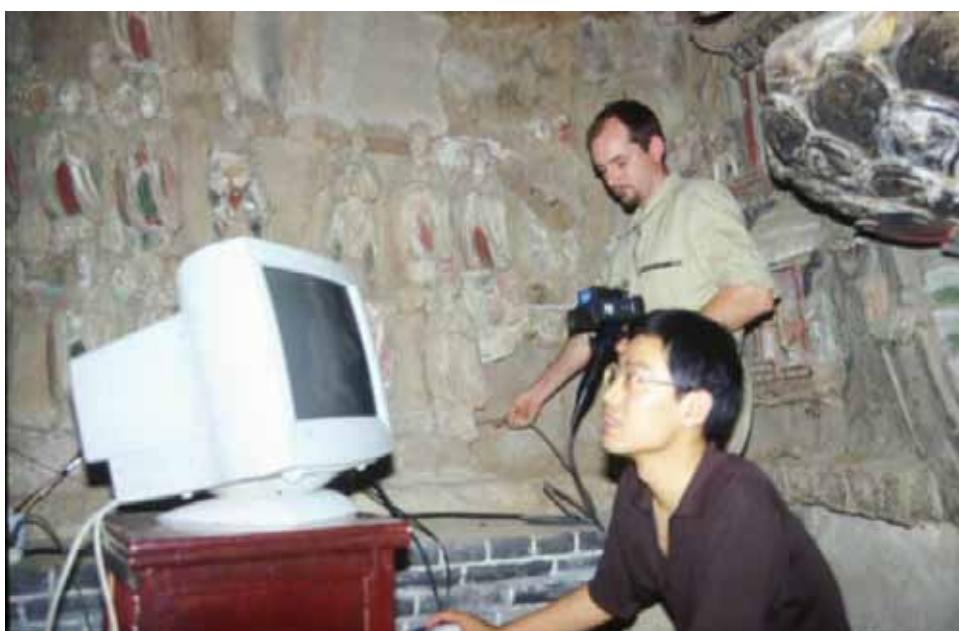
- Nummerierung aller erhaltenen menschlichen Figuren und Tiere ohne Reiter (B-Nummern)
- Kartierung von Putz- und Wandausbesserungen

Seitdem ist klar, dass die Zahl der erhaltenen Figuren 1372 beträgt (und nicht 3500, wie zuvor angenommen). Jede Figur hat eine Nummer, so dass Dokumentationen nachvollziehbar und eindeutig sind.

Endoskopische Untersuchung

Ein für diesen Zweck gekauftes Endoskop mit Videoanschluss ermöglichte den Blick in die Wände. Durch Risse im Putz konnte das Endoskop in Hohlräume eingeführt werden. Damit kann z.B. abgeschätzt werden, ob die Befestigungsdübel in diesem Bereich noch tragfähig sind oder in welchem Zustand sich die Mauern befinden. Eine erste Serie von Bildern wurde vom Monitor des Video-Endoskops abfotografiert. Danach gelang auch die direkte Übertragung der Bilder in einen angeschlossenen Computer.

Limitiert wird der Einsatz des Endoskops dadurch, dass nur an wenigen Stellen Öffnungen vorhanden sind, die es erlauben, das Endoskop in die Wand einzuführen bzw. dass die Hohlräume in den Wänden nicht geradlinig genug verlaufen, um Einblick in die Strukturen zu bekommen. Für größere Hohlräume erwies es sich jedoch als sehr nützlich.



1

Endoskopische Untersuchung neben dem abgenommenen Unfallrelief



2

Endoskop-Aufnahme: Links die Rückseite des Wandputzes, in der Mitte ein Holzdübel

1.2 Materialtests und Vorversuche an Prüfkörpern

Die Tests im Jahr 2002 waren teilweise Fortführungen und Ergänzungen der Anwendungstests des Vorjahrs. Weiterhin wurden Versuche unternommen, die im Zusammenhang mit der Testfläche 2, dem Relief mit der Unfallszene, standen. Diese umfassten

- Tests für die Festigung von Stampflehm und Lehmziegeln
- Modell für ein Stützsystems zur Abnahme und Begradiung des Reliefs
- Fortführung der Tests zur Festigung der Farbschicht

Tests für Lehmmörtel

Im Jahr 2002 wurden dieselben Mörtelmischungen wie im Jahr 2001 verwendet. Für eine stärkere Haftung und festere Putzschichten wurde dem Lehm Kalk zugegeben.

Testreihe zur strukturellen Konsolidierung von Lehmziegel/ Lehmputz

Als Möglichkeit für eine Testreihe für die strukturelle Festigung lehm basierter Baustoffe (Lehmziegel, Stampflehm und Lehmputz) wurden Versuche mit Kieselsäureester (KSE) unternommen. Als Produkt wurde ®Funcosil 300 (Fa. Remmers) verwendet. Die Prüfkörper wurden aus alten und neuen luftgetrockneten Lehmziegeln, aber nicht aus Ziegeln der Shuilu-Halle, hergestellt.

Die Wirksamkeit des Verfahrens sollte mittels Druckversuchen überprüft werden. Hierfür werden drei Würfel mit Kantenlängen von 5 cm mit Kieselsäureester getränkt. Die Applikationsmethode ist kapillares Saugen. Die hierbei ermittelten Druckfestigkeitswerte werden mit denen von unbehandelten Würfeln verglichen.

Anschließend sollten die Proben Klimawechseln unterzogen werden (zusammen mit unbehandelten Proben) und anschließend noch einmal auf ihre Druckfestigkeit überprüft werden. Damit sollte geprüft werden, ob KSE die Festigkeit der Ziegel tatsächlich erhöht oder durch Wechselwirkungen der Silikate mit den Tonmineralen unwirksam ist bzw. sogar zu einer Schwächung führt. Die Tests sollten in China durchgeführt werden.

Versuch zum kapillaren Saugverhalten von Lehmziegel

Ziel dieses Versuchs war, zu ermitteln in welcher Weise und in was für einer Zeit Kieselsäureester in die Lehmziegel eindringt. Der Versuch erfolgte mit einem zum Würfel zugeschnittenen Lehmziegelstück, die Länge der Seiten des Würfels beträgt etwa 5 cm.

Statt Kieselsäureester wurde Toluol benutzt, da es das gleiche Penetrationsvermögen wie Kieselsäure-ester besitzt.

Der Boden der Petrischale, auf dem der Würfel auflag, wurde fortwährend mit Toluol gefüllt. Nach 150 Minuten hatte der Lehmziegelwürfel sich völlig mit Toluol vollgesogen.

Zu diesem Zeitpunkt betrug sein Gewicht 261,1g.



3

Lehmziegelwürfel mit Kantenlänge 5 cm in Petrischale mit Toluol

Modell für ein Stützsystem zur Abnahme des Reliefs

Nachdem entschieden worden war, die untere Hälfte des Reliefs in Testfläche 2 (s.u.) abzunehmen, wurde an einem Modell ein Stützsystem erprobt, dass während der Abnahme und des Wendens die Reliefplatte stützen könnte.



4

Lehmziegel mit rosafarbenem Anstrich und verschiedenen Festigungsmitteln



5

Lehmziegel mit aufgebautem Stützgerüst

Dazu wurde ein Lehmziegel mit einer rotbraunen Farbe aus Eisenoxid und Calciumcarbonat eingestrichen und die ungebundene Farbe mit verschiedenen Festigungsmitteln (®Mowiol 4-98, ®Mowiol 4-88 und ®Paraloid B 72) in je zwei Konzentrationen eingestrichen (Abb. 4). Beurteilt wurden Farbveränderung nach dem Aufstreichen und die Isolierwirkung für die nachfolgende Kaschierung.

Auf die so behandelte Oberfläche wurde mit Methylcellulose (®Glutolinleim) eine doppelte Lage Japanpapier (obere Lage versetzt) geklebt, darauf eine Baumwollgaze. Darüber wurde ein Stützgerüst aus Drahtgitter, Essstäbchen aus Bambus und Gips aufgebaut. Die Menge an Gips wurde sehr gering gehalten, um die Gewichtszunahme möglichst zu reduzieren.

An dem abgestützten Ziegel konnte die Tragfähigkeit des Stützgerüsts erprobt werden. Nach dessen Abnahme wurden die Auswirkungen auf die rosafarbene Oberfläche untersucht. Die besten Ergebnisse erzielte dabei ®Mowiol 4-88: Das Japanpapier ließ sich gut wieder entfernen, die Farbvertiefung war minimal.

Tests für Festigungsmittel für die Farbschichten

Prüfkörperherstellung

Basierend auf den Versuchen von 2001 wurden weitere Tests unternommen, für die auch weitere Nachstellungen der Farbschicht angefertigt wurden. Als Füllstoff der weißen Grundierung wurde eine Mischung aus 90 % Kaolin, 5% Alabastergips und 5% Talkum gewählt, als Bindemittel wurden Maisstärke¹ (5 %) und Pfirsichgummi (2,5 % und 5 %) getestet (Abb. 6).

¹ Die Verwendung von Maisstärke wurde durch den Nachweis von Maisstärkekörnern in polarisationsoptischen Präparaten inspiriert. (Später stellte sich heraus, dass die Maisstärke in den Proben wohl ein Präparationsproblem sind und Bestandteil der Malschicht.)



6
Testreihe zur weißen Grundierungsschicht 17. Juli 2002

Es zeigte sich, dass Maisstärke als Bindemittel ungeeignet ist, da es zu viskos ist, um sich zu einer glatten Farbschicht verarbeiten zu lassen und darüber hinaus eine zu schlechte Deckkraft besitzt.

Pfirsichgummi erzeugt ebenfalls eher pastose Schichten, jedoch weniger als Maisstärke. Während ein Auftrag in 5% Pfirsichgummi erst nach zweimaligem Auftrag deckt, ist mit 2,5% Pfirsichgummi bereits mit einmaligem Aufstreichen ein deckender Auftrag zu erzielen.

Festigungsmittel

Die 2001 begonnenen Testaufstriche wurden ausgebaut. Zusätzlich wurde auch ®Mowiol 4-98 getestet.



7
Aufstriche von S. Wallner, Juli 2002

1.3 Maßnahmen an einer Testfläche (test area 2)

Beschreibung der Testfläche 2 und Darstellung der Schadensproblematik

Als zweite Testfläche wurde bereits 2001 die „Unfallszene“ im hinteren Teil an der Nordwand ausgewählt, die möglicherweise die Verbindung zum Shuilu-Ritus darstellt.



8

Unfallszene vor Beginn der Maßnahmen
Der gesamte sichtbare Bereich liegt hohl.
Die untere rechte Ecke ist eine überputzte
Vermauerung.

Die Reliefplatte ist ca. 1 m² groß. Sie zeigt mehrere Unfälle: im oberen Bereich ein springendes Pferd, das einen Menschen niedertrampelt, im unteren einen zweirädrigen Ochsenkarren, der einen Mann überfährt. Die Szene ist in eine Berglandschaft gesetzt und weist eine gewisse Perspektive auf. Zwischen den beiden Szenen läuft ein weiterer Mann den Bergweg hinab. Im oberen Bereich sind drei kleine Figürchen erkennbar, vielleicht Zuschauer der Ereignisse.

Hauptproblematik dieser Ecksituation im hinteren Tempelraum ist eine flächige Ablösung des Putzaufbaus von der Lehmziegelwand. Die figürlich gestaltete Putzplatte von ca. 2m² Größe liegt teilweise 2 bis 6 cm vor der Lehmziegelwandoberfläche (sichtbar in Endoskopuntersuchungen). Unklar ist, ob dieser Abstand durch eine Verformung der Putzplatte oder durch eine Auswaschung der Ziegelwandoberfläche entstanden ist. Zahlreiche großflächige Reparaturen in den angrenzenden Bereichen zeugen von dieser dauerhaften Problemzone. Der Eckbereich ist mit Hartbrandziegeln aufgemauert und mit Lehmputz zugeputzt. Der untere Teil des Reliefs von ca. 1m² Größe (bis oberhalb des Ochsenkarrens) ist vorgewölbt und durch einen horizontalen Riss fast vollständig von der oberen Partie getrennt. Die figürlichen Darstellungen zeigen deutliche Schäden. Abgesehen von den beiden liegenden Unfallopfern fehlen allen Menschen die Köpfe, z.T. auch weitere Gliedmaßen. Kopf und Beine des Ochsen sind nur noch rudimentär erhalten. Das Wagenrad ist verloren und nur durch den Abdruck im einstigen Klebemörtel zu rekonstruieren. Über dem Ochsen und über dem Pferd weist der Putz größere Löcher mit Durchbrüchen bis zur Lehmwand auf. Oberhalb der Zuschauer ist die Wandoberfläche 1981-85 neu verputzt worden. Das Pferd ist gelockert, der Dübel rutscht aus der Wand.

Diskussion möglicher Maßnahmen

Zur Konservierung und Restaurierung der gefassten Lehmplastik wurden während der Aufenthaltes 2001 folgende drei Möglichkeiten diskutiert:

- Stabilisierung der derzeitigen Situation
- Rückformung der Putzplatte *in situ*
- Abnahme des Wandputzes, Sanierung des Mauerwerkes und Wiederversatz der restaurierten Putzplatte

Die mit dem geringsten Aufwand verbundene Maßnahme wäre eine Stabilisierung mit punktuellen Dübelungen. Diese Dübelungen müssten so ausgeführt werden, dass sie sowohl die Gewichtskraft der Putzplatte abfangen, als auch als Abstandshalter zwischen Ziegelwand und Putzplatte fungieren².

Mit partiellen Hinterfüllungen von Bereichen unter 2 cm Abstand könnten weitere Stabilisierungen erreicht werden. Bei Hinterfüllungen von größeren Abständen könnten sich das Eigengewicht der Hinterfüllmassen und der enorme Wassereintrag als sehr nachteilig auswirken. Alternativ könnten Leicht-Hinterfüllmassen entwickelt werden, die jedoch bei Schichtstärken von 6 cm stark in die Bauphysik des Wandaufbaus eingreifen. Die damit verbunden mittel- und langfristigen Auswirkungen sind bei dem momentanen Informationsstand kaum einschätzbar.

Eine Rückformung *in situ* könnte mit einer aufwendigen Konstruktion gelingen. Hierzu müsste ein stabiles Gittergerüst vor der Wand installiert werden, an dem senkrecht möglichst viele Gewindestempel fixiert sind. Diese können durch Herausschrauben punktuellen Druck auf die Putzoberfläche ausüben. Mit Druck und Feuchtung einer durch Gewebekaschierung gesicherten Putzplatte könnte eine Rückformung möglich sein. Die letzte Konsequenz einer so rückgeformten Putzplatte ist dann die Hinterfüllung der minimierten Abstandsmaße.

Dritte und von den chinesischen Kollegen präferierte Möglichkeit ist die Abnahme aller hohlliegenden Partien. Diese können sodann in liegender Position restauriert und rückgeformt werden. Parallel hierzu sind die konstruktiven Mängel der Wand einsehbar, beurteilbar und sanierbar. Im Anschluss an die Mauerwerkssanierung kann die restaurierte, in Lehmputz geformte Szenerie wieder an die Wand appliziert werden. Dies erfordert jedoch einen enormen Zeitaufwand durch Trocknungszeiten, wenn eine Sanierung in der historischen Lehmtechnik durchgeführt werden soll.

Arbeitsschritte

Reinigung und Festigung der Oberflächen und Entfernung von Überputzungen (2001)

Einige während des Aufenthaltes 2001 möglichen Maßnahmen waren die Reinigung der Oberflächen und die Entfernung von Ausbesserungsputzen, welche die ursprünglichen Oberflächen überlappten.

Erste Reinigungen der trocken und schichtstark aufliegenden Verschmutzungen wurden mit einem Haarpinsel unter Verwendung eines modifizierten Staubsaugers entfernt. Anschließend wurden stabile Oberflächen mit zurechtgeschnittenen ®Wish-up Stückchen gereinigt. Tropfenförmige harte Lehmsedimentationen auf der Fassung wurden mit destilliertem Wasser angeweicht, mit Holzstäbchen reduziert und beim darauf folgenden Arbeitsgang entfernt. Als abschließende Reinigungsmaßnahme wurden die Oberflächen mit feuchten Wattetampons abgerollt. Soweit erforderlich, wurden pudernde oder aufstehende Farbfassungen mit Mowiol 4-88 (2% und 5%) gefestigt.

² Vgl. hierzu die Dübeltechnik der Wandmalereien der Kirche in Müstair /Schweiz.

Die Überputzungen in der rechten unteren Ecke (jüngere Ausmauerung), von der Schließung des Risses links im Anschluss an die Figurenregister und von einem teilverputzten Loch links oberhalb der Wagenszene stammen vermutlich von 1981-85. Es zeigte sich, dass dabei größere Flächen ursprünglicher Oberflächen überputzt wurden.

Zur Entfernung, beziehungsweise Reduzierung des größten Teils der Überputzungsstärke wurde diese mehrmals befeuchtet, um die mechanischen Eigenschaften des Lehm-Kalkputzes der Ausbesserung herabzusetzen. Durch diese Maßnahme war ein schabendes Vorarbeiten möglich, da bei trockener Randabsprengung von Putzbrocken die Gefahr bestand, dass die darunter liegende Malschicht verloren ging. Die restliche Putzschicht konnte dann bis auf ca. 0,5 mm reduziert werden, um darauf hin mit großen Wattetampons gereinigt zu werden. Dabei war darauf zu achten, dass dies nur durch Abrollen geschah, da bei reibender Technik die Malschicht zerstört wird.

Nach der Freilegung wurde die über Niveau liegende Neuputzfläche der Ausmauerung angeböschkt. Die dabei entstanden körnige Oberfläche der Böschung wurde mit Lehmputz an den Randbereich des originalen Bestandes angearbeitet.

Um den freigelegten Bereich des Loches oberhalb der Wangenszene optisch zurückzudrängen, wurde diese temporär geschlossen. Hierfür wurden mehrschichtig Japanpapierstücke überlappend mit @Glutolinleim verklebt. Abschließend wurde die Papierfläche farblich in die umgebende Szenerie integriert.



9

Testfläche 2 im gereinigten Zustand vor den Maßnahmen 2002. Überputzungen sind abgenommen worden, die Neuputzung angeböschkt und ein freigelegtes Loch mit Japanpapier kaschiert.

Die folgenden Maßnahmen fanden während des Arbeitsaufenthaltes 2002 statt:

Ergebnisse der endoskopischen Untersuchung

Nach der Entfernung der Überputzungen und Putzergänzungen rechts und links des Reliefs konnte der Hohlraum hinter der unteren Reliefpartie mit Hilfe des Endoskops untersucht werden. Es zeigte sich, dass abgeschwemmte Substanz von der Lehmwand stammen muss, da die Putzschichten in ihrer ursprünglichen Stärke erhalten sind (diese Beobachtung wurde 2007 bei der Reparatur der Westwand bestätigt: die Stampflehmwand war um die Säule stark ausgewaschen). Sichtbare Dübel hatten der Belastung nicht standgehalten und waren gebrochen oder aus der Wand herausgerutscht. Die Verankerung des Reliefs durch die Holzdübel war somit nicht mehr tragfähig. Dadurch hat sich das Relief vorgewölbt und ist von der Wand abgesichert.

Abnahme des Reliefs

Nach dem Test für ein Stützgerüst an einem Lehmziegel wurde die Reliefplatte zur Abnahme vorbereitet. Die Oberfläche wurde mit Japanpapier abgeklebt und darauf mit Gips ein Stützgerüst aufgebaut. Als Armierungssystem wurden Essstäbchen aus Bambus verwendet (Abb.). Anschließend wurde das Relief mit einem feinen Sägeblatt mit zwei kurzen Schnitten oben und einem längeren über dem Sockel von der Wand getrennt und abgenommen.



10
Abnahme des Reliefs:
Aufbringung eines
Stützgerüsts

Konservierung der Wandfläche

Nach Abnahme des Reliefs wurden Relief und Wand getrennt bearbeitet. Die Aufmauerung im Eckbereich (Nordwand zur nördlichen Einschubwand) wurde vollständig entfernt. Dabei wurde die Holzsäule in der Wand freigelegt, die Folgen von Schädlingsbefall im Splintholz und von Vermorschung durch Wassereintrag aufweist.

Die Dübellöcher in der Wand wurden ausgebohrt, um Raum zum Einsetzen neuer Dübel zu haben. Die freiliegende Stampflehmwand wurde gefestigt und gekittet. Extrem ausgeschwemmte Hohlräume zum Holzständer hin wurden mit Lehmziegeln und Lehmmörtel beigemauert. Oben und links konnten die Hohlräume hinter den Reliefs und Figuren der anschließenden Partien mit Lehm hinterfüllt und so zumindest reduziert werden.

Konservierung des Reliefs

Das Relief wurde auf der Vorderseite liegend, von der Rückseite her bearbeitet. Als erstes wurde die Rückseite vorsichtig befeuchtet. Die Zunahme des Gewichts und die Erweichung des Lehms führten zu einer Rückformung der Reliefplatte durch ihr Eigengewicht. Während der Maßnahme wurden die Essstäbchen des Stützgerüsts durchgesägt, um eine Rückverformung zuzulassen. Es ergab sich eine Begradigung von mehr als 1 cm (Abb.). Das Relief konnte, auf der Vorderseite liegend und von der Rückseite, durch sein Eigengewicht zurückgeformt werden. Danach wurde der lose Lehm von der Rückseite entfernt und mit Lehmputz ergänzt. Die gebrochenen Dübel wurden durch neue, längere Holzdübel ersetzt, die mit Lehmsuspension eingesetzt wurden.



11

Begradigung des Reliefs

Wiederanbringen des Reliefs

Zur Wiederanbringung wurde die Wandfläche gefeuchtet, die Dübellöcher mit Lehmputz gefüllt und Putzkleckse aufgebracht, die sich bei dem Andrücken des Reliefs verteilen konnten. Das Relief wurde eingepasst und bis zur Trocknung des Lehms mit Holzbrettern zum Boden abgestützt. Die Risse wurden gekittet und die Übergänge angeglichen.

Während dieser Maßnahme wurde auch das springende Pferde abgenommen, restauriert und neu montiert.

Die abschließende Entfernung der Kaschierung wurde von den chinesischen Kollegen im Anschluss an den Arbeitsaufenthalt durchgeführt. Eine Kontrolle im Oktober 2002 zeigte, dass die Reliefplatte fest mit dem Untergrund verbunden ist und keine neuen oder zusätzlichen Schäden aufgetreten sind. Die Oberflächen waren schon wieder leicht eingestaubt.

Arbeitsaufenthalt April 2007

Siegfried Scheder, Catharina Blaensdorf

Zeitraum 9. bis 27. 4. 2007

Zeitdauer 3 ½ Wochen

Vereinbarte Schwerpunkte

- Erstellung einer größeren Musterachse an der Westwand zur Abschätzung der gängigen Schäden, Verbesserung der Konservierungsverfahren und Kalkulation des Arbeitsaufwands

Ausgeführte Arbeiten

- Konservierung des westlichen Abschnitts der Nordwand (22 Figuren) und des Abschnitts 1 der Westwand (46 Figuren)
- Entfernung von Überputzungen, alten Reparaturen und zerbrochenen Originalziegeln über und um das Fenster 1 der Westwand
- Modifizierung der Hinterfüll- und Klebemörtel in der praktischen Anwendung: erstmals „gelbe Erde“ verwendet; Einsatz von ®poraver
- verbesserte Reinigungsverfahren (Anwendung von „gomma pane“ und verschiedenen Schwämmen)

Teilnehmer

- Catharina Blaensdorf, Technische Universität München, „China-Projekt“
- im Auftrag der Technischen Universität München: Dipl.-Rest. Siegfried Scheder, Franziska Kolba (Assistentin)
- Zentrum für Konservierung Xi'an: Frau Yang Qiuying, Frau Liu Linxi und Frau Ma Linyan im Wechsel, Herr Yan Min. Leitung und Aufsicht: Herr Ma Tao, Herr Qi Yang
- vor Ort: Ansprechpartner: Herr Zhao Liang, als zusätzliche Kraft: Herr Xu aus dem Ort am Shuilu'an

Bericht

Abschlussprotokoll vom 28. 4. 2008 (Sprache deutsch)
 Kartierung von Laura Thiemann
 Einzelblattprotokolle

Ziel des Aufenthaltes war, eine größere Testfläche zu konservieren, um auf diese Weise möglichst viele Schwierigkeiten und Schäden exemplarisch zu behandeln und eine Vorstellung vom Arbeitsaufwand, aber auch dem in dem gewählten Rahmen zu erzielenden Ergebnisses zu bekommen. Es wurden rein konservatorische Maßnahmen ausgeführt, die gewährleisten sollten, dass es in der (näheren) Zukunft zu keinen weiteren Substanzverlusten kommt. Die Bearbeitung geschädigter, aber nicht absturzgefährdeter Kleinteile und abgewitterter Oberfläche unterblieb deshalb. Entfernung von Verschmutzungen und Oberflächenreinigung wurden soweit durchgeführt, dass die konservatorisch notwendige Fassungsuntersuchung durchgeführt werden konnte.

Hohlstellen in der Wand wurden hinterspritzt, um eine Anbindung der Putze auf die Lehmziegel bzw. den Stampflehm wieder herzustellen, aber nicht, um größere Hohlräume aufzufüllen.

Die 2001 und 2002 bearbeiteten Flächen wurden kontrolliert und, da dies erforderlich war, erneut gründlich gereinigt.

Beschreibung der Testfläche

Als Bearbeitungsfeld wurde das nördliche Fünftel der Westwand (=Abschnitt 1) ausgewählt. Während der Arbeiten wurde die Bearbeitungsfläche um das die anschließende Hälfte der Nordwand (bis zur Pfette) erweitert. In dieser Ecke stand ein aus Eisenrohren errichtetes einfaches Gerüst, von dem aus die Westwand und Nordwand zu erreichen waren.

1.1 Bestandsaufnahme und Schadenserfassung – Schriftliche und bildliche Dokumentation

Für jede Figur wurde eine Einzelblattdokumentation angelegt, bei der auf 2-3 Seiten folgende Angaben aufgenommen wurden:

- Kurzbeschreibung des Typs
- wichtige technologische Hinweise und Farbigkeit
- Erhaltungszustand und Schäden
- durchgeführte Maßnahmen

Auf diese Weise kann für jede einzelne Figur auch in Zukunft nachvollzogen werden, welche Maßnahmen ausgeführt wurden und wie der Zustand sich verändert. Jede Figur wurde vor und nach der Konservierung fotografiert.

Zusätzlich wurde eine Kartierung der Wände auf der Basis von Umrisszeichnungen nach Digitalaufnahmen von H. Wallach angelegt. Darauf sind alle durchgeführten Maßnahmen dargestellt und somit auch die Wände zwischen den Figuren und die Wolkenkonsolen erfasst.

Überlegungen zum Wandaufbau

Die parallel zu den Konservierungsarbeiten an den Figuren stattfindenden Reparaturmaßnahmen an den Säulen in der Westwand gab die Möglichkeit, Aufschlüsse über die Bautechnik der Westwand zu gewinnen und somit auch, Ursachen für die Schäden zu verstehen. Dabei wurde deutlich, dass in erster Linie von oben eingedrungenes Wasser für die Schäden verantwortlich ist: Besonders das oberste Register und die Partien um die Fenster weisen die stärksten Schäden auf. Die durch Wassereintrag bedingten Auswaschungen der Stampflehmwand um die Säulenbasen und da Abfaulen der Säulen führten weiterhin zur Belastung der Wände, zum Absacken der Deckenballen und somit zur Kompression und zum Zerbrechen der Lehmziegel im obersten Register und zu Schäden in den Wandputzen im Bereich der Deckenbalken bzw. tragenden Säulen.

1.2 Materialtests und Vorversuche - Behandlung des Putzgefüges

Lehmmörteltests – Rezepturen

Im Rahmen des Arbeitsaufenthaltes wurden Lehmmörtelmischungen von 2002 weiterentwickelt, optisch-haptisch beurteilt und angewandt.

Besonders im Hinblick auf die Hinterfüllung von hohen Spaltmaßen (über 10 mm) und der damit verbundenen Gewichtsproblematik wurde der Zuschlag ®Poraver vorgestellt und eingesetzt. Vor Ort standen die Körnungen 0,1 – 0,3 mm und 0,5 -1,0 mm zur Verfügung. Als Bindemittel für die Injektionsmörtel wurde erstmals eine gelbe Erde aus der Nähe von Lantian eingesetzt, während zuvor nur die sog. „schwarze Erde“, eine braune Erde vom Berghang hinter dem Shuilu'an verwendet worden war. Für die Putz- und Mauermörtel wurde die „schwarze Erde“ eingesetzt. Die vergleichende optisch-haptische Überprüfung wurde an Teigkugeln durch Plattendrücken und Trocknung durchgeführt. Dabei wurden Rissbildung und Haftung am Untergrund beurteilt. Nach der Trocknung der Materialscheibchen (5cm Durchmesser und 1cm Schichtstärke) ist bei beiden Materialien keine Rissbildung festzustellen.



1

Optisch-haptische Prüfung der Lösserde. Die Mörtelscheiben wurden in der Mitte auseinander gebrochen. Links im Bild die „schwarze Erde“ für Wandputze, ein Prüfkörper für Mauermörtel mit Granulatzugabe und Bruchstücke eines ursprünglichen Lehmziegels. Rechts in der Schüssel die gesiebte „gelbe Erde“ für Injektions- und Klebemörtel mit gebrochenem Prüfkörper (unten) und Fragment des ursprünglichen Grundputzes (oben).

Hinterfüllmörtel (HFM)

Die Hinterfüllmörtel sind in zwei Gruppen zu unterteilen. Die Hinterfüllmassen/Injektionsmörtel für geringe Spaltmaße (bis 0,5 cm) und Injektionsmörtel für Spaltmaße über 0,5 cm.

Alle Mörtel sollten hinsichtlich auf Lehm basiert sein. Die unterschiedlichen Anforderungsprofile für die Mörtelmassen sollten ausschließlich durch die Art, Kombination und Mengenverhältnisse der Zuschläge und Zusätze erreicht werden.

Die Injektionsmassen für geringe Spaltmaße müssen vorwiegend eine „verklebende Wirkung“ auf die Gefügetrennung haben. Hinterfüllmörtel müssen in den schichtstarken Bereichen (Spaltmaße zwischen 0,5 und 2cm) eine gute Oberflächenanbindung innerhalb des Putzgefuges aufweisen, eine gewisse Standfestigkeit (kein Abfliesen im Gefügespalt und in die Ziegelfugen) und zugleich ein möglichst geringes Gewicht (Gewichtsdruck auf das Putzgefuge). Dies kann mit der Zugabe von Feinfasern (@Dralon oder Hanffasern bis 6mm) und Leichtzuschlägen (@Poraver) erreicht werden.

Rezepte Hinterfüllmörtel (HFM)

Bezeichnung	Lehm	Sand	weitere Zuschläge	Wasser	Beschreibung
HFM 1	5 VT gelb	1,5 VT 0 - 0,2mm	---	10 VT	Sehr dünnflüssig - für Injektionen in feine Rissysteme oder als Kontaktschlämme
HFM 2	10 VT gelb	2 VT Sand 0,2 mm	---	10 VT	Dünflüssig – für Injektionen bei Trennung im Putzgefuge
HFM 3	10 VT gelb	2 VT 0,2 mm	5VT @Poraver 0,1 – 0,3mm	10 VT	Dickflüssig – für Injektionen mit Spaltmaßen über 0,5 cm
HFM 4	10 VT gelb	---	10 VT @Poraver 0,5 – 1,0 mm 1VT @Dralonfasern 6 mm	10 VT	Dickflüssig – für Injektionen mit Spaltmaßen über 1,5 cm

Klebemörtel (M1)

Der Klebemörtel wird vorwiegend in cremige Konsistenz als „Kontaktkleber“ für die Wiederanbringung der abgenommenen Figuren verwendet. Darüber hinaus kann er als Feinkitt für kleine Fehlstellen verwendet werden. Seine üppige Ausstattung mit Feinfasern (Hanf) wirkt sich auf die gleichmäßige Verteilung der Scherkräfte während des Trocknens/Schwinden aus, so dass die Problematik der „Randabhebung“ minimiert wird.

Herstellung:

In einem Eimer werden aufgeschichtet: 2cm gelber Ton, 3 Lagen Hanfpapier, 2 cm gelber Ton, 3 Lagen Hanfpapier usw.

