

Museum of the Terracotta Warriors and
Horses of Qin Shihuang,
Lintong, Shaanxi, PR China

Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Ref. Z V, Zentrallabor
München

Jahresbericht 2005

**„Erprobung und Optimierung von Konservierungstechnologien
für Kunst- und Kulturgüter der Provinz Shaanxi, VR China“
BMBF - Bundesministerium für Bildung und Forschung
Förderkennzeichen 01GWS038**

Annual Report 2005

**“Testing and Optimising Conservation Technologies for the
Preservation of Cultural Heritage of the
Shaanxi Province, PR China“
Federal Ministry for Education and Research
Project number 01GWS038**

Partner der Zusammenarbeit / *Project partners:*

Museum der Terrakottaarmee, Lintong / Shaanxi, VR China
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor, München
Ludwig-Maximilians Universität Munich, Department Chemie, Organische Chemie

Contents	page
Summary on the events in the years of 2005; publications and papers	2
Studies on the Polychromy	
The polychromy of clothing and armours of the generals from the terracotta army (Catharina Blänsdorf).....	5
Identification of Pigments of the Wall paintings of a Han Dynasty tomb of Xi'an (Xia Yin, Catharina Blänsdorf).....	55
Reconstruction of the polychromy on replicas of sculptures – preparing the replicas (Catharina Blänsdorf, Wang Dongfeng, Wang Liang).....	67
3-D – Virtual Reality	
Virtuelle Farbrekonstruktionen von Figuren der Terrakottaarmee (Felix Horn).....	75
Stone armour	
Die kupferlegierten Verbindungsdrähte der Steinpanzer – Vergleichende Unter- suchungen zur Leistungsfähigkeit und Eignung verschiedener Festigungsmittel (Sandra Bucher).....	87
Bergung einer kompletten Panzerseite mit Cyclododekan – Arbeitsbericht (Sandra Bucher).....	93
Notsicherung gefährdeter Strukturen eines Palastareals der Hanzeit (Chengle Palace) mit Cyclododecan – Arbeitsbericht (Sandra Bucher)	99
Travel Reports and Work Stays	
Bericht über den Arbeitsaufenthalt in Lintong, 9. Mai bis 2. Juli 2005 (Sandra Bucher, Catharina Blänsdorf)	103
Chinareise vom 28. Mai bis 25. Juni 2005 (Felix Horn).....	113
Travel report on the journey to the international Symposium on the International Symposium on Yungang Studies in Datong, August 26-30, and Buddhist temple tour back to Xi'an. July 23 to August 3, 2006 (Catharina Blänsdorf).....	117
Bericht über den Arbeitsaufenthalt in Lintong, 4. bis 19. August 2005 (Catharina Blänsdorf).....	123
Summary on the work stay 2005 in Munich, September 2 to October 15, 2005 (Shen Maosheng, Wang Dongfeng, Mao Xiaofen, Fu Qianli, Wang Liang).....	127
Zwischenbericht (interim report) 2005	135

Summary on events of the years of 2005

May/June	Work Stay in Lintong: May 9 - June 3, Sandra Bucher and Alexander Schmid May 9 - July 1, Catharina Blänsdorf May 28 – June 25, Felix Horn
Juli 11	A group of Chinese high school students visits the ‘China Project’ in Munich
July 23 – Aug. 2	C. Blänsdorf participates in the International congress on the preservation of Buddhist cave grottoes in Datong
Aug. 3 – Aug. 19	work stay of C. Blänsdorf in Lintong
Sept. 2 – Oct. 15	Mr. Shen Maosheng, Mr. Wang Liang, Mr. Wang Dongfeng, Mrs. Fu Xianli and Mrs. Mao Xiaofen are in Munich for a work visit with the focus on investigation of paint layers and pigments, conservation of stone armour plates, introduction on the investigation of bronze corrosion product
October 17 - 22	annual meeting of ICOMOS in Xi'an; Blänsdorf, Bucher, Horn, Snethlage participate in the meeting and meet the Chinese project partners for discussions about the future co-operation
Oct. 24.-Nov. 8	work stay of C. Blänsdorf in Lintong to rework the gypsum replicas

Publications, Papers and Lectures

BATHELT, Daniela, BUCHER, Sandra, LANGHALS, Heinz, ‘Das Grabmal des ersten chinesischen Kaisers Qin Shihuangdi: Ein ungewöhnlich großer archäologischer Fund und seine chemische und konservatorische Herausforderung’, *Chemie in unserer Zeit* 39 (2005) 196-211.

BUCHER, Sandra, YANG, Mang Mang, XIA, Yin, WANG, Dongfeng, ‘Yong huan shi er wan ti qu qin ling pei zang keng zhong de kai jia ji xiang guan wen ti de tao lun’ (Discussion of using Cyclododecane in the stone armour pit of the burial complex from the first Chinese Emperor) *Kaogu yu Wenwu (Archäologie und Kulturgüter)* 3 (2005) 93-96.

BATHELT, Daniela, *Farbigkeit in der Antike – Entwicklung chemischer Methoden zur Erhaltung der Farbfassung der Terrakottaarmee des ersten chinesischen Kaisers Qin Shihuangdi*, Dissertation thesis, Munich (2005) (unpublished)

HORN, FELIX, ‘Virtual color reconstruction of polychrome sculptures from the tomb of the Emperor Qin Shihuangdi’, 3th International Conference on Digitization and Protection of Chinese Cultural Heritage, North-West University Xian, 15th – 17th October 2005, (unpublished).

Film with focus on the research and conservation work of the project

June 2005 Sequences about the investigation of the polychromy are filmed for: *Sturm über China. Das Geheimnis des Ersten Kaisers* by ‘Gruppe 5’ film production. The film is broadcasted in ZDF on June 3, 2006.

The polychromy of clothing and armours of the generals from the terracotta army



Contents

- 1 Existing material: sculptures, colour fragments and related information
 - 1.1 The types of generals
 - 1.2. Descriptions and tabular lists in the excavation reports
 - 1.3 Drawings of patterns
 - 1.4 Photographs
 - 1.5 Colour fragments in soil ('B-number' fragment B-0101)
 - 1.6 Colour in soil inside the pit (T22G9:1)
 - 1.7 Colour reconstructions by Chinese archaeologists
 - 1.8 Interpretation of the existing information
 - 1.9. Information from outside of the terracotta army
2. Colours of clothes
 - 2.1 Jackets and undergarments
 - 2.2 Borders of jackets
 - 2.3 Trousers and shin protections
 - 2.4 Shoes
 - 2.5 Belts
 - 2.6 Parts without any information – caps and tie of cap
3. Suits of armour
 - 3.1 Borders of armour – rhomb grid pattern
 - 3.1.1 Description of the pattern
 - 3.1.2 Construction of rhomb grid
 - 3.1.3 Four lozenges-ornament
 - 3.1.4 Broken lozenges ('ear cup') ornament
 - 3.1.5 Line and dot ('frog') ornament
 - 3.1.6 Bevelled border ornaments
 - 3.2 Chest part - 'Bird and sun' pattern
 - 3.2.1 Preserved fragments and information
 - 3.2.2 Reconstructing the pattern unit
 - 3.2.3 Types of ornaments
 - 3.2.4 Colours of ornaments
 - 3.2.5 Placing the pattern on the armour
 - 3.2.6 Comparison with historical textiles
 - 3.3 Ties on the armour
 - 3.4 Connecting stitches on the armour
 - 3.5 Parts without any information – shoulder protections
- 4 Summary and conclusion

The polychromy of clothing and armours of the generals from the terracotta army

Catharina Blaensorf

Introduction

So far nine generals' have been found, representing the highest military rank in the terracotta army. All sculptures merely show traces of colours, mostly tiny fragments retained in some incisions in the terracotta surface. Though colours are listed roughly in the appendix of the excavation report¹ and some fragments of patterns were documented by drawings or colour photographs, a systematic analysis of the patterns was missing until 2003. Not even the simpler pattern units had been thoroughly reconstructed so that the water colour drawings of painted generals represent rather a free interpretation of the polychromy than a scientific analysis.

The aim of the investigation on the generals was (i) to understand - as far as possible - the selection and arrangement of colours and (ii) to reconstruct the types and colours of patterns. During the time of August 2003 to August 2005, all colour traces were recorded systematically for the first time. The pattern units could be reconstructed and interpreted. Besides the research aspect, the results were the base for painting a replica of a general in the original technique in January 2006.

1 Existing material: sculptures, colour fragments and related information

The sculptures of the generals have lost most of the polychromy after excavation. Preserved fragments of paint layers are too small to give information about colour schemes or patterns. Therefore, other sources are necessary to understand and reconstruct the original polychromy. These sources mainly are the excavation reports from 1988 and 1990, some colour photographs and colour reconstructions done by the Chinese archaeologists. The excavation reports contain descriptions of selected sculptures, tables with a rough overview on colours as well as drawings of fragments of patterns with some colour annotations. There are no photographs in these reports, probably because of the poor printing quality at that time and because almost all pictures were black and white.

Especially since 1999 colour photographs of better quality appeared in illustrated books on the terracotta army. Four of them show details of patterns.

Another very important sources are fragments of polychromy preserved in the soil: one small piece mounted in plaster and a large part of a back of a general which is still inside pit no. 1.

1.1 The types of generals

The military ranks in Qin Shihuang's terracotta army are defined by the types of the caps. The infantrymen do not have caps of rank at all, but partly wear soft textile caps over a hair bun on top of the head. Caps indicating ranks were stiff structures, probably made of leather or a strong fabric immersed in *qi* lacquer. The archaeologists have defined three ranks: lower officer, middle-ranking and high ranking officers or generals. The generals wear a "pheasant-

¹ Shaanxi sheng 1988, p. 376-432.

feather cap” with two rolled-in strips pointing upwards on top of the head. Charioteers are middle-ranking officers; cavalrymen wear round caps which are specially designed for riding.

The first aim for investigating the polychromy of the generals was to identify the sculptures and to attribute the existing material to each of them. One difficulty was that the numbering system has been changed: The 1980's reports use numbers depending on the excavation position ('T-G-numbers' with T = excavation sector, G =corridor, Z=individual number). A little confusing, for pit no. 2, the letter "T" is not referring to an excavation sector, but to test areas of the 1977 excavation campaign. Later on a system was established using continuous numbers (like 002831) which might be easier for administration and databases, but do not have a relation to the position anymore. There is no list correlating these two types of numbers. Additionally, there often other numbers are written on the sculptures, fitting in one or the other system, but not one of the given numbers. This looks like there might have been changes or confusion.

In this text, T-G-numbers are used though they are the “old-fashioned” system, because they allow identifying the sculptures clearly. They are taken from [Yuan 1990].

The nine generals come from pit no. 1 and 2. There are no generals in pit no. 3, though this is said to be commanders' stand. Besides the special caps, generals wear a double long-jacket and armours with borders and tiny plates which further single them out from the others with just wear one jacket and armours made of large leather squares. Most of the generals belong to chariot crews and commanding infantrymen, probably also the two from pit no. 1 of whom the position is not clear. Only one general (pit no. 2, T4:1) is definitely not from a chariot, but standing in the second (i.e. the rear) row of a group of 2x 14 warriors.

The generals can be classified into three types according to posture, armour and style of beard. This classification as

- type 1 = armour with shoulder protections, hand crossed
- type 2 = armour without shoulder protection, arms stretched out
- type 3 = no armour

has been introduced by me to identify these three types.

Interesting enough, the three types also have different styles of beards (fig. 1).

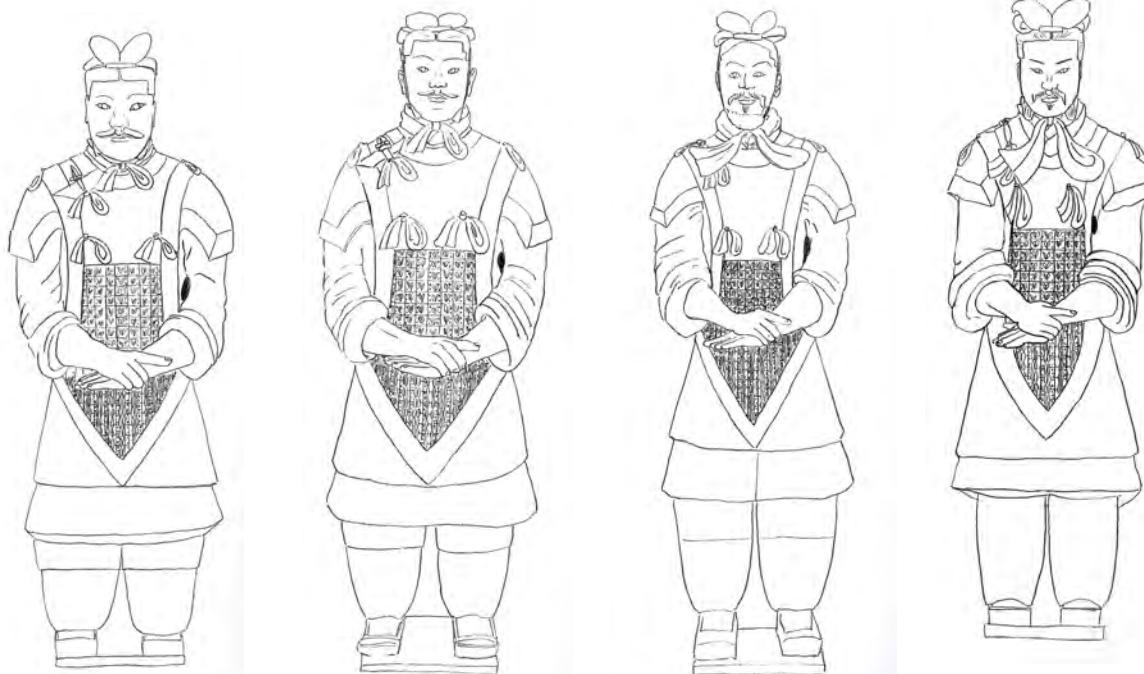


Fig. 1. Different types of beards of the generals (additional to the moustache)

Type 1

pit no. 1: T2G2:97, T20G10:97, T12G7:H93
pit no. 2, T4:1

Fig. 2a-d



Pit no. 1, T2G2:97

Pit no. 1, T20G10:97

Pit no. 1, T12G7:H93

Pit no. 2, T4:1

Identification:

Posture: hands crossed in front of the belly, palms facing downwards as if resting on something

Garment: armour with shoulder pieces

Features: moustache and a small tuft on both sides of the chin

Position in the pits:

Pit no. 1, T2G2:97 and **T20G10:97** in equivalent positions on the second chariot of the second corridor from north and south.

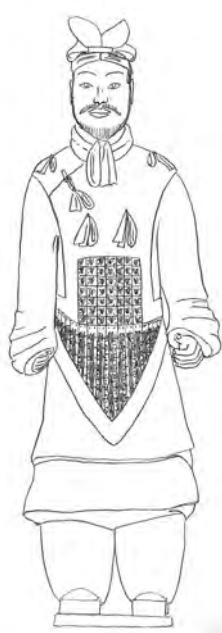
Pit no. 1, T12G7:H93: position not clear, maybe from the third chariot of the formation

Pit no. 2, T4:1: corridor K2, west of (i.e. behind) formation of archers; second row, behind corridor no. 20 (i.e. the second block from north).

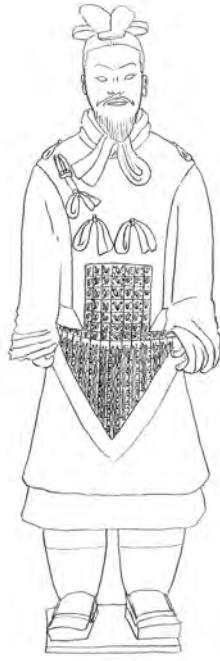
Type 2

pit no. 1, T10G5:15, T22G9:1
pit no. 2, T9:1

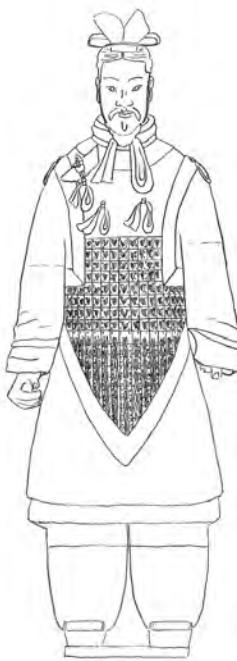
Fig. 3a-c



Pit no.1, T10G5:15



Pit no. 1, T22G9:1

Pit no. 2, T9:1²**Identification:**

Posture: arms stretched out, one hand clutched as if holding something, the other one hidden in the sleeve, only parts of the fingers visible

Garment: armour without shoulder pieces

Features: moustache and full beard

Position in the pits:

Pit no. 1, T10G5:15: first chariot of fifth corridor from north; counterpart to officer with “apron-style” armour (T10G7:14)

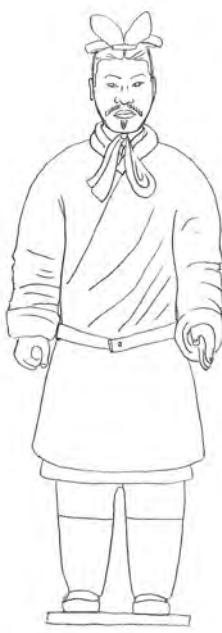
Pit no. 1, T22G9:1:

Position not clear

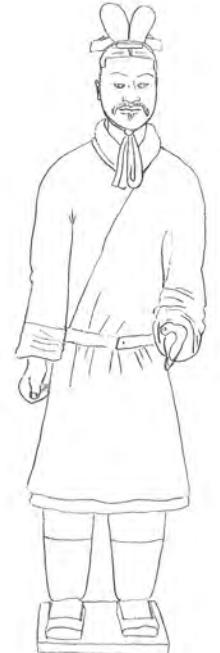
Pit no. 2, T9:1: corridor G4, sixth chariot (i.e. last one in the row), formation of infantrymen

Type 3

Fig. 4a-b



Pit no. 1, T1G3:15



pit no. 1, T19G9:13

pit no. 1, T1G3:15, T19G9:13

Fig. 5 [from: Qin
Shihuangling tong che ma
1998, vol.1, p. 58]

Bronze chariot no. 1,
standing charioteer**Identification:**

Posture: arms stretched out, right hand clutched as if holding something, left hand stretched out

Garment: no armour

Features: moustache and small tuft of beard below the lower lip

Position in the pit:

Pit 1, T1G3:15 and **T19G9:13** are standing on chariots in equivalent positions: the first chariot in the third corridor from south or north

² In this case “T” is not referring to the corridor, but to the test areas of the excavation of 1977. In lack for a more systematic and logic numeration, these numbers are used here. They are taken from [Yuan 1990].

As far as the position can be located from the excavation plans³, it seems that in pit no. 1, the single types are arranged in mirrored positions. This might indicate that they were not equal in rank or had special duties according to their position. One general of type 2, T10G5:15, has an officer as counterpart who according to his cap should only be of low rank, but is dressed in special “apron-style” armour (T10G7:14). As all the officers with this type of armour are in special positions as well, often on chariots, they might be a rank just below the generals. This could indicate that a general of type 2 might have been of a lower rank than type 1.

The charioteers on the two bronze chariots can be identified as generals as well, dressed in the same type of double long jackets and wearing the same type of cap. They do not wear a suit of armour (Fig. 5).

1.2. Descriptions and tabular lists in the excavation reports

There are two basic books which are the main sources for all investigations concerning the terracotta army: the first excavation report from 1988 (*Shaanxi sheng* 1988) and the ensuing publication on the terracotta army from 1990 (*Yuan* 1990).

Shaanxi sheng 1988 is the report on the excavation of pit no. 1 between 1974 and 1984. The text itself gives a rather short introduction on colours⁴. A table (vol. 1, p. 139-140) lists up how many garments or parts of them have which colour. The types of warriors are classified as ‘infantrymen’, ‘chariot adjutants to the right’ (to the charioteer), ‘officers’. As colours vermilion red, date red, light green, sky blue, light purple, white, brown (=lacquer) are listed. Colour distributions or colour scheme of single sculptures cannot be reconstructed from this list.

In the appendix (vol. 1, p. 396-432) there is a table of (almost) all excavated sculptures listing the colours of the main parts, as far as they could be recorded during excavation. Vol. 2 contains photographs, but there is nothing about colours, maybe because most of them are black and white.

Yuan 1990 was published only two years after the excavation report. It is less detailed, but more comprehensive in matter, as it also includes the finds from pit no. 2 and 3 as well as the other pits with burial objects from Qin Shihuang’s tomb. It seems that the archaeologists paid more attention on the polychromy in this publication – a fact that might be reflected also by the choice of a drawing of a general with reconstructed polychromy for the dust cover. This interest might be inspired by new findings in pit no. 1 and 2 in the 1980’s with substantial remains of polychromy.⁵ Chapter III on hairstyles, armour and clothing contains more information on colour than the equivalent part of *Shaanxi sheng* 1988. Each pieces of clothing is described, including a listing of typical colours (e.g. 88 % are blue, 5 % red etc.).⁶ The next paragraph (III. 3.2) describes colour schemes for selected sculptures as representatives of different ranks (high ranking officers; middle ranking officers; junior officers; charioteers and adjutants; cavalry and infantrymen; figures from other pits). Three generals (pit no. 1, T2G2:97; pit no. 2, T9:1 and T4:1) are described here. Additionally the colours of the clothes of the two bronze charioteers are specified which are generals as well.⁷

³ The published plans just show the situation of 1984 or 1988. As more recent plans are not available (or not existing?), the position of sculptures excavated after this date, can only be determined roughly. The plans are published in *Shaanxi sheng* 1988, p. 6/7 (pit no. 2), p. 52 (pit no. 1).

⁴ *Shaanxi sheng* 1988, p. 162 (English translation: AH 83, p. 93 and 95).

⁵ For example T4:1 from pit no. 2 or T22G9:1 from pit no. 1 (excavated in 1986). The polychromy is lost today.

⁶ *Yuan* 1990, p. 255-269.

⁷ *Yuan* 1990, p. 269-273.

All these descriptions are rather summary. Small details, the exact distribution of colours, patterns, the nuances of colours and all technical description on the structure of the polychromy are missing completely. Nevertheless they are a valuable source for the distribution of the main colours on the described sculptures and a useful base to understand colour schemes.

1.3 Drawings of patterns

The complicated patterns are difficult to describe. There are descriptions of shapes and colours in the written text of the excavation reports Shaanxi sheng 1988 and Yuan 1990, but the explanations are not easy to understand. Sketches were used by the archaeologists to record the fragments of patterns they found in the pits. They are black and white with lines indicating the outlines of single elements. Colours annotations were marked with numbers pointing to the respective area. Shaanxi sheng 1988 contains seven drawings (p. 133-138). Three fragments are from two generals, all belong to T20G10:97 (fig. 5-7). In Yuan 1990, there are four additional drawings of pattern fragments from the two generals from pit no. 2 (T4:1, p. 293 and T9:1, p. 296; fig. 8-10 of this text).



Fig. 6. Shaanxi sheng 1988, p. 138
T20G10:97 - right shoulder

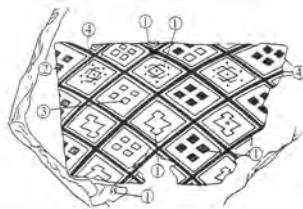


Fig. 7. Shaanxi sheng 1988, p. 137
T20G10:97 - border

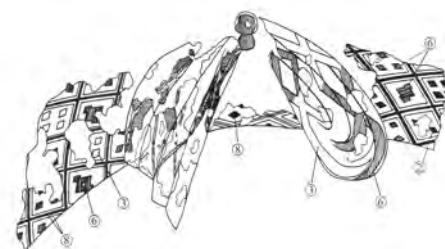


Fig. 8. Shaanxi sheng 1988, p. 137
T20G10:97 - left shoulder

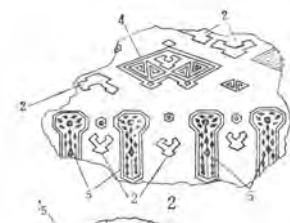


Fig. 9. Yuan 1990, p. 293
pit no. 2, T4:1 – ‘bird pattern’



Fig. 10. Yuan 1990, p. 293
pit no. 2, T4:1 – border

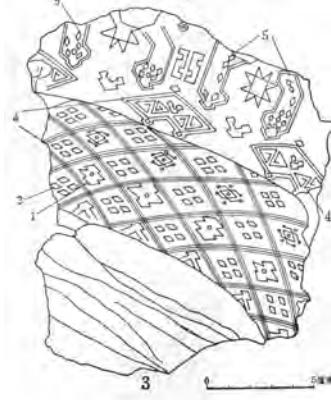


Fig. 11. Yuan 1990, p. 293
pit no. 2, T9:1

Additionally there is one drawing of a general which also indicates patterns. Normally only the shape (i.e. the terracotta) is depicted in these archaeological drawings. But in Yuan 1990 the drawing of general T4:1 is published showing a rhomb grid on the borders of the armour and a decoration on the shoulder pieces (fig. 12).