Mit Wasser knapp bedecken, über Nacht einweichen lassen, dann kräftig durchschlagen bis das Papier in Fasern aufgelöst ist. Die Zugabe von Sand 0- 0,2mm vermindert das Schwindmaß.

Rezepte Klebemörtel (M1)

Bezeichnung	Lehm	Sand	weitere Zuschläge	Wasser	Beschreibung
M 1	gelb	0 - 0,2mm nach Bedarf	Hanfpapier	nach Bedarf, eher wenig	Klebemörtel, stützende Ergänzungen für abgebrochene Teilstücke

Wandputz und Mauermörtel (M2-M4)

Die hergestellten Putze sollten dem an der Wand verwendeten Grobputz entsprechen, der sich durch seine braune Farbe und den sichtbaren Zuschlag an Stroh auszeichnet. Nach optischer Prüfung scheint zwischen dem Mauermörtel zwischen den Lehmziegeln und dem Grobputz kein signifikanter Unterschied bestehen.

Herstellung:

Die braune Erde wird zuerst in Wasser eingesumpft. Dann werden Stroh und weitere Zuschläge zugegeben. Die Wasserzugabe erfolgt bis zur gewünschten Verarbeitbarkeit. Hierbei gilt für das Schwindverhalten, je niedrig viskoser der Nassmörtel, umso geringer muss die Auftragstärke sein.

Rezepte Wandputz (M1)

Bezeichnung	Lehm	Stroh	Sand	weitere Zuschläge	Beschreibung
M 2	1 VT braun	0,8-1 VT 1-3 cm	---	---	von Herrn Xu angesetzte Mischung
M 3	2 VT braun	1 VT 1-3 cm	1 VT 0-0,2 mm	---	Versuch zur Magerung mit Sand
M 4	1 VT braun	0,8-1 VT 1-3 cm		1VT ®Poraver 0,5 – 1mm	Versuch zur Gewichtsreduzierung mit poraver



2

Lehmstrohputz mit gleichmäßigen Rissystem (1cm stark), dem ursprünglichen Wandputz vergleichbar.



3

Lehmstrohsandputz mit mittigen Rissen größerem Spaltmaßes (1,5cm stark).

Testflächen mit den Wandputzen M2 und M3 zeigten, dass M2 in seinem Rissbild dem des ursprünglichen Wandputzes entspricht und somit das traditionelle Rezept von Herrn Xu vielleicht dem der Ming-Zeit entspricht.

Auf den Rückseiten der abgenommenen Figuren sind Wandputzreste in Lehmstrohtechnik auch mit Sandzuschlag zu finden. Eventuell wurde im direkten Figurenbereich und zum Aufbau des bambusarmierten Lehmkerns der Einzelfiguren verwendet.

Anbindungsproblematik

Bei einfachen haptischen Haftzugtests von den unterschiedlichen Injektionsmörteln auf alten Lehmziegeln zeigt sich als Risszone nach über großem Zug überwiegend der oberflächennahe Bereich der Lehmziegel. Bei historischen Lehmputzen ist dies ebenso der Fall.

Um diese Problematik zu verbessern, wurden zwei Methoden eingesetzt. Bei Injektionen ins Putzgefüge wurde zur Benetzung ein Wasser/Alkoholgemisch mit großen Druck eingespritzt (flächige Verteilung) und anschließend mit Wasser ausgiebig vorgenässt (Abschwämmen von Lehmpartikeln und Körnern unterschiedlicher Größe).

Bei der Verklebung loser Teile (Figuren und Wolken etc.) wurde als Kontaktschlämme HFM 1 mit dem Pinsel auf die vorgefeuchteten Kontaktflächen einmassiert.

Als dritte Möglichkeit bietet sich die Vorfestigung mit Kieselsäureethylester der Untergründe an. Dies konnte aufgrund der Reaktionszeit des Materials von mind. drei Wochen nicht durchgeführt werden, sollte jedoch untersucht werden.

1.3 Arbeitsschritte an der Testfläche

Die Arbeitsschritte umfassten (in dieser Reihenfolge)

- Entstaubung und Oberflächenreinigung
- Hinterspritzung von Hohlstellen im Hintergrund
- Abnahme und Wiederanbringen von abgelösten Figuren, Ankleben von gelockerten Figuren
- Klebung gebrochener und abgefallener Gliedmaßen und loser Teilstücke
- Festigung der Malschicht

Partiell wurden ältere Putzausbesserungen entfernt und die Fehlstellen neu verputzt.

Reinigung der Oberflächen

Sämtliche Oberflächen wurden entstaubt, teils freigelegt und gereinigt. Zur Entstaubung wurden Gummibälge und Staubsauger Verwendet. Wichtig ist hierbei ein leistungsfähiger Staubsauger, der den aufgewirbelten Staub vollständig aufnimmt, ohne die Umgebung zu verschmutzen (d.h. einen Feinfilter besitzt). Ein solcher Staubsauger wurde für die Arbeiten gekauft, er verbleibt im Tempel.

Nach der Entstaubung erfolgte die Reinigung in zwei Stufen. Zuerst wurde anhaftender Staub mit radierenden Schwämmen (@Akapad, wallmaster) reduziert. Danach wurde die Oberfläche mit dem leicht feuchten Reinigungsteig *gomma pane* weiter gereinigt. Durch Mörtel und Sedimentspuren verunreinigte Oberflächen wurden mit Holzstäbchen freigeschabt.

Es ist bei weiteren Maßnahmen an Wand und Gebäude besonders auf die schadfreie Abdeckung der Oberflächen zu achten, um erneute Verschmutzungen zu verhindern.

Durch sichernde Kittungen über Schadstellen hinaus auf die Malschichtoberflächen von früheren Maßnahmen (1981-85 und besonders 2003-05) wurde der Arbeitsaufwand zur Entfernung durch Leimzusätze in den auf Lehm basierenden Mörtel erheblich gesteigert.

Rezept gomma pane

Gomma pane („Gummibrot“) ist ein Material, dass die früher übliche Reinigung mit frischem Brot ersetzen soll. Der Zusatz von Kupfersulfat soll den mikrobiellen Befall mindern. Frisches *gomma pane* sollte eine Konsistenz zwischen Knetgummi und weichem Radiergummi haben und darf auf jeden Fall nicht auf der Oberfläche kleben. Da Mehlqualitäten zu unterschiedlicher Bindung führen können, ist die Konsistenz ein wichtigerer Faktor als die genaue Einhaltung der Mengen. Bei dem in Lantian hergestellten *gomma pane* musste im Vergleich zum Grundrezept deutlich mehr Mehl zugegeben werden, um eine klebefreie Masse zu erhalten.

Gomma pane sollte immer frisch verwendet werden und deshalb eher in kleinen Mengen angesetzt werden. Es kann in Plastikfolie gewickelt aufbewahrt werden, wird aber nach wenigen Tagen (ohne Kühlschrank) klebrig und muss dann entsorgt werden. Ohne Plastikfolie trocknet es über Nacht ein.

Materialien	Vorgehen
200 ml Wasser	- Wasser zum Kochen bringen ,Topf vom Feuer nehmen
190-200 g Weizenmehl	- Kupfersulfat ins Wasser, vollständig lösen
7 g Kupfersulfat ($\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$)	- Soda zugeben >> draußen oder Abzug !!, nicht einatmen >> schäumt auf, schwerlösliches Kupfersalz (Cu-carbonat) fällt aus
15 g Soda	- Mehl langsam zugeben und ständig kneten
Kupfersulfat / Soda 2,3 : 1	>> mit Handschuhen oder Hilfsmittel (Essstäbchen) verkneten, nicht mit bloßen Händen !!
Cu-konzentration 3,5 %	

Verfüllung von Hohlstellen in den Wandputzen

Hohlstellen in den Wänden, bedingt durch die Ablösung der Putze von den Lehmziegeln bzw. der Stampflehmwand, wurden hinterspritzt, soweit durch Risse oder Fehlstellen Injektionsnadeln oder Schläuche eingebracht werden konnten. Es wurde davon abgesehen, intakte bemalte Wandflächen anzubohren, auch wenn sich dahinter Hohlstellen befinden. Löcher zum Injizieren wurden nur dann gebohrt, wenn es sich um stark federnde, bereits gebrochene Oberflächenpartien handelte, wie sie vor allem unterhalb der Deckenbalken durch die dort eingetretene Komprimierung der Wand mit nachfolgender Stauchung der Oberflächenputzes zu finden sind.

Als Materialien wurden abhängig von der Größe des Hohlraumes und des Zugangsloches die Massen HFM 2 und HFM 3 injiziert. HFM 1 wurde zum Vornetzen verwendet.

Die hinterspritzten Partien sind in der Kartierung abzulesen und werden im Folgenden nur summarisch aufgezählt:

Nordwand, Teil 1

Die Nordwand ist schlechter erhalten als die Westwand. Hier lagen auch die umfangreichsten Hohlstellen vor. Im 4. und 5. Register wurden dafür temporäre Abklebungen (Facings) mit Japanpapier und Klucel E aufgebracht, um Verschmutzungen des bemalten Hintergrundes durch herauslaufende Lehmsuspensionen zu vermeiden. Die Facings wurden anschließend mit Wasser angefeuchtet und wieder entfernt. Hinterspritzt wurden:

- die gesamte Wand hinter N5.1 bis N5.6
- die gesamte Wand hinter N4.2 bis N4.9
- die gesamte Wand hinter N3.4 –N3.6
- über den Schultern von N2.1-N2.3

Westwand, Abschnitt 1

An der Westwand wurden vor allem zwei größere Hohlstellen hinterspritzt:

- hinter den Köpfen von W4.69 bis W4.74
- der gesamte Bereich zwischen W2.59 bis 2.61

Kleinere hinterspritzte Bereiche waren:

- zwischen den Beinen von W4.71 zu W4.72
- zwischen den Schultern von W3.67 zu W3.69
- zwischen den Beinen von W3.68 zu W3.69

Abnahme der bereits vom Hintergrund gelösten Figuren

Lose Figuren wurden mit dem Mörtel M 1 verklebt. Hierzu werden die Kontaktflächen von Figur und Wandoberfläche gefeuchtet und mit dem cremigen Mörtel bespachtelt.

In das Dübelloch wird ein Schlauch mit eingelegt, um nach dem Versatz der Figuren das Dübelloch kraftschlüssig mit Lehmmörtel zu verpressen. Falls erforderlich wurde das Dübelloch zuvor soweit ausgebohrt, dass der Dübel gut einzuführen war bzw. mit der Hinterfüllmasse HFM 3 soweit aufgefüllt, dass der Dübel Halt bekommen konnte.

Bis zur völligen Trocknung der Verklebung werden die Figuren mit einer Stützkonstruktion (Styroporbalken oder gepolsterte Holzleisten) leicht an gepresst. Problematisch war, dass zur Abstützung der Figuren (mit Ausnahme des obersten Registers, welches über einen Pfettenbalken abgestützt werden konnte), nur das Arbeitsgerüst zur Verfügung stand. Durch das Betreten des Gerüstes kam es zu Erschütterungen und Bewegungen, die zum Abstürzen der Styroporstützen führten. Beim Einsatz von Holzleisten und Schraubzwingen musste sehr

vorsichtig gearbeitet werden, um zu vermeiden, dass die Figur sich durch die übertragenen Erschütterungen wieder löst. Die Stützen wurden mindestens 24, wenn möglich 48 bis 72 Stunden belassen.

Nordwand, Teil 1

Die Figur N2.1 wurde im Zuge der Reparatur der Wand im Eckbereich abgenommen und anschließend neu montiert.

Westwand, Abschnitt 1

Zwischen 2002 und 2005 waren vier Figuren dieses Abschnittes aus Sicherheitsgründen abgenommen und eingelagert worden: W1.45, W1.46, W2.58, W2.59. Diese vier Figuren wurden konserviert und wieder an die Wand angebracht.

Darüber hinaus mussten fünf weitere Figuren aus dem obersten Register abgenommen werden, um sie sicher und passend neu montieren zu können: W1.47, W1.48, W1.49, W1.51, W1.52. Insgesamt wurden somit 9 Figuren neu montiert.

Neuverklebung abgelöster Figuren

Die Anbringung erfolgte wie bei den komplett abgenommenen Figuren oder, falls der Spalt sehr schmal war, mittels Hinterspritzen wie bei abgelösten Teilstücken. Auf diese Weise wurden wieder angeklebt:

Westwand, Abschnitt 1

- Drei Figuren: W1.50, W2.50, W4.65.

Verklebung loser Teil (separiert oder Riss)

Lose Teilstücke der Figuren sitzen z.T. noch in Position und zeigen einen umlaufenden Riss im Bruchbereich. Andere waren bereits abgefallen und auf dem Sockel oder den Fensternischen eingelagert (s.u.). Die typischsten Schäden sind der Bruch im Halsbereich mit Lockerung (und im Extremfall Verlust) der Köpfe und der Bruch an Schulter-, Ellbogen- und Handgelenken vorkragender und freitragender Arme. Besonders gefährdet sind hier die Himmelswächter, der Arme oft erhoben sind oder weit abstehen. Weitere Schäden sind das Ablösen aufgesetzter Einzelstücke wie Kragen, Halsketten und Schuhe sowie das Ablösen der modelgeformten Wolkenkonsolen von ihrem Unterbau.

Die in Position erhaltenen, losen Teile können durch Mörtelinjektionen fixiert bzw. verklebt werden. Wichtig ist hierbei, dass ausreichend Wasser/Alkoholgemisch in den Riss injiziert wird, um die Klebeflächen und aufkeilende Lehmkrümel zu durchweichen. Je nach Spaltweite wird Injektionsmörtel HFM 1 oder HFM 2 injiziert und z.B. der Kopf vorsichtig auf den Hals gepresst. Bei separierten Köpfen ist auf die entstehungszeitliche Kopfdrehung zu achten. Bei fehlenden Ansatzpunkten zum Halsbereich sind Abdrücke vom Kragen oder die Passung der Bambusseele oft hilfreich, um die Blickrichtung zu ermitteln. Meistens müssen abstehende Bambusfasern zurückgeschnitten werden, um die Passung zu verbessern. Bei großen Spaltmaßen zwischen den Gliedmaßen wird der Klebemörtel Nr. I verwendet. Diesem wird je nach Spaltmaß bis zu 40% Sand 0-0,5 mm zugesetzt um das Schwindmaß und damit verbunden den Flankenabriß zu minimieren. Am darauf folgenden Tag können partielle Flankenabrisse mittels Spritze nochmals gefeuchtet und verdrückt werden.

Position und Umfang geklebter Einzelstücke sind auf der Kartierung zu entnehmen und werden hier nur summarisch angegeben:

Nordwand, Teil 1

An der Nordwand wurden geklebt

- neun Köpfe: N2.2, N2.3, N3.3, N3.5, N3.6, N4.1, N4.2, N4.3, N4.8
- vier Arme: N2.3, N3.3, N3.4 und N4.5
- vier Wolkenkonsolen: unter N4.6, unter N4.8, hinter Kopf von N3.5 und rechts (vom Betrachter aus) unter dem Rahmen

Der Kopf von N4.9 wurde unter den herumliegenden, abgebrochenen Teilen aufgefunden. Er ließ sich aufgrund des Abrisses in den Fasern des Bambusstabes eindeutig zuordnen und auch in der intendierten Blickrichtung ausrichten. Zur Sicherung des gebrochenen Bambusstabes wurde ein Essstäbchen aus Bambus in Hals und Kopf eingedübelt.

Westwand, Abschnitt 1

An der Westwand wurden geklebt

- neun Köpfe: W1.44, W1.47, W1.48, W1.49, W4.66, W4.67, W4.68, W4.69, W4.74
- diverse Kleinteile
- zwei Wolken: unter W4.74 und unter W2.54

Behandlung drahtarmierter gebrochener Teile

Bei filigranen Teilen mit Drahtarmierung wie z.B. Bändern und fliegenden Schleiern oder Applikationen können Spalten über kapillares Saugen von Lehmemulsion gefüllt und stabilisiert werden. Bei fehlenden Stücken ist die Drahtverbindung zu reparieren und teilweise zu ergänzen, um Stabilität für das ganze Kleinteil zu erwirken. Dies wurde mit dünnem Draht erreicht, der als Brücke zwischen den erhaltenen Drahtenden appliziert wurde. Die Drahtbrücke wurde mit Lehm ummantelt (bestrichen mit HFM 2 und partiell mit M1 aufgekittet). Rostige Drähte wurden mit Paraloid B 72 isoliert (besser, aber nicht vorhanden, wäre Paraloid B 48 gewesen).

Behandlung strukturell entfestigter Oberflächen (faserige Oberflächen ohne Fassung)

Bei Malschichtverlusten an der Feinplastik der Figuren (meist Wasserschaden) ist der oberflächennahe Bereich strukturell geschädigt. Hier ist eine sandende, mit abstehenden Hanffasern aufgelöste Oberfläche zu finden.

Durch die Benetzung mit einem Wasser/Alkoholgemisch 2:1 legen sich die Fasern an den Lehmuntergrund an und es kommt zu einer Kompaktion. Mit einem Pinsel oder einer kleinen Lanzette lassen sich diese Bereiche weiter kompaktieren und zum Fassungsrand hin anböschten.

Als nächste wirkungsstärkere Behandlungsmethode können diese Bereiche mit Hinterfüllmörtel Nr. 1 eingeschlämmt werden.

Festigung der Farbfassung

Als Festigungsmittel für die Malschicht wurde @Mowiol 4-88 verwendet, das sich bereits 2002 als am besten geeignetstes Material erwiesen hat. Es bildet auch bei mehrfacher Behandlung keine Verdunklungen und dringt gut ein.

Die Malschicht weist überwiegend eine ausreichende Haftung auf. Einzelne Bereiche zeigen eine geschwächte Anbindung an die Grundierung, Andere pudern.

Vor allem die grünen, grob pigmentierten Farbbereiche neigen zum Pudern. In Bereichen mit Wasserschäden sind Anbindungsschwächen im gesamten Malschichtaufbau zu finden.

Alle schwarzen, rotbraunen und blauen Bereiche wurden flächig mit Mowiol 4-88 in 2% iger Lösung gefestigt. Alle grünen Partien wurden flächig mit einer 4%igen Lösung von Mowiol 4-88 behandelt. Bei extrem pudernden Bereichen wurde eine zweite Festigung mit 4 % Mowiol 4-88 aufgetragen.

Bereiche mit Schichtentrennungen und bereits vorhandenen Abplatzungen der Pigment- oder Malschichten wurden je nach Schädigungsgrad mit 2% oder 4% Mowiol 4-88 behandelt. Bei Ausbrüchen in der Inkarnaten und starker Schollenbildung wurde das Festigungsmittel nicht flächig aufgetragen, sondern mit feinen Pinseln von den Malschichträndern unter die Schollen eingebracht.

Entfernung und Erneuerung von unsachgemäßen Putzreparaturen und älterer Ergänzungen

Die meisten Putzreparaturen des 20.Jh. erwiesen sich im Oberflächenniveau als ungenügend und lagen auf originaler Malschicht auf.

Diese wurden entfernt. Nach ergiebigen Vornässen konnten diese Lehmpusze mit einer spitzen Lanzette abgestochen werden. Dabei wurden Malschichtoberflächen freigelegt. Die Ergänzungen von 2003 erwiesen sich als sehr beständig, so dass die Freilegung der Randbereiche zum Verlust der Malschicht führte.

Entfernt wurden die Überputzungen in der Umgebung des Fensters in der Nordwestecke der Westwand:

Nordwand, Teil 1

- Putzergänzungen hinter N2.1 und N2.1 sowie zwischen N2.3 und der Ventilatoröffnung
- Putzergänzung rechts (vom Betrachter aus) vom Rahmen im 3. Register
- Putzergänzung zwischen N5.1 und N5.2

Westwand, Abschnitt 1

Alle Putzergänzungen um das Fenster bis zu den Figuren der Westwand bzw. den um diese herum erhaltenen ursprünglichen Hintergründen wurden abgenommen. Dabei wurden der Rahmen unterhalb des Fensters und Reste des bemalten Hintergrundes wieder freigelegt. Oberhalb des Fensters kamen dabei zerbrochene, lose Lehmziegel zum Vorschein und ein kurzes Holz (Fenstersturz ?), die ebenfalls entfernt wurden, da sie keinerlei Stabilität mehr aufwiesen. Diese wurden als spätere, unsachgemäß ausgeführte Ergänzungen eingestuft, waren aber, nach Erkenntnissen vom Herbst 2007 am Abschnitt 2, vermutlich teils noch ursprüngliche, jedoch extrem feuchtigkeits- und druckgeschädigte Ziegelstücke. Die freigelegten Wandstücke wurden mit Lehmstrohputz M2 im Niveau des Grundputzes neu verputzt. Nur der Bereich über dem Fenster wurde erst nach dem Arbeitsaufenthalt von chinesischen Kollegen mit liegenden Lehmziegeln aufgemauert und während des Arbeitsaufenthaltes im Herbst 2007 von Herrn Xu mit Lehmstrohputz M2 verputzt.

Einige der 1981-85 ergänzten Wolken wurden nicht wieder angebracht, sondern eingelagert. Das betraf vor allem die drei Wolken über dem Fenster, die aufgrund der Wandreparatur an dieser Stelle abgenommen wurden. Weiterhin wurde die ergänzte Wolke unter N5.8 nicht wieder angebracht.

Bergung abgefallener Teile

Eine größere Anzahl von über längere Zeiträume abgefallenen Teilen war in den Fensternischen und auf der Sockebank vor den Abschnitten der Nord- und Südwand gelagert. Alle Stücke wurden eingesammelt, grob gereinigt und nach Fundorten sortiert, in Bananenkisten gelagert. Während der Arbeiten konnte von diesen der Kopf N4.9 (s. o.) an seine ursprüngliche Stelle zurückgebracht werden. Gleichzeitig vermehrten sich die Fundstücke um kleine Teile, wie Figurenfragmente Schnüre, Drähte und Abklebungspapierchen, die hinter Figuren und Wolken aufgefunden und nicht mehr zugeordnet werden konnten. Sie wurden, nach Fundort beschriftet, in durchsichtigen Polystyrolkisten verpackt. Einige konnten während dieses Arbeitsaufenthaltes und des folgenden im Herbst 2007 zugeordnet werden. Andere konnten noch nicht zugeordnet werden, werden aber für spätere Maßnahmen oder als Probenmaterial aufgehoben. Die Abwitterung und die Tatsache, dass viele Stücke nicht mehr in der Nähe ihres Herkunftsortes aufgefunden wurden, macht die Zuordnung schwierig und langwierig.

1.4 Nachhaltigkeit der Maßnahmen

Bei der Überprüfung der Testfelder 1 (2001) und 2 (2002) zeigten diese einen guten Zustand. Nur die Oberfläche war stark verstaubt. Damit einhergehend lässt die Farbwirkung erheblich nach. Zu dem ist durch häufiges Abstauben eine geringe Malschichtreduzierung nicht zu vermeiden. Besonders sind Bereiche in der Nähe der Ventilationsöffnungen von schichtstarken Staubauflagen betroffen.

Es sollten Maßnahmen zur Reduzierung der künftigen Verstaubung konzeptionell überlegt und möglichst bald ausgeführt werden. Dies kann nur durch bauliche Maßnahmen im Zugangsbereich und der Be- und Entlüftung nachhaltig verbessert werden.

Als Sofortmaßnahme wäre eine Reparatur der Fußbodenfugen und wöchentliches Saugen des gesamten Bodens (auch hinter den Absperrungen) möglich.

Zusammenfassung

Während des Arbeitsaufenthaltes wurden die Figuren und die Hintergründe in den ausgewählten Wandabschnitten konserviert. Die dafür verwendeten Methoden basieren auf den 2001 und 2002 entwickelten und erprobten Verfahren und Materialien. Überprüfungen an diesen ersten beiden Testflächen zeigten, dass die Verfahren insgesamt als erfolgreich eingeschätzt werden können.

Die Erstellung einer Einzelblattdokumentation mit den wichtigsten Angaben für jede Figur und eine graphische Schadens- und Maßnahmenkartierung (mittels Metigo map (Scheder) und Photoshop (Thiemann)) stellen eine Basis für die Dokumentation der Skulpturen dar und können auch als Standard für andere Lehmeskulpturen verwendet werden. Das Formblatt liegt auch in digitaler Form vor. Weiterhin wurden die Figuren in einer Typensystematik aufgenommen, welche die Identifizierung und somit ikonographische Deutung der Figuren erleichtern kann. Die Angaben sind in einer exel-Tabelle zusammengestellt.

Materialien zur Reinigung der Oberflächen und lehm basierte Mörtelmassen wurden modifiziert und somit weiterentwickelt. Feinstarbeiten und eine penible Reinigung der Oberfläche wurden zurückgestellt, da eine erneute Staubablagerung unter den jetzigen Bedingungen und bei Fortsetzung der Arbeiten (zu der Zeit auch noch der andauernden Arbeiten an der Westwand) unvermeidlich ist. Diese kann zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden.

Es zeigte sich, dass für die ausgewählte Flächen

- Nordwand, Teil 1: 2 m breit x 2,30m hoch, 22 Figuren
- Westwand, Abschnitt 1, 3,10 m breit, 2,20 m hoch, 46 Figuren

in dem geplanten Niveau der Konservierung mit fünf Personen in dreieinhalb Wochen konserviert werden konnte. Als zeitaufwendig erwies sich die schriftliche Aufnahme in der Einzelblattdokumentation (ca. 20 Minuten pro Figur). Die Nordwand war aufgrund der starken Verschmutzung und der stärkeren Schäden im Verhältnis zeitaufwendiger in der Konservierung als die Westwand.

Nicht bearbeitet wurden größere Hohlräume in den Wänden (z.B. in der Ecke oberhalb des Rankenbands). Verschmutzungen durch herabgetropfte Farben, Lehmputze, Wasser sowie unsachgemäß und unschön ausgeführte Ergänzungen wurden nur partiell entfernt, da dies sich als sehr zeitintensiv und konservatorisch nicht unbedingt erforderlich erwies.

Langfristig verbessert werden muss besonders die Situation der Luft- und damit der Staubzufuhr, da ein Abstauben der Figuren in engen Abständen konservatorisch nicht zu verantworten ist.

Arbeitsaufenthalt August bis Oktober 2007

Catharina Blaensdorf

Zeitraum 27. 8. bis 19. 10. 2007

Zeitdauer 7 Wochen

Vereinbarte Schwerpunkte - Fortsetzung der Dokumentation und Wandkonservierung nach den im April 2007 erarbeiteten Verfahren

Ausgeführte Arbeiten - Konservierung zweier Abschnitte der Westwand, Abschnitt 2 (53 Figuren), Abschnitt 3 (57 Figuren) und Teil 2 der Nordwand (5 Figuren)

Teilnehmer - Catharina Blänsdorf, Technische Universität München, „China-Projekt“
 - Laura Thiemann, Stephanie Edlmann, Ina Meissner, Studenten der Technischen Universität München, Lehrstuhl für Restaurierung
 - Giovanna Spagnuolo, Francesca Dominici, Valentina Furetto, Mandy Chan, Felix Thornton-Jones, Masterstudiengang Università di Bologna im Austausch mit der Jiaotong Universität Xi'an
 - Zentrum für Konservierung Xi'an: Herr Yan Min. Leitung und Aufsicht: Herr Ma Tao, Herr Qi Yang
 - vor Ort: Ansprechpartner: Herr Zhao Liang, als zusätzliche Kraft: Herr Xu Liujin aus dem Ort am Shuilu'an
 - Beratung für Sicherung und Verankerung der Wand: Siegfried Scheder

Bericht Kartierung von Laura Thiemann
 Einzelblattprotokolle, in digitaler Form: Datenbank von Stephanie Edlmann
 Tagesprotokolle und deren Auswertung in exel-Tabellen

Ziel des Aufenthaltes war, nach den im April 2007 erarbeiteten Methoden eine weitere Wandfläche zu konservieren. Ausgewählt wurde der Abschnitt 2, der sich südlich an den im April konservierten Abschnitt 1 der Westwand anschließt. Durch den nicht geplanten Zuwachs des Teams um die fünf Masterstudenten der Jiaotong-Universität erwies sich der ausgewählte Abschnitt als zu klein für ein neunköpfiges Team. Deshalb wurde der Abschnitt 3 der Westwand (Mittelfeld mit Sakyamuni-Nische) hinzugenommen, der dann von den Studenten der Jiaotong-Universität bearbeitet wurde.

Besondere Bedeutung kam einer großen Schadstelle im oberen Teil des 2. Abschnittes zu, in dem die Wand so geschädigt und nach vorn gedrückt war, dass die Figuren nur noch von am Geländer befestigten Stützen an der Wand gehalten wurden. Hier wurde die Abnahme von drei Figuren mit bemaltem Hintergrund und die Reparatur der Wand mit Verankerung, Neuaufbau der Ziegel, Neuverputzung und Wiederanbringung der Figuren erprobt.

Die 2001, 2002 und im April 2007 bearbeiteten Flächen wurden kontrolliert und erneut gereinigt.

Alle Fundstücke wurden fotografiert und eingelagert.

Beschreibung der Testflächen

Die bearbeiteten Flächen waren die Abschnitte 2 und 3 der Westwand sowie fünf Figuren der Nordwand (=Nordwand, Teil 2).

Abschnitt 2 hat 17 Figuren mit freitragenden Armen, sichtbaren Beinen und fliegenden Bändern (Himmelswächter und eine indische Gottheit), die aufgrund dieser Gestaltung stärker von Brüchen betroffen sind als die blockartig geschlossenen Figuren in langen Gewändern. Im mittleren Bereich des obersten Registers (W1.36 bis W1.38) befand sich die große Schadstelle von ca. 1 m Breite umgeben von drei Mauerankern.

Links davon fehlt im 1. und 2. Register die ursprüngliche Oberfläche. 1981-85 wurde hinter den Figuren W1.33 bis W1.35 und W2.36 und W2.37 die Wand neu verputzt und die Figuren neu montiert. Die Oberfläche war uneben und im zweiten Register bis 5 cm unter Niveau, so dass die Bambusstücke der verlorenen Köpfe der Figuren W2.36 und W2.37 in den Wolken des darüber montierten 1. Registers steckten.

Die 1981-85 neu montierte Figur W1.35 stammt ursprünglich von einer anderen Stelle. Die komplett flache Rückseite zeigt, dass die Figur nicht ins oberste Register der Westwand gehört, an dem die Schultern der Figuren frei und somit vollrund modelliert sind, sondern vor eine durchgehende Wand. In Frage kämen die westlichen Abschnitte der Nord- und Südwand. Die ursprüngliche Stelle konnte jedoch nicht lokalisiert werden. Ausgehend von dem Konzept, die Situation so zu erhalten, wie sie heute vorliegt, wurde die Figur an ihrer jetzigen Position neu befestigt.

Abschnitt 3 ist der mittlere Abschnitt der Westwand mit der Sakyamuni-Nische. Im Rahmen der Arbeiten konnte nachgewiesen werden, dass sich in der Nische ursprünglich eine Pavillon-Architektur befand, von der noch Reste aufgefunden werden konnten (Dachziegel, Dachreiter). Im obersten ersten (=oberste) Register und im rechten Teil des zweiten Registers wurden 1981-85 die Wand neu verputzt. Die Wandoberfläche weicht im Vergleich zu der ursprünglichen Wand zu weit zurück, weswegen die Figuren auf dicke, ästhetisch unbefriedigende Lehmunterbauten aufgesetzt wurden. Außerdem wurde das 1. Register zu tief montiert, so dass die ergänzten Wolken heute auf der ursprünglichen Bemalung sitzen. vor einer neu verputzten Wand neu angebracht.

Dabei wurde die Höhe der Register Der Kopf der „Mutter“ von Sakyamuni ist ein Frauenkopf von der Westwand, der 1985 als Ersatz für den gestohlenen Kopf dort montiert wurde. Die großen, nackten und rotbraunen Füße der Figur machen eine Identifikation als Frau und königliche Mutter Buddhas jedoch eher unwahrscheinlich.

Stärkste Schäden in diesem Abschnitt sind abgeknickte Kleinteile und Brüche der Köpfe sowie Abwitterungen durch Wasser im linken (südlichen) Teil. Verschmutzungen durch frühere Reparaturen mit Lehm und Verschwärzungen durch Räucherstäbchen sind außerdem sehr ausgeprägt. Hinter der Sakyamuni-Figur verläuft ein großer Riss mit Abscheren der Wand nach vorne, der sich zur linken Seite hin fortsetzt und dort die verbliebene Säule und einen Teil der Wand um mehrere Zentimeter nach vorn gedrückt hat. Die jetzige Situation sieht fragil aus, ist jedoch in sich stabil. Ein Draht um die ehemalige Ecke des Pavillondachs über der Säule und zwei eiserne Maueranker von 1981-85 sollten die Stabilität verbessern, trugen jedoch nicht dazu bei.

Die Figuren am linken (südlichen Rand) dieses Abschnittes (W2.24, W2.25, W3.29, W3.30, W4.29, W4.30) konnten nicht bearbeitet werden, da sie durch die davor gebaute Abstützung des Deckenbalkens nichtzugänglich waren.

An der Nordwand waren fünf Figuren des 4. und 5. Registers im April 2007 nicht bearbeitet worden. Diese wurden nun konserviert, so dass alle Figuren bis zum Unfallrelief hin

bearbeitet sind. Noch nicht bearbeitet sind die Figuren N1.1 bis N1.4 und N2.4 bis N2.8, die sich über dem Unfallrelief befinden. Dafür ist ein höheres Gerüst erforderlich.

1.1 Bestandsaufnahme und Schadenserfassung – Schriftliche und bildliche Dokumentation

Wie bereits im April 2007 wurde für jede Figur eine Einzelblattdokumentation angelegt, alle Figuren vor, während und nach der Konservierung fotografiert und die Schäden und Maßnahmen der Wand in einer Kartierung dokumentiert.

1.2 Materialauswahl

Testreihen für Materialien waren nicht Thema des Aufenthalts und wurden während der Arbeiten nur in geringem Umfang ausgeführt. Klebe- und Hinterfüllmassen wurden aus denselben Materialien und nach denselben Rezepten angemischt wie im April 2007. Zur Festigung der Farbfassung wurde, wie im April 2007 Mowiol 4-88, 2 % und 4% verwendet. Zum temporären Abkleben wurden dünnes Japanpapier und Klucel E verwendet.

Aus modernen Lehmziegeln wurden einfache Wandmodelle gebaut, um Hinterfüllungen zu testen. Die ersten Versuche machten jedoch klar, dass diese Versuche aufgrund der erforderlichen langen Trockenzeiten und der verschiedenen einzubeziehenden Faktoren nur mit größerem Zeitaufwand möglich wären. Getestet werden sollten:

- Applikation von Hinterfüllmassen in unterschiedliche Spaltmaße
- Kombination aus Dübel und lehmisierten Klebemassen
- Applikationstechniken von Vornetz- und Hinterfüllmaterialien in Hohlräume.

Die Tests wurden aus Zeitmangel zurückgestellt.

Verschiedene Mischungen mit Leichtzuschlägen und Fasern wurden benutzt, um trockene Füllkörper und Abstandshalter herzustellen, die von Hand in größere Hohlräume eingebracht werden sollten, um die Feuchtigkeitsbelastung beim Auffüllen/Hinterspritzen zu verringern. Lehm mit viel @poraver und Hanffasern (leicht und formstabil) war am besten geeignet.

1.3 Arbeitsschritte an den Testflächen

Die Arbeitsschritte an den Wänden umfassten (in dieser Reihenfolge)

- Entstaubung und Oberflächenreinigung
- Hinterspritzung von Hohlstellen im Hintergrund
- Abnahme und Wiederanbringen von abgelösten Figuren, Ankleben von gelockerten Figuren
- Klebung gebrochener und abgefallener Gliedmaßen und loser Teilstücke
- Festigung der Malschicht

Partiell wurden Überputzungen auf den ursprünglichen Hintergründen entfernt (Abschnitt 3, 2. und 3. Register). Die 1981-85 neu verputzte Stelle hinter W2.36 und W2.37 wurde aufgeputzt.

Reinigung der Oberflächen

Sämtliche Oberflächen wurden entstaubt, teils freigelegt und gereinigt. Die Reinigung erfolgte mit denselben Materialien und Verfahren wie im April 2007.

Hinterspritzung von Hohlstellen in den Wandputzen

Hohlstellen, die auf der Ablösung der Putzschichten beruhten, wurden wie im April 2007, hinterspritzt. Die Umgebung gelockerter und abgenommener Figuren wurde gefestigt. Das Hinterspritzen musste z.T. mehrfach wiederholt werden, da nach dem Trocknen der Lehmmassen (mit entsprechender Schrumpfung) erneut Ablösungen im Putzgefüge vorlagen. Die hinterspritzten Partien sind in der Kartierung abzulesen und werden im Folgenden nur summarisch aufgezählt:

Nordwand, Teil 2 (Figuren N4.10, N4.11, N4.12, N5.9, N5.10)

Keine Hinterspritzungen

Westwand, Abschnitt 2

Im 2. Abschnitt wurden Hohlstellen in der Wand hinterspritzt, die sich als Randzonen der großen Schadstelle im 1. und 2. Register deuten lassen. Teilweise wurden die Hintergründe teilweise mit Japanpapier und Klucel E (2%) abgeklebt. Die hinterspritzten Bereiche finden sich an folgenden Stellen:

- Hintergrund von W1.40 bis W1.42, dafür Abklebung zwischen W4.10 und W1.41.
- über W2.38
- zwischen W2.42 und W2.45, mit Abklebung zwischen W2.43 und W2.45
- zwischen W3.45 und W3.46, zwischen W3.47 und W3.50
- zwischen den Schultern von W3.52 und W3.53, mit Abklebung
- zwischen W3.54 und W3.56 komplett, mit Abklebung
- beim Ankleben der Figur W3.60 Hintergrund zwischen W3.50 bis W3.61 hinterspritzt, mit Abklebung

Nicht hinterspritzt oder ausgefüllt wurde die große Hohlstelle hinter W2.38 bis W2.42, so dass der Hohlraum dort noch besteht (s.u.).

Westwand, Abschnitt 3

Mehrere größere Wandpartien wurden hinterspritzt, teilweise mit vorangehender Abklebung der Oberfläche

- zwischen Nischenkante und W2.31
- zwischen W33,1 und W3.36 komplett
- zwischen Nischenkante und W3.39
- zwischen W3.41 und W3.43
- das erhabene Feld zwischen W3.45 und W3.46, soweit dies erhalten ist
- zwischen W4.33 und W4.37, mit Abklebung
- zwischen W4.44 und W4.44 mit Abklebung
- zwischen W4.42 und W4.46 mit Abklebung

Der große Hohlraum und der Riss hinter der Sakyamuni-Figur wurden nicht behandelt und bestehen weiter.

Abnahme der bereits vom Hintergrund gelösten Figuren und Teilstücke

Die Abnahme und Neubefestigung loser, nicht passgenau an die Wand zurück zu drückender Figuren wurde wie im April 2007 durchgeführt. Neu angebracht wurden:

Nordwand, Teil 2

Westwand, Abschnitt 2

- W1.34 und W1.35: Die Figuren wurden wegen mangelnder Haftung der 1981-85 ausgeführten Neumontierung abgenommen. Die Figuren wurden nach der Abnahme konserviert. Die Dübel waren lose und mussten in die Figuren eingekittet werden. Wegen des großen Ausbruchs um das Loch herum wurde der Hohlraum in der Wand mit Trockenstücken aus @poraver-haltigem Lehm aufgefüllt, bevor der Dübel eingekittet wurde. Die fehlenden Fußdübel wurden durch neue aus Perückestrauch ersetzt. Zum Befestigen zwischen Bambusstangen des Innengerüsts und den Dübeln dienten von Herrn Xu Liujin hergestellte Hanfschnüre. In das abgebrochene linke Bein von W1.35 wurde ein zugespitztes Bambusessstäbchen eingeklopft. Dies wurde zur Verdickung und zur Erhöhung der Reibung (Rutschbremse) mit einer Baumwollschnur umwickelt und darüber ein modernes hohles Bambusrohr geschoben, das die Optik einer Bambusstange wiederherstellt. An den Enden wurde die Konstruktion mit Lehmsuspension HFM 1 verklebt und zugekittet. Mit dieser stabilen, aber leicht zu entfernenden Konstruktion wurde das linke Bein an dem neuen Fußdübel befestigt.

Westwand, Abschnitt 3

- W1.25: Wegen mangelnder Haftung der 1981-85 ausgeführten Neumontierung wurde die Figur abgenommen. Die unpassende dicke Unterfütterung wurde entfernt. Allerdings musste ein relativ dicker Unterbau neu angebracht werden, um zu vermeiden, dass die Figur im Verhältnis zu den anderen zu stark zurückgekippt erschien. Eine Alternative wäre gewesen, die 1981-85 verputzte Wand bis zu ihrem ursprünglichen Niveau aufzuputzen. Dafür hätten aber alle vier Bodhisattvafiguren dieses des ersten Registers links von der Nische abgenommen werden müssen.
- Wolke unter W3.42
- Säule links der Sakyamuni-Nische

Neuverklebung abgelöster Figuren

Nordwand, Teil 2

Westwand, Abschnitt 2

- 20 Figuren: W1.39, W1.40, W1.41, W2.38, W2.40, W2.42, W2.43, W3.46, W3.47, W3.48, W3.54, W3.60, W4.47, W4.48, W4.49, W4.51, W4.52, W4.54, W 57, W4.58

Westwand, Abschnitt 3

- 20 Figuren: W1.39, W1.40, W1.41, W2.38, W2.40, W2.42, W2.43, W3.46, W3.47, W3.48, W3.54, W3.60, W4.47, W4.48, W4.49, W4.51, W4.52, W4.54, W 57, W4.58

Verklebung loser Teil (separiert oder Riss)

Lose Figurenteile wurden mit demselben Verfahren wie im April 2007 geklebt. Es handelt sich in erster Linie um Köpfe, weiterhin um abstehende Arme und einzelne Beine und Wolkenkonsole. Darüber hinaus wurden eine Vielzahl von Kleinteilen geklebt, wie Applikationen auf Kappen, Attribute, Kragen, Schuhe, die hier nicht einzeln aufgelistet werden können. Sie sind in der Kartierung und den Einzeldokumentationen verzeichnet.

Nordwand, Teil 2

- drei Köpfe: N4.10, N4.11, N4.12
- drei Wolkenkonsole: unter N4.11, unter N4.12, hinter Kopf von N4.12

Westwand, Abschnitt 2

- 23 Köpfe: W1.34, W1.42, W1.43, W2.42, W2.47, W2.48, W3.46, W3.47, W3.48, W3.56, W3.57, W3.59, W4.48, W4.50, W4.51, W4.52, W4.53, W4.54a, W4.56, W4.57, W4.58, W4.60
- Beine von drei Figuren: W2.35, W2.37, W3.46
- Arme von zehn Figuren: W1.39, W1.40, W2.36, W2.37, W2.38, W2.43, W3.46, W3.47, W3.49, W3.51
- Hände von acht Figuren: W2.41, W2.42, W2.47, W3.50, W3.52, W3..53, W4.54, W4.59
- sieben Wolkenkonsolen, unter: W1.40 linker Fuß, W1.41, W1.42, W2.38, W2.41, W3.53, W3.56, W4.49, W4.56 (im 4. Register nur jeweils die obere Wolke des Wolkenbands)
- Rankenband unter W4.58 bis W4.62
- diverse Kleinteile

Westwand, Abschnitt 3

- 13 Köpfe: W1.31, W227, W2.31, W2.35, W3.34, W3.35, W3.43, W4.34 und der bereits von einer anderen Figur stammende Kopf von W2.38
- 2 Kronen: W22.6, W2.32
- Hände von 18 Figuren: W1.28, W1.29, W2.26, W2.28, W2.29, W2.30, W2.32, W2.33, , W3.33, W3.34, W3.35, W3.36, W3.40, W3.49, W4.40, W4.41, W4.47
- Wolkenkonsolen, unter: W2.25, W3.36, W3.37, im untersten Register jeweils nur die obere Reihe des Wolkenbandes: W4.34-W4.36, W4.40-W4.41, W4.44-W4.45. Die Wolke unter W1.31, eine Ergänzung von 1981-85, wurde ebenfalls neu montiert.
- diverse Kleinteile

Bergung und Wiederanbringung aufgefunder Teile

Alle während des Entstaubens hinter Figuren und Wolken aufgefundenen Kleinteile wurden nach Fundort beschriftet in Schachteln verwahrt. Bereits im April 2007 geborgene Fundstücke wurden ausgelegt. Nach der Festigung der Figuren an der Wand wurde versucht, möglichst viele Fundstücke wieder zuzuordnen. Folgende größere Stücke konnten lokalisiert und wieder angebracht werden:

- 2 Figuren aus Abschnitt 2, die anschließend ausgehend von ihrer jetzigen Position als W1.38a und W4.54a bezeichnet wurden: Beide Figuren waren als Fundstücke aufgefunden worden und konnten aufgrund der passgenauen Umrisslinien an ihre ursprünglichen Stellen zugeordnet und neu angebracht werden.
W1.38a wurde zusammen mit den Figuren der großen Schadstelle im 1. Register montiert. W4.54a hatte 2001 als Versuchsfigur gedient. Das untere Stück ab den Knien ist verloren und wurde auch nicht mehr aufgefunden. Die Bambusstange wurde an einem neuen Fußdübel aus Perückenstrauch fixiert.
- 2 Wolken aus Abschnitt 2: unter W1.38 und W1.38 a. Die Wolken konnten anhand der Anschlüsse und Farbspritzern auf der Wand eindeutig identifiziert werden. Sie waren in den Schränken eingelagert (mit unklarer Beschriftung).
- Der Kopf von W2.36 (2. Abschnitt) und der Kopfschmuck von W3.34 (3. Abschnitt) konnten von den aus den Fensternischen geborgenen Stücken identifiziert und wieder angebracht werden.
- Die Waffe von W2.38 (2. Abschnitt), eine Art Schwert von insgesamt ca. 15 cm Länge, steckte locker hinter der Figur. Im Rahmen der Arbeiten konnte eine Lehmkugel, gefunden ca. 4 m entfernt, auf den Händen von W4.64 (1. Abschnitt) als Knauf der Waffe identifiziert

werden. Weiterhin wurden ein Ring um den Knauf, in zwei Teile zerbrochen, und ein Finger der rechten Hand der Figur aufgefunden. Nachdem die Hand und die Waffe geklebt waren, konnte diese in ihre ursprüngliche Position zurückgebracht werden.

- Eine Kante vom linken Hängeärmel der Figur W3.57 wurde hinter den Figuren aufgefunden und zugeordnet. Auf dem Fundstück ist die hellblaue Farbe des Ärmelfutters erhalten, das Gold glänzt. Auf der Figur dagegen wirkt das Gold bräunlich durch Schmutz oder einen verschmutzten Leimüberzug und im Ärmelfutter ist nur eine weiße Schicht zu sehen. Entweder fiel die Farbschicht einer Reinigungskampagne zum Opfer oder das Hellblau, vermutlich Indigo, ist auf der Figur mittlerweile ausgeblieben.
- Zahlreiche kleine Teile von Attributen und Kopfbedeckungen konnten zugeordnet und wieder angeklebt werden. Leider halten die Verklebungen oft nicht gut, wenn die Stücke ursprünglich eine Drahtarmierung besaßen, die heute durchgerostet und gebrochen ist.

Behandlung drahtarmierter gebrochener Teile

Drahtarmierte Stücke wurden so konserviert wie im April 2007. An den Figuren W1.36, W1.39, W2.39, W2.40 und W3.47 (Westwand, 2. Abschnitt) wurden die gebrochenen Bänder mit Draht ergänzt und neu befestigt. Die Drahtoberflächen wurden mit Paraloid B 72 isoliert. Freiliegende neue Drähte wurden mit Lehmsuspension optisch kaschiert.

Behandlung der großen Schadstelle im Abschnitt 2, 1.und 2. Register (W1.36 -1.38 und W2.38 - 2.42)

Beschreibung des Zustands und des Schadensbildes

In der Mitte des 2. Abschnittes waren drei Figuren (W1.36, W1.37 und W1.38) im Jahr 2005 vom Absperrgitter aus mit Holzstützen abgestützt worden, weil sie so weit vorhingen, dass ein Abstürzen zu befürchten war. Dabei waren nicht nur die Figuren selbst lose, sondern die gesamte Wandoberfläche nach vorn gedrückt. Zwischen den Figuren ist der ursprüngliche Hintergrund mit Bemalung erhalten. Die Rückendübel zeigen bei den Figuren des 1. Registers steiler nach unten als bei den unteren Registern. Die Ansatzstelle liegt tiefer in der Figur, im Kreuz statt im Brustbereich.

In Taillenhöhe der Figuren endet die ursprüngliche Wand, deren Oberfläche bis an die Kante bemalt ist. Diese ursprüngliche Mauerkante ist noch erhalten. Darüber befand sich eine Aufputzung mit Lehmstrohputz mit Kalkzuschlag von 1981-85. Damit wurde der Anschluss zum Dach abgedichtet.

Die Wandoberfläche war in horizontaler und vertikaler Sicht vorgewölbt. Die Figuren stießen in Kniehöhe an die Wand an, ließen sich aufgrund der Wölbung jedoch weder am Dübel noch in der Fußzone passend an die Wand drücken. Die Figuren hingen, obwohl noch in der ursprünglichen Montierung 3 cm zu tief. Durch das unregelmäßige Vorkippen der Figuren war der Hintergrund gebrochen und die Bruchkanten im Niveau verschoben.

Die Mauer hinter den Figuren war offensichtlich zusammengedrückt und somit nach vorn geschoben worden. 1981-85 waren die Figuren W1.36 und W1.37 mit einem Draht um beide Körper gesichert worden, der in dem neu aufgeputzten Teil der Wand eingeputzt wurde. Da die Wand jedoch mit abscherte, war er nicht mehr wirksam.

Die Schadstelle ist Teil einer größeren Beschädigung der Wand. Rechts und unterhalb der drei betroffenen Figuren des 1. Registers sind größere Hohlstellen in der Wand vorhanden. Links davon, zum Fenster hin, waren die Schäden so stark, dass die Wand 1981-85 repariert und neu

verputzt wurde. Die Zurückwölbung in diesem Bereich spricht für eine tiefe Beschädigung in der Wandoberfläche.

Drei wenig dezente Wandanker im 1. Register (zwischen W1.38 und W1.38a) und im 2. Register (zwischen W2.39 und W2.40 und W2.44 und W2.45) um und unter der Schadstelle weisen daraufhin, dass 1981-85 bereits die Gefährdung dieser Wandpartie erkannt wurde. Rechts der drei Figuren (zwischen W1.38 und W1.39) war eine Umrisslinie einer fehlenden Figur im Putz zu erkennen. Diese Figur war offensichtlich 1981-85 noch vorhanden, war später so locker, dass sie mit Hilfe von zwei Eisennägeln gesichert wurde und fiel schließlich ganz ab. Diese Figur konnte unter den Fundstücken identifiziert werden, die aus den Fensternischen geborgen worden waren und wurde als W1.38a bezeichnet (s. o.).

Abnahme der Figuren im 1. Register

Eine Sicherung der Figuren an der Wand erschien aufgrund des schlechten Erhaltungszustandes des Wandabschnittes nicht sinnvoll. Es hätte außerdem bedeutet, die Figuren in der bestehenden vorgekippten und instabilen Position zu fixieren, da sie nicht in Richtung Wand zurückgedrückt werden konnte. Die einzige Möglichkeit, die Situation der Mauerkrone entscheiden zu verbessern, lag darin, die obersten Ziegellagen neu aufzumauern. Nur durch den stabilen Neuaufbau der Wand und eine neue Montierung der Figuren, war eine ausreichende Stabilität für Figuren und Wand zu erzielen. Deswegen wurde nach eingehender Diskussion wurde beschlossen, die drei Figuren mit Wolken und Hintergründen im 1. Register (Abb.) abzunehmen, auch wenn dafür die Reste der ursprünglichen Befestigung durchtrennt und die noch an der Wand haftenden Wolken abgenommen werden mussten.

Alle Hintergrund wurden mit Japanpapier und Klucel E gesichert. Die Hanfschnüre zwischen Dübel und Bambusstangen wurden durchtrennt. Das sich über die Füße von W1.36 und W1.37 windende Band wurde vom linken Fuß der Figur W1.37 getrennt. Die Drahtsicherung, wohl von 1981-85, die um die Bäuche von W1.37 und W1.38 führte, wurde durchgesägt.

Zuerst wurde Figur W1.36, dann W1.38 und zuletzt W1.37 abgenommen. Die Hintergründe hingen in kleineren Stücken an den Figuren und wurden zusammen mit ihnen abgenommen. Die Stücke zur ursprünglichen Mauerkrone hin wurden separat abgenommen. Nach Abnahme der Figuren wurden diese konserviert (Oberflächenreinigung, Verklebung gebrochener Teile, Konservierung strukturell entfestigter Lehmoberflächen, Farbschichtfestigung).

Erkenntnisse zum Wandaufbau und den Schäden im 1. Register

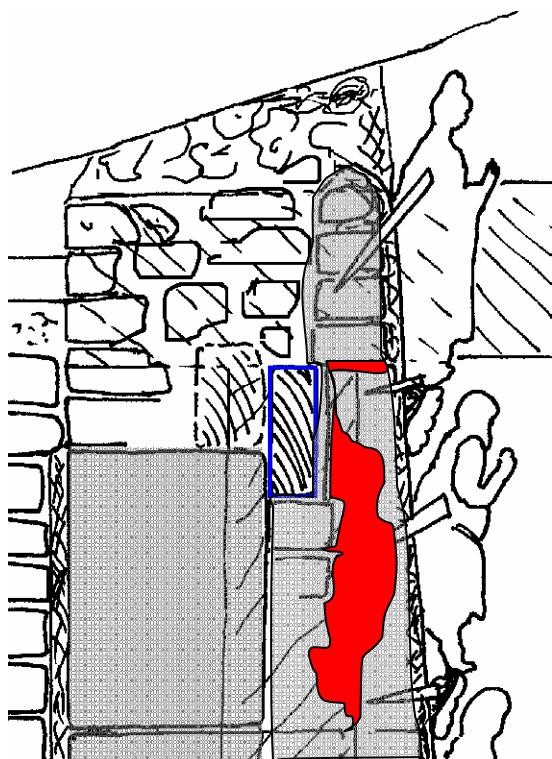
Nach Abnahme der Figuren W1.36 bis W1.38 wurden vier Lagen aus Ziegelstücken dahinter sichtbar, die offensichtlich trotz ihres unprofessionellen Aufbaus aus schmal zugerichteten Ziegelstreifen und kleinen Ziegelbruchstücken zum ursprünglichen Bestand gehören. Darüber war hinter der Aufputzung von 1981-85 die ursprüngliche Mauerkrone erhalten. (Abb.).

Unterhalb (d.h. hinter den Köpfen des 2. Registers) ist ein 12 cm tiefes Wandstück vor einen hochrechteckigen Holzbalken (im Querschnitt 19 x 7 cm) gesetzt. Dieser ist als Sturzriegel (Trageholz) der verlorenen Traufpfette zu interpretieren (Abb.).

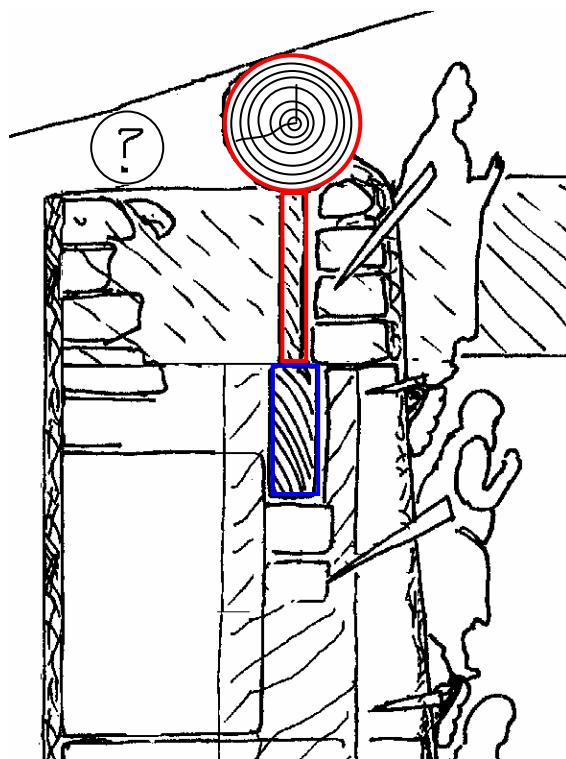
Durch diesen Aufbau war im obersten Register eine bautechnisch bedingte, konstruktive Schwachstelle vorhanden, welche, zusammen mit dem Wassereintrag, die starken Schäden in diesem Bereich erklärt.

Die größeren Ziegel der oberen vier Ziegellagen waren fast alle gebrochen und zur Wand hin im Niveau stark verschoben. Sie wurden deshalb ausgebaut.

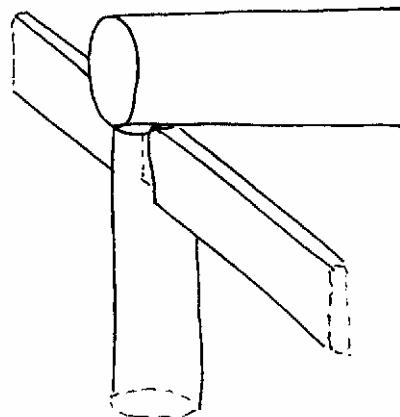
Vor dem Abbau der Wand wurde die Position der Dübel der Figuren genau ausgemessen und auf eine Folie übertragen. Alle Dübel waren ursprünglich in Fugen zwischen den Lehmziegeln eingeschlagen. Die Fußdübel saßen in der vertikalen Fuge unterhalb der vier obersten Ziegellagen.



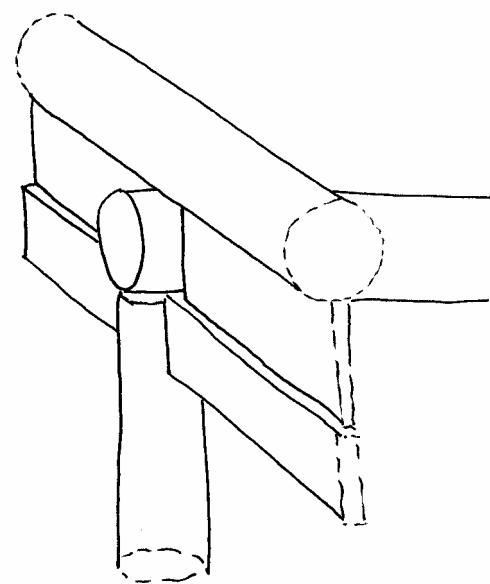
1
Westwand, oberstes Register, Situation 2007
Grau: Ursprüngliche Wandsubstanz
Blau: erhaltener Sturzriegel
Rot: Bruch und Hohlstelle in der Wand



2
Rekonstruktion der ursprünglichen Mauerkrone und der Traufpfette mit doppelstöckigem Sturzriegel
Holz Lehmziegel



3
Westwand, erhaltene Holzkonstruktion



4
Rekonstruktion der ursprünglichen Traufpfette mit doppelstöckigem Sturzriegel

Erkenntnisse zum Wandaufbau und den Schäden im 2. Register

Nach Abnahme der vier Ziegellagen war die Wand hinter dem zweiten Register (Figuren W2.38 bis W2.42) von oben einsehbar. Hinter einem Wandstück mit 12 cm Stärke, in dem die

Ausrichtung der Ziegel nicht eindeutig nachgewiesen werden konnte, befand sich der hölzerne Sturzriegel, der als wandparallele Trennung innerhalb des Ziegelgefüges wirkt. Die Wand davor war so stark vorgekippt, dass ein ca. 6 cm breiter Spalt zwischen dem vorderen Wandstück und dem Holz entstanden war. Der Hohlraum auf eine Breite von ca. 100 cm offen (anschließend war links davon die Wand 1981-85 erneuert, rechts war die ursprüngliche Wand ohne Verwölbung erhalten) und besaß an der tiefsten Stelle, zwischen den Figuren W2.41 und W2.42, eine Tiefe von 42 cm.

Die Untersuchung mit dem Endoskop zeigte, dass dieses Wandstück im Wesentlichen an dem sehr langen und stabilen Dübel von W2.41 hing. Weiterhin waren durch die Neuaufmauerung links und einen großen stehenden Ziegel hinter W2.42 stabile Verbindungen des vorderen Wandstücks in die Tiefe gegeben. Die Dübel von W2.38 und W2.40 waren kürzer und endeten ohne Berührung zur Wand innerhalb des Hohlraumes. Um die Dübel herum waren Hohlräume von 4 bis 5 cm Durchmesser ausgebrochen. Der Dübel von W2.39 konnte mit dem Endoskop unter einem herabgestürzten Stück Lehmziegel ausgemacht werden. Vermutlich ist er dort eingeklemmt.

W2.38 war 1981-85 mit einem Draht um den Bauch gesichert und rückseitig dick mit Lehm angeböscht worden, um auf die Weise eine Befestigung zu schaffen. Die Drahtschlinge endete in dem Lehmklumpen auf der Rückseite der Figur, dieser war wiederum in die Neuverputzung der Wand integriert. Trotzdem war die Figur locker.

Hinter den Figuren W2.39 bis W2.42 war die Wandstärke zwischen Schultern und Knien der Figuren dramatisch reduziert: Zwischen W2.39 und W2.40 am Maueranker und zwischen W2.40 und W2.41 war z. T. nur noch der wenige Millimeter starke Feinputz erhalten.

Maßnahmen zur Stabilisierung der Wand im 2. Register

Als erstes wurden die drei Maueranker (zwischen W2.39 und W2.40, zwischen W2.44 und W2.45 und zwischen W1.38 und W1.38a) entfernt. Die Anker saßen lose und trugen nicht zur Stabilisierung der Wand bei. Die großen Platten auf der Innenseite waren auch ästhetisch störend. Die Schrauben auf der Außenseite der Lehmwand lagen unter dem Lehmputz. Sie waren so verrostet, dass sie kaum noch zu öffnen waren. Das Loch vom Anker zwischen W2.39 und W2.40 wurde anschließend als Zugang für die Stabilisierung der Wand mit Lehmmasse benutzt. Alle Löcher wurden später zugekittet.

Der große Hohlraum hinter den Figuren im 2. Register konnte nicht mit einer der zur Verfügung stehenden Lehmmassen verfüllt werden, da diese hinsichtlich Verteilung, Feuchtegehalt und Schrumpfungsverhalten nicht für derartige Hohlräume konzipiert waren. Für eine Verfüllung muss in jedem Fall ein Zeitraum von vielen Wochen eingeplant werden, um portionsweise Material einzubringen und dies trocknen zu lassen, bevor weiter gearbeitet wird. Außerdem muss eine solide, erschütterungsfreie, passgenaue und justierbare Abstützung von Figuren und Wand konstruiert werden. Auch diese zeitlichen und technischen Anforderungen waren im Rahmen des Arbeitsaufenthalts nicht gegeben.

Deshalb wurde beschlossen, den Hohlraum zu belassen. Es wurde ein Konzept mit folgenden Schritten aufgestellt:

- Stabilisierung der dünnsten Stellen in der Wand (nur Putzoberfläche erhalten) durch Putzauftrag von hinten
- Anbindung der Dübel der Figuren in die Wand, soweit möglich
- Sicherung der Wand durch Anker
- Wiederaufmauerung der Wand hinter dem 1. Register möglichst ohne Gewichtsbelastung für die Wand darunter.

Zur Stabilisierung der Wandoberfläche wurde Lehmstrohputz in die dünnsten Stellen zwischen W2.39, W2.40 und W2.41 mit der Hand von oben hinter den Putz gestrichen. Der

Hohlraum zwischen W2.38 und W2.39 konnte nicht aufgefüttert werden, da hier der Spalt zu eng war, um einen Arm tief genug hineinzustecken (d.h. unter 6 cm). Allerdings war hier die Wand auch nicht so stark gedünnt.

In die Hohlräume wurde jeweils eine dünne Lage Strohlehm aufgebracht, in die als Füllmasse Trockenstücke aus Lehm eingedrückt wurden. Nach 24 Stunden Wartezeit wurde die nächste Lage aufgebracht und nach einem weiteren Tag eine dritte. Dadurch wurde die Stabilität innerhalb der Wandfläche erhöht.