图八三 二号俑坑步兵高级军吏俑T4:1

Fig. 13. Drawing of general T4:1 from pit no. 2 [from: Yuan 1990, p. 145]

The way these patterns are drawn here seems to indicate that there was still a considerable amount of polychromy on the sculpture after excavation, allowing to document even details of the rhomb grid like the joint of the two borders on the point of the triangle apron section in the front part of the armour (fig. 12, ①). Today there seems not much colour left on the sculpture. Unfortunately there are no photographs, records, drawings or other documentation material on this sculpture accessible in the museum, so it is not possible to say how the sculpture looked like when excavated. The patterns on the shoulder protection parts are the only hint what kind of decoration might have been painted on these parts.

1.4 Photographs

Since the 1990's number and quality of colour plates in Chinese publications has extremely improved. There are more and more illustrated books showing sculptures with remnants of colour or the kneeling archers with polychromy preserved since 1999. One of the first illustrated books in this high quality⁸ also shows four details of patterns. Three belong to generals, one is a detail of fragment B-0101, the others are details from the back of T22G9:1. The polychromy of T22G9:1 appears in a much fresher and less dusty condition than today.

1.5 Colour fragments in soil ('B number-fragments', B-0101)

In the storage room there are about 160 fragments of materials preserved embedded in the soil of the pit. There are imprints of mats, wooden beams and other wooden objects, traces of basket-work quivers and bamboo weapon shafts. About 100 pieces are polychrome layers which remained in the soil when the terracotta shards were lifted from the clay inside the excavation site. Most fragments are lumps of soil mounted in gypsum, what means that the polychromy is visible from the back (as 'negative'). A few also are examples where gypsum was cast in the void left by the terracotta and the soil was removed, so the mostly poorly preserved polychromy is visible as originally on the surface (as 'positive').

The numbering system of these fragments follows system (inv. no. with B-0xxx) which is not linked to sculpture numbers or excavation positions. Also here, no list with data is available and mostly no information is written on the fragments themselves or the plastic bags used for wrapping. This means that for most of the fragments an attribution to a special sculpture is not possible. The part of the body can sometimes been concluded from the shape of the fragment.



Fig. 13. B-0101, June 2005

From the five fragments with patterns four belong to officers with decorated armour borders (three 'negatives', one 'positive'). At least two belonged to the same figure, an officer with 'apron-style' armour and green jacket (see Annual report 2004). Concerning the sculptures with decorated borders of the armour, the distinction between 'positive' and negative' is important as patterns appear mirror-inverted in the 'negative'.

Only one of the fragments, B-0101, belongs to a general. It is a 'negative' in soil. As there is a drawing of this fragment in Yuan 1990, it can be attributed to general T9:1 from pit no. 2 (fig. 11 and 13).

The fragment shows a part of the collar with a green and violet part, the rhomb grid pattern on reddish brown background. The pattern on black ground below the rhomb grid border can be identified as part of the upper body where the armour is smooth and without plates. During the investigation, this fragment could be attributed to the back of the general.⁹

The quality of this fragment indicates that also on the general T4:1 parts of the polychromy had been preserved in perfect state.

⁸ Qin Shihuang bingmayong bowuguan 1999.

⁹ The pattern of the armour (on the black background) shows that the fragment is from the central axis of the figure, what means centre of chest or back. If it had been from the chest, the crossing of the collar halves would be visible in this area. As the folds of the collar run horizontally, the fragment can only come from the back.

1.6 Colour in soil inside the pit (T22G9:1)

Some imprints of objects or pieces of polychromy in soil were not taken out, but left in on-site, especially when these fragments are rather large and the layer of soil below is so thin that is piece is likely to break apart if the soil is separated from the floor. Most of these imprints are traces of wooden objects as chariots, weapons or quivers. In pit no. 1, T22G9, one large fragment of polychromy was preserved that way after being excavated in 1986. They belong to T22G9:1, a general of type 2.

One photograph of the generals' polychromy could be identified as detail of T22G9:1 (fig. 14) – and then it was possible to see this fragment inside the pit. In June 2005, the fragment could be investigated. It is protected inside the pit with a perspex construction covered by a plastic foil. Before work could be started, the cleaning of the very dusty floor and surrounding was necessary and a daylight lamp had to be carried into the pit (including 85 m of extension wire). Though the covers keep most of the dust out, the paint surface appears much paler than on a photograph taken before 1999 (fig. 15).¹⁰



Fig. 14. Detail of colour in soil from the back of T22G9:1, excavated in pit no. 1 in 1986. On the photograph the colours appear much brighter than 2005, so it might have been taken some years ago.
[from: Qin Shihuang bingmayong bowuguan 1999, p. 156]



Fig. 15. The same detail, situation in June 2005. Although still preserved, the pattern is less clear due to fine dust on the surface.

¹⁰ The photograph can be found in an illustrated book on the terracotta army published in 1999 [Qin Shihuang bingmayong bowuguan 1999] by the museum of the Terracotta Army in Lintong.

Especially one part shows a crack system in the surface, caused by the drying of the loess soil. A thin layer of soil detaches superficially (about 2mm thick), forming small ‘cupping’ flakes which break easily (fig. 16). Besides dust and these cracks the surface is well preserved.



Fig. 16. T22G9:1. Part of back below the right shoulder, June 2005: Cracks and detached flakes.

The preserved polychromy (fig. 17) consists of six parts. They probably correspond to six terracotta shards as differences in level and displacements are recognisable. Especially the parts of the armour plates additionally show distortions which might result from lifting the terracotta shards from the soft clay. Below the polychromy, there are the feet of a sculpture with round-edged shoes which probably belong to another sculpture.¹¹

All parts were documented by transferring patterns and colour annotations on a transparent foil ('Hostaphan'). Two parts of the shoulder area are now lying upside down, right and left above the part of the back. Both could be identified as adjoining pieces of the left shoulder. After correcting some of the distortions and adjusting the positions of the fragments (fig. 18), almost the complete back of the sculpture from the lower end of the jackets to the collar and including the right arm are visible (fig. 19 and 20). Feet, right arm, collar and head are missing as well as some central parts of the upper back part.

The sculpture of the general is on display in Xiamen for at least two years and thus could only be evaluated from a photograph¹². It shows that there are traces of paint on the sculpture itself.

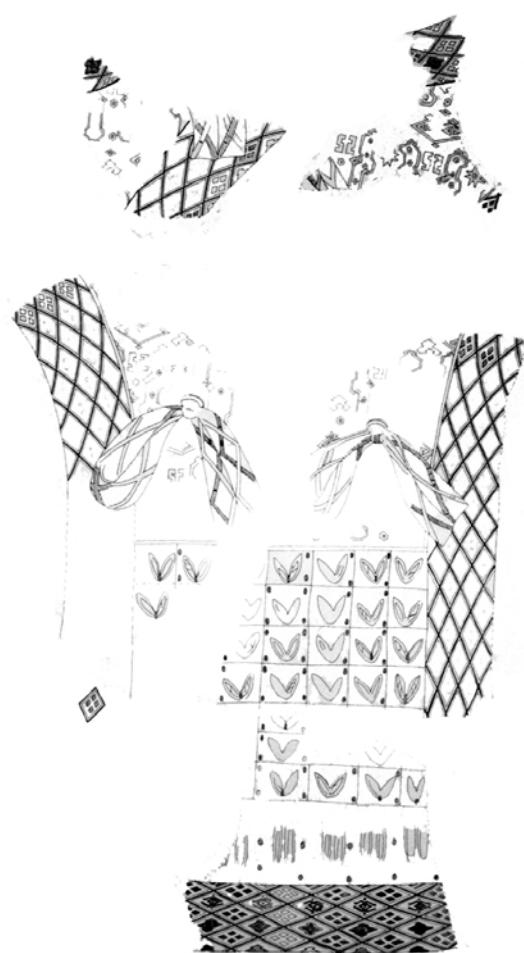
¹¹ Although round-edged shoes with coloured borders and violet laces should belong to a higher ranking soldier, it seems unlikely that the feet belong to the general himself. The position rather indicates that they belong to the person standing behind him on his right (in the case of a chariot crew this might be the adjutant as the charioteer would be on the left side or in front of both; more likely it is one of the officers of the first row behind the chariot). – On a photograph the shoes show angular edges, but it is not possible to decide if feet and legs are original parts or might be complemented.

¹² in: Qin Shihuang bingmayong bowuguan 1999, p. 88.



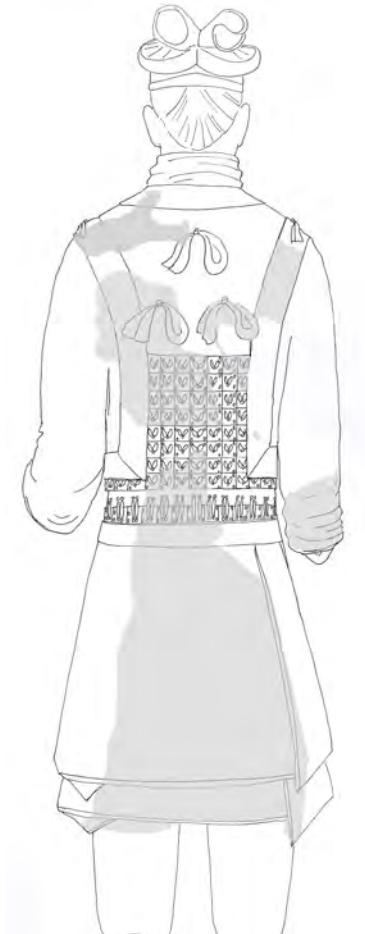
▲17

18 ▶



▲19

20 ▶



Altogether, descriptions, drawings and photographs can give a lot of information which can support and complement the observations made on sculptures and colour fragments in soil. Table 1 lists the existing material for all nine sculptures again.

inventory number	excavation reports			on sculpture		colour in soil	patterns	colour photographs
	description in text ¹³	listed in table of colours ¹⁴	sketch of pattern	present in 2003-06	remains of colour			
T2G2:97	Yuan 1990 (AH 83, p. 215)	p. 396	--	storage room	x	--	traces of pattern on chest and back	--
T20G10:97	--	p. 427	Shaanxi sheng, 1988, p. 138: 1. right shoulder (rhombi, tie, collar) p. 137: 2. rhombus border 3. left shoulder (rhombi, tie)	show case in pit no. 2	x	--	--	--
T12G7:H93	--	--	--	storage room	few	--	--	--
T4:1	Yuan 1990 (AH 83, p. 215)	--	Yuan 1990, p. 293: 1. rhombus border 2. bird pattern p. 145. drawing of figure with rhombus pattern border	-- (in Leipzig)		--		--
T9:1	Yuan 1990 (AH 83, p. 215)	--	Yuan 1990, p. 296 1. collar part back (rhombi, birds) (B-101)	storage room	x	B-0101	B-0101	B-0101
T10G5:15	--	--	--	storage room	few	--	--	
T22G9:1	--	--	--	-- (in Xiamen)	x	back, in pit	back, in pit	detail of colour in soil
T1G3:15	--	p. 397 (incorrect)	--	storage room	very few	--		--
T19G9:13	--	p. 417 (incorrect)	--	storage room	very few	--		--

Tab. 1. Overview on all existing material on the generals' polychromy

◀
Fig. 17. T22G9:1, Paint layer of the back in pit no. 1, situation in June 2005

Fig. 18. Drawing of the back: Part of armour, two fragments of the shoulder (top part) already turned

Fig. 19. Drawing of the fragments rearranged and mirrored to a 'positive' image

Fig. 20. Position of the preserved polychrome areas on the back of the general

¹³ Yuan 1990, translated into German in [AH 83].

¹⁴ Shaanxi sheng 1988, vol. 1, p. 396-432.

1.7 Colour reconstructions by Chinese archaeologists

There are some water colour drawings of reconstructed polychrome sculptures published between 1982 and 1999¹⁵. Among them, there are two of generals:

- General of type 1: The drawing (fig. 21) is based on the drawing of T4:1 form pit no.2. According to Prof. Yuan Zhongyi¹⁶, the colour selection is a combination of T2G2:97 and T4:1.
- General of type 2: The drawing¹⁷ (fig. 22) is not based on the drawing of the archaeologists, but on an individual sketch, maybe by an artist. There is no information which sculpture was the base for the colouring, but it might have been T9:1 from pit no. 2 as T22G9:1 was not yet excavated at that time. Though published in only in a non-Chinese publication, the drawing seems to come from the museum in Lintong as well, as there is a painted replica in the basement of the laboratory which is clearly inspired by the drawing (fig. 23 and 24). The colours are the same for most areas. The parts with patterns show the same (incorrect) interpretation of the decoration: the border of the armour has a white ground and the rhomb grid is orientated horizontally. The ties have a white or light greenish ground with red stripes as well.

1.8 Interpretation of the existing information

All existing data was collected and combined before and during the examination of sculptures and colour fragments. They provide a lot of valuable information on parts of the polychromy which are completely and irretrievably lost.

Understanding and evaluating the existing information was rather difficult. The confusion of numbering systems and the problem of assigning fragments and information to specific sculptures has already been mentioned.

a. Descriptions, tables, drawings

Descriptions of colours are too general to understand details. For example: What is a ‘coloured scale armour’? If you happen to know that chest and borders can be decorated with patterns you might assume that this is one of these armours, but unfortunately it does not tell anything about the types of patterns or the colours.

In the tabular lists was no space to describe details as coloured stripes, patterns etc. All description about faces is that they are ‘pink’. Examination on preserved incarnations shows that there are various tones of pink, two- and three-layered structures, that eyes, lips, moustache and brows can have different styles and colour as well. Some of the sculptures are missing in the list though they were excavated already at that time. In the existing specifications are some obvious mistakes – quite understandable at a total number of over 1000 figures, but a difficulty for evaluation: If there are ‘red long-stitches’ mentioned for a general without armour (T1G3:15) or ‘pink trousers’, when there are no trousers (T19G9:13), what about the other details: are they reliable or do they all belong to a different sculpture? And what about the parts which are not mentioned at all? Was there no colour left or were they just not integrated into the description for some reason?

¹⁵ The first ones published are in: Capon 1982, p. 51. More were presented by Prof. Yuan Zhongyi on his presentation in the international symposium *The Polychromy of the Antiquity and the Terracotta Army of Qin Shihuang*, March 1999 in Xi'an.

¹⁶ Personal information in June 2005 in Xi'an.

¹⁷ Published in Capon 1982, p. 51.



Fig. 21 and 22. Water colour drawings of the reconstructed polychromy by Chinese archaeologists of the Museum of the Terracotta Army: fig. 21: type 1; fig. 22: type 2



Fig. 23 and 24. Gypsum replica of a general of type 2 in the storage area in the basement of the laboratory building

24

Drawings of ornamental patterns have been often published upside down and without clear description, so it was not easy to understand what they showed: sometimes it was enough to turn them over, but often it was very difficult to find out if was a ‘positive’ or a ‘negative’ of the polychromy or which part they really came from. Colour annotations mostly are not complete and sometimes it is also not clear where the lines point at: The line, the background or the filling of an ornament? During the evaluation it also became apparent that there are inaccuracies in the drawings which make it difficult to understand the shapes of the ornaments.

b. Sculptures and colour fragments in soil

Not all sculptures were present in the museum during the time of 2003-2005. Two sculptures were on display in other museums¹⁸: Both sculptures would be very interesting to examine. Colour fragments cannot be attributed to the sculptures anymore and also often are darkened by soil or consolidants. The back of general T22G9:1 preserved in the soil in pit no. 1, seems to be the only one of this kind still preserved today. Though covered with Perspex and plastic foil, the surface is grey from fine dust and shows losses caused by the drying of the soil. This large fragment is the most valuable information on the polychromy of the generals. It is the only one where not only the outlines of the patterns, but also fine details can still be observed. And at least for this one sculpture, the distribution and combination of colours can be reconstructed for major parts of the armour and jacket.

c. Interpretation of texts

Descriptions, tabular list and drawings are three possibilities to find and combine information on sculptures. A problem is that sometimes the data does not really match. To give an example: According to the description in the text of Yuan 1990, p. 271,

T2G2:97 [...] wears a violet long coat. [...] a pink and pale blue scarf and his sleeve cuff borders are pale blue. This officer has red trousers and violet puttees and coloured armour plating¹⁹

The lists of colours in the appendix of the excavation report Shaanxi sheng 1988, p. 396 contains the information

*jacket: light red/pink and light blue; sleeve cuff: azure (sky blue); trousers: light red/pink
shin protection: light purple; long stitches connecting the armour plates: light red/pink*

In some aspects, the two descriptions complement each other, but in others they are contradictive or at least not clear enough to understand how the colours had been distributed.

d. Problems of identifying and describing colours

A principal problem for the documentation of colours is recording them. The problem has two aspects: 1. Identifying the colour correctly; 2. Recording them in an ‘objective’ way that can be understood and reproduced by others

Identifying the original colour partly is very difficult. One the hand, light conditions inside the pit are rather poor and in the storage room there is only artificial light. On the other, the preserved fragments of colour on the sculptures are often discoloured by the soil, dust or sometimes consolidants. Partly it is difficult to distinguish between thin layers of soil and paint layers of yellowish, whitish or light pink colour. Additionally, modern additions as

¹⁸ Pit no. 2, T4:1 was in the exhibition in Leipzig Markkleeberg until April 2006; pit no. 1, T22G9:1 is in Xiamen, based on a long-term arrangement.

¹⁹ Translation taken from: AH 83, p. 221

fillings, retouches, drops and flakes of colour from transport boxes or white gypsum from casting the sculptures impair the original surfaces. They partly cover original colour traces and complicate the legibility of the remaining colour fragments.

Describing colour shades is always linked to individual sensations: If an area is ‘light red’ or ‘red’, if it is ‘ochre’ or ‘yellow’ at least partly is a personal impression. Additionally there seems to be a difference in the use of colour terms between China and Germany. For example, dark areas are often described as ‘dark violet’ or ‘dark blue’ in Chinese reports. In fact, they are black – a circumstance I only realised because there is no dark blue at all in the terracotta army.²⁰ This shifting from black or very dark to blue is also visible on the reconstructions of the generals: Fig. 18 shows the drawing of a general of type 2 with dark brown chest part. The interpretation in a drawing of a general of type 1 (fig. 17) transformed dark brown into dark blue. The implementation on a gypsum replica (fig. 20) further converted dark blue into medium blue, maybe realising that using azurite – the only blue pigment used on the terracotta army – this is the darkest blue which can be obtained.

As the black lines of the rhomb grid of the borders are marked as ‘black’, ‘dark purple’ and ‘blue’ in different drawings, it took some experience to decide that in fact they are always black.

Other examples for descriptions which often diverge from the German view are

- ‘purple’ for reddish brown,
- ‘purple’ for ‘pink’ and vice versa,
- ‘light green’ for ‘light ochre’.

These difficulties were one reason to use self-made colour charts for the documentation and record the colours in drawings of each figure either during the investigation or right afterwards. Photographs have only been used as support for the memory and to record traces of patterns. The small, discoloured remnants of polychromy on the sculpture T2G2:97 could be described in the following way²¹:

T2G2:97

*outer jacket, outside: light purple
 collar of outer jacket: bluish violet
 collar of inner jacket and sleeve cuffs: black stripe (next to the bluish violet), white stripe (edge)
 inner jacket: collar completely lost; trimming on the lower seam: light pink, 1 cm wide
 inside of inner jacket/underneath: white (?)
 shin protection: upper part: light pink, lower part: light pink on top of white ?
 chest and back: ‘bird and sun pattern’ as ‘negative’ by remaining lacquer where the double layer (lines of pattern on background) had been applied
 ties on the armour: white (?) ground with black (?) and green (?) stripes
 shoulder protections: black with traces of yellow white (pattern ?)
 shoes: lacquered, borders painted, but colour lost
 base slab: not lacquered
 face: two layers, both almost white
 no traces: cap, hair, eyes, lips, moustache, brows; inner jacket; armour plates, long stitches, short stitches, border of shoulder protection, border of armour*



Fig. 25. Reconstruction of polychromy using all available information

²⁰ Lapislazuli was not known in pre-Buddhist China. Organic dyestuffs as indigo were never detected in the polychromy of the terracotta army.

²¹ The sculpture was examined in the storage room of the museum. A daylight lamp was used as light source.

In the end, the traces of colours of the sculptures and especially the fragments in soil turned out to be the clue to understand and reconstruct the generals' polychromy and the patterns. Examinations on these 'primary sources' were the base of the investigation, completed by the records, drawings and photographs of the Chinese side.

1.9 Information from outside of the terracotta army

Besides information on and about the generals from the terracotta army, there are some other sources which could be evaluated, because they might give further hints on the colour design of the generals. These are:

- Charioteers of the bronze chariots: as already mentioned above, the charioteers are generals as well and therefore can be regarded as two more generals of type 3. Especially the patterns of belts, hems of outer jacket and the strap or tie holding the sword are of interest as they might show elements which are lost on all terracotta sculptures. The colours of the clothes cannot be recognised on photographs or by observing the originals inside the showcases, but there is a description in Yuan 1990.²²
- Sculptures from other pits as civil servants or grooms, as the cut of the clothes is the same.
- For understanding the type of jackets and clothes, comparisons with other terracotta army, as the ones from Yangjianwan²³ are interesting as they are dressed in a similar way: No uniforms, but armours made of dark brown square plates. The hems of the jackets are at least partly decorated with geometric patterns.
- Comparison with archaeological textiles: findings of textiles in tombs of the Warring States and Han Period show which colours, patterns and cloth designs were fashionable and allowed at that time (according to rites and regulations). The findings with a greater number of well-preserved textiles are ladies' tombs as the one in Mawangdui²⁴ or Mashan²⁵, but as the style of man and woman did not differ much at that time, they can also serve as indication for what is depicted on the terracotta army. More difficult is the fact that all findings – as far as it is known – do not come from the state of Qin, but from state of Chu (as Mawangdui, Mashan or Zuojiatang), states in the East (as Mancheng in Hebei or places in modern Henan or Shandong) or later on the garrison cities in Xinjiang (Western and especially Eastern Han Dynasty). The Qin Dynasty was short, ended in the total devastation of the capital and organic materials decompose in the wet, humid soil. So there is not too much hope that well-preserved textiles will be found, if not in tombs related to the Imperial family. And these are out of discussion for being excavated in the next generation. There is only one fabric published from the Imperial Qin court: It is the trace of a belt (?) pattern found in the burnt ruins of a Qin Palace in Xianyang. The black and white drawing (without scale or colour annotations) shows a zigzag forming rhombi with small birds and tigers.²⁶

These sources of information have been partly used for interpreting the colour remnants on the generals, but this part of the work is not finished yet and will be continued at least in 2006.

²² English translation: in AH 83, p. 223.

²³ The army has 1965 infantrymen, 583 cavalrymen (on horses) and 410 shields, all made of painted terracotta. The standing warriors are about 40 cm high. The 13 pits excavated in 1965 near the grave mound Changling are interpreted as burial gifts for the First Han Emperor Gaozu (Liu Bang, died 195 BC) who is buried in Changling together with his two wives.

²⁴ Mawangdui, near Changsha in Hunan Province, tomb no. 1 of the Marquise of Dai, who probably died in 168 BC. She was buried, dressed in layers of clothes with more textiles as burial gifts, altogether 14 robes. The tomb was excellently preserved when found in 1973.

²⁵ Mashan near Jiangling in Hubei Province, tomb of a 'middle-class' lady, died in 330-320 BC.

²⁶ Zhao Feng 1992, p. 110.

2. Colours of Clothes

The first step for reconstructing the polychrome scheme was to understand the cut or design of the clothes. The visible parts of clothing consist of jackets (undergarment and two long jackets) and shin protections, caps and shoes. On generals without armour (type 3) also the belt is visible.²⁷

2.1 Jackets and undergarment

The generals wear two jackets one upon the other. The inner one is only visible at the lower hem as it is longer than the outer one.

The connection of sleeve cuffs and collar to the jackets is more difficult to understand. A look on other sculptures shows that all terracotta figures wear a jacket with plain hems. If edged with a border, this is a narrow flat strip of fabric. From a layer underneath a thick folded collar is visible. It mostly has two or three coloured stripes. Mostly the same colours reappear on the sleeve cuffs. This indicates that sleeve cuffs and collar belong to the same garment.²⁸ The two colours could be the one of the garment itself and an applied border part.

Regarding this system, the clothes of the generals can be interpreted as follows:

1. undergarment of which long sleeve cuffs and collar parts which fold up to thick coils
2. inner long jacket which is only visible at the lower hem
3. outer long jacket with rather short sleeves (not coming down to the wrists) and rather wide neck, allowing the thick cuffs and collar of the undergarment to stick out

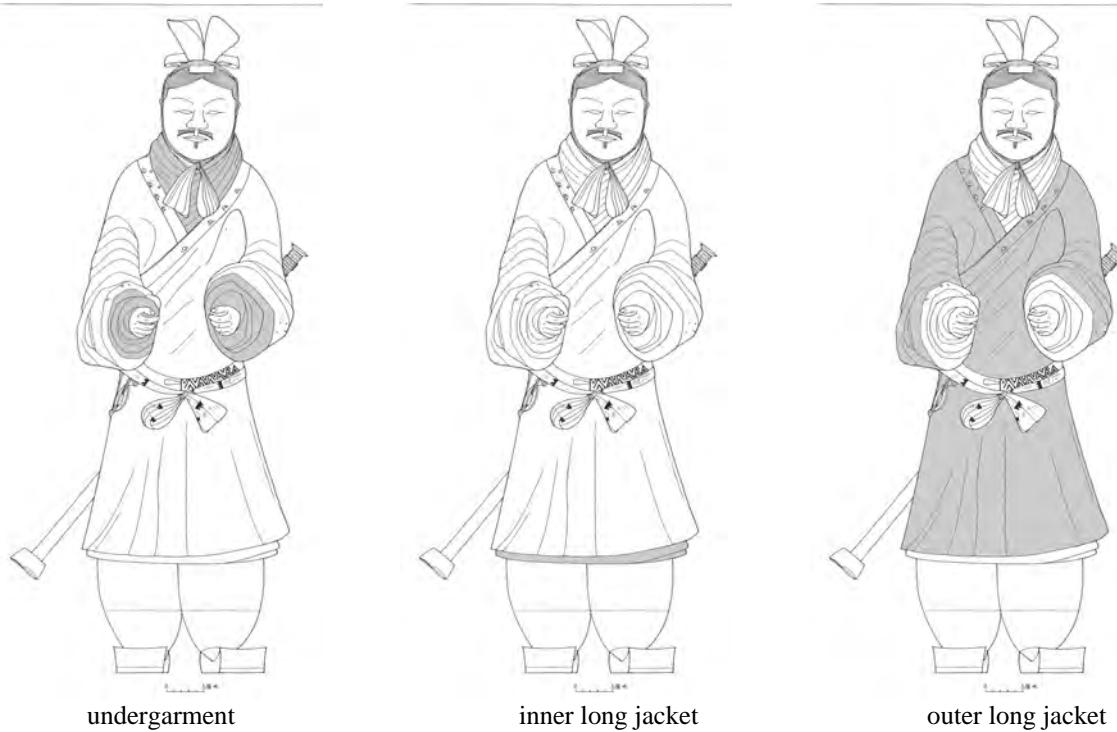


Fig. 26. General from bronze chariot no. 1: System of clothing

²⁷ For the following explanations fig. 30 at the end of this chapter showing five reconstructed generals can help to visualise the descriptions.

²⁸ Yuan 1990, p. 267 (English translation in: AH 83, p. 209) discusses that the collars (or some of same) in fact as scarves. Though the modelling gives no definite information, the relation of colouring makes it implausible that the collars are parts separate from the sleeve cuffs.

The long jackets appear to be wadded as they are of considerable thickness. The lining inside is only visible “underneath” (i.e. where the legs start or at the overlapping tails of the jackets). The system of cloth can be demonstrated very well on the general of the bronze chariot no. 1 (fig. 26).

The colour of the **outer jacket** can be identified on five generals: Three generals of type 1 wear purple jackets²⁹, two generals of type 2 wear green jackets³⁰. The third figure of type 3 (T10G5:15) maybe wears a brownish pink jacket. The colours on type 3 are not retained.

The colour of the **inner jacket** is only preserved on two sculptures: in one case it is green³¹, in the other red³².

The **sleeve cuffs** show at least two stripes of different colour. The same colours reappear on the **collars**. As combinations red (second colour missing), black and white, blue and pink, purple (and white), purple and blue, brownish pink (second colour missing)³³ can be identified.

The outer jacket of the generals is the largest colour unit on the sculptures - even if they wear a suit of armour which partly covers the jacket. The inner jacket is only a small colour strip between outer jacket and legs. In general, it seems that inner jacket and outer jacket mainly have different colours. If they do not, as on T22G9:1, there is coloured line in between to separate the two areas. Sleeve cuffs and collars have colours different from the outer jacket and probably also from the inner one. The same system is visible on the bronze charioteer: he has a white collar/sleeve cuff, a green outer and a red inner jacket.

2.2 Borders of jackets

Outer and inner jackets can have borders along the hems of a different colour. On the outer jacket these borders run around sleeves and the neck and end in the waist. The lower part of sides and the lower hem are not decorated. The same type of robe can be observed on the half-life size kneeling grooms and the bronze charioteers. Jackets of this type also have been found in tombs.³⁴ As colours of the border black and bluish purple have been identified.³⁵ In both cases a colour different from the outer jacket, inner jacket and sleeve cuffs/collar. Also on the grooms the border is different in colour from jacket and collar.

The inner jacket can have a narrow coloured borders as well. They are running around the lower hem and the sides, where they become visible. This was found on one sculpture (T2G2:97). Though the colour of the jacket and the maybe light pink border are almost completely lost, the line of the decorated hem is still well visible.

²⁹ Pit no. 1, T20G10:97, T2G2:97; pit no. 2, T4:1

³⁰ Pit no. 1, T22G9:1; pit no. 2, T9:1

³¹ Pit no. 1, T22G9:1

³² Pit no. 2, T4:1

³³ arrangement of colours from jacket to skin: red (second colour missing): pit no. 1, T20G10:97; black and white: pit no. 1, T2G2:97; blue and pink: pit no. 1, T22G9:1; purple (and white): pit no. 2, T9:1; purple and blue: T10G5:15; brownish pink: T1G3:15

³⁴ For example an unlined white robe from Mawangdui, tomb no. 1 and an embroidered robe from Mashan.

³⁵ Black: pit no. 1. T22G9:1; bluish purple: pit no. 1, T2G2:97

The lower part of the right sleeve of T22G9:1 is preserved in pit no. 1. The green jacket is edged with a 3 cm wide border at the cuff. Where the black layer is damaged thin red lines can be distinguished orientated in both directions in ca. 45 ° angle. Obviously some kind of decoration was painted on the black with straight red lines. As the black ground (which is on top now) mainly covers the red, it is not possible to reconstruct the decoration.

An idea what this might be can be gained looking at the general from the bronze chariot no. 1. He wears a green outer jacket a white border. Geometrical ornaments decorate the border (fig. 27). According to the archaeological reports they painted in black and vermilion red.³⁶ Drawings³⁷ show two superimposed rows of patterns: the first ones are angled 'pincer'-shaped ornaments, the second small 'double Z'. Both ornaments remember textiles with scattered geometrical patterns from this period.



Fig. 27. General from bronze chariot no. 1
Geometrical pattern on border [from: Qin Shihuangling tong che ma 1998, vol.1, p. 58]

2.3 Trousers and shin protections

Looking at the legs, from the modelling it is difficult to decide if trousers or shin protections are depicted. As Shaanxi sheng 1988 names colours for 'trousers' it is the question if there are trousers, and if, which part they are.

Except for one sculpture³⁸, the leg part is divided into an upper and a lower section as it is often the case on shin protections. As the long jackets already cover the knees, only the lower legs are visible. Therefore the trousers which normally are just knee-long should be hidden below the inner long jacket. Nevertheless, the upper part of the divided sections could be regarded as 'trousers'. But it seems more likely that the generals either wear thick two-part shin protections (like the kneeling archers) or long trousers coming down to the ankles. Comparing these sculptures to others, it is more likely that they wear shin protections.

The two-part ones show two colours and at least the upper colour is different from the inner jacket (i.e. the adjacent area). As colours light pink (top), light blue (top), green (total), purple (top) and green (below), black (lower part), bluish purple (top) and reddish purple (lower part)³⁹ appear which seems to indicate that all colours and all colour combinations were possible here.

2.4 Shoes

Seven of the generals have shoes with decorated borders, but no shoe laces. The borders are a little thicker than the shoe itself so it looks like the leather of the shoe was edged with a textile border. Just one general wears shoes without borders.⁴⁰

³⁶ Yuan 1990, p. 267 (English translation in: Ah 83, p. 209)

³⁷ Qin Shihuangling tong che ma 1998, vol.1, p. 58

³⁸ pit no. 2, T4:1

³⁹ Colours of shin protections: light pink (top): pit no.1, T2G2:97; light blue (top): pit no. 12, T20G10:97; green (total): pit no. 2, T4:1; purple (top) and green (below): pit no. 2, T9:1; black (lower part): pit no. 1, T10G15:5, bluish purple (top): pit no. 1, T19G9:13; reddish purple (lower part): pit no. 1, T1G3:15

⁴⁰ Only the general T19G9:13 has no borders at the shoes. The feet of T12G7:H93 are not original, but completions.

The colours of the feet are extremely bad preserved: It is only possible to say that the borders were painted as the remnants of lacquer look different in these areas. As colours green (T1G3:15) and maybe light pink (T4:1) could be determined, on T2G2:97 it was a very light colour as white or light pink. It seems likely that also these textile applications might have pattern decorations for the high ranking officers, but there are no traces big enough left. The tiny remnants are also not thick enough anymore to still exhibit the original surface.

2.5 Belts

Belts are only visible on generals of type 3 because the suit of armour covers the waist completely. No colour is preserved on the belts of the two sculptures of this type, but only tiny remnants of lacquer. While the belt of T1G3:15 is smooth and has a very simply button-like belt hook, the belt of T19G9:13 shows a rhomb pattern in relief which seems to have been imprinted with a roll-shaped die (fig. 28). Compared to other imprinted or painted belts (fig. 29) the decoration of this belt seems extremely simply, especially for a general. There are no indications of how or if it had been painted. The drop-shaped belt hook was white.

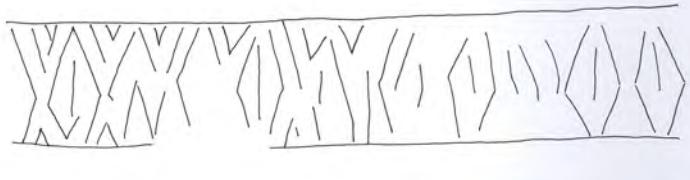


Fig. 28. imprinted pattern on the belt of T19G9:13; the lines are the ridges of the pattern (width of belt: 3.5 cm)

White belt hooks were also discovered on cavalrymen (fig. 29). The choice of white colour seems surprising because the original belt hooks of the time of the Warring States to the Han Period were made of bronze. The more elegant have inlays of silver. Therefore one would expect something yellowish as imitation of a polished bronze. If the white colour is thought to imitate metal, it might be polished silver.

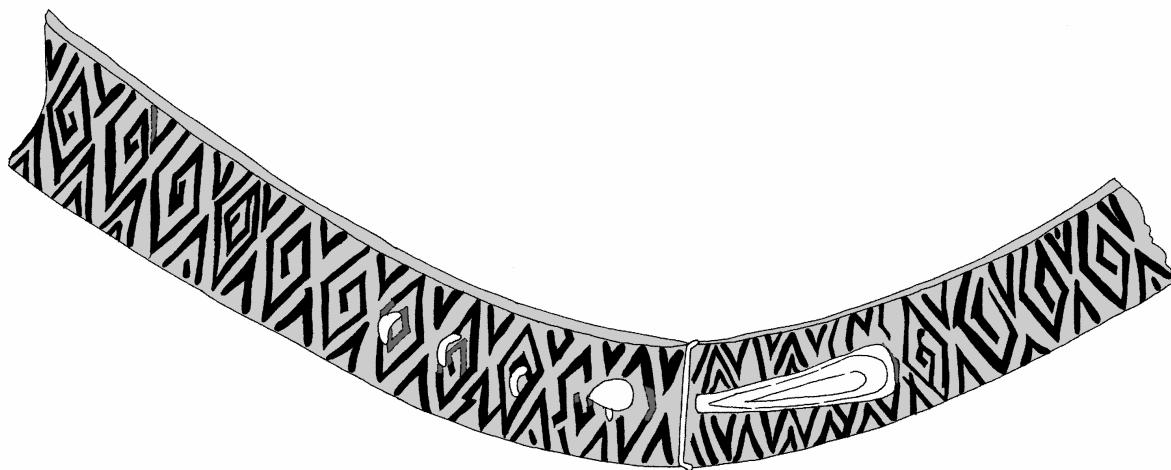


Fig. 29. Belt of a cavalrymen with decoration painted in black on the lacquer and white 'drop'-shaped belt hook

2.6 Parts without any information – caps and tie of cap

Among the parts without any traces of colour one all nine figures are the caps. Some sculptures show some white traces on caps and ties holding the cap, but as there is white in

the hair as well, this seems to be caused by making a gypsum cast. The caps are interpreted to be made of fabric immersed into lacquer. So it seems likely that the cap itself was not painted, but only lacquered. The tie holding the cap consists of two parts: one is holding the cap on the back part of the head and is bound into a tie below the chin. To this tie another is knotted that runs over the front part of the head.

There are traces of colour on the ties of the caps of lower ranking officers, all of them next to the cheeks. This indicates that the ties were originally painted. As they consist of two parts, they could also have two colours. They could also be decorated with a pattern, similar to the ties on the armour (see 3.3), but the traces of colour are too tiny to give any indication.

All information was recorded as descriptions and with the abbreviations of the self-made colour charts. Colour remnants were indicated with water colour and descriptions into sketches of the sculptures. As it is difficult to visualize an impression of the coloured sculpture, reconstruction sketches were made. All reliable information on the single sculptures was used. Additionally also parts without information were painted as far as they can be concluded without doubt from other examples (e.g. that the lips are red, hair and shoes are lacquered).

For five generals, these reconstructions resulted in a rather complete impression of the polychromy though parts are missing on every sculpture. For the other four generals, large cannot be reconstructed or the original colour is so unclear that a visualisation is not possible or reasonable yet. Fig. 30 shows the five generals which could be reconstructed for larger parts.

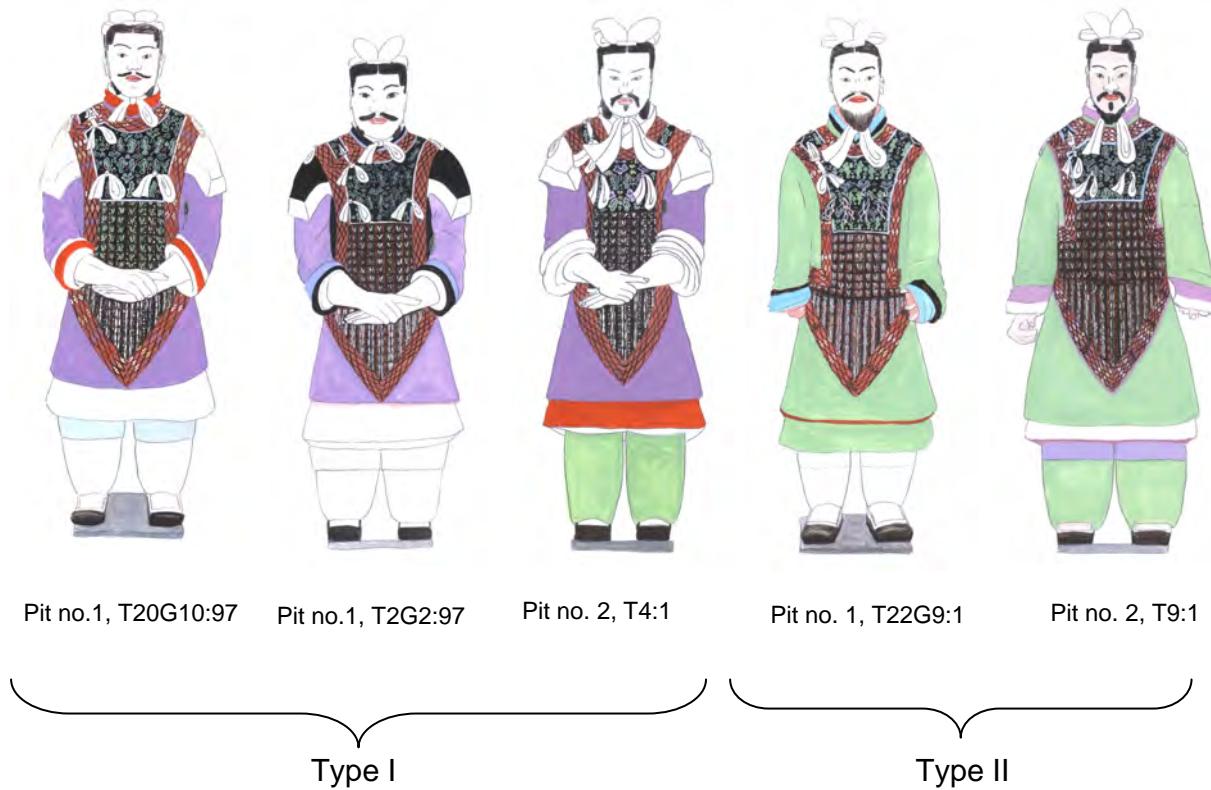


Fig. 30. Colour drawings of the generals whose polychromy could be reconstructed in large parts.

3. Suits of armour

The generals wear armours different from all other types of warriors in shape and design: The back ends in the waist, but the front has a pointed apron hanging down almost to the knees. Only the part over stomach and back has plates while the upper part covering the chest is smooth. The plates are linked like on the other soldiers, but additionally show V-shaped stitches which probably are decoration. The edges of the armour are edged with 5 cm wide borders which run around neck, arm holes and lower edge. The armour can be with shoulder protection parts (type 1) or without (type 2).

The decorated parts are: the borders along the edges; the chest part; smooth parts of shoulder protection; border of shoulder protection. Also the ties on chest and shoulders and connecting stitches of the armour plates are painted.

3.1 Borders along the edges of armour – Rhomb grid pattern

Not on one single sculpture the borders still show traces of polychromy today. Colours and design of these borders are preserved in fragments in soil of two sculptures (fig 26).⁴¹ The borders of two more sculptures are recorded as black and white line drawings in the excavation reports (see fig. 6-8, 10, 11).⁴² As the pattern is the same on these five generals, one can assume that the pattern of the border was the same on all sculptures.

3.1.1 Description of the pattern

The borders show a rhomb grid which is filled with geometrical ornaments.

The **ground** is reddish brown with a purplish tinge. Colour fragments on pit no. 2, T9:1, from the incision at the transition of armour to jacket look bright purple while the area on the soil fragment B-0101 from the same sculpture is reddish brown. As reconstruction tests showed later on, a considerable addition of Han Purple is necessary to mix this colour from the analysed palette of pigments.



Fig. 31. Detail of rhomb pattern of colour in soil in pit 1 from T22G9:1

The grid of intersecting black lines forms a **rhomb** structure.

Regarding the border as a horizontal band, the rhombi are “lying”, i.e. the obtuse angles are on top and bottom, the acute angles on the side.

⁴¹ Soil fragment B-0101 of pit no. 2, T9:1; colour in soil of pit no. 1, T22G9:1

⁴² Pit no. 1, T20G10:97, in: Shaanxi sheng 1988, p. 137 and 138, see fig. 5, 6, 7 of this report. Pit no. 2, T4:1, in: Yuan 1990, p. 293, see fig. 9 of this report.

The rhomb grid was contoured with very fine black lines, before the geometrical **fillings** were painted. There are three main ornaments: Four small lozenges arranged in vertical rows are interspaced with broken lozenges and a line and dot pattern in horizontal rows. The half rhombi along the edges are filled with two more geometric patterns which are only partly visible.

3.1.2 Construction of rhomb grid

Comparing the preserved and sketched grids it became obvious that the size of the rhombi is not varying. On curved parts of the border (i.e. the bigger part of the total length), also the rhomb grid is bent. The rhombi are compressed or stretched slightly here, but the average length is always the same. There are always three rhombi on top of each other (sometimes three and a half), and the central rhomb always remains in the middle. The 1mm wide lines are drawn freehand without a ruler though they are extremely regular and straight.

Even if the painter had a lot of experience this kind of regularity indicates that there was a construction system. But it must be an invisible one, as the painting system makes corrections or changes impossible.

The average length of a rhomb is 34 mm, the height 16 mm. The angles measure 50° and 130° . As the borders are 5 cm wide, exactly three complete rhombi can be arranged on top of each other. The interspaces show two complete and two half rhombi:

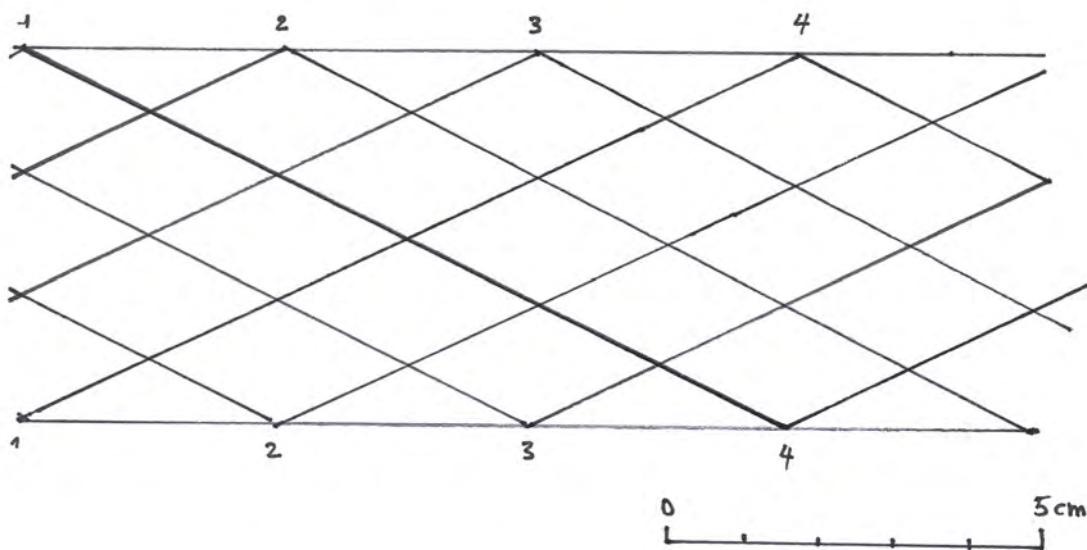
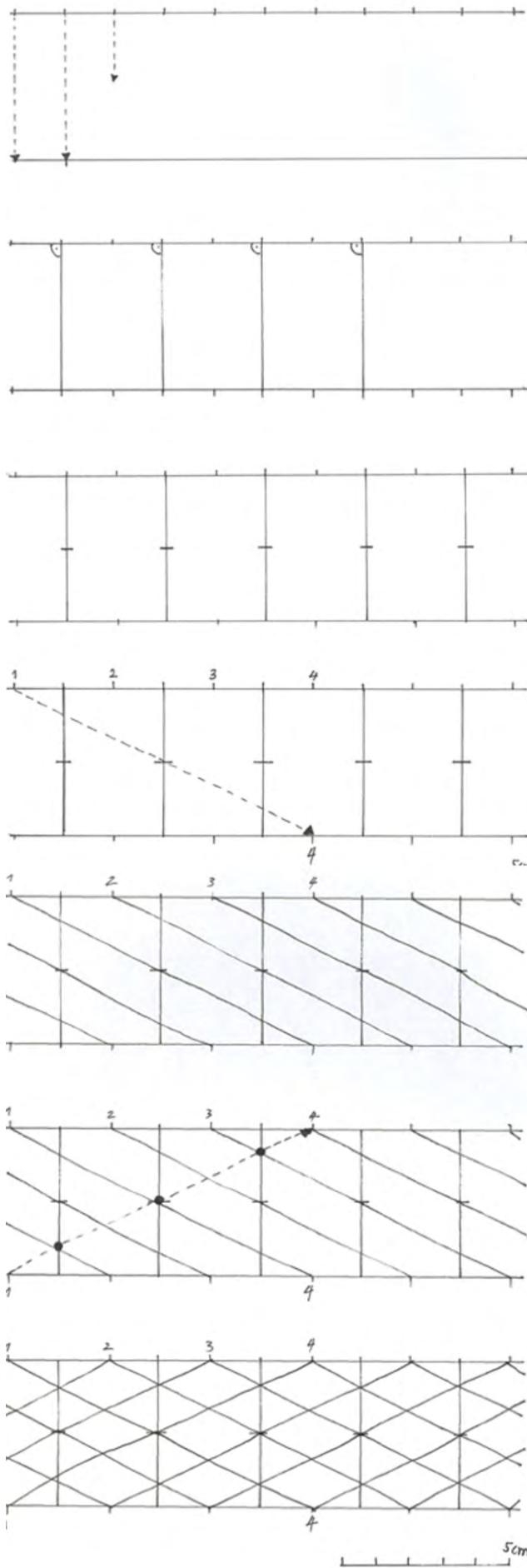


Fig. 32. Rhomb grid

A grid with three rhombi on top of each other can be easily obtained: The length of the rhombi is marked along the border. Then the first mark on the top (1) is connected to the fourth on the bottom (4). This 1 to 4 system on a 5 cm wide strip with a distance of 34 mm between the marks creates rhombi of the fitting size.