Das Mauerstück vor dem Sturzriegel besteht vermutlich aus zwei liegenden Ziegellagen, die auf einer Reihe stehender Ziegel aufliegen. Die oberste Partie von ca. 12 cm war leicht flexibel, was vermutlich auf Ablösungen entlang horizontaler Ziegelfugen hinweist.

Um zu verhindern, dass das Mauerstück nach vorne wegbricht oder durch unter Druck von vorne nach hinten einbricht, sollte das Mauerstück gesichert werden. Die Sicherung besteht aus kurzen Stangen, die von oben in das Mauerstück eingebracht und nach hinten mit weiteren Stangen als Maueranker fixiert werden. Sinn der Maßnahme war, das Mauerstück durch die vertikalen Stangen in sich zu verdübeln und durch die horizontalen Anker Bewegungen von der Wand weg einzuschränken.

Es wurden vier Sicherungen gesetzt. Diese befinden sich hinter den Köpfen der Figuren des 2. Registers, weil die Wand direkt hinter den Figuren besser erhalten und stabiler ist als in den Zwischenräumen. Drei Anker befinden sich hinter W2.39, W2.40 und W2.41. Der vierte geht in den stabileren Teil der Wand am rechten Ende der Schadstelle hinter die linke Schulter von W2.41.

Als Stangen wurden Stahlgewindestangen mit Durchmesser von 8 mm verwendet. Die Dicke wurde gewählt, weil 10 mm die dickste so ruhig laufende Bohrspitze war, dass damit in eine labile Lehmwand gebohrt werden konnte. Die Stangen in der Wand wurden über Wantenspanner mit den Mauerankern verbunden, so dass eine nachträgliche Feinjustierung möglich war. Die Anker wurden auf der Außenseite der Lehmwand mit Platten verschraubt.

Schwierigkeiten bereitete das Bohren in die Wände:

- In das Mauerstück konnte nur 10 bis 15 cm tief gebohrt werden, ohne zu starke Erschütterungen zu riskieren, da unterhalb die stehenden Ziegel beginnen. Da die Ziegel auch mit dem Endoskop nicht sichtbar gemacht werden konnte, war unklar, wo die Fugen zwischen den stehenden Ziegeln verlaufen. In jedem Fall musste vermieden werden, die Rückendübel der Figuren zu treffen. Deshalb wurden die Bohrungen nur in die liegenden Ziegellagen gesetzt.
- Durch die 50 cm dicke Wand konnte nur oberhalb des hölzernen Sturzriegels gebohrt werden und nur leicht schräg nach unten, da bei der Wandreparatur 2007 von außen Hartbrandziegel eingebaut wurden, die mit dem vorhandenen Bohrer nicht durchbohrt werden konnte. Dadurch setzen die Anker etwas zu hoch an den Sicherungsstangen an und verlaufen in einem ungünstigen Winkel. Es gab jedoch keine umsetzbare Alternative.

Positiv ist, dass die Konstruktion nach Neuaufmauerung der Wand komplett unsichtbar sein würde.

Die Gewindestangen wurden mit Lehmmasse HFM 2 und 3 in die Mauer eingekittet und nach dem Trocknen mit den Ankern verbunden. Zusätzlich wurden Stücke von Gewindestangen oberhalb des Holzes in vorgebohrte Löcher eingekittet. Diese diente als Auflage für die neuen Ziegel in der Wand und somit als Entlastung für das stabilisierte Mauerstück. Auf der Außenseite der Westwand liegen die Platten und Schrauben leicht unter Niveau und wurden nach Fertigstellung der Arbeiten mit Strohlehm zugeputzt.

Stabilisierung der Figuren im 2. Register

An Figur W2.38 wurden die Aufkittungen im Rücken (1981-85) und darin eingeputzte Draht um den Bauch entfernt. Obwohl nur noch durch die Fußdübel gehalten, saß die Figur danach noch erstaunlich fest. Um eine Stabilisierung über den Dübel wieder herzustellen, wurde dieser mit einer Gewindestange verlängert, so dass er bis in den festen Teil der Wand reichte. Allerdings war auch dort das Material so locker, dass die Gewindestange selbst mit Einspritzen von Lehmmaße nicht zugfest saß. Deshalb wurde sie erneut entfernt. ein durchbohrtes und zugespitztes Holz wurde angefertigt in die Wand eingeführt und dort die Gewindestange durch das Loch geführt. Das Holz wurde so gedreht, dass es sich hinter den festen Ziegeln im vorderen Teil der Mauer verhakt. Dann wurde die Gewindestange erneut in der Wand eingekittet und am Dübel der Figur mit einer Hanfschnur verknotet. Abschließend wurde der Ausbruch um den Dübel zugekittet.

Die anderen gelockerten Figuren (W2.40, W2.42) wurden nach dem April 2007 erprobten System an die Wand geklebt.

Neuaufmauerung der Wand im 1. Register

Nach Fertigstellung der Verankerung wurde aus vier Lagen passend zugeschnittener Ziegel die Mauerkrone neu aufgebaut. Als Sicherheit wurden Abstandshalter aus Trockenstücken (Lehm mit poraver® und Fasern) zwischen Mauerstück und Holz gesetzt.

Die Wandfläche des 2. Registers wurde vor den Mauerarbeiten als Schutz vor Verschmutzungen mit Japanpapier abgeklebt.

Die Lehmziegel wurden um die Metallstangen herum platziert und diese nur grob mit eingeputzt. Die Positionen für die Dübel der Figuren wurden vorab markiert, so dass diese in die Fugen platziert werden konnten. Als Mörtel diente ein feuchter Lehmstrohputz aus „schwarzer Erde“ mit hohem Anteil von grobem Stroh (angemischt von Herrn Xu). Die Oberfläche wurde mit Lehmstrohputz verputzt.

Wiederanbringung der Figuren im 1. Register

Nach Abtrocknen der Putzoberflächen (10 Tage, jedoch mit Dauerregen) wurden die Figuren des ersten Registers neu angebracht. Die Dübellöcher im Rücken wurden ausgebohrt. Einer der Fußdübel von W1.37 wurde nicht wieder verwendet, weil er stark gekürzt werden müssen, sondern durch einen neuen Dübel aus Perückenstrauch ersetzt. (Der Originaldübel befindet sich zur holzanatomischen Bestimmung in Deutschland).

Bei den Figuren W1.38a und W1.36 wurden die zu kurzen Rückendübel durch Gewindestangen (Durchmesser 8 mm) verlängert, die mit in das Dübelloch im Rücken der Figur eingesetzt und mit Hanfschnur am Dübel festgebunden wurden.

Die Figuren wurden ausgehend vom erhaltenen Teil der Wand auf der rechten (nördlichen) Seite des Wandabschnitts wieder angebracht, um möglichst perfekte Anschlüsse zu erzielen. Es wurde mit W1.38a begonnen, dann folgten W1.38, W1.37 und zuletzt W1.36. Dabei mussten die Hintergrundstücke, bestehend aus mehreren Teilen (Zwischenraum zwischen zwei Figuren, Mauerkante, Zwischenraum zwischen den Beinen der Figur) zuerst angebracht werden. Die Hintergründe mussten rückseitig dort abgearbeitet werden, wo sich die Fugen und Strukturen der alten Lehmwand als Verdickung abzeichneten. Dafür wurden die Hintergrundstücke mit Japanpapier kaschiert und im Sandbett bearbeitet.

Alle Figuren wurden zur Probe mit Abstand zur Mauer mit Stangen an die Wand gesteckt, dann die Hintergründe dazwischen platziert, bis eine möglichst perfekte Einpassung erzielt war. Dies war durch die Fragilität der Hintergrundstücke, die größtenteils noch vorderseitig kaschiert waren, eine diffizile Aufgabe. Da Hintergrundstücke auch gebrochen und verzogen waren, war eine perfekte Einpassung nicht für alle Stücke zu erzielen.

Zuletzt wurde das über die Füße von W1.36 und W1.37 verlaufende Band mit Draht stabilisiert, in sich gekittet und neu angebracht.

Nach dem Anbringen wurden die Hintergründe mehrere Tage, die Figuren mehrere Wochen abgestützt. Im April 2008 erschien die gesamte Schadstelle sehr stabil.

Nur die Mauerkrone wurde nicht aufgebracht, um nicht zuviel Feuchtigkeit in die Wand einzubringen. Sie wurde geordnet eingelagert und der Spalt nur mit Hanfpapier abgedeckt. Die Anbringung war für April 2008 geplant, war jedoch nicht möglich, weil das Gerüst nicht mehr stand und die Mauerkrone somit zu weit oben war, um sie vom Sockel aus zu bearbeiten. Die Anbringung der Mauerkrone wird zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Behandlung strukturell entfestigter Oberflächen (faserige Oberflächen ohne Fassung)

Das Vorgehen war wie im April 2007. Die Schäden waren an den bearbeiteten Figuren weniger stark als an der Nordwand, Teil 1.

Festigung der Farbfassung

Die Malschichtfestigung wurde genau wie im April 2007 ausgeführt.

Entfernung und Erneuerung von älterer Putzreparaturen und Ergänzungen

Nordwand, Teil 2

Westwand, Abschnitt 2

Hinter den Figuren W1.34-W1.35, W2.36-W2.37 wurde bei der Maßnahme die Wand 1981-85 neu aufgeputzt und die Figuren neu montiert (s. o.). Die Wolken im 1. Register wurden ergänzt, die im 2. Register aus Fragmenten von Originalwolken zusammengesetzt (vermutlich Fundstücke). Nur die Wolke unter dem rechten Fuß von W2.36 gehört an diese Stelle.

Bei der Wandverputzung 1981-85 wurde auf Höhe der Oberkörper von W2.36 und W2.37 eine so starke Delle in der Wand geschaffen, dass sich die beiden Figuren fast 5 cm hinter dem eigentlichen Niveau befanden.

Nachdem klar war, dass die Figuren W1.34 und W1.35 aus Stabilitätsgründen abgenommen werden mussten, wurde entschieden, die Gelegenheit zu nutzen, die Wand ausgleichend aufzuputzen. W2.36 und W2.37 wurden deshalb abgenommen, obwohl dies nicht konservatorisch erforderlich war. Figuren und Wolken darunter waren 1981-85 neu montiert worden.

Die Figuren und Wolken wurden abgenommen und konserviert. Die Wandfläche wurde rautenförmig angeritzt und von Herrn Xu mit Lehmstrohputz („schwarze Erde“ mit Weizenstroh) verputzt. Nach dem Antrocknen wurde im lederharten Zustand die Oberfläche geglättet. Die Positionen für die Dübel waren zuvor markiert worden.

Die Figuren wurden wieder angebracht. Die vier fehlenden Fußdübel wurden aus Perückenstrauchästen nachgeschnitten. Zur Verbindung mit den Figuren dienten Hanfschnüre. Die Wolken unter den Figuren W2.36 und W2.37 wurden wieder so angebracht, wie sie zuletzt gewesen waren. Die ergänzten Wolken von 1981-85 unter W1.34 und W1.35 (3 ½ Stück) wurden nicht wieder angebracht, sondern eingelagert.

Das ausgebrochene Stück vom erhabenen Feld (eine Art Raumteiler unterhalb des Fensters 2) zwischen W3.45 und W3.46 wurde im Niveau des Grundputzes aufgeputzt, um das erhaltene

Stück zu stabilisieren. Die ergänzte Wolke unterhalb des Feldes wurde abgenommen und nicht wieder montiert.

Die Wolke unter W1.39 wurde abgenommen. Es handelt sich um eine Wolke von dem selteneren Typ der „kleinen Wolkenstrudel“. Sie gehört zum dem ursprünglichen Bestand, war jedoch 1981-85 an die falsche Stelle geklebt worden. Da dieser Wolkentyp höher ist als der hauptsächlich verwendete Typ der „Doppelwolke“, verdeckte die Wolke Teile des gemalten Hintergrunds. Der 1981-85 entstandene Unterbau der Wolke wurde deshalb entfernt. Die Wolke wurde beschriftet und eingelagert.

Westwand, Abschnitt 3

Die Ausbesserung des Putzes von 1981-85 an der südlichen Ecke des verlorenen Pavillons wurde auf ein passendes Niveau abgeflacht. Der große Riss zwischen Ergänzung und ursprünglicher Wand wurde aufgefüllt und die Oberfläche der Ergänzung überputzt.

Die neuen Oberflächen der Wände von 1981-85, welche durch die Verwendung unterschiedlicher Putze und Klebemassen sehr uneinheitlich aussahen, wurden mit einer dünnen Suspension „schwarzer Erde“ eingeschlämmt, um eine optische Beruhigung herzustellen (Maßnahme durch F. Thornton-Jones).

Westwand, Abschnitt 1

Die nur grob verputzte Aufmauerung über dem Fenster wurde von Herrn Xu mit Lehmstrohputz auf dem Niveau des Grundputzes glatt verputzt.

1.4 Nachhaltigkeit der Maßnahmen

Die Überprüfung im Herbst 2007 und im April 2008 der 2001, 2002 und 2007 bearbeiteten Testfelder zeigte, dass die Stabilität der Klebungen ausreichend ist. Lediglich gebrochene Kleinteile, deren Brüche nur über feine Risse oder kleinste Flächen mit Klebemasse benetzt werden konnten, waren teilweise wieder gelockert. Eine stärkere Klebkraft für kleine Teile (Verbesserung der Masse HFM 2) wäre deshalb wünschenswert.

Weiterhin wurden im Herbst 2007 einige gelockerte Teilstücke festgestellt, die im April 2007 nicht mehr hinreichend hatten bearbeitet werden können (z.B. das Rankenband unterhalb der Figuren der Nordwand).

Das größte Problem stellte die doch erhebliche Neuverstaubung dar, die z. T. noch durch die Bauarbeiten außen an der Wand und den Lufttransport durch die Fenster, im Wesentlichen durch die Ventilatoren bedingt war. Die Ventilatoren wurden daraufhin testweise mit Styroporplatten verschlossen. Befürchtete negative Folgen für die relative Feuchte im Innenraum ließen sich trotz einer Regenperiode nicht feststellen.

Zwischen November 2007 und April 2008 sind die Ventilatorenöffnungen zugemauert worden. Die Reduzierung der Neuverstaubung ist überzeugend.

Im April 2008 war auch das Gerüst ausgebaut worden. Dadurch waren die oberen Register nicht mehr erreichbar. Gleichzeitig waren kleine Schäden zu beobachten, die möglicherweise auf mechanische Belastungen beim Gerüstabbau zurückgehen. Diese Annahme kann in Zukunft überprüft werden, da ab jetzt bis zur Neueinrüstung mechanische Schäden ausgeschlossen sein sollten.

Bericht über den Arbeitsaufenthalt, 19.3 bis 13. 4. 2008

Catharina Blaensdorf, Kristina Holl

Thema:

Tests für Hohlraumhinterfüllung am Shuilu'an im Zentrum für die Erhaltung und Restaurierung der Kulturgüter der Provinz Shaanxi (Zentrum für Restaurierung)

Die Ergebnisse der Gespräche sind in separaten Gesprächsprotokollen festgehalten. Die Beschreibung der Versuchsreihen finden sich im Bericht von K. Holl über die Untersuchungen zur Ermittlung einer Hinterfüllmasse für größere Hohlräume.

Ziel der Reise war die Fortführung der in Deutschland zwischen September 2007 und Februar 2008 begonnenen Testreihen zu geeigneten Hinterfüllmassen auf Lehmbasis. Dabei sollten zum einen die Lehmmassen, Putze und Lehmziegel vom Tempel und seiner Umgebung einbezogen werden, zum anderen die Applikation an die Wand mittels nachgestellter Miniaturmodelle erprobt werden. Besuche vor Ort dienten der Klärung von Detailfragen im Zusammenhang mit den bisher durchgeföhrten Untersuchungen und den Konservierungsarbeiten im Jahr 2007.

17. 3.

Abends Abflug von München

18. 3.

Abends Ankunft in Xi'an, abgeholt von Yan Min und Ma Tao, gemeinsames Abendessen im Restaurant „Seidenstraße“ in der Yanta xi lu.

19. 3.

Besprechung des Jahresprogramms für 2008 und des Arbeitsprogramms für den Aufenthalt im Zentrum für Restaurierung. Anwesend: Qi Yang, Ma Tao, Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan, Blänsdorf, Holl (s. Gesprächsprotokoll)

Nachmittags Besprechung mit Ma Tao über Details der Arbeit und über den aktuellen Stand der Restaurierung von Lehmskulpturen in China. Er stellt die Untersuchungen von Frau Yang Qiuying (Qingliansi (Klarer (grünes?)) Lotus-kloster), Shanxi; Tang bis Yuan) und Frau Zhou Ping (Werkstattleiterin; Guanyinsi in Xining/Chengdu, Sichuan; Song) vor. Ma Tao gibt uns ein ppt und einen Text über Untersuchungen/Tests am Guanyinsi, sowie eine Kopie über die Restaurierung einer Qing-zeitlichen Skulptur der Mazu aus Tainan/Taiwan.

20. 3.

Fahrt zum Shuilu'an. Dabei sind Yan Min, Yang Qiuying, Liu Linxi, Ma Linyan, Wang Yongjin.

Für das Tempelfest im Februar wurde das Gerüst abgebaut und die Halle gereinigt. Der Fußboden und der Ziegelsockel sind sehr sauber.

An der Westwand ist seit November die Schutzwand vor die Lehmwand gesetzt worden. Sie besteht aus einer doppelten Reihe grauer Hartbrandziegel und besitzt fünf kleine, vergitterte Fenster, die ein Drahtgitter, aber keine Verglasung besitzen. Die Fenster sind nicht an der Position der ursprünglichen, sondern versetzt. Der Gang zwischen den Mauern ist 60 cm breit und durch eine Metalltür an der Südecke zu betreten (der Schlüssel dafür ist an unbekannter Stelle und nicht zugänglich). Die sechseckigen Öffnungen der Ventilatoren sind von außen zugemauert, ohne die Ventilatoren zu entfernen.

An diesem kalten regnerischen Tag beträgt die Temperatur an der Nordwand draußen nachmittags 7-9 °C und 87-95 % rF und innen in der Nordwestecke 12,5-13,7°C und 60-69 % rF. An einer Fuge der Fußbodenplatten vor dem Unfallrelief ist ein unerklärlicher Wasserrand, der Erstaunen hervorruft und bislang niemand aufgefallen ist.

Messungen der Temperatur an der Wand mittels Infrarotthermometer um 11 Uhr ergeben im Inneren in der Nordwestecke 10 °C auf dem Fußboden und bis 12 °C an der Nord und Westwand unterhalb des Daches. Die Nordwand außen hat 3,5 bis 4 °C, im Bereich des Hohlraumes durch die Schutzmauer vor der Westwand 5 °C.

Aufnahmen mit einer Thermographiekamera (ThermoTracer TH 7700SP der Fa. NEC, Messung über Laser) werden an verschiedenen Stellen durchgeführt (bedient von xiao Wang). Die Wand wird dazu mit einem Heizlüfter über 10 bis 30 Minuten auf maximal 30 °C erwärmt. Die so gemessenen Temperaturunterschiede sind jedoch schwer zu interpretieren und weniger eindeutig als gehofft. Im Unfallrelief lässt sich der Hohlraum hinter dem Ochsenkarren erkennen.

Nebenher werden Detailbeobachtungen zur Technik protokolliert, die den Bericht von deutscher Seite ergänzen sollen.

Die chinesischen Kolleginnen protokollieren den Zustand der konservierten Wandabschnitte. Locker sind:

- Wolke unter W4.65
- Rosette am Gürtel von W1.35, links außen (>> wieder angeklebt)
- Verzierung am Rahmen unter Fenster 1: Diese fällt ab, seit April 2007 ist die Hälfte der Verzierung abgefallen und nicht mehr auffindbar (>> Rest 21. 3. wieder angeklebt)
- Kopf von N3.1

Teils scheinen die Schäden, z.B. der lockere Kopf von N3.1 wie auch kleinteilige Beschädigungen an Ärmelkanten im 2. und 3. Register im Zusammenhang mit dem Gerüstabbau zu stehen. Die abgelöste Rosette ist davon nicht betroffen. Ob die Wolke unter W4.65 bereits geklebt wurde, muss überprüft werden.

21.3.

Detailbeobachtungen zu Technik und Konservierung werden fortgesetzt. Zusammen mit Frau Yang werden die Fragestellungen für weitere Probenentnahmen besprochen und die bisherigen Ergebnisse vorgestellt. Auf ihren Wunsch wird die Mittelwand/Rückseite angesehen. Am Knie des *wenshu pusa* findet sich der erste und eindeutige Beweis, dass das Gewand überfasst ist. Da Zhao Liang nicht da ist, können die Schränke nicht geöffnet werden und somit auch keine Stücke für Proben ausgesucht werden.

Aus der Kammer hinter der Küche werden Sand, Erden und originale Lehmplatten der Westwand mit nach Xi'an genommen.

Das Klima wird von 10:00 bis 17:30 Uhr stündlich aufgezeichnet. Der Regen hat aufgehört und die Sonne kommt durch. Drei Thermohygrometer messen in der Nordwestecke an der Nordwand, der Westwand und auf dem Fußboden am Wasserfleck, ein weiterer draußen an der Nordwand. Drinnen liegen die Temperaturen bei 12,6 bis 13,9 °C und 64 bis 71 % RF an der Wand und 11,6 bis 12,2 °C und 71-75 % rF auf dem Fußboden am Wasserfleck. Draußen steht der Thermohygrometer auf dem Sockel der Überwachungskamera neben der Westtür des südlichen Anbaus in 1,50 m Höhe, der externe Fühler hängt auf 80 cm Höhe herunter. Die Werte betragen 11°C (10:00) bis 14,4 °C (14:10) bei 83 % rF (10:00) bis 64 % (17:30).

24. 3.

Im Zentrum für Restaurierung ist im Souterrain ein Raum der Steinrestaurierung für die Versuche zur Verfügung gestellt worden. Als Vorbereitung werden Sand und Erde gesiebt, die Mengen abgemessen und eingeweicht.

25. 3.

Klebreiswasser ((*nuo*) *mi jiang* 糯米漿) wird zubereitet und angesetzt. Die Zuschläge für die Lehmmassen werden zugegeben.

Standfestigkeitstests in Reagenzgläsern aus Plastik angesetzt.

26. 3.

10 Uhr: Standfestigkeitstests angesetzt

Fließgrenztests, wie in der Diplomarbeit von D. Geyer beschrieben, werden durchgeführt.

Riss-Abzugstests (auf Ziegeln („Ziegeltests“), Ø 5 cm und Putz, Ø 3 cm) werden angesetzt.
Schrägwandtests zum Fließverhalten der Massen auf Sperrholzplatten.

27. 3.

Weitere Ziegeltests.

Von einer Abbruchbaustelle westlich des Hui-Vietels werden Lehmziegel in zwei Containern und zwei Säcken geholt. Die Ziegel zeigen zwei verschiedene Formate (36 x 21 x 4 cm und 37 x 22 x 5,5 cm) und bestehen aus unterschiedlichen Lehmsorten (kleine Formate gelb, große braun). Die Unterseite und die Kanten zeigen noch Graufärbung durch Asche, die Oberseite Abdrücke der Steinklopfer mit ca. 14 bis 15 cm Durchmesser. Die Ziegel enthalten keine Bestandteile über 0.08 mm (kein Sand ?) und keine Steine.

Aus den kleinen Formaten wird ein Miniatur-Wandmodell gebaut, bestehend aus Boden und zwei stehenden Lehmplatten, deren Abstand (1 bzw. 2,5 cm) seitlich mit Lehmstrohputz verschlossen wird.

28. 3.

Tests zur Bedämpfung von Hohlräumen mittels eines Dampfstrahlgerätes an aufgestellten Ziegelplatten.

Tests zur Benetzung der Wand mittels eines „Sprühkopfschlauches“.

Erste Tests zur Klebung von Ziegel auf Ziegel („Sandwichtests“) mit Abstand (dickflüssige Massen) und ohne Abstand (dünnflüssige Massen)

30. 3.

Ankunft von Prof. Emmerling und Frau Wiesmann-Emmerling aus Shanghai. Diskussion mit den Kollegen aus Lintong zum Kongress im April 2009 und gemeinsames Abendessen.

31. 3.

Fahrt zum Damingong mit Herrn Emmerling, der dort fotografieren möchte. Die Kulissenarchitektur der Hallen ist gerade abgerissen worden. Die Reste werden zerlegt und entsorgt. Mittagessen mit Feng Jian und seiner Mitarbeiterin.

Nachmittags: Beurteilung der „Ziegeltests“, der Prüfkörper auf Putz und der „Ziegelsandwiches“ durch Abziehen von Hand.

Eine weitere Serie von „Ziegeltests“ wird angesetzt. Die Tylose wird neu angesetzt. Sand von einer Baustelle am Historischen Museum besorgt, getrocknet und gesiebt, da der Sand vom Shuilu'an zu Ende ist. Leider ist der Baustellsand ungesiebt.

1. 4.

Herstellung der kompletten zweiten Serie der Tests („Ziegeltests“, Prüfkörper auf Putz, „Sandwiches“). Das Klebreiswasser wird neu angesetzt, da die Mischungen mit brauner Erde schlecht geworden sind (riechen sauer und sind dünnflüssig).

2. 4.

8:00 bis 10:00 Uhr: Fertigstellung der Testreihen im Labor.

Fahrt zum Shuilu'an mit Prof. Emmerling und Frau Wiesmann. Von chinesischer Seite mit dabei sind Qi Yang, Yang Qiuying, Ma Linyan, Liu Linxi und Yan Min.

Nachmittags Diskussion der weiteren Arbeiten im Zentrum für Konservierung. Teilnehmer: Ma Tao, Qi Yang, Zhou Weiqiang, Yang Qiuying, Ma Linyan, Liu Linxi, Yan Min, Emmerling, Blänsdorf, Holl.

Abendessen in einem koreanischen Restaurant am Xiaozhai als Abschiedsessen für Emmerlings.

3. 4.

Morgens: Abflug von Prof. Emmerling und Frau Wiesmann nach Beijing und von dort Rückflug nach München

Diskussion über Testreihen für die Bewertung von Festigungsmaterialien für die Farbfassung.

Nachmittags: Tests mit Wandmodellen: Die Hohlräume werden gefüllt.

4. 4.

Totengedenktag, arbeitsfrei. Treffen mit Ines Scholz im Archäologischen Institut.

Nachmittags: Berichterstellung im Hotel

7. 4.

Vormittags im Zentrum für Restaurierung. Probendokumentation und Kopieren von Bildern und Berichten der chinesischen Seite für die deutschen Kollegen.

Mittags Fahrt nach Lintong ins Museum der Terrakottaarmee. Besprechung mit den Kollegen wegen des Arbeitsaufenthaltes in Deutschland und mit Rong Bo wegen des Aufenthalts von Rupert Utz in Lintong.

8. 4.

Fahrt zum Shuilu'an im Regen. Der Wasserfleck in der Fliesenfuge vor der Nordwand im rückwärtigen Teil ist unverändert und feucht.

Zusammen mit Frau Yang unternimmt Herr Zhang, Restaurator vom Historischen Museum Shaanxi, eine Untersuchung der Westwand mit einer UV-Lampe. Man sieht verschiedene maltechnisch bedingte Fluoreszenzen und einige durch herabgetropfte Anstrichmittel oder Festigungsmittel. Mowiol 4-88 und Klucel fluoreszieren nicht, das Bindemittel der Farbfassung und Vergoldungen auch nicht bis auf die pastos aufgetragenen Weißhöhungen und Linien. Die Grundierung fluoresziert weißlich.

Anschließend Klebung einiger wieder abgelöster Teilstücke mit der Masse HFM 2RG in unterschiedlicher Verdünnung, da schlecht spritzbar. Dübelloch in der Fehlstelle einer Figur zwischen W2.42 und W2.43 mit Zeitung ausgestopft und zugekittet mit HFM 3TB, um Luftdurchzug nach innen zu verhindern. Ein vergessenes Japanpapier und einige Lehmflecken von der Konservierung im Herbst 2007 entfernt.

Bis zum Abend Dokumentation zu technischen Fragen an der Westwand und Hohlraumkartierung an der Westwand Abschnitt 2 und 3 durch Abklopfen. Fünf Proben (SLA 54 bis SLA 58) an Westwand entnommen.

Abendessenseinladung bei Xu *si* (Xu Liujin) zum Nudelessen.

9. 4.

Morgens Beginn der Abrissstests an der zweiten Serie der Proben (Proben auf Putz, 3 cm Durchmesser) und Organisation des Transports der Lehmziegel nach Deutschland.

Mittags fahren Yan Min und C. Blänsdorf zum Shuilu'an. C. Blänsdorf dokumentiert weitere Fragen zum Aufbau und zu Veränderungen der Westwand. Yan Min und Xu *si* holen zwei

Säcke gelber Erde in Stücken südlich von Lantian und zwei Container braune Erde am Berg hinter dem Shuilu'an.

K. Holl führt alle Abrissstests zu Ende und protokolliert die Ergebnisse.

10. 4.

Auswertung der Ergebnisse am Computer im Labor. Nebenher der Versuch, die Erde aus Lantian zu trocknen. Die braune Erde enthält Wurzeln und einige Regenwürmer und ist eventuell mehr von der Oberfläche entnommen als die erste Charge, die 2007 verarbeitet wurde.

11. 4.

Brechen und Auswertung der vier Wandmodelle. Diese zeigen, dass das Applikationsverfahren noch nicht ausgereift ist: Die Benetzung der Wandflächen ist unvollständig und die innerhalb der Füllungen bilden sich Risse, die einen festen Zusammenhalt verhindern.

Fertigstellung des Berichts und Aufräumen des Laborraumes. Nebenher weitere Trocknung der Erde und Vorbereitung des Transports der Erde und der Ziegel.

Gemeinsames Abendessen im Restaurant „Seidenstraße“ in der Yanta xi lu.

12. 4.

Abschiedsabendessen mit Ma Tao und An Min in einem buddhistischen Restaurant an der Da Yanta.

13. 4.

Rückflug, Ankunft in München um 19:45.

Report on the working visit, October 15 and Nov. 6 to 8, 2008

Catharina Blaensdorf

Aim:

Covering the original windows in the west wall with dust proof but air permeable screens to reduce the dust and air flow in the hall

Oct. 15, afternoon

Visit of the Shuilu'an: C. Blaensdorf is picked up by Yan Min and Liu Linxi who is just back from Sichuan. The new director of the Shuilu'an, Mr. Cheng, and Zhao Liang welcome us. The craftsman who is supposed to make the frames for the screens is also present. The space between west wall and new protection wall has been meanwhile been cleaned out.

Steps of work:

- Measuring the windows, clearance:

window 1 (north end): 42 x 31 cm

window 2: 37 x 16 cm

window 3: 25 x 14 cm

window 4 (south end): 38 x 26 cm

- Smoothing the surrounding of the windows by applying mud-straw mortar around to of them to obtain a straight surface. (Fortunately the roof of the toilet house is under repair and as mud is used as bed for the tiles, brown soil mixed with water is already available. Straw is still there from the last work stay.

- Design for the frames: good quality of wood, stable corner connections, two frames fitting one into the other

- Fixing the frames to the wall: Zhao Liang proposes to insert wooden dowels into the wall and drive the screws fixing the frames into these dowels.

- Screens: Besides the Tyvek 1622 brought to China by C. Blaensdorf, Mrs. Liu will check for other suitable materials. She will also test a hand sewing machine to sew the hook-and-loop tape (Velcro strip, Klettbänder) to the screens.

- The interspaces between the rafters above the new wall should be closed to avoid animals coming in there and also to reduce the air flow.

- Exchange of the data loggers. The one outside is located in a metal cage (for baby rabbits) below the roof of the northern annex building. Inside there are two: One on the pedestal of the Sakyamuni on the Central wall, one of the lotus flower pedestal of the 1000-armed *guanyin*. The recorded data will be given to C. Blaensdorf by Yan Min.

Situation inside the hall/west wall:

- Situation unchanged. The floor is cleaned with the big vacuum cleaner now once a week and cleaned wet for further cleaning.

- The mysterious water mark on the floor below the accident scene is still there and slightly larger than before (photograph).

- Droppings of mice can be found on the floor, though not many. As the doors on the side do not close well and some panes are broken and the open interspaces between the rafters on the protection wall of the west wall, it is not surprising to have mice here.

- The conservation areas of 2007 are already considerably dusty again. Therefore a dust control is proposed using a black plastic sheet placed in a corner (as little visible and obtrusive as possible) on which the settling of new dust can be easily recorded each time the data logger has to be exchanged.

- Visitors: The number of visitors is 20 to 30 per day and 20 000 during the temple festival.

- Test the UV-lamp: The lamp has to be brought close to the sculptures (about 30 to 40 cm distance) but is strong enough to see the fluorescence well.

Nov. 6, Thu

Installation of anti-dust windows:

- The wedges are inserted into the wall, as far as possible into joints between the clay bricks. Four wedges are prepared for each window: two on each vertical frame piece. As window 2 and 3 have been diminished due to the steel supports of the beams, the wedges cannot be inserted next to the beam. Therefore on window 2 the wedge sits on the upper frame piece instead of the upper part of the left; on window 3 no wedge is on the right frame piece, but there is one in the upper, the lower and the left frame piece (only three altogether).
 - For the frames 20 year old coniferous wood has been used, partly showing deep shrinkage cracks and branch knobs, but rather straight annual rings.
- The frame for window 3 is too small (27 instead of 37 cm clearance height) and has to be made again.
- Steel spring clips are nailed to the outer frame (one clip per frame piece) to hold the inner frame in place.
 - Holes are drilled through the outer frames to match the position of the wedges. The wedges are inserted using sand-mud plaster. Screws (60 mm long, 4 mm diameter) attach the frames to the wedges.
 - Afterwards the joint between outer frame and wall is closed using straw mud. On window 2 the difference in level is considerable (up to 4 cm). The plaster on the left side is partly removed: it is old, but not original as it is covering fired bricks. On the right side a thick layer of mud plaster is applied.
 - On the inner frame the hook side of the Velcro strip is attached with staple cramps. The loop side of the Velcro strip is sewn to the Tyvek fleece.

Nov. 7, Fri

Windows finished:

- The straw mud around the outer frame is not dry yet, but is dry enough to insert the inner frames in the afternoon.
- The window reveals are cleaned using a vacuum cleaner. The polystyrene is removed.
- A test with a pocket lighter shows that there is no detectable air flow through the windows anymore.

The data logger outside is showing 55 °C and therefore is uninstalled to be checked in Germany. C. Blaensdorf takes it to Munich.

Test the UV lamp on area 1 of the west wall. Considerable differences between single colours and different binding media can be detected.

Evening, 16:30-17:30. Discussion with Ma Tao and Qi Yang about the work in 2009:

For the Chinese colleagues the aim of the work is “to develop a scientific method for conservation and restoration of clay sculptures”. As part of the report to be sent to the National Office for the Preservation of Cultural Heritage (*Guojia wenwuju*), they need an “evaluation of the work done in the Shuilu hall between 2001 and 2007” or a “compilation of methods for evaluation”. - Final dinner with Qi Yang and Yan Min.

Nov. 8, Sat.

C. Blaensdorf returns to Germany. She meets Mrs. Yang, Mrs. Liu and Mrs. Ma from the Center for Restoration in Beijing and flies together with them to Munich.

Nov. 10, Mon.

Begin of work with Mrs. Yang, Mrs. Liu and Mrs. Ma in Munich.

Protokoll über den Arbeitsaufenthalt, 8. bis 30. November 2008 von Mrs. Yang Qiuying, Mrs. Liu Linxi und Mrs. Ma Linyan in München

Catharina Blaensdorf

Die drei Mitarbeiterinnen des Zentrums für Konservierung der Kulturgüter der Provinz Shaanxi in Xi'an kamen für drei Wochen nach München. Schwerpunkt der Arbeiten war die Fortführung der Testreihen für die Optimierung von Hinterfüllungsmörteln. An den Tests und der Betreuung der chinesischen Gäste arbeiteten Diplomrestauratorin Kristina Holl sowie Laura Thiemann und Leonie Saltzmann (studentische Hilfskräfte) mit.

Programm

8. Nov., Samstag

abends: Ankunft in München mit CB, die aus Xi'an zurückkommt. Fahrt ins Hotel (Derag Hotels, Hotel Max Emmanuel, Rablstr. 10)

10. Nov. Montag

Rundgang und Einweisung im Lehrstuhl für Konservierung, nachmittags frei

11. Nov., Dienstag

Vorbereitung der Prüfkörperherstellung: Lehme sieben, Prismen schleifen

12. Nov. Mittwoch

10-12 Uhr Besprechung mit Prof. Emmerling (Übersetzung: Chen Peihsiu), gemeinsames Mittagessen im Restaurant Paradiso

Nachmittags: Erklärung der neuen Hinterfüllmassen, Prüfkörper und Messungen (Übersetzung von Chen Peihsiu)

13. Nov., Donnerstag

Haftzugmessungen, Diskussion der Literatur über Festigungsmittel

14. Nov., Freitag

frei für Literaturstudium über Festigungsmittel

15. und 16. Nov (Sa, So)

Die drei Chinesinnen fahren nach Augsburg, Regensburg und Nürnberg

17. Nov., Montag

Herstellung Prüfkörper, Reinigen der Prüfstempel. Vorstellung des Zusatzes „Addiment“.

Vorbereitung eines Lehmziegels mit Rinnen. Prismen schleifen und drei Stück aufkleben

19:00 Begrüßungsessen im Franziskaner

18. Nov., Dienstag

Herstellung von neuen Prüfkörpern für Haftzugmessung. K. Holl leih im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege das Handgerät für Haftzugmessungen aus.

15:23 Abfahrt der drei chinesischen Expertinnen mit der Bahn nach Mainz mit C. Blänsdorf

19. Nov., Mittwoch

10 Uhr Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz: Besichtigung der Werkstätten mit Führung durch Uwe Hertz und Susanne Greiff, Rückfahrt um 17:13

20. Nov., Donnerstag

10 Uhr: Besuch im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege mit Vorführung der Zugfestigkeitsmessmaschine („Zwick“) durch V. Tucic: Als Problem zeigt sich, dass die Prismen an einem oder beiden Enden nahe der Klebung abreißen und nicht in der Mitte. Herstellung von weiteren Prüfkörpern (braune Masse). Casagrande-Test für die Massen 1G3H + T+A und 1G3H+T

21. Nov., Freitag

Haftzugtests mit Handmaschine. Auswertung der Fließgrenz- und Ausrolltests für 1G3H + T (+A)

11:00 Führung durch die Werkstätten der Archäologischen Staatssammlung durch Herrn Dr. Gebhard

22. und 23. Nov. (Sa, So)

Die drei Chinesinnen fahren nach Prag.

24. Nov., Montag

Fahrt der drei chinesischen Expertinnen nach Bamberg mit C. Blänsdorf, B. Oginiski und fünf Kollegen aus Beijing: Ankunft gegen Mittag. Treffen mit Rupert Utz (prodenkmal), kurze Stadtbesichtigung. Besuch bei prodenkmal mit Präsentationen über deren Projekte und angeregter Diskussion.

25. Nov., Dienstag

Fahrt nach Scheßlitz zu Fa. Ibach. Herr Ibach hat eine Präsentation vorbereitet und stellt seine Methode der Steinkonservierung detailliert vor. Mittagessen in Scheßlitz und Rückfahrt nach München. Abends mit Herrn Horn und Herrn Kocher zum Fußballspiel in der Allianzarena.

26. Nov., Mittwoch

Abzugtests, Versuche zum Einspritzen verschiedener Massen in Rinnen (Ziegel aus Shuilu'an) Nachmittags frei.

27. Nov., Donnerstag

Wandmodell aus zwei lehmstrohverputzten Platten: Versuch der Vorfeuchtung mit Ultraschallverneblern ist nicht erfolgreich. Vorfeuchten mit umgebogenen Kanülen erweist sich als gut geeignet, wenn die Kanülen gut gebogen sind. Einspritzen von drei verschiedenen Massen mit Kanülen. Leider wird das Wandmodell bis zur Abreise der drei chinesischen Expertinnen nicht mehr trocken.

28. Nov., Freitag

Vormittags: ein weiterer Zugversuch im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, bei dem zumindest ein Prisma gemessen werden kann (zwei andere brechen falsch).

13:30: Abschlussdiskussion mit den drei chinesischen Expertinnen, C. Blänsdorf, K. Holl, L. Saltzmann (Übersetzung Chen Peihsiu)

19:00 Abschiedssessen mit allen chinesischen Kollegen, Chen Ganglin und He Fan

29. Nov., Samstag

Frei. C. Blänsdorf schreibt eine Zusammenfassung der Maßnahmen 2001-2007 mit Evaluierung der durchgeführten Maßnahmen (Übergabe am folgenden Tag im Hotel).

30. Nov., Sonntag

Treffen mit C. Blänsdorf im Hotel und Fahrt zum Flughafen mit Taxi.

Bericht über den Arbeitsaufenthalt, 8. 6. bis 4. 7. 2009

Catharina Blaensdorf, Kristina Holl, 07. 07. 2009

So, 14. 6.

Abholung von K. Holl vom Flughafen, die mit zwei Stunden Verspätung ankommt, durch Qi Yang und C. Blänsdorf. Am Flughafen während Wartezeit Besprechung von C. Blänsdorf und Qi Yang über zukünftige Arbeiten und Abschluss der Projektphase mit einer Publikation über den Shuilu'an.

Mo, 15. 6.

Erster Arbeitstag im neuen Gebäude des Zentrum für Konservierung, das gerade erst eingerichtet wird. Morgens Begrüßung durch Qi Yang und Ma Tao. Frau Yang ist noch in Shanxi.

Wir bekommen einen Raum für unsere Arbeiten zur Verfügung gestellt, den wir uns einrichten können. Im Laufe des Tages treffen Möbel und Zubehör ein, der Strom wird eingeschaltet. Im Raum ist ein internet-Anschluss.

Aus dem alten Gebäude holen wir zwei Lehmziegel (neu, vom Dorf am Shuilu'an, 41 x 25 x 7 cm) und eine Holzplatte. Lehm ansetzen und Vorbereitung für Wandmodelle: Lehm mit geschnittenem Hanfstroh eingeweicht. Holzplatte für Festigungsversuche verputzt.

Di, 16. 6.

Hinterfüllmörtel ansetzen. Vorbereitung der Wandmodelle aus Lehmziegeln lehmverputzten Pappkartons (gelber Lehm mit Hanfstroh und Poraver). Pappkartons verputzt.

Nachmittags an der Universität für Architektur (Jiefang Lu /2. Ring) mit Frau Zhao, die dort Materialwissenschaften studiert hat, um Kaolin zu besorgen. Wir bekommen zuerst rotes (!) Kaolin, das sehr sandig ist, dann, in einem anderen Department weißes, das allerdings relativ bräunlich und auch sandig ist. Offensichtlich bezeichnet *gao ling tu* in Chinesisch nicht (nur) Erde aus Kaolinit. Im Zentrum weißes *gao ling tu* eingesumpft.

Abends bekommen wir von Ines Scholz Hausenblase und 2 Blatt Gelatine für Festigungsversuche zur Verfügung gestellt. Blattgelatine ist in Xi'an nicht erhältlich !

Mi, 17. 6.

Platte mit *gao ling tu* bestrichen, in Wasser und in 1 % Tylose MH 300 und Festigungsmitteltests angesetzt mit Gelatine, Methocel A4C, Funori, Mowiol und Hausenblase (je 5 und 2.5 % bis auf Funori: 2 und 1 %). Hausenblase muss noch als Folie vorbereitet werden und kann erst am 18. 6. aufgestrichen werden.



1

Probeplatte für Malschichtfestigung mit Aufstrichen und nachgestellte Figur für Tests zur Sprühfestigung



Do, 18. 6.

Wandmodell hergestellt: Lehmputzplatte mit 18mm Abstand (Höhe PS-Probeschachtel) an Lehmziegel fixiert.

Vornetzen mit 0.5 % Tylose mit Spritze und verschiedenen umgebogenen Kanülen, je 20 ml. 4 bis 5 20ml-Spritzen mit Lehm (ca. 80 ml) eingespritzt, bis sich ein Stempel bildet und Lehm aus dem Einspritzloch quillt.



2

Tests zur Hohlraumüberbrückung in der Wand mit Hinterfüllmörtel, Wandmodell: Die Fläche wird an vier Punkte durch Mörtelstempel gesichert.

Fr, 19. 6.

Fahrt zum Shuilu'an, um das Gerüst aufzubauen. Die Gerüststangen werden von einem Bauern per Schubkarre angeliefert. Er baut zusammen mit Yan Min das Gerüst auch auf, allerdings ohne Bretter für Gerüstböden, die in China nicht zum Gerüst gehören.

Die Staufenfenster sind dicht, das Tyvek leicht eingestaubt (soll bis November belassen werden, also insgesamt 1 Jahr). Die Holzfenster sind in bestem Zustand.

Staubkontrollen: Folien eingesammelt, den Staub abgenommen und neue Folien ausgelegt. Diejenige Folie vor dem Sakyamuni ist nicht auszuwerten, da jemand sie als Ablageplatz missverstanden hat. Die neue wurde hinter den Assistenzfiguren angelegt.

Yan Min liest die Klimawerte der vier Datalogger aus (außen, 1000-armiger *guanyin*, Sakyamuni, Ventilatoröffnung Süd – seit März 2009).

Als Gast ist Ines Scholz (vom Römisch-Germanischen Zentralmuseum nach Xi'an entsandt) dabei. Von chinesischer Seite werden wir begleitet von Yan Min und Frau Dr. Wang (Wang Zhong?). Vom Tempel ist Zhao Liang anwesend.

Sa, 20. 6.

Stadtbesichtigung (Xiao Zhai, Da Yanta, Hui-Viertel, Stadtgotttempel)

So, 21. 6.

Besuch des muslimischen Viertels und des Stadtgotttempels. Kleine Einkäufe (Maßband, Nähzeug).

Mo, 22. 6.

Ein weiterer Tag im Zentrum für Konservierung: aus einer großen Wasserflasche, Kartonstreifen und Gipsbinden eine Figur (Knie bis Hals) nachgestellt, um Sprühen als Festigungsmethode zu erproben.

14 Uhr: Erstes Treffen und Besprechung mit Frau Yang, die Frau Gao Yan mitbringt, eine junge Restauratorin, die letztes Jahr an der Nordwestuniversität ihren Abschluss gemacht hat und ab jetzt mit uns arbeiten soll.

Auswertung der Malschichtfestigungsversuche. In der Folge werden noch neue Konzentrationen von Funori (1.5 %) und Gelatine (3%) getestet.

Di, 23. 6.

Shuilu'an, in Begleitung von Yan Min und Gao Yan. Zunächst Material abholen aus dem alten Gebäude des Zentrums: Lampen, Leiter; ein paar Lehmziegel, die das Format wie am Shuilu'an haben, gebraucht sind, aber vermutlich nicht aus dem Shuilu'an stammen.

Ansetzen von Strohlehm. Das Stroh ist vergammelt. Der Gerüstbauer, bei dem wir auch essen (im *Shi mu fang* - „Steinmühlenplatz“, ein halb offizielles Restaurant), bringt uns stattdessen Dreschabfälle, die aber weniger gut sind und schnell vergoren riechen.

In der Südwestecke an der Westwand unterhalb des Fensters im 4. Register Überputzung entfernt, um Hinterfüllung zu testen. Die Ersatzwolken unter 3.3 und 3.4 dabei auch abgenommen und eingelagert (Unterbau viel zu dick mit *mazhi*-Lehm). An der Wandfläche 1985er Putz mit Stroh/Dreschrückständen und Kalk, daneben auch reiner Strohlehmputz und *mazhi*-Lehm verwendet. Darunter Reste von (bemaltem) Feinputz und Grundputz. Dübellöcher freigelegt und somit Position der drei fehlenden Figuren rekonstruierbar. 17:30-18:10: Erste Versuche zum Hinterfüllen in der Fläche.



3

Mauerkrone einsetzen



4

Hinterfüllen an der Testfläche

Mi, 24. 6.

Mit Gao Yan zum Shuilu'an. Yan Min und Frau Yang haben keine Zeit. Zhao Liang ist da und bringt die Schlüssel für die Schränke. Er erkundigt sich auch gleich, ob wir sonst noch etwas brauchen, bringt Sand und hat sogar die Bruchstücke der Lehmziegel aufgehoben, die wir zum Ausstopfen der Wand benutzt hatten !

Mauerkrone aus dem Schrank geholt und eingesetzt: trocken einsetzen (nach einigen Versuchen), Rückseiten z.T. abarbeiten, Vertiefung in Mauer mit Strohlehm und Ziegelbruchstücken unterbauen, Stücke einsetzen. Alle Stücke bis auf fünf kleinere formlose Bruchstücke eingesetzt. Die Bruchstücke sind mürbe und brechen leicht. Ein Loch zur Außenseite mit *mazhi* (Hanfpapier) verstopft und zugeputzt.

Nachmittags, ca. 2 Stunden: K. Holl und Gao setzen Hinterfüllung in Abschnitt 5, Register 4 fort. Tylose fängt bei den warmen Temperaturen nach 1 Tag an zu riechen. Der Kühlschrank

im Tempel, den wir benutzen dürfen, friert die Materialien und ist nicht einstellbar. Am nächsten Tag klumpte der Hinterfüllmörtel (durf man Tylose einfrieren ?).

Mittagessen im *Shi mu fang*. Im Tempel sind ca. 25 Grad und 55 5% rF. Draußen sind über 30 Grad.

Do, 25. 6.

Mauerkrone: Strohlehm ist angetrocknet. Die Löcher unter und zwischen den Fragmenten mit Hinterfüllmasse ausgespritzt. Den Abstand zur Dachpappe offen gelassen und Dachpappe mit Lehmsuspension gelb eingetönt, damit die wenig schön gestaltete Ausstopfung der Dachsparren von 1980-85 mit Zement (?) noch entfernt werden kann, falls man sich dafür entscheidet.

Testfläche für Hinterfüllung: Kristina Holl setzt mit Gao Yan die Versuche fort.

Staubsauger ist voll Feinstaub und spuckt den beim Anschalten aus den Auslassdüsen. Der Beutel ist schon wieder eingerissen. Deswegen abends Staubsaugerbeutel an Gao Yan zum Waschen gegeben, mit der Bitte, die beiden fehlenden Feinstaubsäckchen mitsamt Spiralen zu ersetzen.

Fr, 26. 6.

Feierliche Eröffnung des neuen Gebäudes des Zentrums für Konservierung.

Die Gäste bringen eine große Anzahl überlebensgroßer Vasen, Blumengestecke oder Kaligraphien mit. Es gibt auch einen goldenen Fisch und einen riesigen Touchscreen. Zhou Kuiying als (Interims-)Direktor hält die erste Ansprache, gefolgt von weiteren Glückwünschen. Abschließend Böller und Konfettifeuerwerk, dann die Möglichkeit, das Haus zu besichtigen. Danach gemeinsames Mittagessen in einem nahe gelegenen Restaurant. Bekanntschaft mit zwei Chemikern von der Xi'an Normal Universität, die Studium für Lehramt anbietet, aber auch Dozenten hat, die sich mit Konservierung beschäftigen, wie diese beiden. Unser Gesprächspartner Hu Daodao gibt uns seine Karte.

Probefigur mit rotem *gaoling tu* ohne Bindemittel überzogen. Um Arbeit 5 Uhr abgebrochen, da das Thermometer im Raum 36 Grad, am Fenster 40 Grad im Schatten zeigt.

Sa, 27. 6.

Shuilu'an. Nach Regen endlich etwas kühler. Im Shuilu'an ist am Wochenende ein recht hoher Touristenstrom. Auch beim Bauern sind Gäste. Er sagt, dass zu ihm auch Koreaner und Japaner kommen. Westliche Touristen kommen (noch) nicht zum Shuilu'an.

Im Tempel sind Pläne ausgestellt, den Zugang und die Umgebung des Tempels auszubauen. Im Winter soll der erste Abschnitt gebaut werden: Eine breite Zugangsstraße mit Geschäften, die bis auf den Vorplatz führt. Für den Rest ist (noch) kein Geld. Der Gesamtplan sieht vor, die Flussinsel in eine Art Disneyland zu verwandeln, mit künstlichen Seen, einer Pagode und neuen Gebäuden (die Bauernhäuser würden abgerissen), in dem der alte Tempel dann als Briefmarke eingebettet ist.

Versuchsfläche für Malschichtfestigung: See, aus dem die Lotusblüte wächst, die den 1000-armigen *guanyin* trägt, linke Hälfte. Die Fläche wurde ausgewählt, weil sie relativ glatt ist und die Wellenkämme grün sind. Das Grün ist allerdings recht stabil.

Vorbereitung der Fläche: Abkehren mit großem Pinsel, abkehren mit feinerem Pinsel. Oberflächenreinigung mit *gomma pane*. Auftrag der Festigungsmittel mit Pinsel: Hausenblase und Gelatine 3%, Funori 1.5 %, zum Vergleich Mowiol 2.5 %.

An Mauerkrone Fehlstellen als letzte Schicht mit *mazhi*-Sand-putz geschlossen.

Die eine Lampe leitet Strom in den Haltebügel und die Scheunentorklappen. Wir nehmen sie sicherheitshalber mit ins Zentrum.

Nach Rückkehr ins Zentrum Sprühversuch an Probefigur: Mit der kleinen Sprühflasche lässt sich die Figur gut einsprühen, ohne dass die vorstehenden Partien allzu sehr leiden/überfestigt werden. Nach mehrfachen Versuchen ist am Bauch der Gips wieder zu sehen (d.h. *gao ling tu*-Schicht ist gedünnt/abgewaschen).



5

Besuch von China Radio International am 29. 6.



6

Hinterspritzen der Figur W2.41



7

Test für Malschichtfestigung



8

Festigung mit Sprühen

So, 28. 6.

Frei. Besichtigung des Shaanxi History Museum, das wieder Eintritt kostet (20 Yuan). Besuch des Hui-Viertels.

Mo, 29. 6.

Shiilu'an. Besuch eines Vertreters des *guojia wenwuju* (Staatliches Denkmalamt Beijing), der den Tempel ansieht und sich nach den Konservierungsarbeiten erkundigt.

Besuch von China Radio International, die Interviews machen, Filme und Bilder. Sie haben einen Übersetzer dabei, Zheng Li, der ausgezeichnet Deutsch spricht.

Hinterfüllung an Figur W2.41 begonnen. Figur abgestützt.

Der Staubsauger ist wieder einsatzbereit: Die Feinfilter sind gewaschen, die fehlenden nachgenäht. Langfristig wäre jedoch ein weniger störungsanfälliges Staubsaugermodell wünschenswert.

Di, 30. 6.

Fortsetzung Festigungsversuche Malschicht: 2 % Funori, 2 % Gelatine gestrichen. 2 % Gelatine gesprührt.

Fotos der Mauerkrone im Endzustand.

Figur W2.41: Riss zugekittet und Hohlraum aufgefüllt mit Hinterfüllmörtel.

Testfeld für Hinterfüllung im Abschnitt 5 ist fertig.

Zhao Liang zeigt, welche Schäden durch das Erdbeben entstanden sind. Beim Erdbeben hat sich der ganze Tempel stark bewegt und es ist viel Staub heruntergekommen, aber keine größeren Stücke abgestürzt. An den Giebelwänden haben sich unter der untersten Terrasse oberflächenparallele Risse geöffnet. Hinter den Köpfen der *jingang* ist an der Nordwand ein Stück Putzausbesserung abgestürzt (östlich neben der mittleren Säule). Am *yingshen fo* ist die weiße Figur auf der Wolke in der Ecke zur Südwand gefährlich vorgekippt und deswegen jetzt abgestützt. Die z.T. erhebliche Verstaubung auf den gereinigten Figuren der West- und Nordwand mit Ablagerung von Lehmkrümeln besonders unterhalb der tragenden Stützen der Dachkonstruktion stammt wohl vom Erdbeben und nicht von „normaler“ Staubablagerung.

Mi, 1. 7.

Shuilu'an. Beurteilung der Festigungsversuche. Dokumentationsfotos. Ein weiterer Versuch, den Wandaufbau der Westwand zu verstehen, in dem die Höhen der Fenster und Balken und der erkennbaren Ziegellagen dokumentiert wird. Es scheint, dass auf der Innenseite der Westwand bis zum Sockel hinunter Ziegel vorhanden sind, d.h. der Stampflehmsockel verkleidet ist.

Bruchstücke neben dem *yingshen fo*, auf dem Sockel neben der Südwand liegend, geborgen und im gelben Schrank eingelagert (1 größere Figur, eine kleine Figur, ein Stab mit Resten einer Wolkendekoration, eine große Wolke, ein 1980-85 ergänzter Wolkenschwanz, ein Stück vom Arm eines *jingang* und ein Stück Putz mit roter Bemalung). Abgenommene Wolken aus dem Testfeld für Hinterfüllung eingelagert.

Do, 2. 7.

Aufräumen der Materialien im Zentrum. Berichte schreiben. Zweiter Besuch von Zheng Li, Übersetzer des China Radio International, der abschließende Fragen stellt. Der Raum, in dem wir gearbeitet haben, wird als Deutsch-chinesischer Projektraum für uns in Zukunft zur Verfügung stehen. Abends ist K. Holl krank.

Fr, 3. 7.

Abschließende Diskussion mit Ma Tao und Qi Yang über die durchgeföhrten Maßnahmen, die Arbeiten bis Ende 2009 und in der neuen Projektphase 2010. bis Ende 2009 sollen die Berichte für die Publikation fertig gestellt werden. Die Diskussion der Details entfällt, da Frau Yang darauf besteht, K. Holl zum Krankenhaus zu begleiten.

Für die weiteren Arbeiten ab 2010 stellt C. Blänsdorf eine Liste mit Vorschlägen vor, die bis Ende Juli mit Korrekturen der Chinesen an die TU zurückgesandt werden soll.

Sa, 4. 7.

8:30 Abflug aus Xi'an nach Beijing. 14 Uhr Rückflug Beijing – München.

9 Interim reports 2007 to 2009

ZWISCHENBERICHT FÜR DEN ZEITRAUM: 01.01.07 BIS 31.12.07

Förderkennzeichen: 01GWS079

Abgabetermin: 30. 04. 2008

Vorhaben:

Deutsch-chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz: Forschungen zum Erhalt ausgewählter Denkmäler in der VR China

Darstellung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ereignisse und anderer für das Vorhaben wesentlicher Ereignisse (z.B. personelle Veränderungen)

1. Personelle Veränderungen

Zum 1. Januar 2007 ging das Projekt vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege an die Technische Universität München. Projektleiter ist seitdem Prof. Erwin Emmerling.

Frau Sandra Bucher war vom 1.1.07 – 2.12.07 in Mutterschaftsurlaub. Frau Beata Oginski war vom 19.2.07 – 29.3.07 vom Dienst freigestellt (Zweck: soziale Arbeit in einem Entwicklungsland).

2. Arbeitsaufenthalte, Besuche

2.1 März 2007 – Reise nach Xi'an zur Besprechung der Projekte

Prof. E. Emmerling und Frau Blänsdorf fuhren vom 10. bis 19. März 2007 nach Xi'an, um mit den Projektpartnern, dem Museum der Terrakottaarmee und dem Zentrum für Konservierung die Details für die Zusammenarbeit abzustimmen. Dies betraf die Projekte Qin Shihuangling, Shuilu'an und Jinchuanwan. Auch das Archäologische Institut der Provinz Shaanxi und das ICOMOS Center for Conservation (IICC)/Archäologisches Institut der Stadt Xi'an wurden besucht.

2.2 April 2007 – Arbeitsaufenthalt im Shuilu'an

Vom 5. bis 29. April fand ein erster Arbeitsaufenthalt im Shuilu'an statt. Teilnehmer waren Herr Siegfried Scheder, freiberuflicher Restaurator in Ochsenfurt, dessen Mitarbeiterin Franziska Kolba und Frau Blänsdorf. Ziel des Aufenthalts war die Konservierung einer größeren Musterfläche, um unter Einbeziehung aller Schäden und Probleme einer größeren Fläche ein Konservierungskonzept zu entwickeln. Zugleich dient diese Fläche auch zur Überprüfung des Langzeitverhaltens durchgeföhrter Maßnahmen sowie neuer Schäden (besonders Verstaubung) und zur Abschätzung des Arbeitsaufwandes. Von chinesischer Seite nahmen Frau Yang Qiuying, Frau Liu Linxi und Frau Ma Linyan sowie Herr Yan Min an den Arbeiten teil.

2.3 Juli 2007 – Arbeitsaufenthalt in Anyue

Der Arbeitsaufenthalt in Anyue dauerte vom 09. bis 20. Juli 2007. Teilnehmer waren Dr. Mathias Kocher und Herr Felix Horn, Fr. Dr. Zhang Jinfeng (Chinese Academy of Cultural Heritage) und Prof. Dr. Lin Chunmei (Tainan University College of the Arts, Conservation of Cultural Relics). Der Schwerpunkt des Aufenthalts war die Erkundung, Dokumentation und Auswahl der exemplarisch zu bearbeitenden Grotten der ca. 2 km außerhalb von Anyue auf einem Hügel gelegenen Grottenanlage Yuanjuedong („Grotten der vollkommenen Erleuchtung“). Bei einer ersten Besichtigung der Grotten zusammen mit Liao Shunyong, dem vor Ort Verantwortlichen, wurden erste historische Details in Erfahrung gebracht. Neben ersten Untersuchungen an den Grotten wurde mit der Dokumentation durch Digital- und Videoaufnahmen begonnen. Mit Fr. Zhang wurden nach umfassender Erkundung der Grottenanlagen Kriterien (Größe, Gesteinsqualität, Polychromie, Zustand, Zeitaufwand, Situation für Schutzbau etc.) für die Wahl der exemplarisch zu bearbeitenden Grotte erstellt. Dabei wurden das weitere Vorgehen und der künftige Arbeitsplan abgestimmt.

Zunächst wurden für die Bearbeitung auf der Vorderseite des Hügels (nordöstliche Ausrichtung) Grotte Nr. 10 mit der Skulptur des Sakyamuni und auf der Rückseite (südwestliche Ausrichtung) Grotte Nr. 37 ausgewählt. Diese Auswahl der Grotten sollte dann bei einer Besprechung mit den chinesischen Kollegen in Beijing erörtert werden.

Bei der abschließenden Besprechung in Anyue wurden folgende Maßnahmen festgelegt:

- Grotte Nr. 10: Dokumentation, Kartierung von lockerem Gestein, Untersuchungen von Gestein und Pigmenten
- Grotte Nr. 37: Diskussion von Schutzbauten, Verbesserung der Wasserführung, Entfernung von biologischem Bewuchs, Reinigung, Gesteinsfestigung, Stabilisierung der Felsen.

Beim Treffen in Beijing an der Chinese Academy of Cultural Heritage wurde dem Vorschlag, die Grotten Nr. 10

Förderkennzeichen: 01GWS038

und Nr. 37 zu bearbeiten, zugestimmt. Als Ansprechpartner wurden für China Fr. Zhang und für Deutschland Hr. Kocher festgelegt.

Dem Vorschlag von Hr. Horn, die Grotte Nr. 10 digital zu vermessen, wurde zugestimmt. Das 3-D-Modell kann als Grundlage für die Schadenskartierung sowie für die virtuelle Konstruktion eines Schutzbaues verwendet werden. Die chinesische Seite begrüßt die 3D-Vermessung. Weiter berichtet Hr. Ma Qinglin, dass die Chinese Academy of Cultural Heritage voraussichtlich im Herbst 2007 eine eigene Abteilung für 3D-Vermessung einrichten will. Die noch anzuschaffenden Gerätschaften könnten dann auch in Anyue verwendet werden.

2.4 November 2007 – Arbeitsaufenthalt in Anyue

Der zweite Arbeitsaufenthalt des Jahres 2007 fand vom 17. bis 30. November 07 statt.