A construction system easy to apply the rhomb pattern on the sculpture on which almost all surfaces are curved in at least one direction emerged during the reconstruction of the polychromy on a replica of a general⁴³ (fig. 33). Intersection points created by a system of subsidiary perpendiculars help to draw regular lines in the correct distances. It also works when the border strip is bent so that the rhombi are distorted. (fig. 34). The result is that the border looks like textile band with woven pattern which distorts when following the shape of the body.

⁴³ This system was developed together with the conservator Carolin Roth while painting the replica.



1. Along the edge the half length of the rhombi (17 mm) are marked. The corresponding point on the opposite edge is marked as well.
2. On every second mark a line is drawn perpendicular to the edge.
3. The centre of the perpendicular is marked.
4. The rhomb grid is started by connecting mark 1 to mark 4. Starting at 1 on the upper edge, the line crosses the centre of the perpendicular at $2\frac{1}{2}$ and runs into 4 on the opposite side.
5. All lines in one direction are drawn like this.
6. The crossing lines are drawn in same way: Starting at 1 on the lower edge, the line crosses the lines running in the other direction at $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ (=centre of perpendicular) and $3\frac{1}{2}$ and than meets 4 on the upper edge.
7. After all lines are drawn like this, the grid is finished.

Fig. 33. Construction of rhomb grid on a straight part of the border

In the same way rhombi can be constructed however the border is curved.

1. Marks in the distance of 17 mm are applied on the edge. Here it is important to start marking on the curved-in (i.e. shorter) side. When the curving changes, a perpendicular has to be drawn to the opposite site and the marking continues there.
2. Perpendiculars are drawn starting from the marks.
3. The centres of the perpendiculars are marked.
4. Start drawing the lines from 1 on the upper edge, crossing the perpendicular at $2 \frac{1}{2}$, ending at 4 on the lower edge.
5. Draw all lines in one direction
6. Draw the lines in the opposite direction by starting at 1 on the lower edge, crossing the lines of the other direction at their intersection perpendiculars at $1 \frac{1}{2}$, $2 \frac{1}{2}$ and $3 \frac{1}{2}$, ending at 4 at the lower edge.
7. Draw all lines of the second direction.

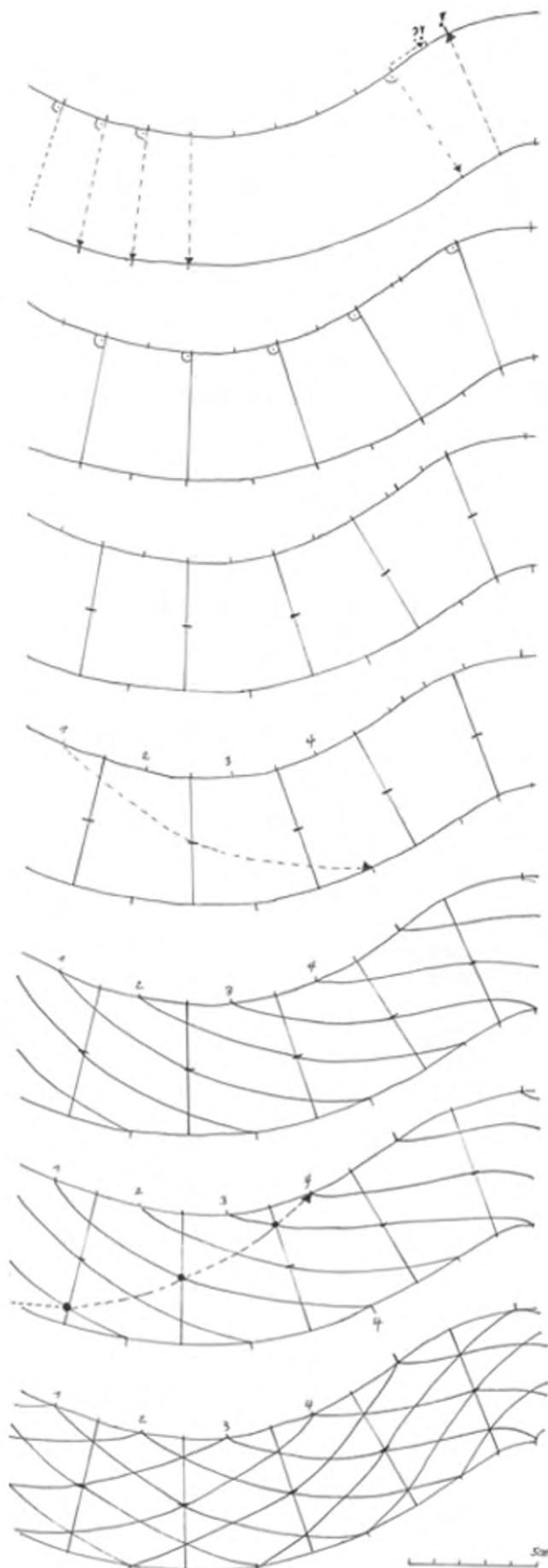


Fig. 34. Constructing rhomb pattern on a bent part of the border

3.1.3 Four lozenges-ornament

The filling of the rhombi started with the ornament of four small lozenges. The lozenges are placed into the rhombi which are complete, so that three lozenge fillings are in a vertical row. Each vertical row of lozenges has a different colour. After four lozenge fillings the colours are repeating. The sequence of colours is the same on all documented fragments. The fact that red and white are exchanged in one case⁴⁴ can be interpreted as ‘mistake’ or free interpretation of the painters who allowed interspersing minor alternations in many places.

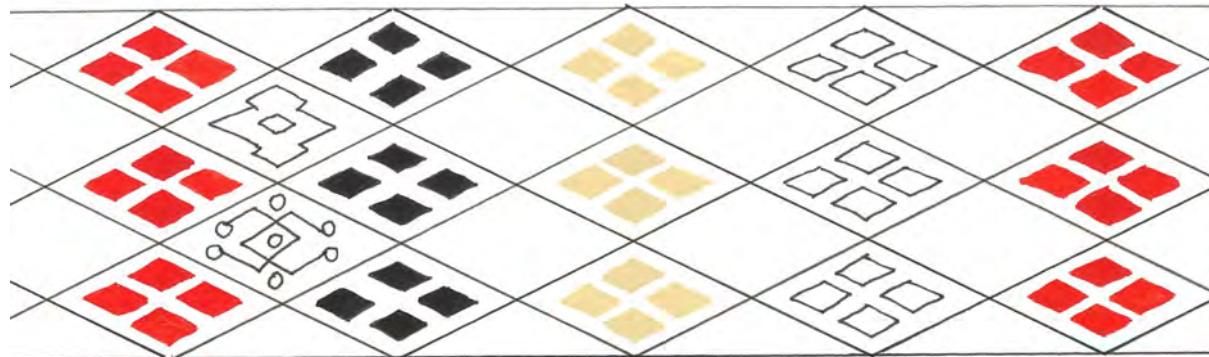
To understand the arrangement of colours, the orientation of the border is important. For all following descriptions, the border is regarded in this way:

- border runs horizontally
- above border: side facing jacket or collar
- below border: side facing the armour
- the pattern is regarded as ‘positive’ (i.e. as if looking onto the sculpture).

In this case the sequence of colours is:

red – black – light ochre – white – red

jacket, sleeve, collar



armour plates, chest pattern

Fig. 35. Sequence of colours of four lozenges-ornament

3.1.4 Broken lozenges (‘ear cup’) ornament

The interspaces of the four small lozenges are filled two types of ornaments horizontal rows. The top row shows an ornament of broken lozenges, a very wide-spread ornament at that time. This nameless ornament was tentatively called ‘ear-cup’ (耳杯) pattern by Zhao Feng 1999⁴⁵, following the mentioning of ‘ear-cup motives’ in the *Shiming*. The term is not common or accepted, but appears useful as it helps to distinguish these broken lozenges from other lozenge based ornaments.

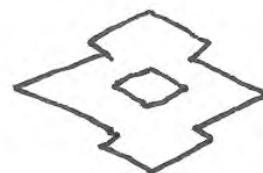


Fig. 36. Broken lozenge (‘ear-cup’ pattern)

The broken lozenges are always two-coloured: The ornament has one colour and the outlines are traced in a second colour. There are different variations of colour sequences and combinations. After four lozenges the sequence is repeated so they stay in rhythm with the four lozenges-ornaments. The first red lozenge is placed left to a white four lozenges-ornament. The basic type seems to be

⁴⁴ On the left shoulder of T20G10:97, according to drawing in Shaanxi sheng 1988, p. 137 (fig. 8 of this report).

⁴⁵ Zhao Feng 1999, p. 48. The identification as ‘ear-cup’ is based on the idea that this broken lozenge looks like an edgy stylised ear-cup seen from the top.

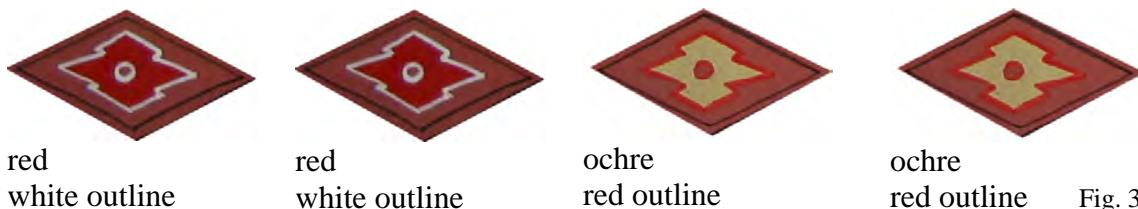


Fig. 37

Variations are:

- outline the first red lozenge with ochre (T22G9:1)
- replace the first ochre lozenge by a violet one with red outline (T9:1, T20G10:97).

There are several places where the sequence is mixed or the lozenge rows are shifted compared to the four lozenges. This probably means that the pattern had not to be followed too strictly concerning sequence of colours and starting point of the sequence.

3.1.5 Line and dot ('frog') ornament

The row below the broken lozenges is filled with ornaments consisting of lines and dots. The lines form two overlapping lozenges open on the outer edges and dots are places on the ends, in the centre and below and above (seven dots all together). To make it easier to talk about this pattern, I provisionally called it the 'frog' until a better term is found.

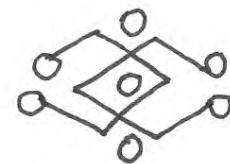


Fig. 38. 'Frog' pattern

The lines and dots are painted separately using three colours (red, ochre and white) in sequence of four colours: red – ochre – white – red – etc..... The system here is

1. paint the legs of the first 'frog' with one colour



2. take the second colour and paint the dots of the 'frog' and the legs of second 'frog'



3. take the third colour and paint the dots of the second 'frog' and the legs of third 'frog'



4. take the fourth colour and paint the dots of the third 'frog' and the legs of fourth 'frog'



5. take a first colour and paint the dots of the fourth 'frog' and the legs of next first 'frog'



etc. (repeat step 2 to 5)

Fig. 39. Constructing the 'frog' pattern

The start of the sequence seems to be not linked to the broken lozenges or the four lozenge ornament. It is also shifting on the same figure, e.g. it is different on the arm holes and the lower border of T22G9:1.

3.1.6 Bevelled border ornaments

The ornaments in the half rhombi along the edges above and below broken lozenge and ‘frog’ cannot be understood clearly.

Above the broken lozenge there is something that can look like a half lozenge without outline⁴⁶, but can also have an outline⁴⁷.

Below the ‘frog’ is a angled line, partly accompanied by a second⁴⁸, but there also two small lozenges⁴⁹, a broken lozenge without outline and centre or a U-shaped ornament are reported.⁵⁰

The colours of these bevelled ornaments is always linked to the four lozenge rows: The ornament above the broken lozenge right to the four lozenges and the ornament below the ‘frog’ left to the four lozenges have the same colour as the lozenge row. Regarded in the painting process this could mean: Take on colour and start at the lower border with a cut-off angled ornament; proceed to the right and paint a vertical row of four lozenges; proceed to the right and finish with a cut-off broken lozenge.

Describing all these details sounds confusing, but is necessary to understand the system. The reconstruction of a complete pattern looks like this which is one of four reconstructed borders:



Fig. 40. Reconstruction of rhomb pattern border based on the collar of T9:1 on fragment B-0101

⁴⁶ Pit no. 1, T20G10:97; pit no. 1, T22G9:1; pit no. 2, T4:1.

⁴⁷ Pit no. 2, T4:1.

⁴⁸ Pit no. 1, T22G9:1; pit no. 2, T9:1

⁴⁹ Pit no. 2, T4:1; drawing of the archaeologists in Yuan 1990, p. 293 (see fig. 9 of this report)

⁵⁰ Pit no. 1, T20G10:97, drawing of the archaeologists in Shaanxi sheng 1988, p. 137/8 (see. fig 6 to 8 of this report).

3.2 Chest part - ‘Bird and sun’ pattern

The chest part of the armour is modelled as a smooth area. It is edged by the rhomb grid border towards collar and arms. Below the chest part, the armour plates are on a slightly receding level. The modelling thus looks as if the chest part is one layer overlapping the armour plate. Both parts then when edged with the rhomb grid borders. The chest part was decorated with a painted pattern.

3.2.1 Preserved fragments and information

There are no descriptions or interpretations of this pattern. The three drawings in the archaeological reports (fig. 6, 9, 11) showing fragments of the pattern are difficult to understand as there is no description where they exactly come from.

The most valuable sources for reconstructing the chest part of the armours are the fragments in soil, B-0101 from T9:1 and the back of T22G9:1 in pit no. 1. After B-0101 had been examined and documented carefully (fig. 41 and 42), the drawings and photographs of the pattern became comprehensible.



Fig. 41. Fragment B-0101, colour fragment in soil, mounted in plaster



Fig. 42. Colour drawing of B-0101

It turned out that they are published upside down or turned to the side. After bringing them to the correct orientation, also their approximate position on the sculptures could be identified:

- One fragment (fig. 42) clearly shows fragment B-0101. As it is described as part of T4:1 in the caption, the fragment could be attributed to this general.
- The next one (fig. 43) can be identified as part of the shoulder as the tie on the rhomb grid border is visible. According to the caption it comes from T20G10:97. The ties have only one loop which is hanging down on one side and two loose ends hanging down on the other. As the ties on the shoulder all seem to be arranged in that way that the loops point to the front and the loose ends to the back, the fragment should come from the backside of the right shoulder.
- The last one (fig. 44) is part somewhere from the inner part of the pattern. The caption attributes it to the general T4:1. Although the specific spot cannot be determined, it is clear that it was published upside down.

The drawings document outlines and some of the colours of the ornaments. The colour of the ground is not mentioned.

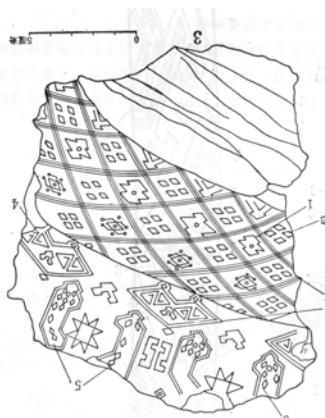


Fig. 43. Yuan 1990, p. 293
pit no. 2, T9:1, B-0101



Fig. 44. Shaanxi sheng 1988, p. 138
T20G10:97 - right shoulder

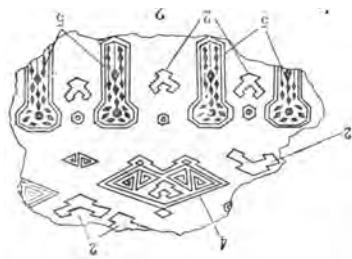


Fig. 45. Yuan 1990, p. 293
pit no. 2, T4:1

The large fragment of the back of T22G9:1 was mentioned already (chapter 1.6; figures 14-20). It became the most important source of information as almost all parts of the armour are preserved here.

Not on one of the sculptures the polychromy of the chest part is preserved, but during the examination of T2G2:97 traces of the patterns were found on the chest part (fig. 46): The outlines of the ornaments have survived as thin lines of lacquer visible on the terracotta. Probably the thicker application of paint in these areas has caused this phenomenon.

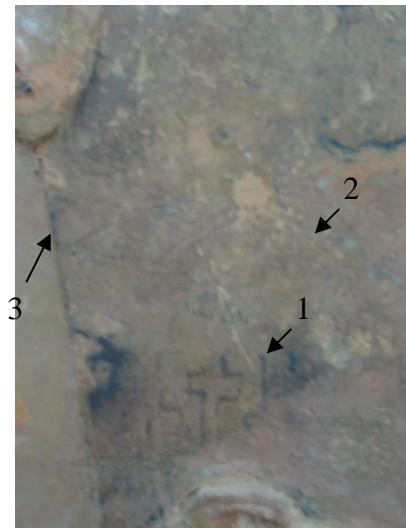


Fig. 46. Outlines of ornaments visible as black lacquer lines on the chest of T2G2:97 (1: 'SZ'; 2: 'huang'; 3: small lozenge filling)

3.2.2 Reconstructing the pattern unit

Fragment B-0101 showed that the chest part has a black ground. Ornaments are painted on this with thin greenish lines (fig. 47). Below the border first a row of angular ornaments is visible drawn with fine lines (①). Below is a row of ornaments painted in green with greenish outline and black hexagonal spots (②). In between there are six-pointed ornaments (③) and an 'SZ'-shaped ornament in thin lines (④). Angular ornaments resembling pincers (⑤) are interspersed between the two lines.

The green ornaments are cut off, the pattern unit is not complete. The other sketched or preserved pattern fragments come from four different generals. Thus fragments from five of seven generals are preserved. A comparison showed that they basically contain the same

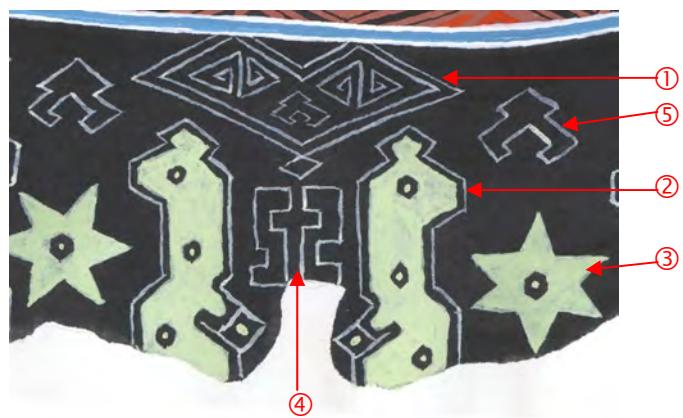


Fig. 47. Pattern on B-0101

ornaments. As on the rhomb grid pattern, also on the chest part the same pattern seems to be used on all generals. This means that all fragments can be used to reconstruct the pattern unit.

When the fragment from T4:1 is placed below B-0101 (fig. 48) almost the complete pattern unit is visible: On the lower fragment the second row of the angular ornaments is visible. Although there are minor mistakes in the drawings, the pattern could be reconstructed (fig. 49). It shows pairs of stylised birds, between them an eight pointed (or, in B-0101: six-pointed) ornament and in their back the 'SZ'-shaped ornament. Between the rows of birds there are large angular ornaments. Smaller 'pincer' shaped ones, hexagonal dots and small lozenges fill the interspaces. They are also arranged on defined positions.

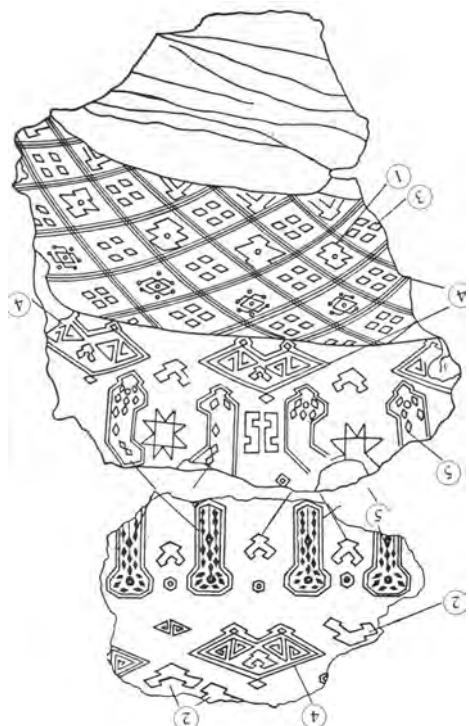


Fig. 48. B-0101 and fragment from T4:1 [drawings from: Yuan 1990, p. 293]

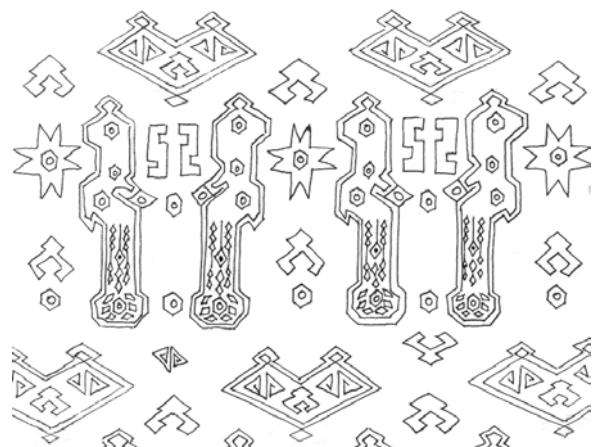


Fig. 49. Reconstructed pattern

There is also a reconstruction of this chest part by the Chinese archaeologists, as part of the colour drawing of a general of type 1 as already mentioned above (fig. 21). It shows geometrical ornaments on a purple-blue ground (fig. 50): rows of the angular ornaments in pink, followed by green ones resembling modern keys and clearly are inspired by the drawing of the fragment of T4:1. There are smaller yellow 'pincer'-shaped scattered between them.

The jacket in this reconstruction is black although the sculptures T2G2:97 and T4:1 which served as models wear purple jackets.

This confusion between purple and black (on the jacket as well as for the background of the pattern) might be another example of colour sensation and the problem to communicate this sensation 'objectively' to others.



Fig. 50. Back of general of type 1, detail of fig. 17

A comparison with the reconstruction in fig. 45 also shows that the pattern in Chinese reconstruction is arranged upside down. It seems that the findings were not really understood and information was passed on incorrectly.

The reconstructed pattern clearly shows one row of birds bordered by a row of the same geometrical ornaments on both sides. Below the birds the ornaments are shifted: Instead of between the heads, they are located between the tails now. The preserved fragments were too small and the drawings not clear enough to confirm what would be in the following row below the ornaments.

Only when the much larger areas on T2G2:97 (fig. 52 and 53) and the colour in soil of T22G9:1 (fig. 54) could be examined during the following stay in Lintong the full pattern unit could be confirmed. The sequence consists of rows of birds separated by rows of geometrical ornaments. Both, birds and geometrical ornaments are repeated without changes (except for minor variations of details). Every second row is shifted so that below a bird looking to the left side, there is a bird looking to the right side. Birds and geometrical ornaments form a unit. In the second row the unit is shifted about the half breadth of a bird pair. Fig. 51 shows the full reconstructed pattern unit.

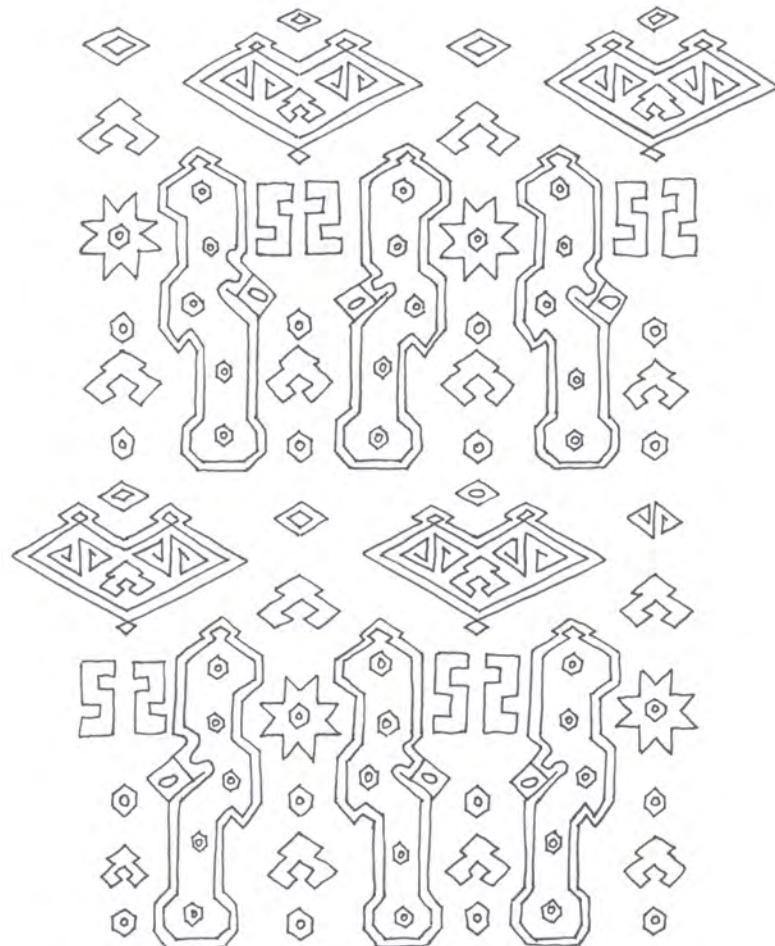


Fig. 51. Reconstructed pattern unit of the 'bird and sun' pattern

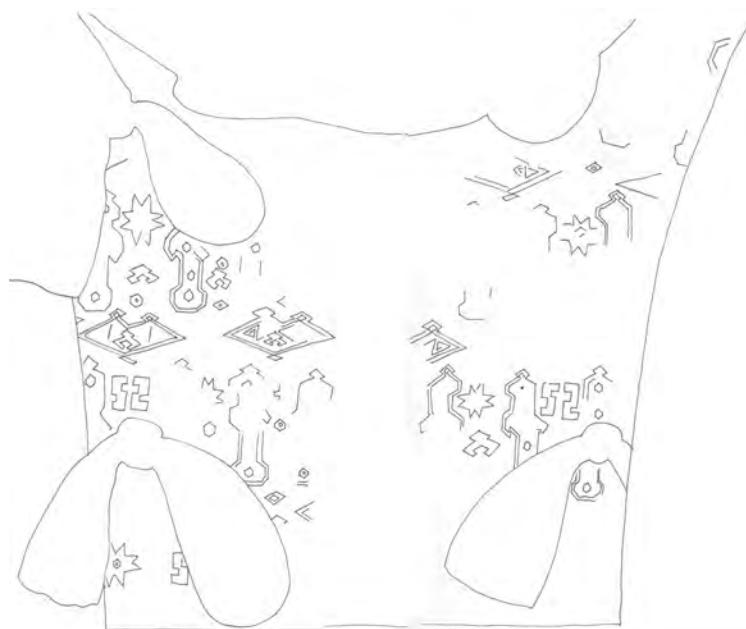


Fig. 51. Drawing of T2G2:97, front part



Fig. 52. Drawing of T2G2:97, back

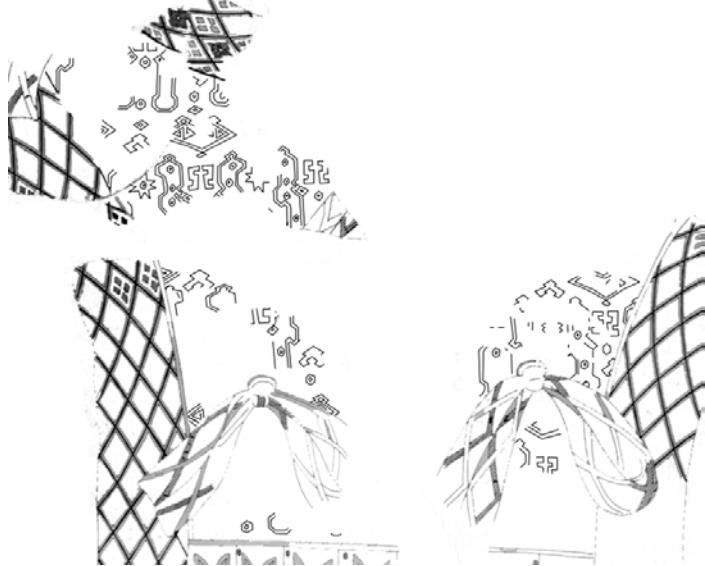


Fig. 53. Drawing of T22G9:1

3.2.3 Types of ornament

a. Birds



Fig. 54. Reconstruction of bird pattern (painted replica)

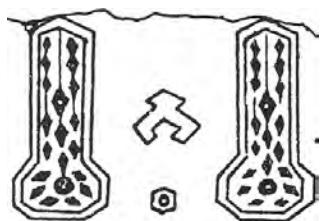


Fig. 55. 'Key' shaped bird tails in drawing of T4:1 (detail from fig. 48)



Fig. 56.
Reconstruction
of bird from T4:1

The main elements of the pattern surely are the pairs of birds with the eight pointed ornament between them. They are most dominant as also the area inside the ornament is painted green, while the other ornaments just consist of light green outlines.

The birds in total in average measure 5.8 cm in height and maximally 1.9 cm in width (chest to wing). They can be imagined as seen in profile: On the head there is 'crown' like a peacock; the beak is blunt and broad. There is a stubby little wing and on the opposite site a hook which might be seen as foot. A long tail is hanging down. Hexagonal dots indicate the eye and maybe a pattern of the plumage.

In one example (T4:1), the drawing of the archaeologists (fig. 45) documented a design inside the tail. This lets the stylised animal look even more bird-like: A long tail seems to hang down, showing a cascade of feathers like a peacock. The fact that these feather designs were only executed in one example might indicate the range of variations. Maybe it was also a concept which was abolished: It might have been too much effort to paint 18 additional little dots on a bird tail which is only 2.5 cm long and 0.8 (upper part) to 1.2 cm (lower end) wide.

b. ‘Sun’

The identification or interpretation of the geometrical ornaments is not easy, as there are no standard terms for them. Ornaments with a number of points, mostly six or eight, are generally identified as celestial bodies. Often they are called ‘sun’, but can also represent a star. They are extremely old ornaments already found on Neolithic pottery. The interpretation of the ornaments has got very far yet, but it is already possible to say ‘suns’ and birds, which generally are interpreted as phoenixes, are combined very often in decorations, especially on textiles.⁵¹

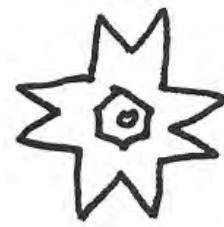


Fig. 57. Eight pointed celestial body (‘sun’)

c. ‘SZ’

The identification or interpretation of the geometrical ornaments is not easy, as there are no standard terms for them. Ornaments with a number of points, mostly six or eight, are generally identified as celestial bodies. Often they are called ‘sun’, but can also represent a star. They are extremely old ornaments already found on Neolithic pottery. The interpretation of the ornaments has got very far yet, but it is already possible to say ‘suns’ and birds, which generally are interpreted as phoenixes, are combined very often in decorations, especially on textiles.⁵²

This ornament seems to be the counterpart of the ‘suns’. It is a rather unusual ornament and its meaning is unclear. It could be linked to ‘S’- or ‘Z’-shaped ornaments often found on textiles. Different from the textiles however here an ‘SZ’ is combined. Textiles usually show the same ornament twice as ‘SS’- or ‘ZZ’-shaped arrangement.

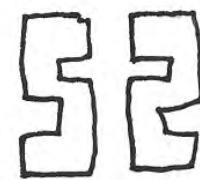


Fig. 58. ‘SZ’ ornament

d. ‘huang-shaped’ ornament

The identification or interpretation of the geometrical ornaments is not easy, as there are no standard terms for them. Ornaments with a number of points, mostly six or eight, are generally identified as celestial bodies. Often they are called ‘sun’, but can also represent a star. They are extremely old ornaments already found on Neolithic pottery. The interpretation of the ornaments has got very far yet, but it is already possible to say ‘suns’ and birds, which generally are interpreted as phoenixes,⁵³ are combined very often in decorations, especially on textiles.

The large angular ornament between the rows of birds and sun is also very common ornament in the Warring states to Han Period. It sometimes is called ‘huang-shaped’ by Chinese authors as it resembles (upside down) a chime stone or jade pendant called *huang* (fig. 60). In this case the *huang* would have been depicted upside down. There are also associations to ‘butterflies’ (also upside down here) or ‘bats’ (like ‘bat’ eave tiles, same orientation). Inside the *huang* is filled with two triangle double spirals and a ‘pincer’-shaped ornament.

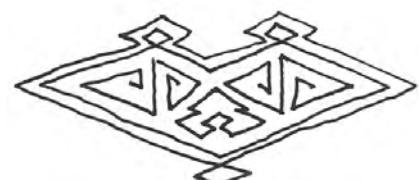


Fig. 59. ‘huang’ ornament

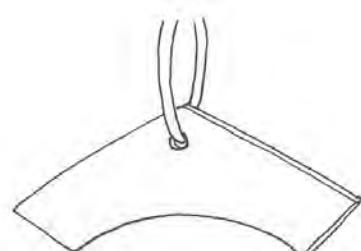


Fig. 60. Hanging chime stone

⁵¹ see chapter 2.3.6

⁵² see chapter 2.3.6

⁵³ see chapter 2.3.6

e. Small filling elements

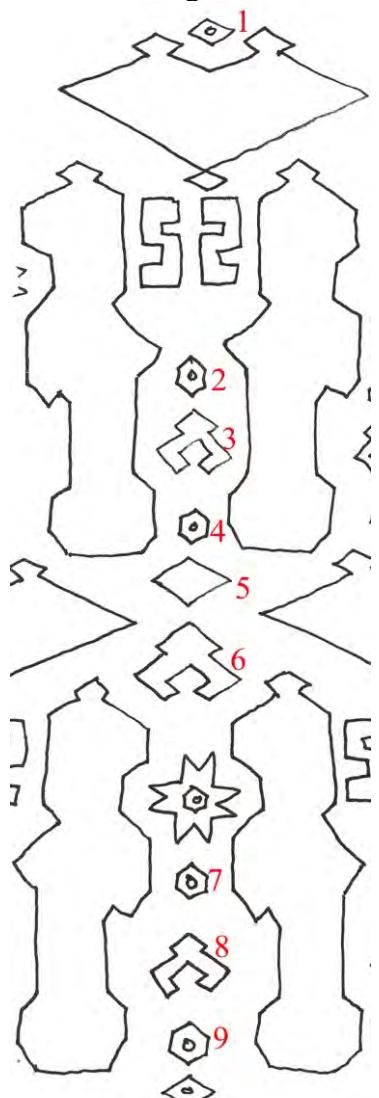


Fig. 61. Sequence of small interspaced geometrical ornaments

Between the large ornaments, there are smaller ones to fill interspaces. Nine ornaments can be found in a vertical row on the middle axis between the birds (stretched over two rows of birds, fig. 61). Three shapes can be distinguished: an angular ‘pincer’-shaped ornament (fig. 62), hexagonal dots (fig. 63) and rhomb shaped dots (fig. 64).

At least on position 5, different variations are possible: The rhomb dots can be smaller or bigger, with second small rhomb instead of a dot in the centre (fig. 65). The drawings in the excavation reports depict additional shapes which replace the rhomb dot in position 5: ‘pincers’, double spirals (fig. 66) and upside-down ‘pincers’ (fig. 67).

Probably small variations of details of the patterns were tolerated as they can be found everywhere. Furthermore, the variations might be introduced deliberately to make the quite strict pattern more interesting.

Basic shapes:

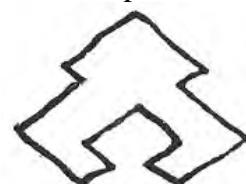


Fig. 62. ‘pincer’-shaped ornament



Fig. 63. Hexangular dot



Fig. 64. rhomb dot

Variations:



Fig. 65. double-rhomb dot



Fig. 66. Double spiral



Fig. 67. Upside-down ‘pincer’

2.3.4 Colours of the ornaments

Only the preserved fragments (B-0101, T22G9:1 as well the tiny fragments on T2G2:97) of the polychromy are really reliable concerning the colours. In these cases the ground is definitely black.

The colour of the ornaments is less easy to determine. As the fragments in soil are seen from the backside today, the black ground partly covers the ornaments which often appear discoloured. It is very difficult to distinguish between light green, greenish ochre and a ‘dirty’ white. Sometimes the colour seems to change in the half of a line (what is impossible). Possible nuances of colour thus are not clear yet.

Mainly the ornaments are light green or greenish ochre. This is dominant colour on the preserved fragments and also the one mentioned most often in the excavation reports. All ornaments can be painted totally in light green: In T22G9:1 and B-1010 no other colour could be detected. In some areas it looks as if the outlines are lighter in colour than the green parts inside.

The excavation reports additionally mention yellow for ‘pincers’ in the positions 3, 5 (upside down) and 8. If this is an interpretation of the greenish ochre cannot be evaluated anymore. There is only one example where a colour is mentioned which cannot be confused with the light greenish tone: For T20G10:97 the ‘pincer’ in position is marked as reddish brown. AS the fragment is not preserved, this cannot be checked anymore and might also be a mistake in the documentation. But principally some colour accents seem possible.

2.3.5 Placing the pattern on the armour

The arrangement of ornaments in the ‘sun and bird’ pattern is very strict, but complicated. The comparison of the preserved fragments shows that the size and position of the ornaments varies very little. Even for a skilled painter this seems difficult without a construction system. On the polychromy almost no visible traces of construction lines could be found.

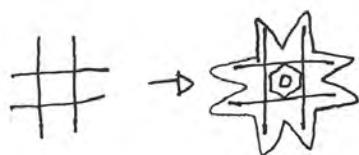


Fig. 68. Construction lines for ‘sun’

On the generals’ polychromy there is only one small example which also belongs to a tiny ornament⁵⁴: To paint the ‘sun’ ornament a grid of lines was drawn first with the same colour which is still visible from the back of the polychromy because of the thicker application of the paint. As on the rhomb borders an invisible system must have been used to construct the arrangement of the pattern.



Fig. 69. Sun with construction lines (detail of fig. 14)

The pattern can be divided into segments using a grid of subsidiary lines. One segment (red lines in fig. 70) is the basic unit which is necessary to build the pattern unit (four segments).

The segments are 8.5 cm high and 3.2 to 3.4 cm wide. Additional lines (light grey in fig. 70) can be drawn at the end of the tail and top of the bird’s head. These lines mark relevant spots and meet the centres or points of many filling ornaments. They also give a regular sequence of 2.5cm – 3 cm -2.5 cm.

The observation on the generals showed that the width of grid varies depending on the girth of the general: On thicker ones a sequence of eight birds in the middle row is stretched on 27 cm, while on leaner ones it only needs 25.5 cm. This means the pattern was flexible to some extent what also can easily be reached using such a grid.

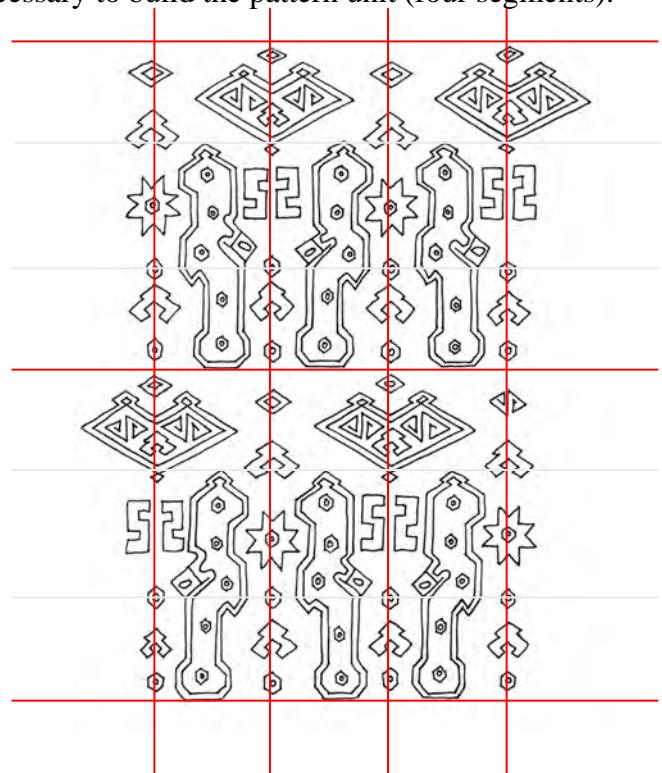
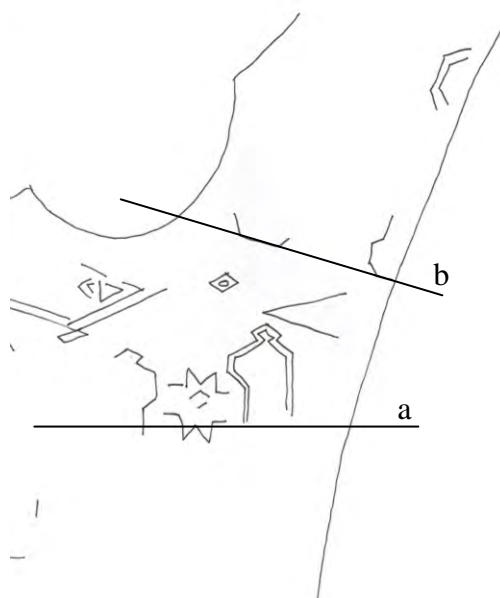


Fig. 70. Construction grid for the pattern

⁵⁴ Shoulder part of T22G9:1.

Observation on the sculptures also showed that the pattern was applied starting with a ‘*huang*’ in the centre below the collar. In this way, three rows of birds are visible in the central part of the armour. As all the chest parts are not perfectly symmetrical, the pattern might end slightly lopsided, the last row of birds might be cut off and often a bird is the center (instead of the interspace between two birds).

The birds are upright on back and chest. This means that - different from the grid border which runs around the armour without interruption and has no top or bottom orientation - , there has to be a seam on the shoulders. On the side of the armour fastener the pattern is interrupted anyway, but on the left shoulder back and front part meet. Different from the rhomb grid border, the seam is not incised in the terracotta.



Furthermore, the pattern is slightly distorted towards the borders on the side and on the shoulders the base line of the pattern does not run horizontally anymore, but is bent downwards to the side (fig. 71).

This can only be interpreted as the attempt to depict the distortion a fabric does on the shoulders of a person. In this way, the pattern appears realistic and not like stencilled on the chest without relation to the body.

Fig. 71. Distortion of pattern on the shoulders (T2G2:97, left shoulder, front):
a. horizontal arrangement of pattern
b. distorted base line of pattern

2.3.6 Comparison with historical textiles

The angular ornaments and the distortion of the pattern on the curved parts of the body suggest the impression of a fabric.

All ornaments are angular. Even the dots are hexagonal or rhombic. Outlines often are parallel to each other or in often repeated angles. It was not ‘the’ Qin style as a comparison with other objects from Qin Shihuang’s tomb shows: On the artists’ skirts and on the bronze chariots patterns with rounded and complicated arranged, intricate ornaments are painted. Thus the decision for this ‘stiff’, angular style was made by purpose. The only reasonable explanation seems to be that these patterns imitate woven fabrics. The fact that not only the typical distortion, but also the angular shapes of the patterned have been imitated raises the question of possible models for these painted textiles.

A considerable number of textiles have been excavated from tombs of the Warring States to Han Dynasty (and more are still discovered in ongoing excavation campaigns). Unfortunately there are not any from the state of Qin or the Xi’an area. The best preserved textile findings come from the state of Chu⁵⁵ in southern China, especially from Zuojiatang and Mawangdui

⁵⁵ Chu was a big state with the Yangzi River in the center. It was neighboured by Yue in the south, Qin in northwest and abd Han, Wei, Song and Qi in the north. Form 350 BC on, Qin expanded seizing larger areas of northwestern Chu. The areas were the textiles were found were still autonomous until 221 BC.

near Changsha (Hunan) and Mashan in Jiangling (Hubei)⁵⁶. Beautiful Han dynasty textiles were discovered in Xinjiang and Inner Mongolia.

The search for archetypes and the comparison with antique textiles has just begun. A detailed discussion will be given in one of the following reports. Here only a glimpse into this matter shall be given to understand the depicted patterns. Especially the textiles from the State of Chu show interesting similarities with the ones painted on Qin Shihuang's terracotta sculptures. While silk gauzes found in Mawangdui resemble the design of the acrobats skirts, for the 'bird and sun' pattern, the textiles with animals from the Warring States (*zhanguo*) Period are of special interest.

There are different weaving techniques for plain and patterned silk fabrics. The most beautiful was the *jin*, a term often translated as 'brocade'. *Jin* silks are warp-faced compound tabbies with up to five colours. They were extremely valuable.

A Warring State *jin* found in Zuojiatang near Changsha⁵⁷ is a fine example of textiles of this period and style (fig. 73). It shows two types of animals which are interpreted as phoenix and dragon. In between there are geometrical ornaments, among them 'ear-cup' type broken lozenges and a six pointed ornament. The ornaments are light brown on dark brown. As result of the three-coloured warp, medium brown and cinnabar-'died', bright red stripes are interspersed.

On a close-up of the textile structure the slightly stiff and angular shapes are clearly visible. In the body of the phoenix there is exactly the same type of hexagonal spots as in the birds' body.

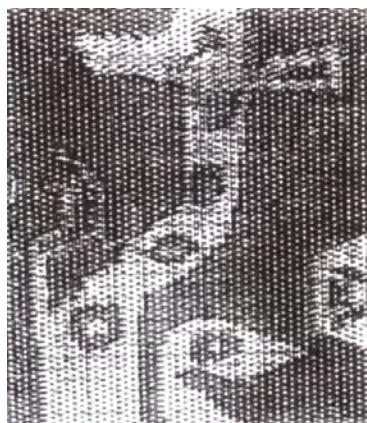


Fig. 72. Detail of the phoenix [from: Huang/Chen 1999, p. 54]

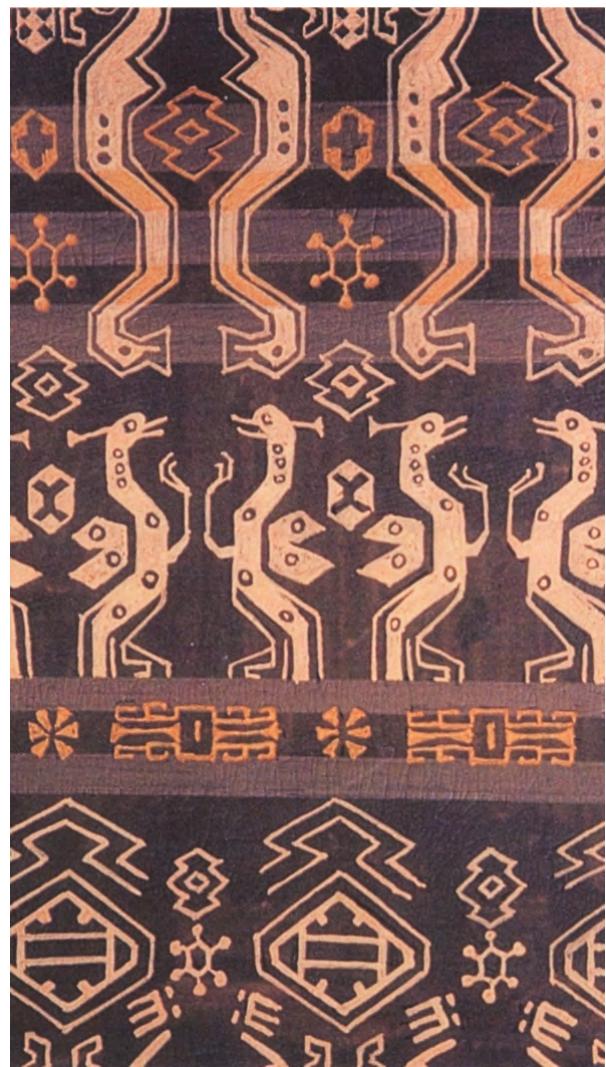


Fig. 73. Colour drawing of 'dragon and phoenix'-textile from Zuojiatang [from: Huang/Chen 1999, p. 55]

⁵⁶ Zuojiatang 左家塘, Changsha (Hunan Province), tomb no. 44, Warring States

Mawangdui 马王堆, Changsha (Hunan Province), Western Han, tomb no. 1 Marquise of Dai, died in 168 BC; tomb no. 2 and 3

Mashan 马山, Jiangling 江陵, Hubei Province, late Warring States, 'middle class lady', died 330-320 BC. – Another important findings are the tombs of Mancheng, Lingshan, (Hebei Province) from the Central Plane east of Xi'an, Western Han, tombs of Dou Guan, died in 118-104 BC and Liu Sheng, died in 113 BC

Also the colour distribution is principally similar to the ‘bird and sun’ pattern of the general: The ornaments are visible in a light tone on a dark ground. The presence of coloured stripes allows two conclusions for the generals: either there are really coloured geometrical ornaments interspersed (as recorded by the Chinese archaeologists) or a rather ‘simple’ two-coloured *jin* was depicted. In any case, the design means that the generals’ armour was lined with a fine, precious silk fabric.⁵⁷

Animals are often found on Warring States to Han Dynasty textiles and decorations. Warring states textiles show animals with long bodies, tails and head. Sometimes wings or feet can be made out, but the stylisation makes it hard to identify the species of animal: They might be phoenixes and dragons, but some look like tigers or are only fantastic. In Han Dynasty animals are easier to identify, but dragon and phoenix pattern dissolve into abstract geometrical spirals, sometimes seen as floral elements.⁵⁸

The animals often appear in combination with geometrical ornaments. ‘Dragon’ and ‘phoenix’ are mostly accompanied by the ‘sun’ ornament. Fig. 73 and 74 show two examples from the Han Dynasty. Peacock- and rooster-like birds are depicted. The first is combined with the ‘sun’, the other with numerous geometrical elements. The ‘SS’ and ‘ZZ’ shapes accompany ‘pincer’ ornaments. Broken lozenges and angular spirals are also visible. The meaning of these patterns is not investigated yet, but it seems likely to classify the ‘bird and sun’ pattern of the generals as a design which was fashionable at that time.