Teilnehmer auf deutscher Seite waren Herr Mathias Kocher, Herr Felix Horn (beide TU München), Herr Martin Scheich und Herr Lars Langheinrich (Firma ArcTron, 3D-Vermessungstechnik, Altenthann). Auf chinesischer Seite Herr Prof. Wang Liang, Herr Dr. Wu Yuhua, Frau Dr. Zhang Jinfeng (Chinese Academy of Cultural Heritage, Beijing), Frau Prof. Lei Yu Hua, (Archaeological Institut, Chengdu), Liao Shunyong (Denkmalamt Anyue), Frau Prof. Chunmei Lin (Tainan National College of the Arts), sowie mehrere Mitarbeiter aus Beijing und Anyue. Ziel des Arbeitsaufenthaltes war die 3D-Vermessung der Anlage mit den beiden detaillierter zu untersuchenden Grotten Nr. 10 und Nr. 37, sowie die geologische Erkundung. Von der Fa. ArcTron wurde mittels Laser-Scans der gesamte Hauptgrottenhügel vermessen. Von den Grotten Nr. 10 und Nr. 37 wurden Streifenlicht-Scans angefertigt. Die 3D-Vermessung der Anlage dient als Dokumentationsgrundlage für den Ist-Zustand und erleichtert die Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen.

Beim anschließenden Treffen der beiden Arbeitsgruppen in Beijing wurden die nächsten Schritte für das Jahr 2008 erörtert und in gegenseitigem Einvernehmen festgelegt.

2.5 Aug./Sept. 2007 – Arbeitsaufenthalt in Lintong

Vom 25. August bis zum 19. September fand ein Arbeitsaufenthalt von Frau Beata Oginski in Lintong statt. Dabei wurde eine neu entwickelte Festigerformulierung an farbgefassten Originalfragmenten angewendet. Die Fragmente waren im Juni 2007 ausgegraben worden. Die Farbfassungen enthalten weiße, blaue, rote und grüne Pigmente sowie eine relativ gut erhaltene Qi-Lackschicht. Nach der Reinigung wurden die Fragmente in drei Schritten mit Hilfe von Kompressen mit dem neuen Festiger (46% GMA, 47% HEMA, 8% GDMA) getränkt. Mit jedem Schritt wurde die Konzentration des Festigers in Wasser (33%, 60%, 80%) erhöht. Anschließend wurden die Fragmente in der Elektronenstrahlwanne in Lintong mit Elektronen bestrahlt. Die erforderliche Energiedosis betrug 40 kGy. Das Ergebnis der Bestrahlung war sehr zufriedenstellend. Die Fragmente waren matt geblieben und die Farbfassung war gefestigt. Langzeitbeobachtungen müssen nun den Erfolg der neuen Festigermischung bestätigen.

Zusätzlich wurden während des Arbeitsaufenthaltes drei neue Acrylatdispersionen (Rhoplex 1950, Rhoplex N-580 und Rhoplex MC-76) auf Eignung für die PEG-Methode getestet. Dazu wurden die Dispersionen zunächst so verdünnt, dass sie 5% Feststoff enthielten. Anschließend wurden sie auf Glasobjektträger aufgestrichen und trocken gelassen. Der entstandene Film aus Rhoplex MC-76 war als einziges gleichmäßig und nicht klebrig. Daher wurde diese Dispersion im nächsten Schritt auf Terrakotta mit aufgelegter originaler Lackscholle getestet. Auch dieser Versuch lieferte ein positives Ergebnis. Weitere Versuche mit Rhoplex MC-76 sind sinnvoll.

2.6 Aug.-Okt. 2007 – Arbeitsaufenthalt im Shuiluan

Vom 25. August bis 19. Oktober fand ein weiterer Arbeitsaufenthalt im Shuiluan statt. Dabei wurden die Konservierungsarbeiten an der Westwand mit den im April erprobten Verfahren fortgesetzt. Als neuer Aspekt wurde eine große Hohlstelle in der Wand konserviert und die Figuren hier neu angebracht. Neben den Konservierungsarbeiten wurde ein System zur Erfassung der Figuren und der Schäden mittels Formblättern und Kartierungen ausgearbeitet.

An den Arbeiten nahmen erstmals Studenten des Studiengangs Restaurierung der TUM teil: Laura Thiemann, Stephanie Edlmann und Ina Meissner. Zusätzlich kamen über das Austauschprogramm des Masterstudiengangs für Konservierung Bologna mit der Jiaotong Universität Xi'an fünf weitere Restauratoren für einige Wochen in das Team: Felix Thornton-Jones, Giovanna Spagnuolo, Valentina Furetto, Francesca Dominici und Mandy Chan. Von chinesischer Seite war Herr Yan Min anwesend, Herr Ma Tao beaufsichtigte die Arbeiten.

2.7 Okt.-Nov. 2007 – Arbeitsaufenthalt in Lintong

Vom 22. Oktober bis 18. November wurden von Frau Blänsdorf die Arbeiten an der Terrakottaarmee in Lintong fortgesetzt. Themen waren: Fortsetzung der Fassungsuntersuchung, Festigung in der Grube 2, Kontrolle der Fassungskonservierung und Auswahl von Musterflächen für Tests zur Wiederbefeuertung der Erde in Grube 2. In Grube 2, T21G18, wurden dabei die Farbfassung von vier neu freigelegten Figuren notgesichert, bevor die Grube für Reparaturarbeiten am Dach verfüllt wurde. Von insgesamt 20 Figuren aus dem Depot und den Labors wurden die Farbfassungen dokumentiert. Darüber wurde ausgewählten Aspekten (Augen, Farbwechsel innerhalb der

Fläche, malerische Anlage von Gewandfalten) vertieft nachgegangen. Teilnehmer von chinesischer Seite waren Herr Wang Liang, Frau Xi Na, Frau Zhang Yi, Frau Huang Jianhua und Frau Wang Chunyan. Herr Rong arbeitet an der Untersuchung und Wiederbefeuertung der Erde mit.

Von chinesischer Seite fanden 2007 keine Arbeitsaufenthalte in Deutschland statt.

2.8. Lenkungsausschusstreffen

Im Jahr 2007 fand kein Lenkungsausschusstreffen statt.

2.9. Besuch einer chinesischen Delegation

Am 17. August 2007 war an der Technischen Universität, Lehrstuhl für Restaurierung eine chinesische Delegation zu Gast: Su Bomin (Conservation Institute, Dunhuang Academy), Diao Daosheng (Conservation Science and Information Division, State Administration of Cultural Heritage, China, Beijing), Wang Bin (Division for Archaeology, State Administration of Cultural Heritage, China, Beijing), Yang Zhaoquan (Chinese National Institute for Cultural Property , Beijing), Tie Fude (National Museum of China, Beijing), Wu Hao (Tsinghua Automotive Engineering Institute, Beijing).

Zweck der Reise war, Informationen für ein mobiles Labor für archäologische Ausgrabungen zu sammeln. Vor diesem Hintergrund nutzte die Delegation die Reise nach Italien und Deutschland, um Kontakte zum Lehrstuhl für Restaurierung der TU München herzustellen. Nach Diskussionen und Führungen im Haus wurde der Besuch der Pinakothek der Moderne angeboten. Von deutscher Seite nahmen an dem Treffen teil: Prof. E. Emmerling, Dr. M. Kocher, C. Blänsdorf, M. Horn. Als Übersetzer fungierte Herr He Fan, der in München studiert.

3. Kongresse, Vorträge

3.1. Zhao Feng, Hangzhou Silk Museum

Am 18. Juni 2007 besuchte Prof. Zhao Feng, Direktor des Seidenmuseums Hangzhou München, um einen Vortrag über neue Textilfunde entlang der Seidenstraße im Ostasiatischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität zu halten. Davor besichtigte er auch kurz die Werkstätten des Bayerischen Nationalmuseums und den Lehrstuhl für Restaurierung der TUM mit dem China-Projekt. Ausgehend von diesem Kontakt wurde Frau Blänsdorf eingeladen, einen Vortrag an der Donghua Universität (früher Universität für Textilforschung) in Shanghai zu halten, an der Prof. Zhao lehrt. In diesem Vortrag am 30. September 2007 berichtete Frau Blänsdorf über ihre Forschungen zu den gemalten Mustern auf den Terrakottaskulpturen aus dem Qin Shihuangling und deren Verbindung zu archäologischen Textilien.

3.2. ICOMOS-Tagung „Toccara – Non Toccare“ in München

Am 7. und 8. 12. 2007 fand in der Pinakothek der Moderne in München die Internationale Konferenz des Deutschen Nationalkommitees von ICOMOS in Zusammenarbeit mit dem Architekturmuseum und dem Lehrstuhl für Restaurierung der Technischen Universität München statt. Die Tagung mit dem Thema „Toccara – Non Toccare“ themisierte die Problematik restauratorischer Eingriffe. Frau Blänsdorf stellte in diesem Rahmen die Arbeiten an der Terrakottaarmee des Ersten Kaisers vor. Herr Horn hielt einen Vortrag über die Möglichkeiten der virtuellen Rekonstruktion in der Restaurierung.

4. Ausstellungen

4.1. Beitrag zur Ausstellung „The First Emperor“ in London

Das British Museum London zeigt im Reading Room vom 13. September 2007 bis 6. April 2008 die Ausstellung „The First Emperor“, die das Leben, die Werke und die Grabanlage des Qin Shihuang zum Inhalt hat. Dort wird die im Rahmen des China-Projektes angefertigte Kopie eines Bogenschützen mit rekonstruierter Farbfassung gezeigt. Der Katalog und die Wandtafeln thematisieren die Frage der ursprünglichen Bemalung und beziehen so die Ergebnisse des Forschungsprojektes mit in die Ausstellung ein. Das Essay von Lukas Nickel im Katalog („The Terracotta Army“, S. 158-179) zeigt Abbildungen der rekonstruierten Fassungen und Muster.

Frau Blänsdorf reiste am 15. August 2007 nach London, um die Kopie aufzustellen. Dabei fanden Filmaufnahmen für eine Reportage des BBC mit Interviews statt.

5. Arbeiten zu kunsthistorischen und kunsttechnologischen Fragestellungen

Die Steinreliefs der Grottenanlage Yuanjuedong (Grotten der Vollkommenen Erleuchtung) in Anyue – Der Buddha Sakyamuni der Grotte Nr. 10

Yuanjuedong

Die aus dem Fels gemeißelten Steinskulpturen der Grottenanlage Yuanjuedong befinden sich auf dem Hügel *Yunju* 雲居山 nahe dem Dorf *Jinhua* etwa ein Kilometer südlich der Stadt Anyue. Neben seiner heutigen Bezeichnung trug der Hügel während der Song-Dynastie den Namen Berg *Lingju* 瞳居山 und befand sich etwa einen Kilometer außerhalb der Stadtmauern der präfekturale Stadt. Namensgebend für die gesamte Anlage ist die Grotte der „Vollkommenen Erleuchtung“ in der Mitte der Nordostwand des Hügels, heute als Nische Nr. 8 bezeichnet. Die Kreisstadt Anyue 安岳 liegt zirka 100 Kilometer südöstlich der Millionenstadt Chengdu auf halber Strecke nach Chongqing.

Im Jahr 1956 wurde die Grottenanlage Yuanjuedong 元决洞 von der Volksregierung der Provinz Sichuan 四川 als provinziell geschützte Gruppe von Kulturdenkmälern eingestuft.

In der Grottenanlage werden 103 Steinnischen mit etwa 1933 Reliefs unterschiedlicher Größe gezählt. Die ältesten Bildwerke gehen auf die Tang Dynastie zurück, die meisten Statuen stammen aus der Zeit der Fünf Dynastien und der Song-Dynastie. Weiterhin existieren zirka 25 die Grotten begleitende Inschriften.

Buddha Sakyamuni

Die Grotte mit der großformatigen Figur des Sakyamuni Buddha trägt heute die Nummer 10 und besitzt eine Höhe von ca. 6,4 m, eine Breite von ca. 4 m und eine Tiefe von ca. 3 m. Die Skulptur selbst hat einschließlich der mit Lotusornamenten verzierten Basis eine Höhe von etwa 6 m.

Der Kopf ist in charakteristischer Weise gerundet und das Gesicht zeigt ein gütiges, fast milde lächelndes Gesicht, das leicht nach rechts gedreht ist.

Scheinbar blickt Sakyamuni hinunter zu dem anderen/zweiten Buddha oder Mönch (?) an der unteren rechten Seitenwand, welche den Blick zu erwidern scheint.

Während Sakymuni Buddha seinen linken Arm, mit der Handinnenfläche nach oben gerichtet angewinkelt vor dem Körper hält, formt die rechte Hand einen Hand-Mudra-Gestus. Bekleidet ist Buddha mit einer Kasaya, dem charakteristischen Kleidungsstück eines buddhistischen Priesters. Umrundet wird die Figur von einer großflächigen Mandorla.

Grotte und Figur sind überwiegend gut erhalten, nur im unteren Viertel sind größere Schäden der Gesteinoberfläche durch Verwitterung des Sandsteins zu erkennen. Die sich am Fuß der linken und rechten Seitenwand befindlichen Assistenzfiguren (links vermutlich zwei Stifterfiguren, rechts die Figur eines Mönchs oder eines zweiten Buddhas) sind stark verwittert.

Am äußeren Rand der Grotte und auf den angrenzenden Felsplatten sind zahlreiche in das Gestein geschlagenen Eintiefungen und Rinnen in unterschiedlicher Form und Ausdehnung zu finden. Vermutlich dienten diese als Auflager für Balken und als Anschluß für einen Schutzbau der Grotte.

Auf der linken Seitenwand befindet sich in ca. 2 m Höhe eine in chinesischen Zeichen verfasste Inschrift. Eine weitere Inschrift ist auf der Rückwand der Nische zu finden. In beiden wird die Neufassung bzw. Neudekoration der Figur beschrieben.

Nach der Inschrift der rechten Seitenwand zur Neufassung des Sakyamunis sowie weiteren Inschriften der Grottenanlage kann die Entstehung von Figur und Nische in die Zeit von 1099 bis 1158 n. Chr. datiert werden.

Ikonografie

Zur ikonografischen Deutung der drei großformatigen Buddhafiguren in der nordöstlichen Wand des Felsmassivs existieren unter chinesischen Gelehrten zwei unterschiedliche Deutungen. Demnach können die drei großen Buddhas der Grotten Nr. 7, Nr. 10 und Nr. 14 als Einheit gesehen werden, welche die „Heiligen Drei des Westlichen Paradieses“ (Xifang sansheng se 西方三?) darstellen. Diese Trias wird gebildet vom Amitabha Buddha (Grotte Nr. 10) flankiert von den Bodhisattvas Avalokitesvara (Grotte Nr. 7) auf der linken und Mahasthamaprabha (Grotte Nr. 14) auf der rechten Seite.

Die zweite Deutung vertritt den Ansatz, die Buddhafiguren getrennt voneinander zu betrachten. Folglich sind in den drei Steinskulpturen ein zentral stehender Sakyamuni Buddha (Nr. 10) sowie zwei unterschiedliche Versionen eines Avalokitesvara (Nr. 7 u. Nr. 14) zu sehen.

Bei der ikonografische Einordnung der beiden Bodhisattvas zeigt sich, dass es bei diesen Figuren tatsächlich um zwei unterschiedlichen Darstellungen von Avalokitesvara handelt. Die kleinen Abbilder von Amitabha Buddha in ihrem Diadem sowie eine begeleitende Inschrift von Grotte Nr. 14 bestätigen dies. Ebenso bekundet wird dies durch die Identifikation der Figur in Grotte Nr. 10 als *Sakyamuni* durch eine Inschrift, die ein Stifter infolge einer Neufassung der Figur anbringen ließ. Durch diese belegbare Einordnung der Figur als Buddha Sakyamuni erscheint eine Deutung als die *Heilige Drei aus des westlichen Paradieses* weniger fundiert.

6. Grabanlage des Ersten Kaisers Qin Shihuangling in Lintong

6.1 Untersuchung zur Maltechnik und Rekonstruktionen von Farbfassungen

Während des Arbeitsaufenthaltes im Oktober/November 2007 untersuchte Fr. Blänsdorf zusammen mit den chinesischen Kollegen 20 weitere Skulpturen aus der Grabanlage des Qin Shihuang. Die ausgewählten Figuren waren kniende Bogenschützen, Akrobaten, ein Offizier mit verziertem Borte am Panzer und zwei Reiter. Alle erhaltenen Farbreste wurden mittels Formblättern und Farbkarten erfasst und wichtige Befunde photographisch dokumentiert. Die Muster der Akrobatenröcke wurden zeichnerisch dokumentiert. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass die feinen aufgemalten Muster teils mehrfarbig waren. Weiter wurden bestimmten Fragestellungen an möglichst vielen Figuren nachgegangen. Diese betrafen die plastische Strukturierung der Oberflächen und der Einsatz von Pinselstrukturen als modellierende Gestaltung z.B. für die Darstellung von Brauen und Schnurrbärten. Auch wurden verschiedene Vorgehensweisen in der Ausführung der Augen dokumentiert. Zum ersten Mal konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass es Farbverläufe innerhalb einer Farbfläche gibt, z.B. von Violett zu Rot oder Blau oder Blau zu Ocker und dass farbige Unterlegungen und Schattierungen eingesetzt wurden, möglicherweise, um Faltentiefen zu betonen.

45 Pigmentproben, die vom Fußboden der Grube 2, T21G18 geborgen wurden und von den sieben momentan konservierten Figuren stammen, werden derzeit untersucht.

6.2. Untersuchungsschwerpunkt Konservierung der Farbfassung

Die Versuche im Jahr 2007 konzentrierten sich vor allem auf die Modifizierung der Acrylatformulierung für die Elektronenstrahlmethode. Ziel der Optimierungsversuche ist die Reduzierung der aufgrund von Versprödung auftretenden Risse im Material sowie die Verhinderung der Glanzfleckenbildung. Diese werden durch Nachpolymerisation flüssig gebliebener Festigerbestandteile gebildet, die mit der Zeit an die Oberfläche der Fragmente diffundiert sind.

Das neue Monomer GMA (Glycerolmethacrylat), das 2006 zum ersten Mal im Rahmen des Projekts angewendet wurde, wurde weiter untersucht. In einer 50/50-Mischung mit HEMA lieferte es Filme mit sehr guter Haftung an Terrakotta und erhöhtem Wasserspeicherungsvermögen. Die Aushärtedosis der neuen Festigermischung konnte von 60 kGy auf 40 kGy gesenkt werden. Neben dem neuen Monomer ist auch ein neuer Quervernetzer (GDMA, Glyceroldimethacrylat) untersucht worden. Im Vergleich mit den bisherigen Quervernetzern (PEGDMA, EGDMA) hat er sich als am besten geeignet herausgestellt. Er ist besser wasserlöslich, flexibel und braucht wesentlich weniger Energie zum aushärten. Nach einigen Vorproben ist die neue Festigermischung GMA/HEMA/GDMA/Wasser (37/37/6/20) zum Festigen von 3 Originalfragmenten in Lintong verwendet worden. Das Ergebnis ist sehr zufrieden stellend. Die Farbfassung ist gefestigt und die Oberfläche optisch unverändert geblieben.

Einige neue Acrylatdispersionen (Rhoplex 1950, Rhoplex N-580 und Rhoplex MC-76) zur Optimierung der PEG-Methode sind getestet worden. Die letztgenannte lieferte viel versprechende Ergebnisse und wird im folgenden Jahr weiter untersucht.

6.3. Konservierung von Farbfassungen in den Gruben

Im Oktober 2008 wurden 4 freigelegte, aber nicht konservierte Skulpturen aus dem Korridor G18 der Grube 2 untersucht, und da die Farbfassung sich bereits großflächig ablöste, mit PEG 200 gefestigt. Da für eine vollständige Konservierung mit mehreren Schritten keine Zeit mehr blieb, bevor die Grube für Reparaturen am Dach verfüllt wurde, wurde lediglich eine Notkonservierung mit 30 und 60 % PEG 200 (ohne Festigungsmittel) durchgeführt. Nach Entfernung der Verfüllung (voraussichtlich Mai 2008) werden die Arbeiten fortgesetzt.

7. Untersuchungen und Konservierungsarbeiten im Shuilu'an

Während des ersten Arbeitsaufenthaltes war Herr Scheder, Dip.-Restaurator, Ochsenfurt, maßgeblich beteiligt, der in den Jahren 2000 und 2001 die ersten Testflächen im Shuilu'an konserviert und einige grundlegende Tests für die Festigung von Lehmschichten und Farbfassungen durchgeführt hat.

Die bearbeiteten Flächen umfassten aus der Szene „Buddha im Himmel der 33 Gottheiten“ im rückwärtigen Teil der Halle den nördlichsten (rechten) Abschnitt der Westwand (Sektion 1= ein Fünftel der Westwand) und den daran anschließenden Teil der Nordwand (westliche Hälfte). Beide Flächen sind ca. 3,10m breit und 2,50 m hoch und umfassen 46 Figuren (Westwand, Sektion 1) bzw. 26 Figuren (Nordwand, Teil 1). Die Arbeitsschritte waren Dokumentation des Bestandes und der Schäden, Oberflächenreinigung, Festigung der Schichtentrennungen im Lehm und zwischen Lehm und Wand, Wiederanbringen von acht abgefallenen Figuren sowie zahlreicher Kleinteile (Köpfe, Arme, Gewandteile, Attribute sowie deren Bruchstücke). Für die Oberflächenreinigung wurden Verfahren mit Pinseln, verschiedene Schwämme (©Akapad, ©wallmaster, ©blitzfix), Bambusstäbchen bis zu Skalpellen für die Trockenreinigung sowie Gomma pane und befeuchtete Naturschwämmpchen erprobt und entsprechend eingesetzt. Für die Schadensbilder im Lehm von strukturell entfestigten Oberflächen, Haarrissen, Brüchen in situ, abgebrochenen Teilstücken bis zu abgelösten Figuren wurden Klebe- und Hinterfüllmassen auf

Lehmbasis entwickelt. Zum Einsatz kamen die lokalen Lehme „gelbe Erde“ und „schwarze Erde“, die getrocknet und gesiebt wurden. Als Zusätze wurden Sand aus dem Fluss am Tempel, Stroh, Leichtzuschläge (©poraver) sowie Feinfasern (Dralon, Hanf) eingesetzt. Die entwickelten Massen dienen als Basis für weitere Tests.

Der zweite Aufenthalt setzte die Arbeiten an zwei weiteren Fünfteln (Abschnitte 2 und 3) der Westwand fort. Diese umfassen 57 bzw. 53 Skulpturen und sind 3,20 bzw. 3,50 breit und 2,50m hoch. Eine große Hohlstelle im oberen Abschluss des 2. Abschnittes (Höhe 60 cm, Breite 100 cm, Tiefe des Hohlraumes 6 cm) mit starker Vorbeugung der Wandoberfläche und Brüchen bis zum völligen Zerfall der Lehmziegel in der Wand stellte eine neue Herausforderung dar. Diese beinhaltete die Abnahme von Figuren und Hintergrund, die Entfernung zerkrümelter Lehmziegel, die Verankerung der Mauerschale und den Neuaufbau mit Wieder Anbringung von Figuren und Hintergrund. Der Einblick in die Wandstrukturen, kombiniert mit dem durch die Wandreparatur von außen erkennbarem Maueraufbau, trug zum Verständnis des ursprünglichen Mauerverbands sowie zu den Schadensphänomenen bei.

Bei beiden Aufenthalten wurden auch die früheren Musterfelder (2000, 2001 und April 2007) überprüft. Dabei zeigte sich, dass die gefestigten Partien überwiegend stabil sind. Einzelne aufgetretene Lockerungen sind möglicherweise auch mechanische Schäden durch die im Mai bis August vorgenommenen Reparaturarbeiten an der Wand. Noch nicht gelöst ist das Problem der massiven Verstaubung, besonders unterhalb der Ventilatoren. Im September 2007 wurden diese deshalb versuchsweise verschlossen. Die klimatische Situation kann sich dadurch ändern und soll deshalb neu überprüft werden.

Zurzeit (1. September 2007 bis 29. Februar 2008) führt die Studentin Kristina Holl vom Studiengang Restaurierung der TUM, Tests zu Hinterfüllmassen durch, die für die Hinterfüllung von Hohlräumen in den Lehmwänden zum Einsatz kommen sollen. Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung und Eigenschaften von Lehm gibt es kein im Handel erhältliches Produkt, das für die Hinterfüllung von Hohlstellen verwendet werden kann. Deshalb sollen Lehm Mörtel, die in einer ersten Testphase im Shuilu'an eingesetzt worden sind, im Labor nachgestellt, untersucht, geprüft und weiterentwickelt werden. Da Erde in größeren Mengen nicht aus China ausgeführt werden darf, wurden die Prüfkörper mit deutschem Lehm angefertigt. Einen Schwerpunkt von Frau Holls Arbeit bildete deshalb die vergleichende Charakterisierung der chinesischen und deutschen Erden (Korngrößenverteilung, Ausroll- und Fließgrenze, Sedimentationstest, Röntgendiffraktometrie). Frau Holl prüfte sechs Hinterfüllmörtel in drei verschiedenen Testreihen auf Zug- und Haftzugfestigkeit.

Neben den Konservierungsarbeiten werden in geringem Umfang Materialanalysen durchgeführt. Dabei konnte erstmals eine gelbe Farbfläche identifiziert und beprobt werden (Auripigment). Weitere Analysen und Untersuchungen zum Aufbau und zur Fasstechnik werden 2008 durchgeführt werden.

8. Anyue

8.1 Dokumentation

Für das im Jahr 2007 neu begonnene Projekt der Grottenanlage Yuanjuedong dong („Grotten der vollkommenen Erleuchtung“) in Anyue galt es zunächst ein Konzept zu erstellen. In Absprache mit den chinesischen Kollegen wurden zur Bearbeitung exemplarisch die Grotten Nr. 10 und Nr. 37 ausgesucht. Hauptaufgaben im ersten Jahr des Projekts waren Dokumentation und Untersuchung der beiden ausgewählten Grotten.

Zur Dokumentation wurden unterschiedliche Methoden eingesetzt: Digitalfotografie, Videoaufnahme, Zeichnungen und 3D-Scanning. Durch mehrere hundert Digitalfotos wurde der heutige Zustand der Felsnischen sowie der Figuren dokumentiert. Ebenso wurde der Ist-Zustand der Grotte Nr. 10 und der Figuren durch Handzeichnungen festgehalten. Die gesamte Grottenanlage wurde durch Video-Aufnahmen aufgezeichnet. Dabei entstanden mehrere Stunden an Video-Material.

Zur Dokumentation der dreidimensionalen Form von Grotte Nr. 10 und 37 kam 3D-Scanning zum Einsatz. In Yuanjuedong wurde daher in der Zeit vom 19. bis 25. November 2007 zusammen mit der Firma ArcTron GmbH und den beiden Mitarbeitern Herr Martin Schaich und Herr Lars Langheinrich eine Messkampagne zur Digitalisierung der ausgewählten Grotten und deren Steinskulpturen durchgeführt. Dabei wurden am Hügel auf der Süd-West-Seite der Sakyamuni Buddha der Grotte Nr. 10 einschließlich der umliegenden Felsformation sowie auf der Nord-Ost-Seite Grotte Nr. 37 vermessen.

Zur Vorbereitung für die 3D-Erfassung mussten zuerst störende Elemente wie Gräser, Büsche und anhaftendes Erdreich entfernt werden. Für die Vermessung kamen zwei unterschiedliche 3D-Messsysteme zum Einsatz. Der die Grotte umgebenden Felsen und die Innenseiten der Grotte Nr. 10 wurden mit niedriger Auflösung mit einem Laser-Scanner digitalisiert. Die höher aufgelösten Scans des Buddhas Sakyamuni und seiner Begleitfiguren erfolgte mit Hilfe eines Streifenlicht-Scanners. Um ein gutes Messergebnis zu erzielen, müssen die Scans bei geringer Helligkeit durchgeführt werden. Daher konnte das Streifenlicht-Scannen nur nachts erfolgen. Dank der großartigen Unterstützung unserer chinesischen Partner konnte der für die Nachaktion notwendige hohe logistische Aufwand erfolgreich bewältigt werden. Für die Texturierung des Buddhas in Grotte Nr. 10 wurden hochauflöste Digitalfotos angefertigt. Diese Fotos dienen bei der Erzeugung von fotorealistischen Modellen als Textur, die auf das Drahtgittermodell aufgelegt wird.

Als Vorbereitung für das Scannen der Grotte Nr. 37 wurden ebenfalls zuerst Pflanzen und aufliegendes Erdreich entfernt. Zur Digitalisierung von Grotte Nr. 37 samt ihrer Umgebung fand wieder der Laserscanner Verwendung. Die Messung erfolgte dabei von drei unterschiedlichen Standpunkten.

8.2 Gesteinsuntersuchungen

Die gesteins-petrographischen Untersuchungen des Anyue-Sandsteins erfolgten im Bayer. Landesamtes für Denkmalpflege unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. R. Snethlage (s. Bericht BLfD).

Stand der Arbeiten im Vergleich zum geltenden Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan, Gründe für eventuelle Änderungen

Arbeits- und Zeitplan

Der Stand der Arbeiten entspricht den Vorgaben der Vorhabensbeschreibung.

Finanzierungsplan

Die Finanzierung der Forschungsarbeiten im Jahr 2007 erfolgte nach den Vorgaben des Finanzierungsplans. Einzelheiten sind der Jahresabrechnung aufgelistet.

Haben sich die Aussichten für das Erreichen der Vorhabensziele geändert?

Wenn ja, welche Probleme sind entstanden?

Haben sich die Vorhabensziele geändert? Wenn ja, warum?

Die Ziele des Vorhabens haben sich nicht geändert.

Die Vorhabensbeschreibung ist im Antrag für die Projektphase 2007 bis 2009 enthalten.

Sind inzwischen Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen bekannt geworden, die für das Vorhaben von Bedeutung sind? Wenn ja, welche?

Trifft nicht zu

Sind für Vorhabensergebnisse

- Patente angemeldet worden?
- Erfindungen in Anspruch genommen worden?
- Neuerungen und / oder Verbesserungen bereits gemachter Erfindungen angefallen?

Wenn ja, bitte spezifizieren.

Trifft nicht zu

**Liste eigener Publikationen von Vorhabensergebnissen
(bitte Sonderdruck gemäß Zuwendungsbescheid beifügen)**

Publikationen**Vorträge und mündliche Vorstellungen des Projektes**

- | | |
|-------------|--|
| 16. 5. 2007 | Catharina Blänsdorf, „Deutsch-Chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz. Zusammenarbeit mit dem Zentrum für die Erhaltung und Restaurierung der Kulturgüter der Provinz Shaanxi“ Projektvorstellung in der Technischen Universität München |
| 29. 5. 2007 | Catharina Blänsdorf, „Untersuchungen zur Technik und Fassung der Lehmkulpturen aus dem Shuiu'an, China. 16. Jahrhundert“ Beitrag zur Öffentlichen Vortragsreihe am Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft |
| 3. 9. 2007 | Beata Oginski, „Conservation of the Polychromy of the Terracotta Warriors“, Vortrag vor den chinesischen Kollegen in Lintong |

30. 9. 2007	Catharina Blänsdorf, "Studies on the Colours and Patterns of The Terracotta Sculptures from the Qin Shihuangling ", Vortrag vor Studierenden der Donghua Universität Shanghai
27. 11. 2007	Interviews mit Beata Oginiski und Catharina Blänsdorf für Radio-Sendung für SWR 2-Wissen „Macht auf tönernen Füßen – die Terrakotta-Armee von Xi'an“ von Sonja Striegl (gesendet am 2. 1. 2008, 8:300-9:00)
7. 12. 2007	Catharina Blänsdorf „Die Terrakottaarmee des Qin Shihuang“ Felix Horn, „Digitale Rekonstruktion des ptolemäischen Kulttuches“ Internationales Symposium „Toccare-non toccare“, Pinakothek der Moderne München, gefördert durch ICOMOS (Publikation in Vorbereitung)
11. 12. 2007	Felix Horn, „3-D-Modelle der Krieger der Terrakotta-Armee in Xian, China“. Beitrag zur Öffentlichen Vortragsreihe am Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft

ZWISCHENBERICHT FÜR DEN ZEITRAUM: 01.01.08 BIS 31.12.08

Förderkennzeichen: 01GWS079

Abgabetermin: 30. 04. 2009

Vorhaben:

Deutsch-chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz: Forschungen zum Erhalt ausgewählter Denkmäler in der VR China

Darstellung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ereignisse und anderer für das Vorhaben wesentlicher Ereignisse (z. B. personelle Veränderungen)

1. Einbeziehen studentischer Hilfskräfte in die Forschungsarbeiten

Für die Entwicklung von lehmisierten Hinterfüllmassen für den Shuilu'an wurden studentische Hilfskräfte eingebunden, um die Herstellung und Messung einer großen Zahl von Prüfkörpern in kurzer Zeit zu bewältigen und die Arbeit mit den chinesischen Kolleginnen zu unterstützen:

Kristina Holl: Studentische Hilfskraft von 01.09.2007 bis 30.04.2008, Versuche zu Hinterfüllmörteln mit deutschem Lehm; Wissenschaftliche Mitarbeiterin von 01.12.2008 bis 31.03.2009, Entwicklung eines Hinterfüllmörtels für große Spaltmaße.