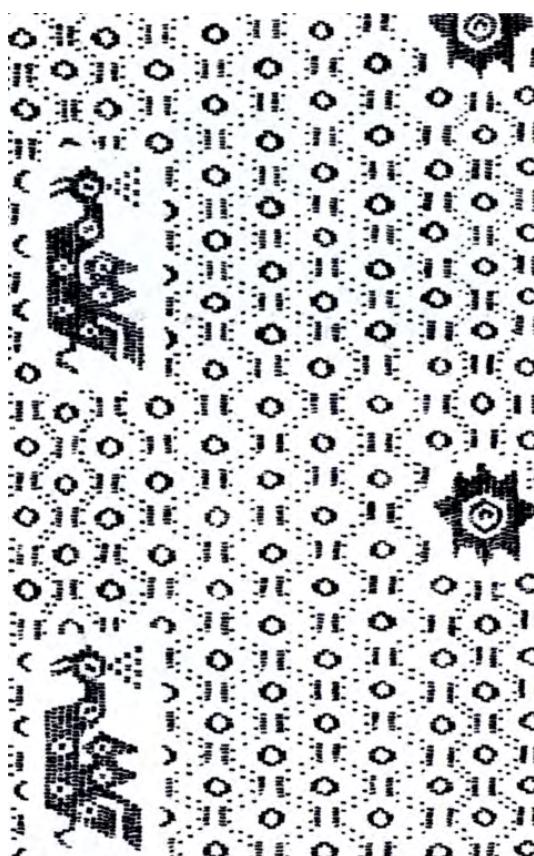


Fig. 73. Mawangdui, tomb no. 1 [from Shen 1997, p. 168]



Fig. 74. Han Dynasty [from Shen 1997, p. 164]

⁵⁷ Zuojiatang, tomb no. 44, excavated in 1957, fragment of textiles, in the collection of Hunan Provincial Museum

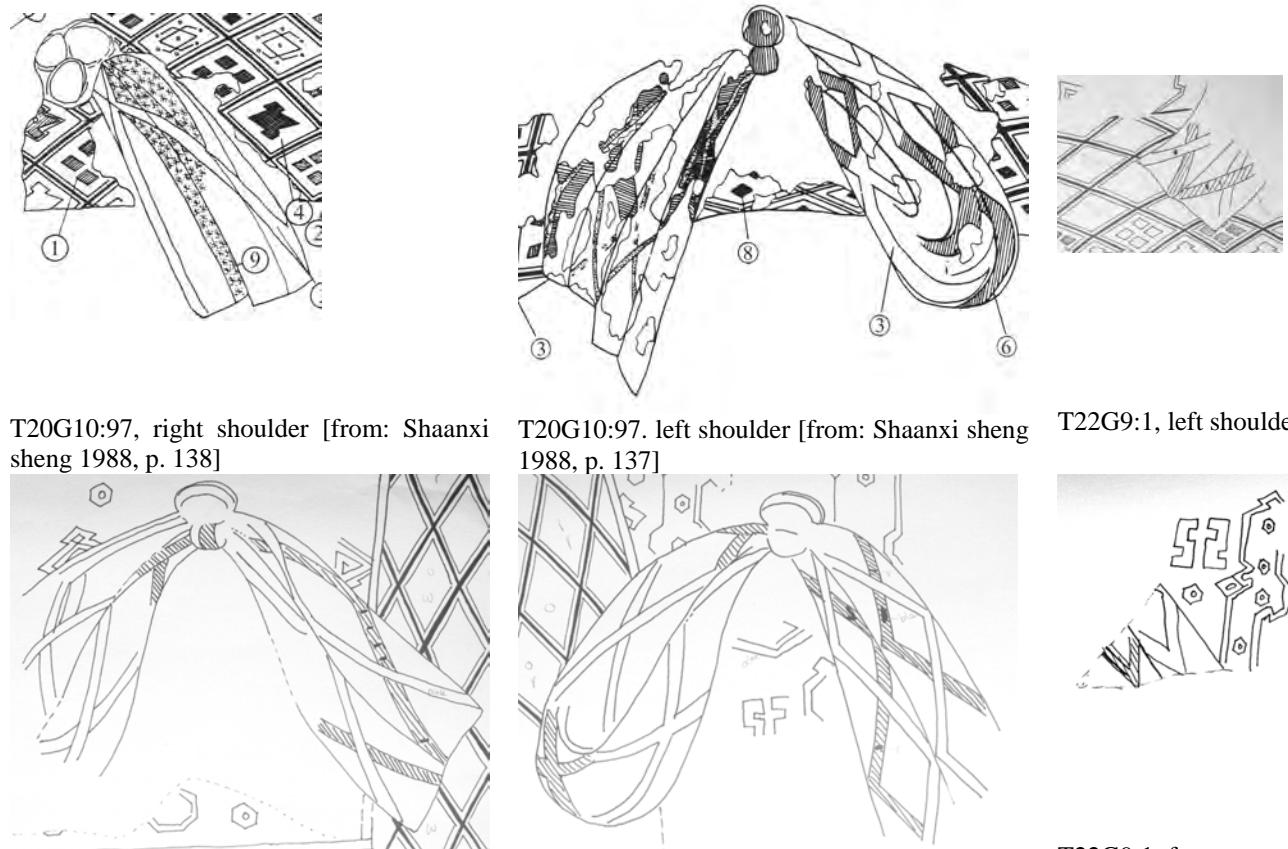
⁵⁸ The development of dragon and phoenix pattern is described in Prüch 1997. A comparable development can be observed on textiles.

3.3 Ties on the armour

The armours are decorated with nine large ties. There are three on the chest part (front and back), one on each shoulder on the rhomb grid border and one on the armour fastener. It is difficult to say if these ties have any function or if they are just decorative.

Drawings, remnants on the sculpture and polychromy in soil give evidence on some of the ties (fig. 76):

- T20G10:97, excavation reports: two drawings from the ties on the shoulders (fig. 6 and 8)
- T2G2:97, sculpture: tiny fragments on two ties⁵⁹
- T22G9:1, colour in soil: parts of the three ties on the back and the one on the left shoulder



T22G9:1, front, right tie

Fig. 75. Ties from the generals' armours (all as 'negatives' in the soil)

The system of decoration is the same on all preserved ties: Fine lines cross forming rhomb grids. The colours of the ties are not the same:

- T20G10:97 (type 1): light green ground with white and pink lines (according to excavation report)
- T2G2:97 (type 1): white and green: white (?) ground with green and black (?) lines
- T22G9:1 (type 2): black ground with yellowish white/light ochre and pink lines

There is almost no information about the polychromy of the tie on the armour fastener: For T20G10:97 'the fastener' is described as bright red, while the ties are light green. It is not clear if the strings of the armour fastener are made of the same pieces as the tie hanging down from it or if the tie is just knotted to the string. It is also not clear which part was 'bright red'. As the 'button' itself might have been white as on many warriors, this could mean that ties and armour fastener were of different colour.

⁵⁹ The ties are the right one of the chest and right one on the back.



Fig. 76. T22G9:1, Tie on the right part of the chest

On T22G9:1 all ties have the same colour. This allow the assumption that the colours of chest, back and shoulder were the same on each sculpture, but different sculptures or different types of generals have different coloured ties.

The lines on T22G9:1 have two colours: a yellowish white and pink. Two colours are also recorded for T20G10:97. On T22G9:1, the distribution of the colours can be observed: First the pink lines were painted, afterwards the white ones.

The white lines are further decorated by some kind of decoration: fine red and some blue lines and spots are visible⁶⁰, but the decoration cannot be reconstructed.

Where the lines cross, white-pink crosses are visible (with both possible directions), but also white-white next to pink-pink crosses (see fig. 75, T22G9:1). This seemed unreasonable in the beginning, but a reconstruction proofed that the distribution of the colour was not chosen by accident. There is a system which allows these different kinds of crosses.

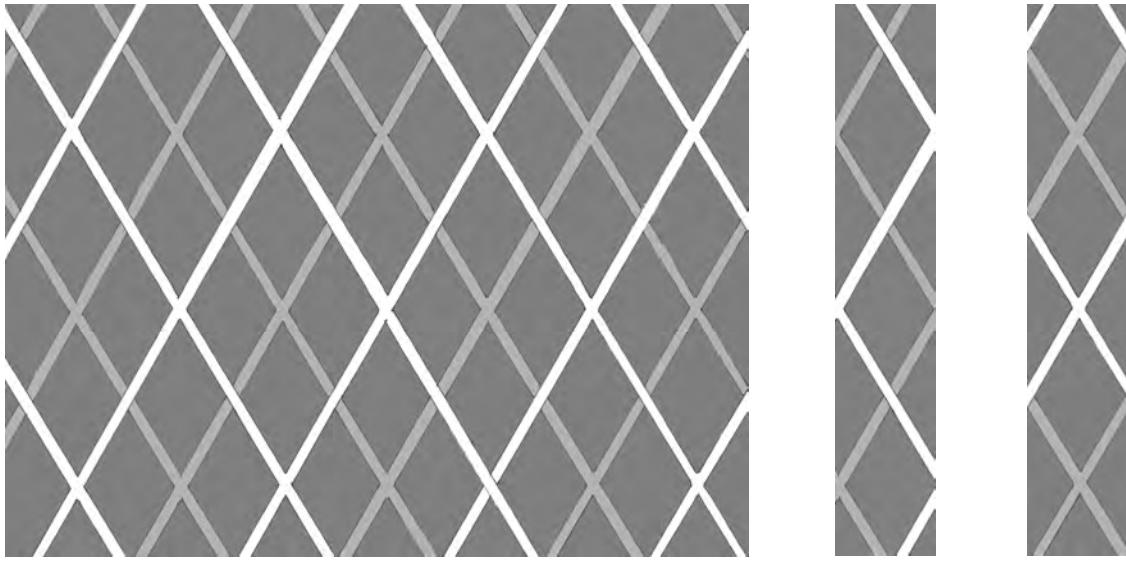


Fig. 77. Reconstructed textile of the ties

The reconstruction in fig. 77 shows two superimposed grids of lines, grey symbolising pink and white the white lines. When a fabric like this is folded, depending on the visible section two-coloured crosses appear (Fig. 77: a) or single-coloured (Fig. 77: b). This is another example for the exact observation of the properties of patterned textiles on which the polychromy of the terracotta army is based.

⁶⁰ Mostly the decoration is covered by the preserved colour of the lines.

Reconstructions by the Chinese archaeologists show the ties with multicoloured stripes. The stripes are not crossing, but would, if painted on the sculpture, follow the modelled folds. If unfolded, this kind of textile would show stripes in the length of the cloth. So far, there is no hint that this type of design was used on one of the sculptures.

Fig. 78. Tie on the generals' back (detail of fig. 21)



3.4 Connecting stitches on the armour

The colour of the connecting stitches of the armour is not described in detail in the excavation reports. For T2G2:97 light red or pink 'long-stitches' are mentioned⁶¹, for T20G10:97 green V-shaped stitches.⁶² The descriptions are incomplete as the round button-shaped stitches are not mentioned (and a general has no 'long stitches', but V-shaped stitches on the armour plates). Colour fragments on T9:1 show that the button-shaped stitches were red.

On T22G9:1 larger parts of the armour plates are preserved. This is the only preserved example of these details, and there is no hint if the other generals had been painted similar.

The button-shaped stitches are bright red (fig. 79 ①). The V-shaped stitches on the armour and the straight ones on the belt part are not so easy to reconstruct. The ground seems to be light violet, greenish white or light ochre. There are fine red lines painted (fig. 79 ②) following the length of the stitches. They are completed by short ones running crossways between them. Between the red lines sometimes a colour different from the ground is visible which appears to be whitish. In the middle of the V there is a red dot (③) which – at least partly – seems also to be modelled in the terracotta.

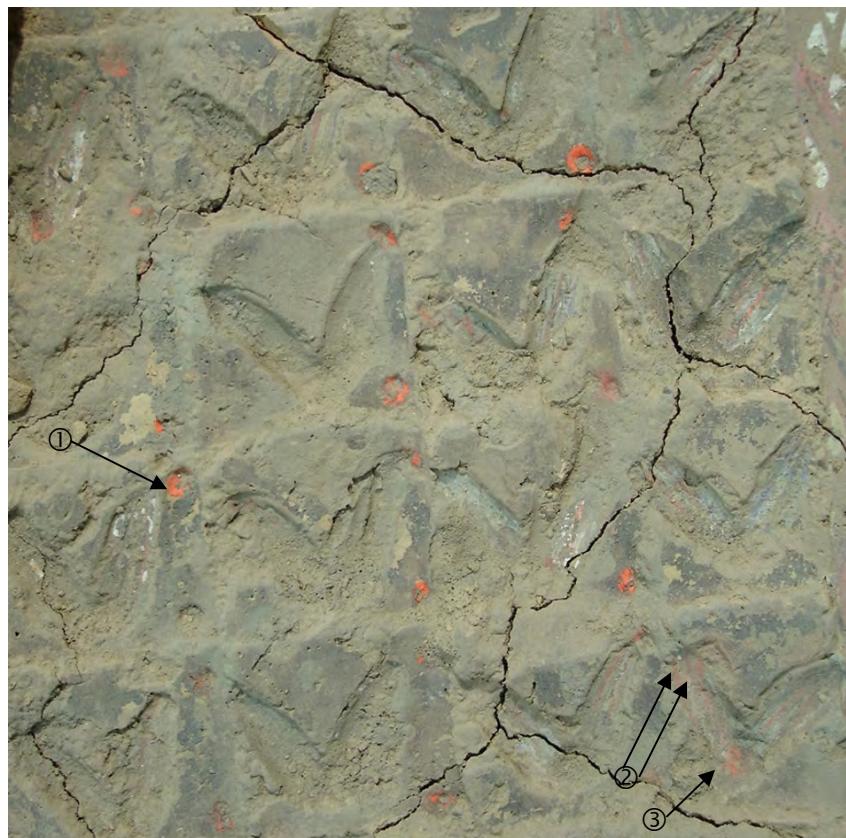
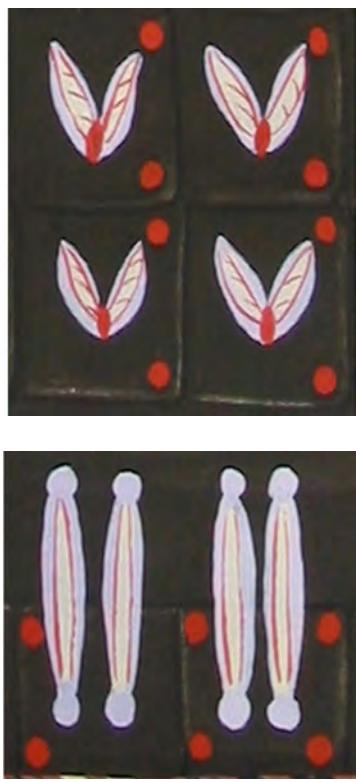


Fig. 79. Detail of T22G9:1 in pit no. 1.

⁶¹ Table in appendix of Shaanxi sheng 1983, p. 396.

⁶² Table in appendix of Shaanxi sheng 1983, p. 427.



Although the result is not completely clear, a reconstruction was attempted. It seems obvious that the V-shaped stitch is a string which starts at one a top ends on one side, then is pulled through a loop at the lower point in the center of the armour plate and goes back to the other top end. The central loop is an independent part. As it is almost round, it seems consequent that it is painted like the small round stitches in the corners of the plates. The decoration on the V-shaped stitch was finally interpreted as a second thin string. The red lines indicate outlines and drill, the colour is slightly different from the main string. In a reconstruction this looks quite convincing.

The stitches in the belt-like part in the back are painted in similar way. The little red lines indicated a drill structure of the decorative string could not be found, but the area is not well preserved.

Fig. 80. Reconstruction of the stitches on the armour plate:
top: V-shaped stitches
below: straight stitches on belt-part of the back

3.5. Parts without any information - shoulder protections

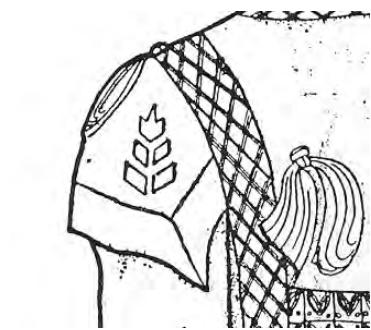


Fig. 81. Drawing of T4:1
(detail of fig. 13)



Fig. 82. Reconstruction of the
stitches on the armour plate
(detail of fig. 21)

There are some parts where there is almost no information. The armour fasteners were already mentioned. The largest areas without information about the colour are the shoulder protection parts of the generals of type 1. They are made like the armour: A smooth central part is edged by a ca. 5 cm wide border and fastened below the suit of armour.

The sculptures give almost no evidence, as there are hardly any traces of colour remaining in these parts. On T2G2:97 black and yellowish white traces could be identified on the smooth parts, but no patterns. The other sculptures do not have colour traces anymore and descriptions and drawings are missing.

In the archaeological report Yuan 1990 there is a drawing of the general T4:1 from pit no. 2 (see fig. 13). On the shoulder pieces a rather large pattern is indicated, consisting of four rhombi and a three-forked ornament which together resemble a stylised flower with four leaves (fig. 81). In the colour drawing of the same general, this was interpreted as a blue pattern on ochre-yellow ground. The border shows a rhomb pattern in white and red, but different to the one on the border of the armour.

As no other information was available, the excavation report

is not published yet, no one remembers details of the 1977 excavation campaign anymore and photographs or drawings are not accessible in the archive of the museum, the polychromy of these areas remains unclear.

4 Summary and conclusion

Nine generals have been excavated so far. Seven of them could be examined on colour fragments. There are some descriptions and drawings in the excavation reports with valuable information, but they are not detailed enough to understand the complicated polychromy. Fragments of colour in soil are preserved from two sculptures. They are the base of the investigation presented here.

All information was collected and interpreted. Colour drawings were made to visualise the situation. Patterns were documented and variations recorded to find the basic schemes for ornaments and colours. In the end, larger parts of five generals could be reconstructed in colour drawings.

Three types of generals were defined. Type 3 (without armour) could not be reconstructed sufficiently as there is too little information. Five generals of type 1 (3 sculptures) and type 2 (2 sculptures) serve as base of the investigation.

The clothes show the same vivid colour contrasts which were already observed on the kneeling archers. Outer jacket, inner jacket, sleeve cuffs/collar and shin protections all have different colours or at least adjacent parts are painted differently. The jackets of the generals show an interesting colour distribution: Three generals of type 1 have purple long jacket, two of type 2 a green one. Although there were no uniforms in Qin dynasty and on the infantrymen there seems to be no 'preferred' colours, this result looks like colours were attributed to special ranks or positions: Purple for type 1, green for type 2. As the long jackets are the largest colour area on the sculptures, these colours are very dominant.

Three different patterns could be identified on the armours. They are arranged on the border of the armour, the smooth chest part and the ties. All patterns were documented and interpreted as far as possible. Ornaments and colours could be reconstructed correctly for the first time. Pattern units, colour distribution and construction schemes were investigated. Some questions could not be answered and sometimes there is more than one possible explanation, but mainly the patterns are understood now. The following pages shows the reconstruction of the back of a general, based on B-0101 (general T9:1) and completed with details from T22G9:1. It can give an idea of the visual impression the generals originally had.

All generals have the same patterns on the respective part, but colours and small filling ornaments could be varied. The patterns seem to imitate woven textiles in an astonishing accuracy and they show a striking similarity to textiles from the Warring States to Han Dynasty which should be investigated further.

The patterns are much finer and more elaborate than thought before. Connection stitches of the armour plates and painted lines on the ties were decorated with extremely fine lines. The quality, the accuracy and detailedness of the polychromy are amazing. The realism already present in the terracotta modelling was completed by a refined polychrome including the imitations of textiles.

Two generals could not be included into the investigation as they were not in the museum in the time of 2003 to 2005. Reports, photographs or drawings except for the published ones, were almost not accessible yet. There might be a chance to get more information and to enlarge or correct the present results. This chance should be taken.

The investigation results were the base for painting a replica of a general in January to March 2006. The work on the replica put up a lot of questions - and solved some. A lot more information will be necessary until one general can be reconstructed without any doubt, but the results achieved so far made it possible to reconstruct the major parts.

The technical investigation on the polychromy was carried out parallel to the examination described here. The results are not complete yet and will be presented in a following report.



Fig. 83. Back of general T9:1 (photograph from the Museum of the Terracotta Army Lintong)



Fig. 84. Reconstructed back of the general (with additional information from T22G9:1)

Acknowledgment

The investigation would not have been possible without the support and patience of the colleagues from the laboratory of the Museum of the Terracotta Army, especially Wang Dongfeng, Wang Liang, Xia Yin and Rong Bo who helped to find information and accompanied the investigation work. Mr. Liu Zhancheng, head of the archaeological team, provided information and Prof. Yuan Zhongyi told everything he still remembered on the generals' excavations.

Carolin Roth, conservator-restorer; Wasserburg am Inn, realised the reconstruction of the polychromy on the two replicas. The work and the exchange of experiences resulted in the solution of the practical questions like the applications of patterns on a rounded body.

For background information on textiles and patterns I got support and valuable ideas from Prof. Lin Chunmei, Taiwan, Dr. Shing Soong-Müller, Munich; Dr. Margarethe Prüch,; and Mrs. Regula Schorta, Abegg Foundation Riggisberg.

Literature

- | | |
|---------------------------------------|--|
| AH 83 | Blänsdorf, C., Emmerling, E., Petzet, M. (ed.), <i>The Terracotta Army of the First Emperor Qin Shihuang/die Terrakottaarmee des Ersten Chinesischen Kaisers/秦始皇陵兵马俑</i> , Arbeitsheft des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege München, No. 83, Munich 2001 |
| Huang / Chen 1999 | 黄能馥 Huang Nengfu, 陈娟娟 Chen Juanjuan, 中华历代服饰艺术, <i>Chinese Dress and Adornments of Various Periods</i> , Beijing 1999 |
| Prüch 1997 | Prüch, Margarethe, <i>Die Lacke der Westliche Han-Dynastie</i> . Europäische Hochschulschriften, Frankfurt/Main 1997 |
| Qin Shihuang bingmayong bowuguan 1999 | 秦始皇兵马俑博物馆 Qin Shihuang bingmayong bowuguan (ed.), 秦始皇兵马俑博物馆 <i>Qin Shihuang bingmayong bowuguan [The museum of the terracotta army of Qin Shihuang]</i> , Beijing 1999 |
| Qin Shihuangling tong che ma 1998 | 秦始皇陵兵马俑博物馆, 陕西省考古研究所 Qin shihuang ling bingmayong/Shaanxi sheng kaogu yanjiusuo (ed.), 秦始皇陵铜车马。发掘报告 <i>QinShihuangling tongchema. Fajuebaogao</i> . 2 vols., Beijing 1998 |
| Shaanxi sheng 1988 | 陕西省考古研究所, 始皇陵秦俑坑考古发掘队 Shaanxi sheng kaogu yanjiusuo/Shihuangling Qin yong keng kaogu fajuedui (ed.), 秦始皇陵兵马俑坑。一号坑发掘报告 1974-1984. <i>Qin shihuangling bingmayong keng. Yihao fajuedui 1974-1984</i> . 2 vols. Beijing 1988 |
| Shen 1997 | 沈从文 Shen Congwen, 中国古代服饰研究, Shanghai 1997 |
| Yuan 1990 | 袁仲一 Yuan Zhongyi, 秦始皇陵兵马俑研究 <i>Qin Shihuangling bingmayong yanjiu</i> . Beijing 1990 |
| Zhao Feng 1992 | 赵丰 Zhao Feng, 丝绸艺术史 <i>A History of Silk Art</i> , Hangzhou 1992. |
| Zhao Feng 1999 | 赵丰 Zhao Feng, 图说中国丝绸艺术史 <i>Treasures in Silk, An Illustrated History of Chinese textiles</i> , Hongkong 1999 |

Pictures and figures

The source of pictures taken from literature or prepared by others is given in brackets in the figures' caption. References are not repeated if they figure is a detail of a preceding one. All photographs and figures without any reference were made by the author.

Identification of Pigments of the Wall paintings of a Han Dynasty tomb in Xi'an

Xia Yin, Catharina Blaensdorf

Introduction

On 21 Oct. 2004, Xia Yin could take some pigment samples from the painted walls of a Han tomb. The tomb is located at the east of Xi'an in a construction area of a university campus. The Xi'an Archaeology Institute is in charge of the ongoing conservation work. This tomb with a sloping entrance and a brick vault over a single chamber is about 10m below the present surface. Nothing is known about the deceased, the artist or the exact dating. The tomb had already been robbed, but the exquisite wall paintings are retained: the right side shows hunting figuration with sun and crane, the left side is entertainment dinner figuration.



Fig. 1. Conservator Feng Jian from the Xi'an Archaeology Institute working in the tomb chamber

The bright colours attracted the attention of the conservators who wished to identify the pigments. The green and red parts were extremely fresh and colourful. The bright yellow of the sun on the right wall and the orange of the painted folding screen in the banquette scene on the left wall were unusual colours of special interest.

Thirteen samples were prepared for PLM, 2 samples for cross-section detection, 3 samples for Raman Microscopy Spectroscopy (RMS) and one sample for XRF.

PLM

All the samples were prepared in BLFD by Xia Yin, analysed by C. Blaensdorf and Xia Yin. Results are listed in table 1.

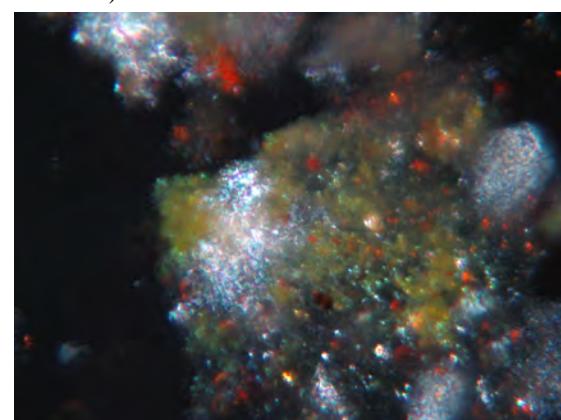
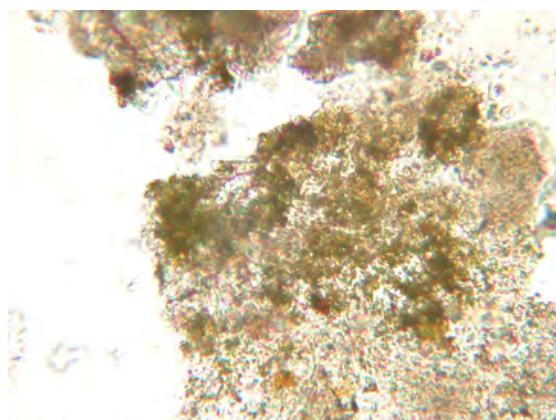
<i>Sample description</i>	<i>Stereo-microscope description</i>	<i>PLM analysis</i>
sample 1: east wall south part, sun, left side, lower part (E5)	3 layers. Lower layer: clay with fibre additives; thick white layer (background); very thin not complete gold-yellow layer on top	very fine particles cluster, $n>1.662$, IF dull yellow --CaCO ₃ , SiO ₂ , clay, gypsum --some yellow ochre ?
sample 2: west wall north part, middle part cloud, very bright red (E4)	3 layers. Lower layer is mixed with grass pieces and clay, the thick white background in middle, very fresh and bright red, very thin.	cinnabar: very fine, very round particles (artificially produced ?)
sample 3: west wall north part, middle part cloud, white (E3)	The back surface is some traces of grey bricks, on top is white layer	white clay (K, Al, silicate) or kaolin !
sample 4: west wall middle part, green (E2)	3 layers, the back surface is some traces of grey bricks, thick white layer in middle, very thin green layer on top	malachite -- white clay, lead white, cinnabar, red ochre --one large column red particle --very round red particles
sample 5: north wall, below dragon pattern, violet!! (E1)	Thick white layer below, violet pigment particles on top, from colourless to dark blue-violet	Lower index, anisotropic, no smooth surface, like clay under crossed polars; not CaF ₂ ; no typical Han purple particle
sample 6: north wall middle part, middle of dragon pattern, white drop (D12)	White	White clay
sample 7: east wall middle part upper bright blue (D11)	White background, blue layer on top, coarse	Azurite
sample 8: west wall south part folding screen, yellow (D10)	White background, orange yellow layer on top	clusters of very fine particles, $n> 1.662$, IF: dull yellow --1 particle: orange yellow, $n>1.662$ --1 light yellow particle (orpiment??) --only very few white particles
sample 9: west wall middle part upper, dark red (D9)	Clay plaster, thick white layer, red like corrosion iron layer on top	cinnabar and little amount of red ochre
sample 11: east wall north part grey deer, grey (D8)	White ground layer (grey layer can not be seen)	white clay and coarse cinnabar and several black particles
sample 12: ground layer (D7)	Clay ground layer, white layer on top	white clay -- red ochre, red lead, cinnabar
sample 13: mould? (D6)	White layer on top, black and white coarse particles	Nothing looking like mould; could be detected by UV-light if it is active mould

Table 1. PLM results of pigments samples form Han tomb

One of the pigments which could not be identified with PLM was the yellow or orange pigment. Ochre, orpiment and massicot could be excluded, but a positive analysis was not possible. A microscopically similar pigment was found on the only yellow paint layer of the Terracotta Army of Qin Shihuang in fragment B-0107, where the main component was identified to be lead (Pb) with an amount of vanadium which is too high to be regarded as an impurity¹.

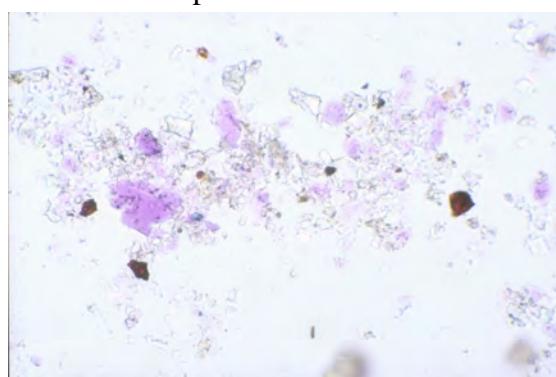


◀ Fig. 2. B-0107: Remnants of paint layer in soil, mounted in plaster, situation 2000-

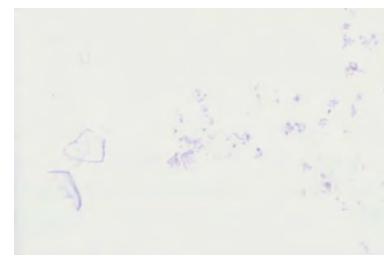


▼ Fig. 3a and b: PLM analysis: Polarised transmitted light (left) and crossed polars (right): mixture of bone white and cinnabar from the pink layer and clusters of fine yellow particles (magnification 400x, i.e. horizontal edge of fig. = 0.36 mm)

The other pigment was a pale purple which did not show the optical properties typical for Chinese Purple which normally consists of crystalline plates with a characteristic octahedral shape.



B-0081, Purple in soil from the Terracotta Army, Magn. 400x (horizontal edge = 0.36 mm)

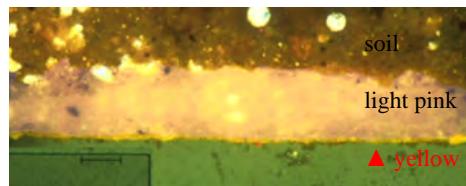
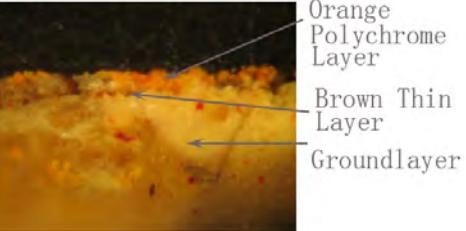


Han tomb, Sample E 1, light purple Magn. 630x (horizontal edge = 0.22 mm)

¹ Investigations carried out in 2000, 2003 and 2005 with SEM-EDX by Klaus Rapp, Munich.

Cross-section

We prepared two cross-sections of Han tomb yellow (E5 and D10), and one cross-section of B-0107.

Sample No.	Cross-section No.	Description	structure/ sketch
B-0107	S-2b/04	2 layers: --top layer light pink: bone white and very fine cinnabar --below partially bright yellow layer Remark: between soil and pink layer is white resin during polishing procedure	 soil light pink yellow Fig. 4
Sample 1, E5	S-6/04	Can not identify layer structure, only 2 parts of a yellow zone in a white background (slightly yellow, containing red particles), where we may find 2 blue particles	
Sample 2, D10	S-7/04	3 layers: orange-yellow layer on top, very thin brown layer (seems like organic product) below, thick white with bright red particle layer next, then thick brown clay background can be seen	 Orange Polychrome Layer Brown Thin Layer Groundlayer Fig. 5

RMS

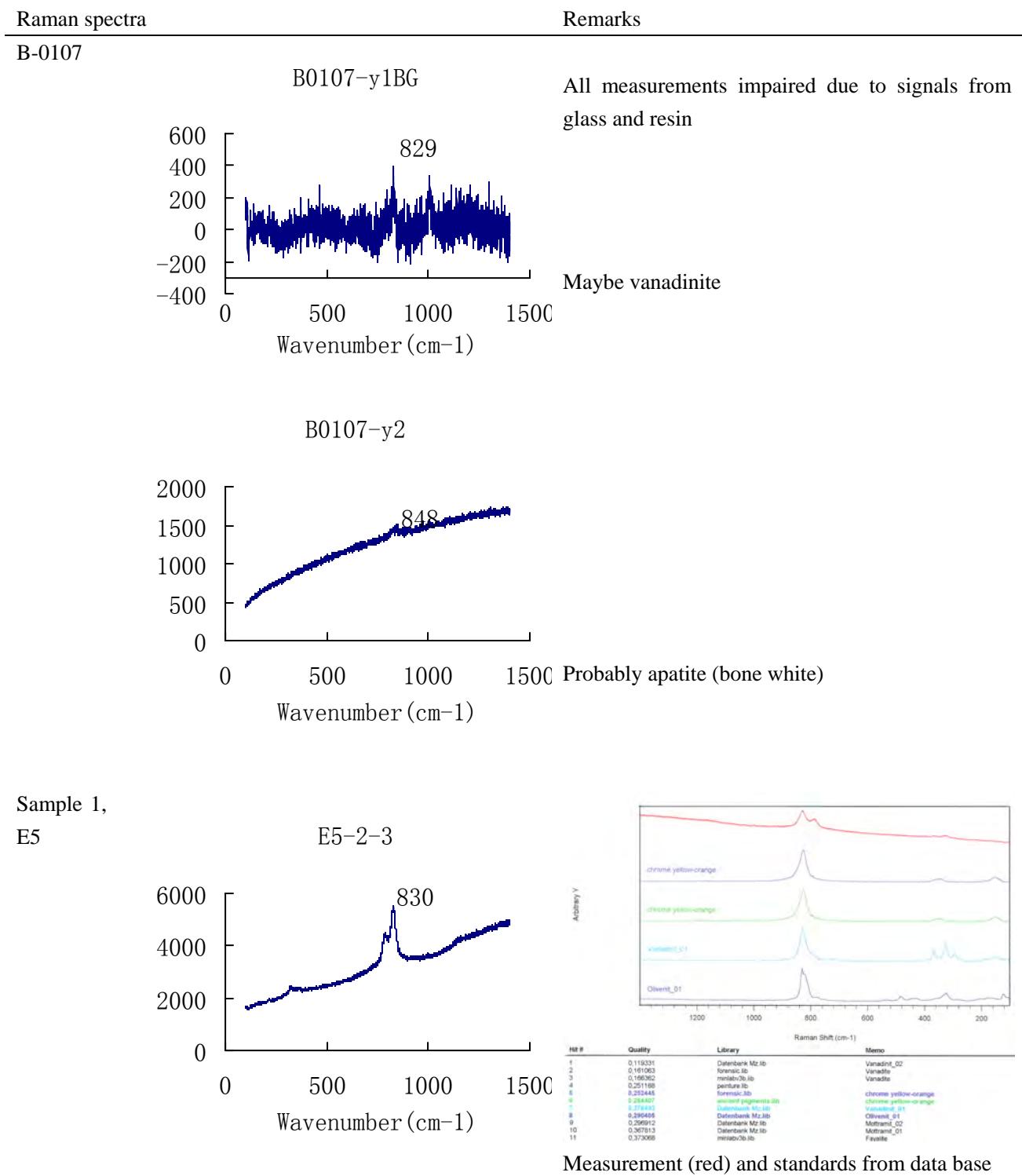
Because sample E-5,D-10 and E-1 are very hard to be identified by PLM, so we prepared cross-section samples, PLM samples and powder samples for RMS. Unfortunately PLM preparations (because of glass fluorescence) and cross-section samples (because of bad polish and no Nicolas) yielded bad results, we mainly used powder samples.

The measurements were performed by Dr. S. Greiff from the Roman Germanic Central Museum Mainz (RGZM) at the Department of Mineralogy of the University of Mainz

Instrument: Jobin Yvon LabRam HR, Microscope Olympus BX41

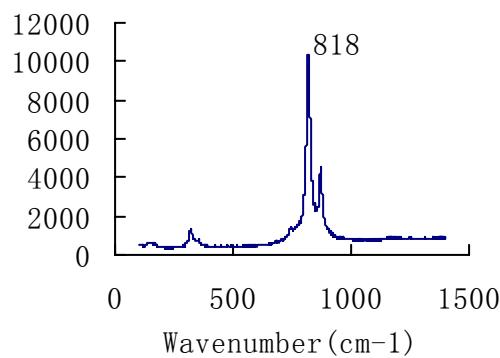
3 lasers: 514, 633 and 854nm

measurements done with Argon-Ion-laser at 514,532nm,50× objective
slit 100, hole 250, grating 1800, 2×25seconds

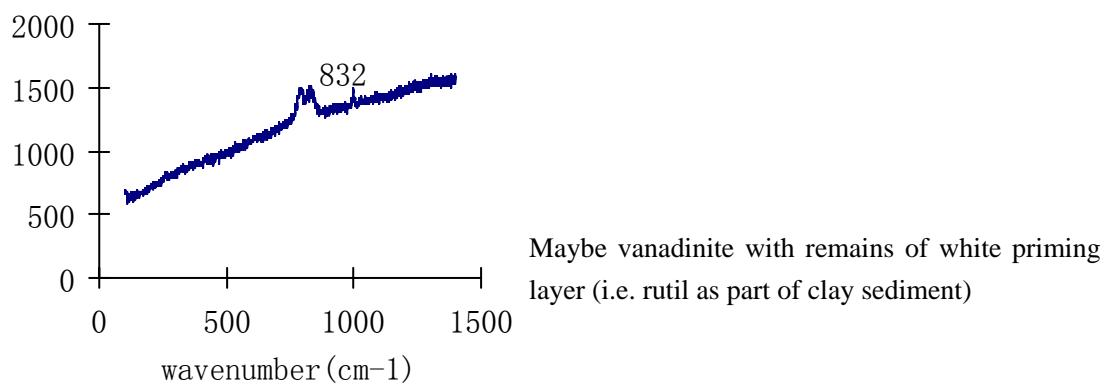


Sample 2,
D10

D10 part b

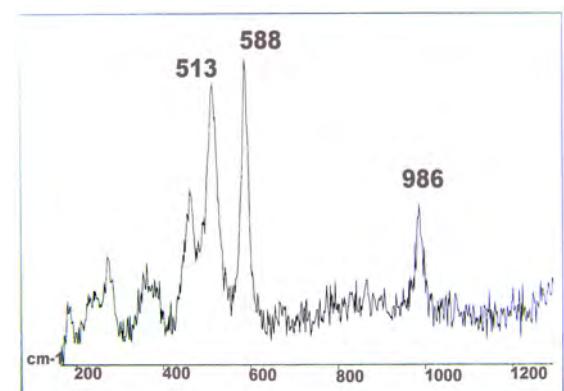
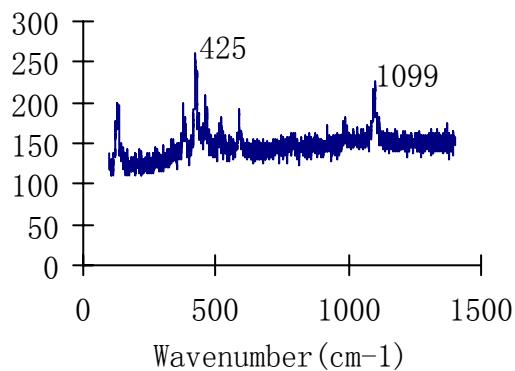


D10S7-wh2



Sample 5,
E1

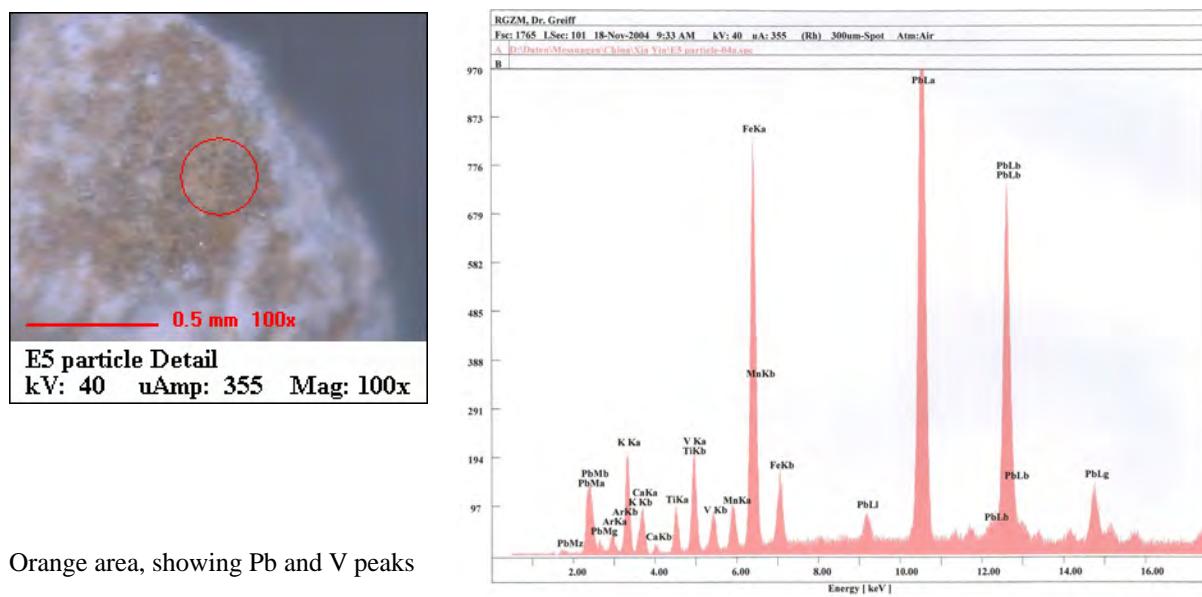
E1 particle



Purple particle E1 (left) and standard for Chinese purple (above)

XRF

To confirm the result of Raman spectra, we have done XRF analysis on E5 (E1 and D10 are too small to analyze). The most interesting thing is, that the element component has Pb and V, it is similar compared with B-0107.



Orange area, showing Pb and V peaks

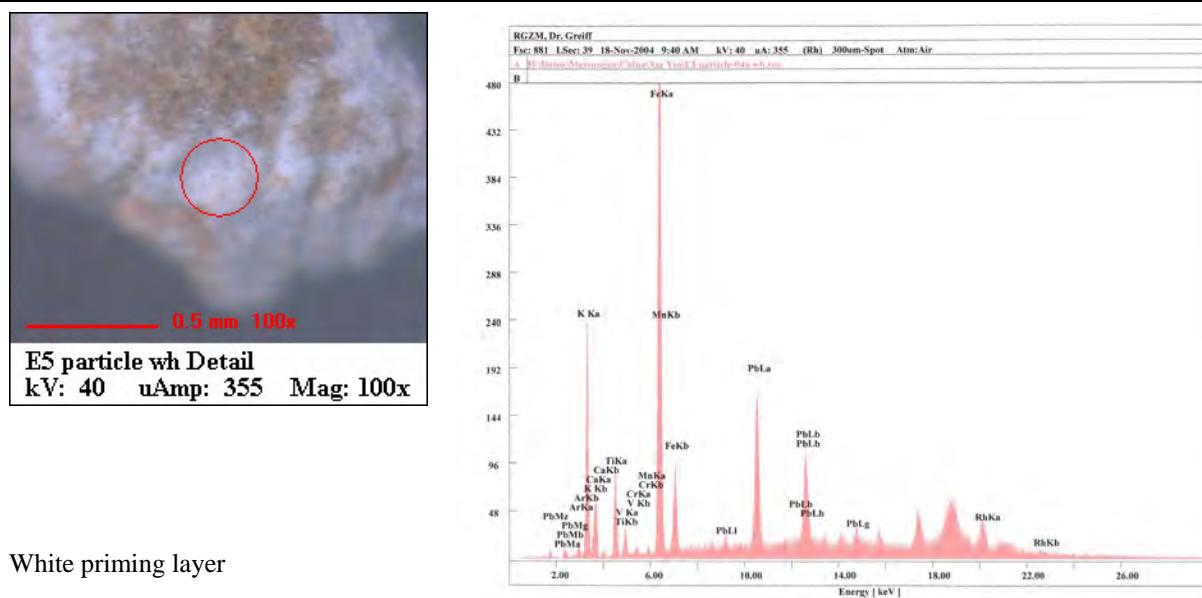


Fig. 6. Measurement with Micro-XRF on particle E5 from the paint layer of an orange folding screen: orange paint layer (top) and white priming layer (below)

SEM-EDX

Already in the year 2003 attempts were made to identify the yellow pigment of B-0107. The investigations with SEM-EDX, performed by Klaus Rapp, proved the presence of vanadium next to the lead.