Laura Thiemann: studentische Hilfskraft von 01.08.-15.10.2008, Fertigung von Prüfkörpern zur Untersuchung der Rezepturen für Hinterfüllmörtel, Mitbetreuung der chinesischen Kolleginnen.

Leonie Saltzmann: Studentin an der TU München, unentgeltliche Mitarbeit an der Entwicklung eines Hinterfüllmörtels (WS 08/09), Mitbetreuung der chinesischen Kolleginnen.

2. Arbeitsaufenthalte, Besuche

2.1 Arbeitsaufenthalt im Zentrum für Konservierung in Xi'an, 19. März bis 13. April 2008

An dem Aufenthalt von Frau Blänsdorf und Frau Holl nahmen von chinesischer Seite Frau Yang Qiuying, Frau Ma Linyan, Frau Liu Linxi, Herr Yan Min und Herr Wang teil. Hauptaufgabe war eine erste Testreihe für lehmisierte Hinterfüllmassen mit chinesischen Erden und originalem Lehmziegelmaterial. Die Tests wurden im Labor des Zentrums für Konservierung in Xi'an durchgeführt. Dabei wurden zwei Typen chinesischer Erden verglichen. Mit verschiedenen Zusätzen wurden Haftzugfestigkeit, Rissverhalten und Standfestigkeit der Massen mit einfachen Verfahren ohne Prüfmaschinen getestet. Erste Versuche zur Überprüfung der Applizierbarkeit an Wandmodellen zielten auf die gleichmäßige Vornetzung des Hohlraumes und die Verteilung der Lehmmassen im Hohlraum. Versuche mit einem Dampfstrahlgerät zur Befeuchtung erbrachten keine befriedigenden Ergebnisse. Es zeigte sich auch, dass die 2007 entwickelten Rezepturen für die Hinterfüllung von Hohlräumen mit Spaltmaßen über 1 cm nicht geeignet sind. Am Ende des Aufenthalts wurden Plastikcontainer mit chinesischer Erde und Lehmziegeln aus Abbruchhäusern in Xi'an für weitere Versuche nach München verschickt.

Vor Ort erfolgten Klimamessungen im hinteren Teil der Shuilu-Halle und der Zustand der Musterflächen von 2007 wurde überprüft. Vereinzelt mussten Nachfestigungen an Teilstücken von Figuren vorgenommen werden. Dabei handelt es sich aber vermutlich um mechanische Schäden, die beim Gerüstabbau entstanden sind.

Ein Versuch, Hohlstellen in den Wänden mittels Thermografie-Messungen sichtbar zu machen, ergab unbefriedigende Resultate. Die vom Zentrum für Konservierung beschaffte Kamera war für diesen Zweck nicht geeignet. Bei der aktiven Erwärmung durch Heizlüfter stellte sich zusätzlich das Problem, dass die Figuren eine gleichmäßige Erwärmung der Wandoberfläche unmöglich machen. Eine weitere Messung mit anderer Kamera und verbesserten Bedingungen ist geplant.

2.2 Arbeitsaufenthalt zur 3D-Dokumentation im Museum der Terrakottaarmee, 11. bis 29. Mai 2008

Bei diesem Aufenthalt wurden die Arbeiten von Felix Horn und Agustina Laskowski, Studentin der TU München, Studiengang Restaurierung, durchgeführt. Von chinesischer Seite arbeiteten Frau Wang Chunyan, Frau Huang Jianhua und Herr Zhu Zhenyu mit.

Schwerpunkt der Arbeiten im Museum war die Dokumentation der Figur T21G18-01, dem Knienden Armbrustschützen mit dem grünen Gesicht im Depot-Raum. Im Vordergrund standen dabei Untersuchungen und Kartierungen der Erhaltung der Figur. Die Ergebnisse sind in Form von Zeichnungen festgehalten. Ebenso erfolgt die Vorbereitung der 3D-Dokumentations-Software für die Kartierung am 3D-Modell sowie die Konfiguration der an das räumliche Modell angehängten Datenbank.

2.3 Arbeitsaufenthalt zur Überprüfung der Erdfeuchte im Museum der Terrakottaarmee, 6. bis 24. Oktober 2008

Die Inhalte des Aufenthalts wurden von Dr. Rupert Utz konzipiert. Vor Ort wurden die Arbeiten zusammen mit C. Blänsdorf durchgeführt. Von chinesischer Seite arbeiteten Herr Rong Bo, Herr Wang Dongfeng, Herr Wang Liang, Frau Wang Chunyan und Frau Huang Jianhua mit.

Arbeiten: Überprüfen der Erdfeuchte an ausgewählten Messpunkten und Anlage einer Musterfläche zur Wiederbelebung der Erde in Grube 2 (siehe Untersuchungsschwerpunkt Abtrocknung der Erdstrukturen).

2.4 Anbringung von Staubschutzfenstern an der Shuilu-Halle und Klimamonitoring, 5. bis 8. November 2008

Die Maßnahme erfolgte als Abschluss der Arbeiten an der Westwand: Die ursprünglichen vier Fenster in der Westwand sind durch den Abbruch der alten Schutzwände geöffnet und nach Abschluss der Konservierungsarbeiten 2007 nur provisorisch mit Styroporplatten verschlossen worden. Nach dem Bau einer neuen Schutzmauer sind die alten Fenster von außen nicht mehr. Um ungefilterten Luftdurchzug mit starkem Staubeintrag sowie die Zugänglichkeit für Insekten und Kleinnager und Singvögel auszuschließen, sollten die Fenster staubdicht, jedoch luftdurchlässig verschlossen werden. Die Anfertigung von doppelten Rahmensystemen wurde von C. Blänsdorf konzipiert und in China in Auftrag gegeben. Auf die Rahmen wurden PE-Vliese (Tyvek® E 1622) so aufgespannt, dass sie ausgewechselt werden können. Die Rahmen wurden von C. Blänsdorf und Yan Min angebracht.

Zugleich werden von Yan Min seit Juli 2007 Messungen des Innen- und zeitweise des Außenklimas durchgeführt. Die Auswertungen von C. Bänsdorf ergaben, dass sich an verschiedenen Standorten in der Shuilu-Halle die klimatischen Verhältnisse kaum unterscheiden. Es treten kaum kurzfristige Klimaschwankungen auf, Tagesänderungen haben fast keinen Einfluss. Die Pufferwirkung der Lehmwände ist deutlich zu erkennen. Im Jahresmittel liegen die Werte bei 64 % rel. Feuchte und 17,6 °C. In kalten Wintern sinkt die Temperatur auf knapp unter 0 °C. Trotz der eher hohen Feuchtigkeit (Idealwerte für Museumsklima: 18-20 °C/55 % rF) sind die Klimawerte als gut zu bezeichnen, da im Mittel der Jahreszeiten die Feuchtigkeit außen höher liegt als im Innenraum.

2.5 Arbeitsaufenthalt von Kolleginnen des Zentrums für Konservierung in München, 8. bis 30. November 2008

An dem dreiwöchigen Aufenthalt nahmen Frau Yang Qiuying, Frau Ma Linyan und Frau Liu Linxi teil. Sie wurden von C. Blänsdorf, L. Saltzmann und L. Thiemann betreut. Als Übersetzerin fungierte Frau Chen Peihsiu. Der Zweck des Aufenthaltes war die systematische Einführung in die Tests zur Entwicklung lehm basierter Hinterfüllmassen, so wie sie in München mit normierten Verfahren und Messgeräten durchgeführt wurden. Die Testreihen wurden zusammen mit den chinesischen Kolleginnen in allen Schritten exemplarisch durchgeführt und Prüfmethoden (Zug- und Haftzugfestigkeitsmessung) vorgeführt.

Als Besichtungsprogramm standen Besuche in den Werkstätten des Römisch Germanischen Zentralmuseums in Mainz, der Werkstätten der Archäologischen Staatsammlung in München und ein Besuch in Bamberg auf dem Programm. In Bamberg stellte Dr. Rupert Utz der Fa. Prodenkmal Projekte der Stein- und Lehmuntersuchung vor. Am folgenden Tag wurde die Fa. Ibach bei Bamberg (Acrylharzvolltränkung von Marmor) besichtigt.

2.6 Lenkungsausschusstreffen

Das 12. Treffen des Lenkungsausschusses fand im Januar 2008 in München statt und wurde von der TU München ausgerichtet. Zu den Diskussionsthemen und Ergebnissen wird auf das entsprechende Protokoll des BMBF verwiesen.

2.7 Besuch einer chinesischen Delegation

2008 fand kein Besuch einer chinesischen Delegation statt.

3. Ausstellungen und Tagungen

3.1 London 20. bis 23. Februar 2008, China Ausstellung British Museum “The First Emperor” und Kongress, Holding it all together; ancient and modern approaches to joining, repair and consolidation, Teilnehmer Catharina Blänsdorf und Sandra Bucher

Inhalt der internationalen Konferenz: Neuster Stand der Klebung in der Restaurierung. Dabei gab es folgende Schwerpunkte: Glas und hoch gebrannte Keramik, niedrig gebrannte Keramik, organische Materialien, Stein und Skulpturen, Metall, moderne und historische Klebstoffe. Zudem wurden über Langzeitstabilität von Klebstoffen, Testverfahren und Anwendungspraktiken referiert. Zudem konnten wichtige Kontakte zu verschiedenen Restaurierungsinstituten geknüpft werden, u. a. zu Frau Huber Elisabeth *Instituto Centrale del Restauro* in Rom. In ihrem Institut besteht viel Erfahrung auf dem Gebiet der Klebung lebensgroßer Terrakottafiguren. Im Frühjahr besuchte sie zu einem Gedankenaustausch die TU in München.

Zeitgleich fand im British Museum eine Ausstellung über den Ersten Chinesischen Kaiser statt (*The First Emperor*), als Leihgabe wurde dabei von der TU München die Kopie des Bogenschützen ausgestellt. Für Frau Blänsdorf ergaben sich wichtige Kontakte zu internationalen Fachleuten, die sich mit der Rekonstruktion historischer Farbfassungen beschäftigen (z.B. Mikkel Scharf, *School of Conservation*, Kopenhagen).

3.1. Ende zur Ausstellung „The First Emperor“ in London, 6. April 2008

Die Ausstellung „*The First Emperor*“ im Reading Room des British Museum London endete am 6. April 2008. Die Ausstellung hatte eine große Resonanz, so dass kaum Tagestickets zu bekommen waren. Die von C. Blänsdorf erstellte Aquarellskizze mit der Rekonstruktion des Bogenschützen mit grünem Gesicht wurde als Postkarte verkauft. C. Blänsdorf führte in London die Verpackung für die Rückführung des Bogenschützen nach München durch. Vor der Sonderausstellung im Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke München ab. 18. Juni 2008 wurde die gebrochene linke Hand wieder angesetzt, die Füße gekittet und retuschiert und die von Transporten blank geriebene und beschädigte Fassung der Jacke erneuert. Dafür musste eigens Zinnober aus Beijing bestellt werden, da diese leuchtend rote Qualität in Deutschland nicht erhältlich war.

3.2. Ausstellung „Begegnung in bunt. Farbfassungen antiker chinesischer und griechischer Plastik im Vergleich“ im Museum für klassische Bildwerke München, 18. Juni bis 29. August 2008

Das Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke in München beherbergt eine große Zahl von Gipsabgüssen antiker griechischer und römischer Statuen. Alle Abgüsse sind unbemalt. Seit Ende 2006 sind die beiden bemalten Kopien chinesischer Terrakottakrieger dort zu Gast. Angeregt durch die Rekonstruktionen der Farbfassung griechischer Bildwerke durch Dr. Vinzenz Brinkmann, zuerst ausgestellt in der Glyptothek in München, entstand die Idee, griechische und chinesische Rekonstruktionen in einer gemeinsamen Ausstellung zu zeigen und dabei die neuesten Erkenntnisse zur Fasstechnik, Ähnlichkeiten und Unterschiede zu zeigen. Als Beispiel für die griechische Welt wurde ein Teil des sog. Alexandersarkophags ausgestellt, rekonstruiert von V. Brinkmann und U. Koch-Brinkmann. Als chinesische Beispiele waren der General und der Bogenschütze (gezeigt erstmals 2006 in Kunst- und Ausstellungshalle Bonn) und das für die Ausstellung erweiterte und verbesserte Modell eines Ganges der Grube 2 mit 18 kleinen bemalten Repliken zu sehen. Geschichte, Materialien und Technik griechischer und chinesischer Fassungen und der Rekonstruktionsprozess wurden mit Wandtafeln und je einer Vitrine mit Malmaterialien und Rekonstruktionsbeispielen an Probetafeln und Teilkopien präsentiert. Auf Monitoren waren Filme bzw. Bilderfolgen zum Rekonstruktionsprozess und die virtuelle Rekonstruktion von Herrn Horn zu sehen. Das Begleitheft zu den chinesischen Figuren enthält Beiträge von C. Blänsdorf und F. Horn.

4. Arbeiten zu kunsthistorischen und kunsttechnologischen Fragestellungen

Die kunsthistorischen Forschungen zu den Grottenanlagen in Anyue werden an der Universität Heidelberg, Institut für ostasiatische Kunstgeschichte von Herrn Zhao Zhou durchgeführt.

5. Grabanlage des Ersten Kaisers Qin Shihuangling in Lintong

5.1 Untersuchungsschwerpunkt: 3D-Modelle

Im Mai 2008 wurden bei einer Reise nach China Dokumentationsarbeiten an dem knienden Armbrustschützen mit grünem Gesicht in den Werkstätten des Museums der Terrakotta-Armee in Lintong durchgeführt. Für die digitale Bearbeitung am 3D-Modell des Kriegers sollten Schäden und Fassungsreste an der Figur kartiert werden. Verwendet wird dafür die 3D-Kartierungssoftware aSPECT 3D der Fa. ArcTron.

Die Software ist speziell auf den Einsatz in Restaurierung und Denkmalpflege ausgerichtet. Durch ihre Funktionalitäten kann die 3D-Software als effizientes Werkzeug für die präzise dreidimensionale Schadenskartierung verwendet werden. Mit der Software kann direkt auf der Oberfläche des 3D-Objekt gearbeitet werden. Dies stellt einen erheblichen Vorteil gegenüber dem Bearbeiten in verschiedenen unterschiedlichen Ansichten (Foto oder Zeichnung) eines Kunstobjekts dar. Befunde lassen sich mit aSPECT3D auf einfache Weise direkt und präzise auf der dreidimensionalen Oberfläche eintragen und können gemäß den jeweiligen Anforderungen klassifiziert, mit Farben unterlegt und mit individuellen Attributen versehen werden.

Da sich die Software noch im Entwicklungsstadium befindet und ein effizientes Arbeiten nicht immer gewährleistet werden kann, wurde als Grundlage für die 3D-Dokumentation eine zeichnerische bzw. manuelle Dokumentation des Armbrustschützen erstellt. Dies geschah auch deshalb, um die Arbeitszeit beim Aufenthalt in China möglichst effizient auszunutzen. Wenn die Software ihre vollständige Funktionalität erreicht hat, werden die Dokumentationsarbeiten zukünftig direkt am 3D-Modell ausgeführt.

5.2. Untersuchungsschwerpunkt Konservierung der Farbfassung

Die Versuche im Jahr 2008 konzentrierten sich auf zweierlei Themen: Zum einen wurden die Ursachen für die Bildung von Glanzflecken auf gefestigten Fragmenten näher untersucht. Dazu wurden Standardterrakottaproben

mit Pigmenten bemalt, mit verschiedenen Festigerkomponenten getränkt, bestrahlt und anschließend mehrere Monate lang auf Veränderungen hin beobachtet. Die Vermutung, dass kupferhaltige Pigmente für die Entstehung von Glanzstellen notwendig sind, wurde durch die Versuchsreihen eindeutig belegt. Außerdem ergab sich, dass vor allem HEMA, aber auch PEGDMA und GMA Glanzflecken verursachen. Die mit den Quervernetzern EGDMA und GDMA behandelten Teststücke blieben dagegen matt. In weiterer Arbeit sollten durch entsprechende Experimente Bedingungen gesucht werden, die Nachpolymerisationen der Festigerkomponenten verhindern. Beispielsweise könnten die Proben einige Tage nach der Bestrahlung mit einem geeigneten Inhibitor eingesprüht werden. Die Art und Menge eines solchen Inhibitors müsste evaluiert werden.

Das zweite Thema, an dem 2008 geforscht wurde, sind geeignete Analysemethoden für die verwendeten Festigermischungen. Bisher wurde dieses Thema sehr wenig bearbeitet. Eine fundierte Kenntnis der Polymerisationsvorgänge, der Zusammensetzung und Größe der Polymere sowie ihrer makroskopischen Eigenschaften sind jedoch essentiell für die weitere Forschung. In früheren Arbeiten finden sich zwei Ansätze für Analysemethoden, mit denen sich Informationen über die Festigungsmittel gewinnen lassen: AFM und ESPI. AFM-Messungen lieferten dieses Jahr interessante Erkenntnisse über die Oberflächenstruktur der neuen Festigungsmittel, ESPI konnte hingegen aufgrund von personellen und apparativen Schwierigkeiten in der Arbeitsgruppe von Herrn Gürker (Universität Oldenburg) noch nicht angewendet werden. Zudem wurden in diesem Jahr einige weitere potenziell geeignete Methoden untersucht und angewendet. Die Gaschromatographie (GC) und die ¹H-NMR-Spektroskopie stellten sich als besonders hilfreich heraus. Damit wurden die Copolymerisationsparameter der beiden Monomere HEMA und GMA bestimmt, woraus Schlüsse auf den Polymerisationsmechanismus bei Elektronenbestrahlung gezogen werden konnten.

5.3. Untersuchungsschwerpunkt Abtrocknung der Erdstrukturen

Die feuchtigkeitssensiblen Fassungen der Terrakottafragmente sind durch die fortschreitende Trocknung der Erde, in der sie eingebettet liegen, gefährdet. Im Oktober 2008 wurde bei einem Arbeitsaufenthalt der Trocknungszustand in den archäologischen Oberflächen der Grube 2 an fünf Vertikalbohrungen mit 3,5 cm Durchmesser und 60 cm Tiefe überprüft. Dies war die erste Messung dieser Art nach über sieben Jahren. Der Wassergehalt der entnommenen Erdproben wurde in den Labors des Museums gravimetrisch bestimmt. Wie bereits das Rissbild auf den Balkenlagen anzeigt, sind die Oberflächen seit der letzten Messung im Jahr 2000 sehr stark ausgetrocknet. In Abhängigkeit vom jeweiligen Grundwasserabstand der Entnahmestelle, liegen die Wassergehalte zwischen 4,5 und 9 m.-% in 50 cm Tiefe bzw. zwischen 2,5 und 6 m.-% an der Oberfläche. Die Trocknungsprognose der Wufi-Modellierung von 2003 (Dissertation R. Utz) hat sich damit im Bereich von +/- 2 m.-% bestätigt.

Den verantwortlichen Archäologen und Konservierungswissenschaftlern im Museum wurde die Brisanz der Austrocknungsproblematik erläutert. Es wurden drei unterschiedliche Methoden zur Aufrechterhaltung des notwendigen Wassergehaltes der Erde vorgestellt (Passive Methode – Abdeckung mit dampfsperrenden Membranen; Kompressenmethode, Micro drip – Bewässerungsmethode). Die notwendigen Anwendungsdauern der qualitative und quantitative Effekt der einzelnen Methoden wurde auf Basis der Daten aus der Projektphase zwischen 1998 und 2003 mit dem Programm Wufi 2D 3.2 modelliert und den Kollegen im Museum erläutert.

Seit ihrer Installation Oktober 2008 wird auf einer Testfläche in Grube 2 die Kompressenmethode erprobt.

An dieser Testfläche und an einer zweiten Fläche in der Grube 2 wurden Hochfrequenz-Profilsonden zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Feuchtigkeitsentwicklung im Boden installiert. Für die Installation dieser Profilsonden war eine Vor-Ort-Kalibrierung notwendig, die ebenfalls beim Arbeitsaufenthalt im Oktober 2008 vorgenommen wurde.

5.4. Optimierung der Klebesysteme zerbrochener Figuren

Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Entwicklung neuer Klebstoffsysteme für die Restaurierung. Die derzeit verwendeten Kleber (Epoxidharz) sind aus vielerlei Gründen nicht zu empfehlen. Der Einsatz nicht reversibler Materialien macht eine Nachbearbeitung der Plastiken, ohne dass sie dabei in Mitleidenschaft gezogen werden, so gut wie unmöglich. Da das Klebemittel zudem eine höhere Kohäsionskraft als die Terrakotta aufweist, besteht die Gefahr, dass im Falle einer mechanischen Belastung, nicht die Klebefuge bricht sondern sich eine neue Bruchstelle bildet.

Alle Anforderungen an einen adäquaten Klebstoff wurden in einem so genannten „Pflichtenheft“ formuliert, dieses dient als Diskussionsgrundlage für Ansprechpartner aus Forschung und Wirtschaft (Klebstoffhersteller). Derzeit stehen ca. 8 Kleber in der Vorauswahl und werden vor allem auf Zugeigenschaften und Langzeitverhalten geprüft. Als besonders viel versprechend zeigen sich Neuentwicklungen aus dem Bereich der Hybridklebstoffe sowie Klebstoffe auf mineralischer Basis.

6. Untersuchungen und Konservierungsarbeiten im Shuilu'an

Im Jahr 2008 lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Entwicklung und Bewertung von lehmisierten Hinterfüll- und Klebemassen, die zur Konservierung und Wiederanbringung der Lehmfiguren und zum

Hinterfüllen von Hohlstellen im Gefüge der Lehmwände eingesetzt werden sollen. In den praktischen Arbeiten 2007 in der Shuilu-Halle konnten erste Versuche mit zwei Typen lokaler Lehmvorkommen und verschiedenen Zuschlägen unternommen werden. Die Wirkung verschiedener Zuschläge wie Sand, geschäumtes Glas und Fasern wurde in Tests mit Prüfkörpern grundlegend untersucht. Als Basis fungierten die Rezepturen von Herrn Scheder (2001), die mit deutschem Lehm nachgestellt wurden (Arbeiten von Kristina Holl 2007).

Im Jahr 2008 wurden auf der Grundlage der Ergebnisse von 2007 weitere Testreihen durchgeführt. Diese fanden in drei Abschnitten statt, 1) während des Arbeitsaufenthaltes von C. Blänsdorf und K. Holl in Xi'an im März/April 2008, 2) als Versuchsreihe in München, durchgeführt von Dipl. Rest. K. Holl und den Studentinnen L. Saltzmann und L. Thiemann August 2008 bis März 2009 und 3) während des Arbeitsaufenthaltes von Fr. Yang Qiuying, Fr. Ma Linyan und Fr. Liu Linxi in München, im November 2008.

Anders als 2007 wurde in den Testreihen 2008 als Lehm ausschließlich jenes Material verwendet, das im Umkreis des Shuilu'an zur Verfügung steht. Die beiden Lehmtypen, im chinesischen „Gelbe Erde“ (gelber Lehm aus Lantian, 11 km entfernt vom Shuilu'an) und „Schwarze Erde“ (braune Lehmerde vom Berg direkt hinter dem Shuilu'an) wurden untersucht und in ihren physikalischen Eigenschaften für die Verwendung in der Konservierung der Shuilu-Halle getestet. Geprüft wurden Wasserbedarf, Fließverhalten, Schwund- und Rissverhalten, Spritzfähigkeit, Standfestigkeit und Klebkraft. Es zeigte sich, dass wider Erwarten die „Schwarze Erde“ bessere Eigenschaften aufweist. Die Zuschläge sollten die Lehmmassen hinsichtlich der getesteten physikalischen Eigenschaften verbessern und zusätzlich zur Gewichtsreduzierung beitragen. Die Eigenschaften der Lehmmassen wurden nach Vortests an den Massen mittels Zugfestigkeit (Prüfkörper aus Lehmmischung) und Haftzugfestigkeit (Lehmmischung auf Originalziegel) überprüft. Wandmodelle dienten zur Optimierung des Applikationsverfahrens. Die besten Ergebnisse erbrachte eine Mischung aus „Schwarzer Erde“ (6 Volumenteile) mit Hohlglaskügelchen (15 Volumenteile), Wasser (4 Volumenteile) und Tylose® MH 300 (Methylhydroxyethylcellulose), 3% in Wasser (2 Volumenteile). Die Masse zeigt wenig Schwund, ist auch durch dünne Kanülen zu injizieren, bildet dann aber standfeste Kleckse, die beim Trocknen kaum Schrumpfrisse entwickeln und gut haften. Damit sind sie auch zur Überbrückung stärkerer Spaltmaße geeignet.

Zur gleichmäßigen Vornetzung der Hohlräume wurden Kanülen mit umgebogenen Spitzen und eingesägten Löchern hergestellt, die wie ein Sprühkopf das Wasser im Hohlräum verteilen.

7. Anyue

Mai 2008 – Arbeitsaufenthalt

Wegen des verheerenden Erdbebens vom 12. Mai 2008 musste der geplante Arbeitsaufenthalt (26.05.2008 – 06.06.2008) für dieses Frühjahr ausgesetzt werden. Die chinesische Seite wies mit Nachdruck auf die Unwägbarkeiten und Schwierigkeiten eines Arbeitsaufenthaltes zu diesem Zeitpunkt hin.

Oktober 2008 – Arbeitsaufenthalt

Der Aufenthalt fand im Herbst 2008 vom 13.10.2008 – 24.10.2008 statt. Die Teilnehmer auf deutscher Seite waren Herr Felix Horn, Herr Mathias Kocher (beide TU München), Herr Vojislav Tucic (BLfD, München) und Herr Zhao Zhou (Universität Heidelberg). Die Teilnehmer auf chinesischer Seite waren Herr Prof. Wang Jinhua, Frau Dr. Zhang Jinfeng, Herr Dr. Wu Yuhua, Herr Yuxinxin (alle Chinese Academy of Cultural Heritage, Beijing), Frau Prof. Lei Yu Hua (Archaeological Institut, Chengdu), Ms Yanmin Guo (Guangzhou Baiyun Cultural Heritage Conservation Materials Research Center, Taihe Town) sowie mehrere Mitarbeiter des Denkmalamtes Anyue.

Ziel des Aufenthaltes war die Auswahl einer geeigneten Musterfläche zur Festigung sowie die Weiterführung der Dokumentation der Grotte Nr. 10 mittels klassischer- und 3-D basierter Methoden. Die Musterfläche wurde in Übereinkunft mit der chinesischen Seite festgelegt und erste Festigkeitsmessungen mit dem Intender durchgeführt (Messgerät zur Ermittlung der Eindringtiefe einer definierten Metallkugel).

November 2008 – Arbeitsaufenthalt der chinesischen Kollegen in München

Die Kollegen aus China waren vom 10.11.2008 bis 06.12.2008 zu Gast in München.

Teilnehmer auf chinesischer Seite waren Frau Dr. Zhang Jinfeng, Frau Dr. Li Lou, Herr Dr. Wu Yuhua und Herr Dr. Yanhua (alle Chinese Academy of Cultural Heritage, Beijing) und Herr Yang Sheng (Chendu Museum, Chengdu).

Ziel des Aufenthaltes war die Vermittlung der Vorgehensweise der deutschen Denkmalpflege mit den jeweiligen Problemstellungen.

Stand der Arbeiten im Vergleich zum geltenden Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan, Gründe für eventuelle Änderungen

Arbeits- und Zeitplan

Der Stand der Arbeiten entspricht in den meisten Unterpunkten den Vorgaben der Vorhabensbeschreibung. Die Untersuchung und Festigung ausgetrockneter Farbschichten kann in Lintong nicht wie geplant durchgeführt werden. Die Restaurierung des 2005/06 geborgenen Steinpanzers konnte nicht begonnen werden, da für den geplanten Transport des Steinpanzers nach München keine Genehmigung von chinesischer Seite erteilt wurde und auch in Zukunft nicht erteilt werden wird. Der geplante Transport einer zerbrochenen Terrakottaskulptur nach München ist aus denselben Gründen ebenfalls nicht möglich. Die Erarbeitung eines Systems zur Zusammenfügung mit geeigneten Klebemitteln wird in München derzeit mit Hilfe von Prüfkörpern durchgeführt.

Finanzierungsplan

Die Finanzierung der Forschungsarbeiten im Jahr 2008 erfolgte nach den Vorgaben des Finanzierungsplans. Einzelheiten sind der Jahresabrechnung aufgelistet.

Haben sich die Aussichten für das Erreichen der Vorhabensziele geändert?

Wenn ja, welche Probleme sind entstanden?

Aufgrund der oben geschilderten Probleme bei der Ausfuhr des Steinpanzers, einer zerbrochenen Terrakottaskulptur und auch jeder weiteren Art von Probematerial nach München können die geplanten Restaurierungen dieser Stücke nicht durchgeführt werden. Konservierungstests für die zerbrochene Terrakotta und die Farbfassung werden nicht, wie geplant, an originalem Probenmaterial, sondern an Prüfkörpern durchgeführt.

Haben sich die Vorhabensziele geändert? Wenn ja, warum?

Die Ziele des Vorhabens haben sich nicht geändert. Änderungen in der Durchführung sind auf die oben geschilderten Umstände zurückzuführen.

Sind inzwischen Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen bekannt geworden, die für das Vorhaben von Bedeutung sind? Wenn ja, welche?

Trifft nicht zu

Sind für Vorhabensergebnisse

- Patente angemeldet worden?
- Erfindungen in Anspruch genommen worden?
- Neuerungen und / oder Verbesserungen bereits gemachter Erfindungen angefallen?

Wenn ja, bitte spezifizieren.

Patente: H. Langhals, B. Oginiski, Elektronenstrahlhärtung von Glycerolmethacrylat, *Ger. Offen*, DE 102008005685.5 (Jan 23, 2008).

**Liste eigener Publikationen von Vorhabensergebnissen
(bitte Sonderdruck gemäß Zuwendungsbescheid beifügen)**

Publikationen

Ingeborg Kader, Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke München (Hrsg.), *Begegnung in bunt, Farbfassungen antiker chinesischer und griechischer Plastik im Vergleich*. Bd. 1, Catharina Blänsdorf, Die Farbrekonstruktion zweier Krieger der Terrakottaarmee des Ersten Chinesischen Kaisers, Felix Horn, Die virtuelle Farbrekonstruktion des Generals T9:1. ISBN 3-9805981-6-0

Ingeborg Kader, Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke München (Ed.), *Encounter in colour, Polychromy of the Qin Terracotta Army*, Report on the state of research, Catharina Blänsdorf: The reconstruction of the polychromy of two sculptures from the terracotta army of Qin Shihuangdi, Felix Horn: Virtual colour reconstruction of the general T9:1, ISBN 3-9805981-6-0

Ilaria Bonaduce, Catharina Blänsdorf, Patrick Dietemann, Maria Perla Colombini, The binding media of the polychromy of Qin Shihuang's Terracotta Army. Journal of Cultural Heritage 9 (2008), p. 103-108

Heinz Langhals, Beata Oginski, Electron Beam Curing with Glycerol Methacrylate, Journ. Polym. Sci.: Part A 2008, Vol 46, 6660-6663.

Vorträge und mündliche Vorstellungen des Projektes

7. 3. 2008 Catharina Blänsdorf, „Deutsch-Chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz. Forschungsprojekt 01GWS079 des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)“. Projektvorstellung im Rahmen des „China-Tages“, Forum zum europäisch-chinesischen Wissenschaftsaustausch an der Universität zu Köln. Anlässlich eines Treffens der China-NRW University Alliance wurden europäisch-chinesische Forschungs- und Ausbildungsprojekte vorgestellt.
29. 7. 2008 Felix Horn: „Virtuelle Erfassung und Farbrekonstruktion von Figuren der Terrakottaarmee des Ersten Chinesischen Kaisers, Vortrag in der Sonderausstellung im Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke München
5. 8. 2008 Catharina Blänsdorf, „Die Farbigkeit der Terrakottaarmee: Von der Dokumentation der Befunde bis zur Rekonstruktion auf Abgüssen“. Vortrag mit anschließender Führung in der Sonderausstellung im Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke München

ZWISCHENBERICHT FÜR DEN ZEITRAUM: 01.01.2009 BIS 31.12.2009

Förderkennzeichen: 01GWS079

Abgabetermin: 30. 04. 2010

Vorhaben:

Deutsch-chinesische Zusammenarbeit im Kulturgüterschutz: Forschungen zum Erhalt ausgewählter Denkmäler in der VR China.

Darstellung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ereignisse und anderer für das Vorhaben wesentlicher Ereignisse (z. B. personelle Veränderungen)

1.1 Personelle Veränderungen

Frau Beata Oginski ist seit 25.08.2009 in Mutterschutz. Frau Sandra Bucher hat mit Abschluss der Projektphase am 31. 12. 2009 das Forschungsprojekt verlassen.

1.2 Einbeziehen studentischer Hilfskräfte in die Forschungsarbeiten

Kristina Holl führte vom 01.12.2008 bis 31.03.2009 Tests für Hinterfüllmörtel und Fassungsfestigung für den Shuili'an durch.

2. Arbeitsaufenthalte, Besuche

2.1 Arbeitsaufenthalt im Zentrum für Konservierung in Xi'an und im Shuili'an, 15. 6. bis 3. 7. 2009

An dem Arbeitsaufenthalt nahmen von deutscher Seite C. Blänsdorf und K. Holl teil, von chinesischer Goa Yan (Restauratorin), Yan Min (wissenschaftlicher Mitarbeiter), Yang Qiuyang (Laborleiterin). Ziel des Arbeitsaufenthaltes war, die 2008 und 2009 in München im Labor erarbeiteten Konservierungsverfahren in-situ zu testen:

- Lehmbasierte Hinterfüllmassen für Hohlräume in der Wand und im Putzgefüge
- Festigung der Farbfassung

Beide Verfahren wurden zunächst mit den chinesischen Kollegen und chinesischen Materialien exemplarisch im Labor in Xi'an getestet und dann während 2 Wochen im Shuili'an appliziert.

Gleichfalls wurden die bereits konservierten Flächen kontrolliert, Klimaüberprüfungen vorgenommen und die Fortführung der Arbeiten diskutiert.

Am 29. 6. wurde das neue Gebäude des Zentrums für Konservierung offiziell eingeweiht. In der Werkstättenetage ist für die deutsch-chinesischen Projektarbeiten ein Raum eingerichtet worden, der für Vorversuche, als temporäres Büro (mit internet-Anschluss) und zum Einlagern der Materialbestände des Forschungsprojektes dienen kann.

2.2 Arbeitsaufenthalt Konservierung eines Steinpanzers und Klebeversuche an zerbrochenen Terrakottakriegern am Museum der Terrakottaarmee

Im September und Oktober 2009 fand ein 6wöchiger Arbeitsaufenthalt am Museum der Terrakottaarmee statt. Anwesende sind Frau Sandra Bucher sowie Herr Stefan Gussmann und Frau Barbara Jändl von der Archäologischen Staatssammlung München. Schwerpunkt des Aufenthalts sind die Vorbereitung eines Steinpanzers für die Lagerung im Depot sowie verschiedene Klebeversuche an zerbrochenen Terrakottafiguren.

2.3 Arbeitsaufenthalt zur Überprüfung der Erdfeuchte im Museum der Terrakottaarmee

Vom 13. bis 18. 9. fand ein weiterer Aufenthalt zur Weiterführung der Untersuchung der Trocknung und Wiederbefeuertung der Erde in Grube 2 statt. Herr Rupert Utz führte die Arbeiten vor Ort zusammen mit Herr Zhu Zhenyu und Herrn Rong Bo aus. Die Untersuchungen in der Grube fanden mit Unterstützung von Herrn Prof. Zhou, Leiter des Key Research Laboratory, und Direktor Liu, Leiter des Archäologischen Teams, statt. Abschließend wurden die Ergebnisse von Herrn Utz in einer Präsentation vor der Direktion und den Mitarbeitern des Museum vorgestellt (Übersetzung durch Frau Hou Gailing).

2.4 Arbeitsaufenthalt Jinchuanwan

September 2009. Der zweiwöchige Aufenthalt dauerte vom 06.09 – 15.09.2009. Teilnehmer auf deutscher Seite waren Frau Martina Klukas (BLfD) und Herr Mathias Kocher (TUM). An der Ostwand der Grotte wurde eine Bestands- und Schadenskartierung erstellt und zwei Musterflächen zur Festigung angelegt. Das Hauptanliegen des Aufenthalts galt der Entwicklung und der Abstimmung eines Maßnahmenplans für die Gesamtanlage.

2.5 Arbeitsaufenthalte in Anyue

In 2009 fanden zwei Arbeitsaufenthalte in Anyue statt.

Mai 2009 – Arbeitsaufenthalt

Ziel des Arbeitsaufenthaltes war die Ermittlung der Bohrhärte des ungefestigten Sandsteins und die anschließende Festigung der Musterfläche mit Remmers KSEOH. Die Bestimmung der Bohrhärte des Sandsteins wurde mit dem nach China exportierten DRMS-System durchgeführt. Dabei wurden die chinesischen Kollegen sowohl in die Messtechnik (Anwendung des Gerätes) wie auch in die Interpretation (Auswertung) der Ergebnisse eingeführt. Erste Steinergänzungsmassen wurden an den Bohrlöchern getestet.

Oktober / November 2009 – Arbeitsaufenthalt

Der Aufenthalt fand vom 19.10. bis 12.11.2009 statt. Die Teilnehmer auf deutscher Seite waren Herr Mathias Kocher (TU München), Frau Martina Klukas und Herr Vojislav Tucic (beide BLfD, München) Herr Zhao Zhou (Universität Heidelberg), Herr Dr. Piero Tiano (IVBC, Florenz) und Frau Prof. Lin Chunmei (Tainan Universität, Taiwan). Die Teilnehmer auf chinesischer Seite waren Herr Prof. Wang Jinhua, Herr Dr. Wu Yuhua, Herr Yuxinxin (alle Chinese Academy of Cultural Heritage, Beijing), Frau Prof. Lei Yu Hua (Archaeological Institut, Chengdu), sowie mehrere Mitarbeiter des Denkmalamtes Anyue. Ziel des Aufenthaltes war die Messung der Bohrhärte der Musterfläche nach deren Festigung durch KSEOH.

2.6 Lenkungsausschusstreffen

Das 13. Treffen des Lenkungsausschusses fand in Xi'an vom 08. bis zum 12. Juni 2009 statt.

Zu den Diskussionsthemen und Ergebnissen wird auf das entsprechende Protokoll des BMBF verwiesen.

2.6 Besuch einer chinesischen Delegation

19.10. – 25.10.2009 Besuch einer chinesischen Delegation (Chines Academy of Cultural Heritage, Beijing) anlässlich der Ausstellungseröffnung „Die Kunst der Holzkonstruktion Chinesischer Architektur-Modelle“ in der Pinakothek der Moderne in München.

3. Ausstellungen und Tagungen

3.1 Internationale Tagung zur Qin Terrakottaarmee und zur Polychromie antiker Skulpturen, Xi'an, März 2008

Vom 23. bis 27. März fand in Xi'an unter dem Titel „The second International Symposium of the Terra-cotta Army and Polychrome Cultural Relics Conservation and Research“ eine Tagung statt. Diese knüpfte an die Tagung „The polychromy of Antique Sculptures and the Terracotta Army of Qin Shihuang“ im März 1999 an. Die Tagung wurde vom Museum der Terrakottaarmee, Lintong, organisiert, mit Unterstützung des „China-Projektes“ der TU München.

An drei Tagen fanden Vorträge statt zu den Themen: Terrakottaarmee des Qin Shihuang, Polychromie antiker Skulpturen, Konservierung von Wandmalereien, Untersuchung und Konservierung polychromer Objekte, Kunst und Archäologie polychromer Objekte, Polychromie antiker Architekturen und hölzerner Objekte. An den beiden folgenden Tagen wurden Exkursionen angeboten. Von Seiten des Projektes nahmen Prof. Emmerling, Dr. Kocher, Felix Horn und Catharina Blänsdorf teil. Prof. Emmerling, Hr. Horn und Fr. Blänsdorf hielten Fachvorträge.

Die Tagungsbeiträge wurden mit finanzieller Unterstützung durch das BMBF publiziert. Die Beiträge sind im April 2010 in der Fachzeitschrift *Wenbo* (Kulturgüter(schutz) und Museen), Nr. 6/2009, erschienen.

3.2. Ausstellung „Holzkonstruktion“ in München

22.10.2009 – 28.02.2010 Die Kunst der Holzkonstruktion – Chinesische Architekturmodelle. Ausstellung im Architekturmuseum der TU München in der Pinakothek der Moderne.

3.3 Symposium “Dazu Rock Carvings” in Chongqing

2009' International Academic Symposium of Dazu Rock Carvings, Chongqing, China & 10th Anniversary of Dazu Rock Carvings Being inscribed in UNESCO World Heritage List, 31.10. – 05.11.2009 Chongqing.

Teilnehmer: Frau Martina Klukas (BLfD), Herr Mathias Kocher (TUM) und Herr Vojislav Tucic (BLfD)

4. Arbeiten zu kunsthistorischen und kunsttechnologischen Fragestellungen

Die kunsthistorischen Forschungen zu den Grottenanlagen in Anyue werden an der Universität Heidelberg, Institut für ostasiatische Kunstgeschichte von Herrn Zhao Zhou durchgeführt.

An Proben aus der Shuilu-Halle werden die Untersuchungen zu den Bindemitteln fortgesetzt. Verbesserte Analyseverfahren an der Università di Pisa ermöglichen mittlerweile, an einem einzigen Probenextrakt sowohl Proteine, als auch Polysaccharide zu bestimmen. Die Nachuntersuchung der bereits teilweise analysierten Proben ergab, dass Lehm, weiße Grundierung und Malschicht Leim und Ei enthalten. Lehm und Grundierung enthalten zudem signifikante Mengen an einem noch nicht identifizierten Polysaccharid. Dies passt zu dem in München durchgeföhrten mikroskopischen Nachweis von Stärke in der oberen Lehmschicht. Der Nachweis von Ei und Leim in allen Schichten wird vor läufig so interpretiert, dass die Grundierung leimgebunden, die Farbschicht mit ei bzw. Ei und Leim gebunden ist. Für die mikroskopisch erkennbaren Absperrsichten unter und auf der Grundierung wurde offensichtlich nicht nur Leim, sondern auch Ei (Vollei) verwendet. Untersuchungen an vergoldeten Partien ergaben keine interpretierbaren Ergebnisse.

Die Untersuchungen werden 2010 fortgeführt. Als nächstes sollen typisch asiatische Bindemittel, wie Soyamilch, Tungöl, Urushi und andere Pflanzenabsude eingemessen werden, um die Bandbreite der (bislang rein europäischen) Referenzen zu erweitern. Danach sollen die Untersuchungen an Proben aus der Shuilu-Halle fortgesetzt werden.

Die während der Arbeiten 2007 erstellte Typensystematik wurde mit Hilfe von Prof. Lin Chunmei in Hinblick auf Kleidungsstücke und Kopfbedeckungen angesehen. Erste Interpretationen der Kappen und der Zusammengehörigkeit bestimmter Kleidungsteile (Ärmel zu sichtbaren Kragen oder Säumen) waren dabei möglich. Die Zusammenarbeit mit Taiwan zu den Bekleidungen und Attributen soll 2010 fortgesetzt werden.

5. Grabanlage des Ersten Kaisers Qin Shihuangling in Lintong

5.1 Untersuchungsschwerpunkt: 3-D Modelle

Auch für aktuelle Rechner stellt die Betrachtung und Verarbeitung hochauflöster 3-D Modelle eine große Herausforderung dar. Ein großes 3-D Modell mit feinsten Details, das nicht vernünftig betrachtet und bearbeitet werden kann ist nutzlos. Daher ist die Reduktion der Dateigröße bzw. der Anzahl der Polygone oder Scheitelpunkte eines 3-D Modells eine notwendige Maßnahme für ein ökonomisches und effizientes Arbeiten. Zur Datenreduktion des beim Scannen entstandenen ungeordneten Polygon-Netzes wurden daher unterschiedliche Methoden hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und ihrer Resultate getestet.

Die Anwendung der Datenreduktion erbrachte gute Ergebnisse, jedoch ist sie immer mit einem Verlust von kleinsten Details der Oberfläche des 3-D Modells verbunden. Grundsätzlich muss bei der Anwendung der Datenreduktion zwischen der Dateigröße bzw. der Anzahl der Polygone und der Leistungsfähigkeit von Hard- und Software abgewogen werden.

5.2. Untersuchungsschwerpunkt Konservierung der Farbfassung

Die Versuche im Jahr 2009 konzentrierten sich zum einen auf die weitere Forschung nach geeigneten Analysemethoden für die verwendeten Festigermischungen. Die Beschaffenheit der Polymerfilme wurde mittels Mikroskopieaufnahmen und AFM-Messungen untersucht. Die Oberflächen bestrahlter Polymerfilme zeigen Porenstrukturen mit Bereichen unterschiedlicher Härte, was auf einen lokal unregelmäßigen Polymerisationsprozess hinweist. Zudem konnte gezeigt werden, dass HEMA während der Festigung stark zur Schrumpfung neigt, GMA hingegen bleibt im Volumen stabil. Um ebenmäßige Filme zu erhalten, darf die Formulierung nicht mehr als 70% HEMA enthalten.

Eine nähere Untersuchung des Polymerisationsvorgangs der beiden Monomere sowohl einzeln als auch in variierenden Mischungsverhältnissen (u.a. mittels IR-Spektroskopie) ergab gegenläufige Trends in den Aushärtebedingungen je nach Initiierungstypus der Reaktion. Während HEMA bei Zugabe eines Radikalstarters und Erwärmung deutlich schneller polymerisiert als GMA, benötigt letzteres bei Bestrahlung mit Elektronen wesentlich weniger Energie zum Aushärten. Diese Beobachtung konnte durch experimentelle Ermittlung der jeweiligen Copolymerisationsparameter beider Monomere quantifiziert werden. Hierzu wurden HEMA/GMA-Mischungen anpolymerisiert und die Zusammensetzung des jeweiligen Reaktionsgemisches mittels ¹H-NMR-Spektroskopie und Gaschromatographie analysiert. Anschließend erfolgte eine graphische Auswertung nach Fineman und Ross. Als Ergebnis wurde erhalten: R(HEMA) = 1.25, R(GMA) = 0.81 für die thermische Polymerisation und R(HEMA) = 0.72 und R(GMA) = 1.45 für die elektronenstrahlinduzierte Polymerisation. Zur Erklärung des Phänomens wurden alternative Reaktionsprozesse während der elektroneninduzierten Polymerisation diskutiert. GPC-Messungen anpolymerisierter HEMA/GMA-Mischungen zeigten sehr breite Polydispersitäten von 19-20, was eindeutig gegen ein definiertes Kettenwachstum spricht. Es ist anzunehmen, dass es sich um einen komplexen Reaktionsverlauf handelt, der in einem stark vernetzten Polymer resultiert.

Des Weiteren wurden die im Rahmen der Optimierungen der EB-Methode bisher untersuchten Methacrylate bezüglich ihrer Festigungsparameter miteinander verglichen und die Reihe um eine weitere Substanz (Methylmethacrylat, MMA) erweitert. Bestimmte Stoffdaten wie Viskosität, Molekulargewicht und Sauerstoffgehalt wurden zur Erklärung der unterschiedlichen Aushärtedosen herangezogen. Zudem wurden zwei neue Methacrylate auf der Basis von Kohlenhydraten synthetisiert, die potentielle Haftvermittler darstellen.

5.3. Untersuchungsschwerpunkt Aufrechterhaltung der Erdfeuchte

Während des einwöchigen Arbeitsaufenthaltes Mitte September 2009 wurden die Untersuchungen zur Trocknung und Wiederbefeuhtung der Erdstrukturen in der Grube 2 im Museum der Terrakottaarmee weiterbearbeitet.

Dabei konnten folgende Punkte bearbeitet werden:

- Begutachtung und Beprobung der Musterfläche zur Wiederbefeuhtung mit Kompressenmethode
- Sondierung der Feuchtigkeitsverteilung im Tiefenprofil an drei Positionen in der Grube 2
- Auslesen und neu programmieren der Sentec Sonden zur kontinuierlichen Aufzeichnung der oberflächennahen Feuchtigkeitsveränderung bis in 50cm Tiefe

5.4. Optimierung der Klebesysteme zerbrochener Figuren

Ziel des Arbeitsschwerpunktes ist die Weiterentwicklung einer kontrollierten Fügetechnik mittels eines Terrakottaklebstoffes, mit der die Nachteile der gegenwärtig verwendeten Kle 技术 beseitigt werden können. Es hat sich gezeigt, dass einkomponentige Montage-Klebstoffe generell vorzuziehen sind und ebenfalls ausreichende Festigkeiten erreichen.

Die neu formulierten Klebstoffe waren alle auf Basis wässriger Dispersionen angelegt. Sie bestehen aus einer wässrigen Acrylat - Dispersion und enthalten keine Lösungsmittel. Sie zeichnen sich durch eine hohe Anfangsfestigkeit aus, lassen sich leicht verarbeiten und konnten nach 24 Stunden einfach korrigiert oder gelöst werden. Erfolgreiche Versuche zur Reversibilität erfolgten durch Wärmeeinwirkung und/oder Seifentenside. In allen Fällen kam es zu einem Adhäsionsverlust durch Anquellen der Klebschicht. Diese lies sich dann als nicht haftender Film von der Terrakotta abziehen. Eine Reaktivierung der Klebkraft ist nicht möglich. Prinzipiell ist das Anlösen durch Seifenwasser vorzuziehen. Die Methode ist schonender für die Objekte und einfacher hand zu haben.

Des Weiteren wurde eine sehr umfangreiche Versuchsreihe zur mechanischen Zugfestigkeit der Klebstoffe am Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege München durchgeführt. Dazu wurden an nachgestellten Terrakottaprüflingen eine Sollbruchstelle durch mittiges einsägen vorbereitet und an der Zugmaschine belastet. Als durchschnittliche Zugfestigkeit ergab sich ein Wert von 1,1 N/m², dieser lag überraschenderweise unter der Festigkeit der originalen Terrakotta. Dazu wurden mehr als 60 Prüflinge vorbereitet und deren Messkurven ausgewertet. Die Festigkeitswerte der Klebstoffe lagen unter den Werten der originalen Terrakotta. Aber obwohl es wie gewünscht zu einem Bruch innerhalb der geklebten Fläche kam, verlief die Trennung nicht innerhalb der Klebschicht (Kohäsionsbruch) sondern zwischen Klebschicht und Terrakotta (Adhäsionsbruch), dies erfordert eine weitere Modifikation der Klebstoffe.

6. Konservierungsarbeiten in der Shuilu-Halle

Für die Konservierung der Shuilu-Halle wurden Untersuchungen und Tests zu zwei Konservierungsfragen vorgenommen:

1. Applikation der 2008 entwickelten Lehmhinterfüllmasse in die Hohlstellen der Wände
2. Ermittlung eines geeigneten Materials und Verfahrens zur Festigung stark pudernder Farbschichten

Zu diesen Fragestellungen wurden Versuchsreihen im Labor durchgeführt. Während des Arbeitsaufenthalts in Xi'an wurden die Verfahren erstmals in-situ getestet. Die junge Restauratorin Gao Yan wurde in die Versuchsreihen und die Arbeiten vor Ort einbezogen.

Hinterfüllmörtel

Getestet wurde die neu entwickelten Lehmmasse HFM 8 („Schwarze Erde“ = Lösserde vom Berg hinter dem Shuilu'an (6 Volumenteile), Hohlglaskügelchen (15 Volumenteile), Wasser (4 Volumenteile) und Tylose® MH 300 (Methylhydroxyethylcellulose), 3% in Wasser (2 Volumenteile). An einer Testfläche im Abschnitt 5 der Westwand (nahe der Südwestecke der Halle) wurden die Überputzungen der Jahre 1980-85 entfernt. Die losen Putzschichten und oberflächennahe Hohlräume in der Wand wurden mit der Masse verfüllt. Es zeigte sich, dass die Applikation mit Kanülen und dünnen Schläuchen möglich ist. Klebkraft und Festigkeit waren sehr zufrieden stellend. Schwierig bleibt die Injektion in Risse mit geringem Spaltmaß. Bei den sommerlichen Temperaturen kann die angesetzte Tylose nur kurze Zeit verwendet werden. Für weitergehende Arbeiten wäre ein regulierbarer Kühlschrank erforderlich, der derzeit nicht vorhanden ist.

Festigung der Malschicht

Verschiedene Festigungsmittel in unterschiedlicher Konzentration wurden getestet. Neben den prinzipiellen Eigenschaften waren Klebkraft, Verarbeitbarkeit, Oberflächenglanz und Verdunklung Bewertungskriterien. Die Materialien wurden gesprühlt oder mit Pinseln aufgestrichen.

Die besten Ergebnisse bei Applikation mit Pinseln ergaben Funori (2%) und Gelatine (2%). Bei starker pudernden Malschichten ist ein zweiter Auftrag zu empfehlen. Dieser ist ohne Bildung von Glanzrändern und Verdunklung möglich. Die besten Ergebnisse wurden durch einen dreifachen Auftrag mit 1.5% Festigungslösungen erzielt. Sprühen hat, im Vergleich zu Pinselauftrag, den Vorteil einer berührungslosen Applikation. Das Sprühen selbst geht schneller als das Aufstreichen. Allerdings sind Abdeckungen erforderlich, um ein Überfestigen vorstehender

Partien zu vermeiden. Das Herstellen dieser Masken führt zu einem Zeitverlust, so dass letztlich beide Methoden gleich aufwendig sind. Sprühen ist nur bei ebenen Wandflächen effektiver und schneller, nicht aber bei Skulpturen. Die Gelatinelösungen konnten mit kleinen Sprühfläschchen aus dem Apothekerbedarf gesprüht werden, die hochviskosen Funorilösungen nicht.

Weiter wurde die Mauerkrone im Wandabschnitt 2 der Westwand eingesetzt, die im September 2007 abgenommen und am Ende des Arbeitsaufenthaltes noch nicht wieder angebracht werden konnte, da die Wand darunter noch nicht ausreichend abgetrocknet war. Die eingelagerten Bruchstücke wurden zugeordnet und in den offenen Wandabschluss eingesetzt.

Die 2007 konservierten Wandabschnitte wurden kontrolliert. Erneut aufgetretene Lockerungen, besonders einiger Köpfe, sind eventuell auf mechanische Beschädigungen beim Gerüstabbau zurückzuführen. Eine größere Lockerung (eine Wolke im 4. Register) war 2007 entweder übersehen worden oder ist neu entstanden. Einzelne auftretende Lockerungen von Teilstücken mit Haarrissen (Köpfe, Hände, Kragen etc.) sind auch auf die zu geringe Klebkraft und Eindringfähigkeit der 2007 verwendeten Lehmmassen zurückzuführen. Die große Hohlstelle in Abschnitt 2 mit der dahinter zusammengebrochenen Wand (konserviert im September 2007) ist sehr stabil.

Alle gereinigten Bereiche sind wieder eingestaubt. Teilweise ist dies durch die weiterhin ständig auftretende Verstaubung und Spinnweben bedingt. Die stärkeren Staub- und Feinpartikelablagerungen sind allerdings Folge des Erdbebens ab 12. Mai 2008, das zu stärkeren Erschütterungen und Bewegungen der gesamten Architektur führte. Im vorderen Teil der Halle sind Risse oberhalb der Szene „500 luohan überqueren das Meer“ aufgetreten. Die Figur eines weißhäutigen Knaben über dem Kopf des *Yingshen fo* ist kopfüber abgesackt und wird nun mit einer Holzstütze gehalten. Die begonnenen Untersuchungen zur Staubansammlung mit ausgelegten Folien wurden entsorgt und neu aufgesetzt, da die Partikelablagerung durch das Erdbeben keine normale Staubablagerung darstellt und der vereinbarte Kontrollzeitraum überschritten war. Die Untersuchungen zur Staubablagerung sind noch nicht abgeschlossen.

7. Arbeiten in der Jinchuanwan Grotte (nahe Xi'an)

September 2009 – Arbeitsaufenthalt

Der zweiwöchige Aufenthalt fand vom 06.09 – 15.09.2009 statt. Teilnehmer auf deutscher Seite waren Frau Martina Klukas (BLfD) und Herr Mathias Kocher (TUM). An der Ostwand der Grotte wurde eine Bestands- und Schadenskartierung erstellt und zwei Musterflächen zur Festigung angelegt. Das Hauptanliegen des Aufenthalts galt der Entwicklung und der Abstimmung eines Maßnahmenplans für die Gesamtanlage.

8. Arbeiten in Anyue

Mai 2009 – Arbeitsaufenthalt

Ziel des Arbeitsaufenthaltes war die Ermittlung der Bohrhärte des ungefestigten Sandsteins und die anschließende Festigung der Musterfläche mit Remmers KSEOH. Die Bestimmung der Bohrhärte des Sandsteins wurde mit dem nach China exportierten DRMS-System durchgeführt. Dabei wurden die chinesischen Kollegen sowohl in die Messtechnik (Anwendung des Gerätes) wie auch in die Interpretation (Auswertung) der Ergebnisse eingeführt. Erste Steinergänzungsmassen wurden an den Bohrlöchern getestet.

Oktober / November 2009 – Arbeitsaufenthalt

Der Aufenthalt fand vom 19.10. bis 12.11.2009 statt. Die Teilnehmer auf deutscher Seite waren Herr Mathias Kocher (TU München), Frau Martina Klukas und Herr Vojislav Tucic (beide BLfD, München) Herr Zhao Zhou (Universität Heidelberg), Herr Dr. Piero Tiano (IVBC, Florenz) und Frau Prof. Lin Chunmei (Tainan Universität, Taiwan). Die Teilnehmer auf chinesischer Seite waren Herr Prof. Wang Jinhua, Herr Dr. Wu Yuhua, Herr Yuxinxin (alle Chinese Academy of Cultural Heritage, Beijing), Frau Prof. Lei Yu Hua (Archaeological Institut, Chengdu), sowie mehrere Mitarbeiter des Denkmalamtes Anyue. Ziel des Aufenthaltes war die Messung der Bohrhärte der Musterfläche nach deren Festigung durch KSEOH.

3-D Dokumentation

Zur 3-D Dokumentation wurde die Software aSPECT3D eingesetzt. Sie ermöglicht es, Dokumentations- und Kartierungsarbeiten direkt am 3-D Modell auszuführen und ist mit einer Datenbank verbunden. Dadurch lassen sich die eingegebenen Daten filtern, d. h. nach gewünschten Merkmalen sortieren und entsprechend in Listen ausgeben. So kann man in der Datenbank gezielt nach gewünschten Attributen wie z. B. Risse oder Bauteilen gesucht werden und diese sich dann gleichzeitig anzeigen lassen.

Auswertung am 3-D Modell

Diese hoch aufgelösten Orthofotos bieten die Möglichkeit, Masse aus dem Bild zu entnehmen, da Felskanten oder Strukturen, die parallel zur Projektionsebene verlaufen, in wahrer Größe wiedergegeben werden. Verlaufen die Strukturen jedoch schräg zur Projektionsebene werden sie verkürzt wieder gegeben.

Mit Bildverarbeitungs-Software können somit die Orthofotos des Sakyamuni Buddha vermessen werden um Maße aus den Orthofotos zu extrahieren.

Stand der Arbeiten im Vergleich zum geltenden Arbeits-, Zeit- und Finanzierungsplan, Gründe für eventuelle Änderungen**Arbeits- und Zeitplan**

Der Stand der Arbeiten entspricht in den meisten Unterpunkten den Vorgaben der Vorhabensbeschreibung. Die Untersuchung und Festigung ausgetrockneter Farbschichten kann in Lintong nicht wie geplant durchgeführt werden.

Finanzierungsplan

Die Finanzierung der Forschungsarbeiten im Jahr 2009 erfolgte nach den Vorgaben des Finanzierungsplans. Einzelheiten sind in der Jahresabrechnung aufgelistet.

Haben sich die Aussichten für das Erreichen der Vorhabensziele geändert?

Wenn ja, welche Probleme sind entstanden?

Die Konservierung des Steinpanzers wurde 2009 mit Hilfe von Frau Jändl und Herr Gußmann in China durchgeführt, da dieser nicht, wie geplant, nach München gebracht werden konnte. Die Tests für das Zusammenfügen zerbrochener Terrakottafiguren wurden nur an Prüfkörpern durchgeführt, da weder in Deutschland noch in China originale Bruchstücke zur Verfügung standen.

Haben sich die Vorhabensziele geändert? Wenn ja, warum?

Die Ziele des Vorhabens haben sich nicht geändert.

Sind inzwischen Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen bekannt geworden, die für das Vorhaben von Bedeutung sind? Wenn ja, welche?

Trifft nicht zu.

Sind für Vorhabensergebnisse

- Patente angemeldet worden?
- Erfindungen in Anspruch genommen worden?
- Neuerungen und / oder Verbesserungen bereits gemachter Erfindungen angefallen?

Wenn ja, bitte spezifizieren.

Trifft nicht zu.

**Liste eigener Publikationen von Vorhabensergebnissen
(bitte Sonderdruck gemäß Zuwendungsbescheid beifügen)****Publikationen**

NERDINGER, W. (Hrsg.), (2009): Die Kunst der Holzkonstruktion - Chinesische Architekturmodelle – jovis, Berlin, ISBN 978-3-86859-049-4.

OGINSKI, B., (2009): Entwicklung chemischer Methoden zur Erhaltung der Farbfassung der ersten kaiserlichen Terrakottaarmee Chinas – Diss. LMU; München.

LANGHALS, H., (2009): Die Farbe der Tonkrieger: Eine Aufgabe für die Chemie. Nachrichten aus der Chemie; **57**, S. 1079 – 1084.

Im Druck: Barbara Jändl, Stefan Gußmann, Sandra Bucher Fiuza, Wang Dongfeng: *A limestone armour from the burial site of the first Chinese Emperor Qin Shihuang*, News in Conservation, IIC London

Blänsdorf, Catharina: *Die Terrakottaarmee des Qin Shihuang*, In: Toccare – Non toccare. Hefte des Deutschen Nationalkomitees 47, S. 43-58

Beiträge der Konferenz „The second International Symposium of the Terra-cotta Army and Polychrome Cultural Relics Conservation and Research“, Xi'an März 2008, publiziert in: *Wenbo* 6/2009, Heft 153, Xi'an 2010

Vorträge und mündliche Vorstellungen des Projektes

24. 3. 2009 Beiträge auf dem „The second International Symposium of the Terra-cotta Army and Polychrome Cultural Relics Conservation and Research“ in Xi'an:
Horn, Felix, *The polychromy of the Terracotta Army – Virtual reconstruction of Lost Paint Layers on 3D models*
Blänsdorf, Catharina, *Research on the polychromy of the sculptures from Qin Shihuang's burial complex – colour reconstructions and patterns*
Langhals, Heinz / Oginski, Beata, *Conserving the Polychromy if the Terracotta Army of Qin Shihuangdi: Electron Beam Curing with Glycerol Methacrylate as a Novel Consolidation Agent in Archaeology*
29. 6. 2009 Interview, Photo- und Filmaufzeichnungen der Arbeiten im Shuilu'an durch China Radio International
23. 10. 2009 Emmerling, Erwin, *Chinesische Holzkonstruktionen – Anmerkungen zur gegenwärtigen Praxis der Denkmalpflege bei der Erhaltung von Holzbauten in der VR China*. Vortrag auf dem Symposium „Chinesische Holzkonstruktionen“ in der TU München.
- 04.11.2009 Kocher, M.: Investigations on the Yuanjuedong sandstone, Anyue, province Sichuan - 2009' International Academic Symposium of Dazu Rock Carvings, Chongqing, China & 10th Anniversary of Dazu Rock Carvings Being inscribed in UNESCO World Heritage List, 31.10. – 05.11.2009 in Chongqing.