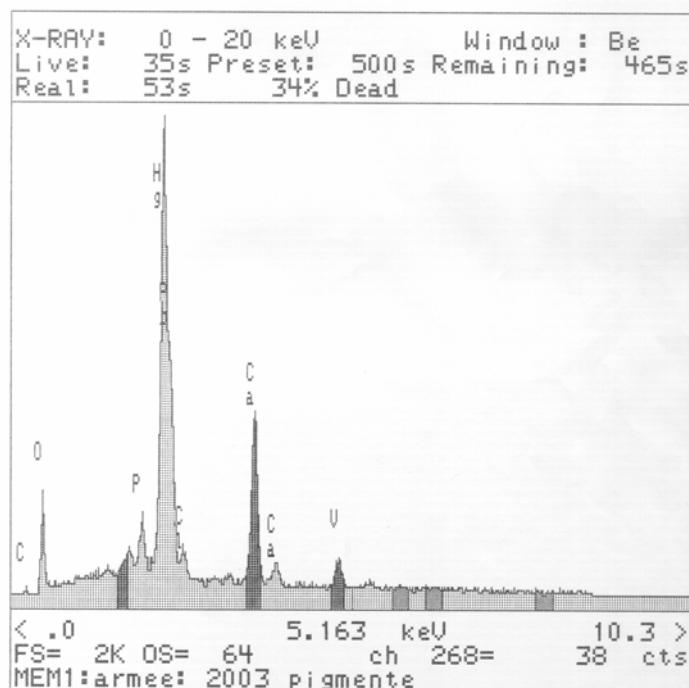


Fig. 7. EDX measurement on a cross section of B-0107

Additional investigations were made in February/March 2005 on a cross section of showing one single larger yellow cluster:

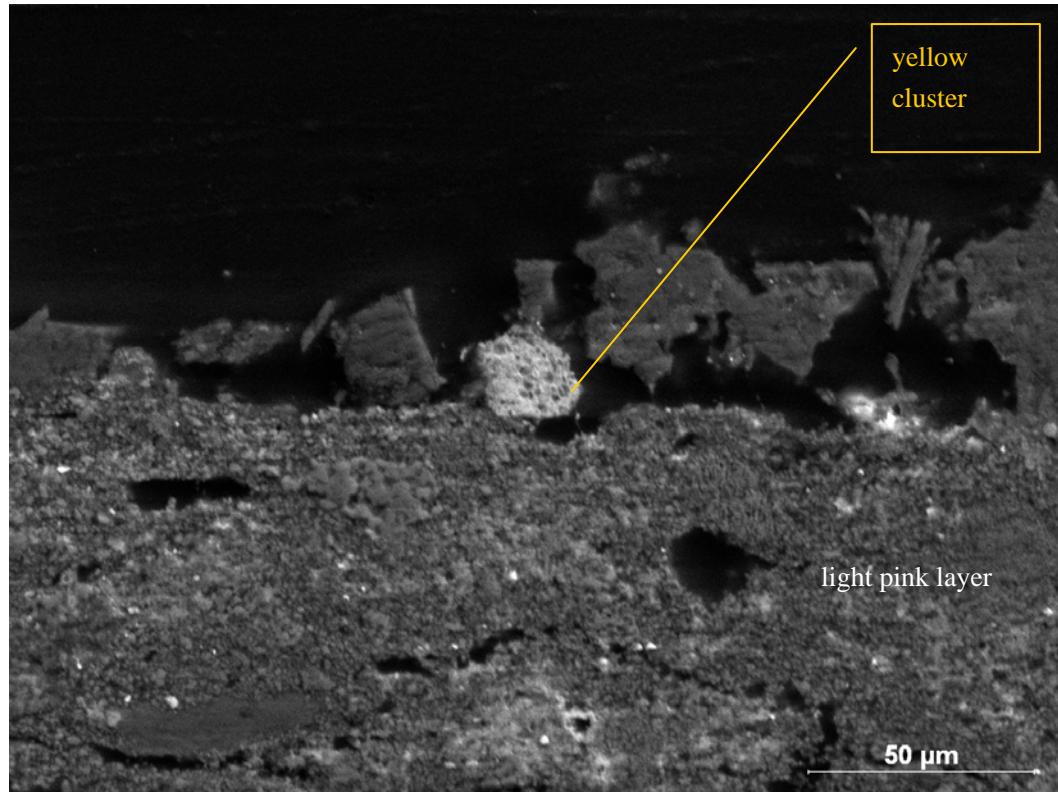


Fig. 8. SEM: Particle on top of light pink layer

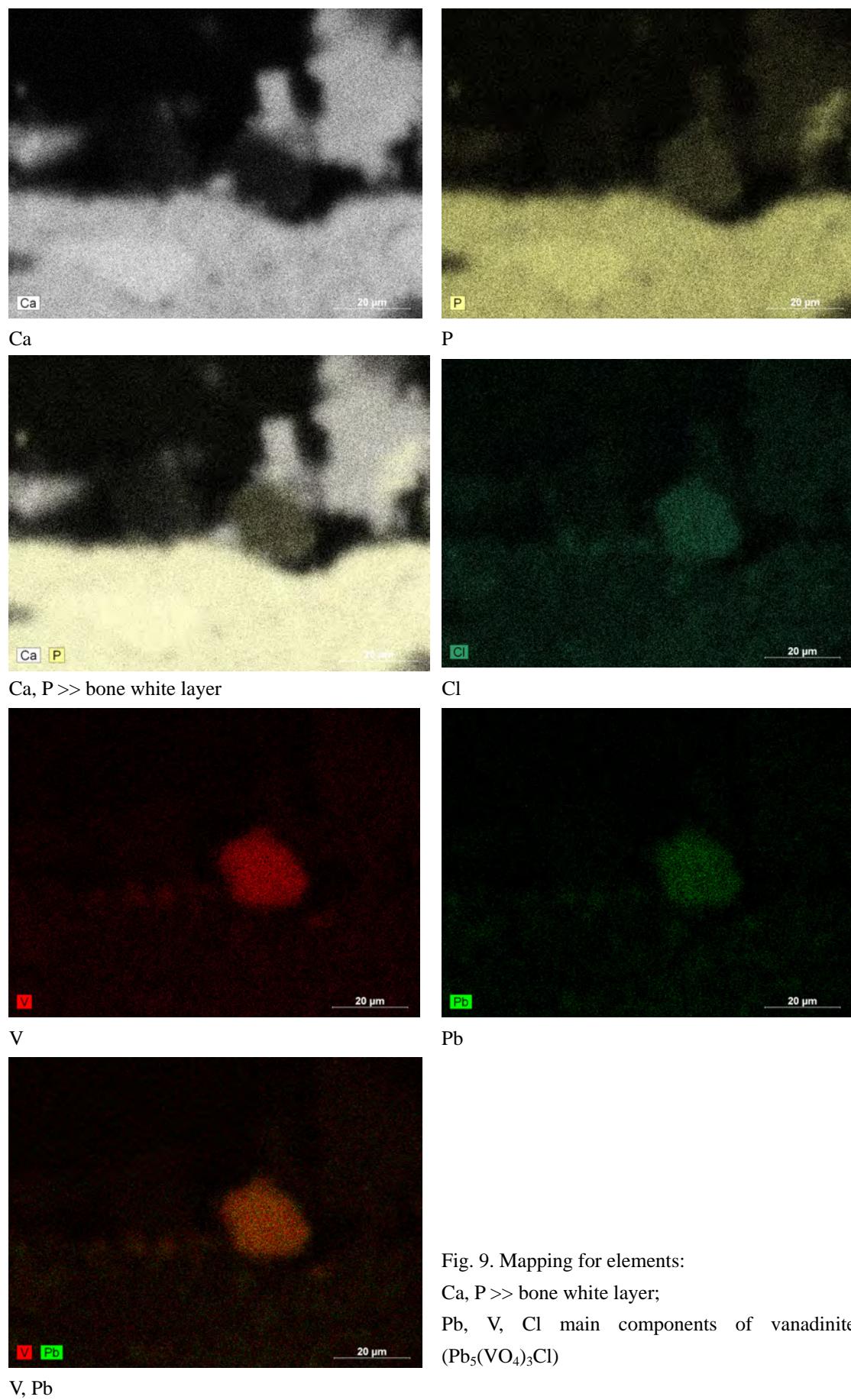


Fig. 9. Mapping for elements:
Ca, P >> bone white layer;
Pb, V, Cl main components of vanadinite
($Pb_5(VO_4)_3Cl$)

The mapping for elements showed that calcium and phosphate can be allocated to the light pink layer, consisting of bone white (hydroxyl apatite, calcium phosphate), while vanadium and lead are only found in the yellow cluster and thin remnants of the yellow layer. The distribution of chlorite is not so easy to understand, though the resonance from the yellow cluster seems higher than from the pink layer. There is also some phosphor in the yellow cluster. The EDX analysis confirms the result of the element mapping (fig. 10).

Conclusions

The aim of the investigation was to analyse the pigments used in the tomb and to compare them to the ones used on the Terracotta Army of Qin Shihuang. Cross sections and PLM analysis were made by the authors. The Han Dynasty tomb shows a range of pigments that is typical for the ancient palette. On a clay plaster, a thin white layer was applied, consisting of white clay. White clay, earth pigments, cinnabar, malachite, azurite and a very fine black were used.

Two pigments could not be identified with PLM. Further investigations were performed using Raman spectroscopy and micro-XRF. The optical properties of the fine purple particles do not correlate to typical Chinese Purple: Compared to the Purple used on the Qin Terracotta figures and Han Yangling, the absence of the typical octahedral plates and the strong interference colours are irritating. Nevertheless the pigment could be identified as Chinese Purple (Han Purple) with Raman spectroscopy.

The yellow and orange pigments from the Han tomb contain lead as main element and probably consist of vanadinite. The yellow pigment from the Terracotta Army could not be identified clearly due to problems of sample size and preparation. But the presence of lead and vanadium also indicates the use of vanadinite here.

Directly after excavation the yellow and orange areas were very bright. Meanwhile both have faded or discoloured considerably: While the yellow sun is hardly visible against the yellowish white background, the orange railings of the banquet scene have turned brownish. The very high humidity, in summertime combined with high temperature, combined with biocide and consolidation treatment might have accelerated this process as the yellow found in the terracotta army still appears bright yellow.

The investigations on the yellow pigments are still going on. One problem for the investigation is that the obtainable amount of sample material is extremely small, but further analyses are planned for 2006.

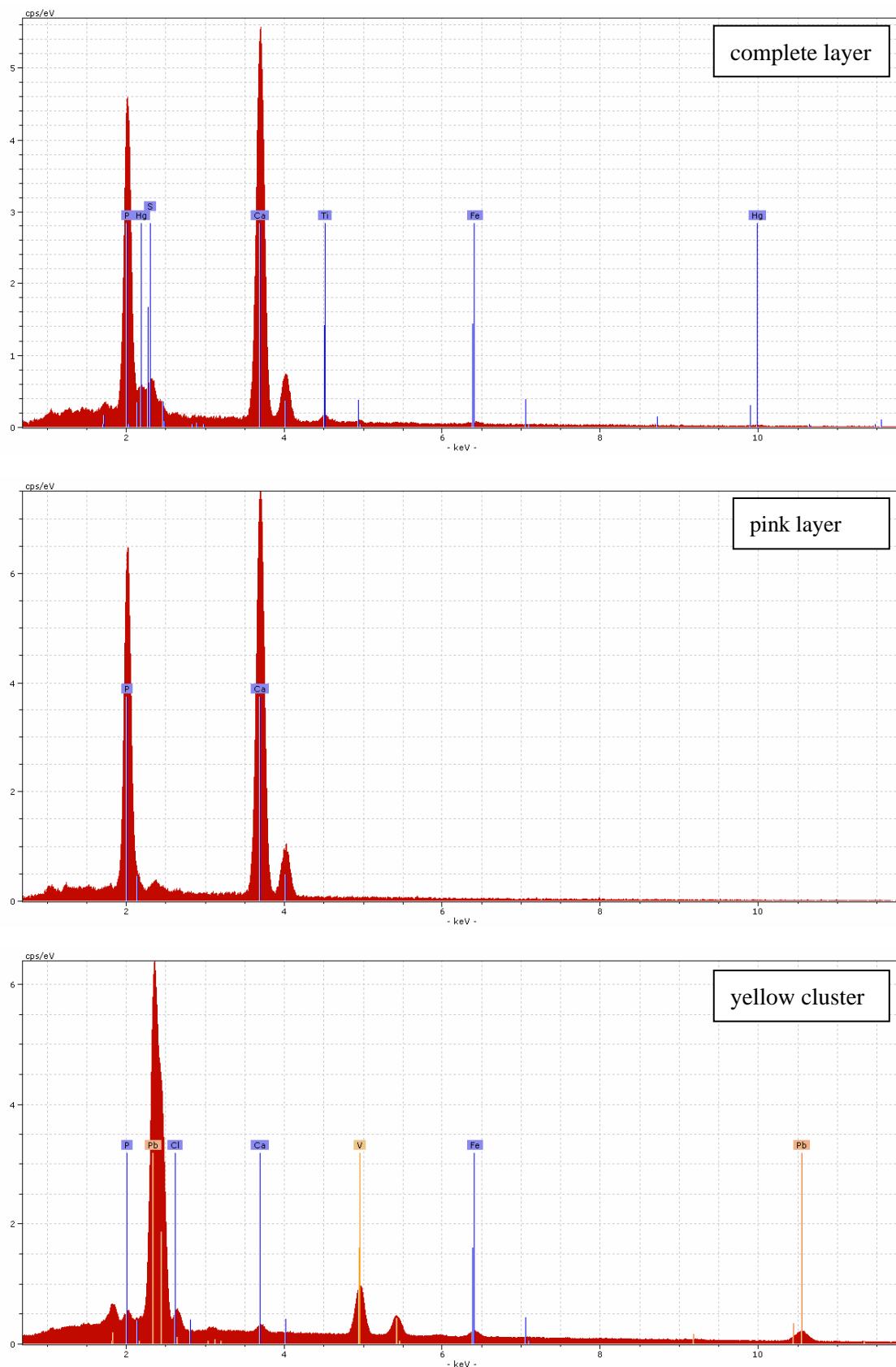


Fig. 10. EDX analysis of the cross section

Credits for photographs and figures

Fig. 1. Archaeological Institute Xi'an

Fig. 2. Museum of the Terracotta Army, Lintong

Fig. 3ab, 4. C. Blaensdorf, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege

Fig. 5. Xia Yin, Museum of the Terracotta Army, Lintong

all Raman spectra: Dr. Susanne Greiff, Roman Germanic Central Museum Mainz and University of Mainz

Fig. 6. Dr. Susanne Greiff, Roman Germanic Central Museum Mainz

Fig. 7-10: Klaus Rapp, Munich

Reconstruction of the polychromy on replicas of sculptures – preparing the replicas

Catharina Blänsdorf, Wang Dongfeng, Wang Liang

Introduction

The investigations on the polychromy of terracotta warriors started in 2003 after kneeling warriors with preserved polychromy provided so much information on the original paint layers that it seemed reasonable to investigate colours and colour schemes more closely than before. In 2004, when the first results were visualised as colour drawings, the decision was made to paint 1:1 some replicas in the original technique, using the analysed materials and reconstructing the complete colour scheme.

Originally three types of warriors were scheduled: A general of type 2, a ‘chariot officer’ with ‘apron-style’ armour and a kneeling archer. As replicas terracotta sculptures in the original size, modelled by artists and produced according to the historical technique were planned. After tests made by the members of the laboratory of the museum in Lintong, it occurred that modelled terracotta sculptures could not be produced. The options of choice thus were terracotta sculptures commercially produced by a factory for souvenir purposes and gypsum casts of original sculptures.

In October 2005 gypsum replicas were prepared and lacquered with *qi* lacquer in the museum of the terracotta army. The replicas with reconstructed polychromy were presented in the exhibition ‘Xi’an – Kaiserliche Macht im Jenseits’ in the Art and Exhibition Hall of the Federal Republic of Germany in Bonn from April, 21 to June 23, 2006.

1. Production of the replicas

The choice if commercial terracotta sculptures or gypsum replicas had to be made in February 2005. At that moment the time for preparing and painting the replicas already had become rather short (the original planning had been to finish to production of the replicas in October 2004). Thus, the decision if gypsum or terracotta was not only a question of material but also of time.

1.1 Choice of material – terracotta or gypsum

The *terracotta replicas* are produced in a manufacture enterprise in the museum area. They are sold to tourists in the official museum shops and are of guaranteed quality and rather fine modelling. A sculpture from this factory was used for gluing tests ass part of the project work in 1999.

The sculptures are produced in moulds which are taken from fee modelled copies of warriors. They are not representing an individual sculpture, but a type of sculpture. All relevant types are available.

The sculptures are made in parts which are then connected. Afterwards the surfaces are made smooth by hand and details are incised. Before firing the large (1:1 in scale) standing sculptures are cut in ‘levels’ again (legs and three parts of the body) to avoid cracks during firing. Kneeling archers are fired in one piece. The small kilns are similar to antique ones and reduction firing is possible. They are heated with coal. The fired sculptures are reddish to

greyish brown. That means the surfaces are too dark, but some rather light grey firings are rather close to the originals.

After firing the sculptures are connected again using gypsum applied in a thick layer on the inside. Head and hands are inserted and glued in with gypsum. Gypsum is also used to fill possible damages of the surface. Afterwards the surfaces are painted black with some kind of partly water-soluble paint and on top a layer of loess dust dissolved in water is applied to let them appear like just excavated.

The sculptures have the correct size. Surfaces are smooth and the edges are precise and clearly visible. Mainly details as armour plates and connections stitches, shoe laces and hair style are mainly realised correctly. Disadvantage is that the replicas do not reach the artistic quality of the originals: The posture seems stiff. Hands, ears and other details are too coarsely modelled and the facial expression does not correspond to the originals. The faces look fierce, sometimes mean, not concentrated, and sometimes features are exaggerated like caricatures.

On the technical view, the cutting in parts for firing is difficult, because it results in differences of the surface level and a lot of gypsum which is generously spread on the terracotta surfaces. The coatings with black paint and loess dust conceal the gypsum and uneven surfaces, but reduce the preciseness of the details. Furthermore, loess dust is powdery and sandy and not suited as a surface to paint on. For applying lacquer, they either would have to be removed or omitted – what would have resulted in a very inhomogeneous surface of terracotta and grey or white gypsum.

The **gypsum casts** are produced in the museum. The gypsum moulds are made from the originals, so principally they are conform in size and design with the original sculptures. For the cast a mixture of 80 % of gypsum and 20 % cement are used which is coloured light grey. Soap is taken as form release agent.

The disadvantage of these gypsum replicas was mainly the material aspect: Colour, surface, structure, absorption properties do not correspond to the terracotta. It was difficult to decide if applying *qi* lacquer would be possible and how it would look like. Another problem was that for the ‘chariot officer’ there is no mould anymore, because the old one was broken. According to a new law, making new casts of the originals is forbidden. Also the cast for the general of type 2 does not exist anymore. That meant: Two of the planned sculptures could not be made, and the offer was only a general of type 1 and a kneeling archer.

Facing these options in February 2005 decision was made to use gypsum casts and not terracotta replicas. The main argument was that the gypsum casts are closer to the originals and can be reworked if necessary while the terracotta cannot be treated anymore after firing. A way out would have been to rework the terracotta before firing, but this had not solved and hope that the joint could be filled invisible. But this alternative would have been so time consuming it had to be abolished.

1.2 Reworking the gypsum surfaces

In the beginning of May 2005 the casts could be examined in the basement of the laboratory of the museum in Lintong. It became obvious that the surfaces were rather bumpy and the all small details were unrecognisable or missing. Joints were filled up rather roughly. Most surprising was that some details are so completely different from the originals that the question came up if the casts were really taken from the originals. Maybe they are taken from the first casts which had been remodelled in some parts. The workers responsible for this work said it would take 15 days to rework the details and smooth out and polish the surfaces. Critical parts were marked with pencil lines to outline what had to be done.

In the middle of October 2005 the two replicas were partly reworked, but not systematically and not sufficient. A campaign of reworking and recutting of shapes and details, extensive fillings and modelling happened in 16 days in October/November. Work was taking place under an enormous time pressure: the painters who should lacquer the sculptures were already hired and wanted to start. Besides the fact that they had to wait, also the weather got cooler and cooler, what meant that the conditions for lacquering were already more than disadvantageous. The scheduled and preferred time for the lacquering would have been September when it is warm also in the night and rainfalls result in enough humidity. In October the temperature already decreased dramatically and the humidity was very low as it was not raining much.

During the reworking process the deficiencies of the replicas became fully visible: the surfaces were bumpy, but polishing opened countless bubbles in the gypsum which had to be refilled. The cement used to fill the gaps of the joints from the cast segments was extremely hard. Some details were so wrong - as a tie with the loop pointing in the wrong direction or one with tow open ends or the transformation of the lowest row of armour plates in the back in something looking like a bandoleer – that the only possibility was to erase everything and recreate it by cutting or applying filling material. In the feet of the general iron rods for stabilisation became visible after the tips of the shoes had been cut into their original shape. They had to be sawn off and isolated. The heads were of much better quality and only showed holes in the surfaces and minor inaccuracies.

For the work chisels, seal cutting instruments, abraded spatulas and sand paper were used. For fillings ‘Moltofill’¹ was used which hardens slower than pure gypsum. Disadvantage of the ‘Moltofill’ was that it is purely white what meant that the fillings stood out white on the light grey gypsum.

Sixteen days were just enough to finish the work. A lot of filling and modelling was necessary. For example, about 250 button-shaped stitches were modelled and applied on the armour plates just of the general. The complete apron of the general had to be remodelled, as well as both hands, the collar and all connecting stitches on the armour plate. Luckily the gypsum cast were ‘bulkier’ than the originals so that the new surfaces could mostly be created by incising into the existing material.

After polishing all surfaces with fine sand paper the sculptures were dusted off and cleaned with a wet linen cloth to remove the fine dust.

1.3 Characterisation of the figures

The original of the kneeling archer was excavated decades ago from pit no. 2. The original sculpture could not be seen in the museum. Later on, a comparison with photographs in an illustrated book² showed that the original sculpture has not traces of polychromy anymore. It also showed that the head originally is from a different, but similar modelled kneeling archer. The general is the sculpture T20G10:97 from pit no. 1. It is exhibited in a showcase in the hall of pit no. 2 – what was a big advantage as it could be visited many times to check the details of the modelling. In the back larger areas of the armour are reconstructed and many of the connection wires are completions. In total all relevant details are preserved and could be studied. The base slab for the general as separately produced and is made of a gypsum slab painted grey.

¹ ‘Moltofill’ is a commercially available filling material for renovating consisting mainly of gypsum and methyl cellulose.

² 秦始皇兵马俑博物馆 Qin Shihuang bingmayongbowuguan (ed.), 秦始皇兵马俑博物馆 *Qin Shihuang bingmayongbowuguan [The museum of the terracotta warriors and horses of Qin Shihuang]*, Beijing 1999.

2. Lacquering of the sculptures

The lacquering was supposed to correspond to the original in material and application: two thin layers of *qi* lacquer should be applied. After some discussions, it was decided to execute the lacquering in China. Mr. Wang Dongfeng contacted two painters, Mr. Liu Renrang and Mr. Yuan Songban. They are employed at the Center for the Preservation and Restoration of Cultural Property of Shaanxi Province in Xi'an. Their job is the reconstruction of paintings on historical architecture. A first meeting took place on June 21, 2005. Both painters have learned historical painting techniques and lacquering form 'old men in the countryside'. They regularly work with *qi* lacquer which for example is used for painting columns. They proposed to use a mixture of 95 % *qi* lacquer and 5 % tung oil, but later on used raw lacquer with an amount of xylene (dimethylbenzene). After applying the first layer, the layer should dry until it was not sticky anymore. Afterwards a second layer was applied. After several tests on gypsum slabs a suited method was found. The painters brought their self-made brushes, with are extremely short-haired and hard. They gave much better results than long-haired, soft and newly acquired ones.

Unfortunately the surface of the gypsum could neither be coloured grey nor isolated. This resulted in a slightly streaky application and the first tests also turned matt. On the sculptures the result looks okay, but some white or too light brown parts were visible on the kneeling archer which had to be retouched before painting the sculptures. The general which was the second one to paint turned out perfect.

Due to the colder weather the drying periods were longer. It was necessary to wait three days before the second application. The lacquering was performed in the show room of the terracotta replica workshop. The concrete floor was flooded to raise the humidity.

After three weeks the sculptures were dried and could be packed and sent to Germany. They arrived via air cargo in Munich on January 16th, 2006.

3. Photographical documentation

3.1 Kneeling archer



Fig. 1 Filling and remodelling



Fig. 2. After finishing the polishing



Fig. 3. Transport to the work shop room fro lacquering



Fig. 4. Start of applying *qi* lacquer: Yuan Songban (right) and Liu Renrang (left)



Fig. 5. Lacuqering the body



Fig. 6. Applying the second layer of lacquer



Fig. 7. Body just after finishing the second layer



Fig. 8. Finishing sculpture alfter drying of lacquer

3.2. General



Fig. 9. Modelling the hands



Fig. 10. Fine polishing



Fig. 11. Part of back after polishing



Fig. 12. Start of lacquering, carried out by Liu Songban



Fig. 13. During lacquering



Fig. 14. Finishing the second application of lacquer



Fig. 15. After polishing



Fig. 16. Finished sculpture after drying of lacquer

Photo credits

Wang Liang, Museum of the Terracotta Army: 1, 2, 10, 11, 15

Wang Dongfeng and Wang Liang, Museum of the Terracotta Army: 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14

Xia Yin, Museum of the Terracotta Army: 9

Catharina Blänsdorf, Bavarian State Department of Historical Monuments: 3, 8, 16

Virtuelle Farbrekonstruktionen von Figuren der Terrakottaarmee

Felix Horn

3D-Erfassung von Tonkriegern

In der Zeit von 05. – 13. Juni 2005 erfolgte in Auftragsarbeit zusammen mit der Firma ArcTron GmbH eine Messkampagne zur Digitalisierung von figürlichen Plastiken der Tonkriegerarmee. Ausführende der 3D-Vermessung waren die beiden Mitarbeiter Herr Martin Schaich und Herr Lars Langheinrich. Die Digitalisierung im Museum der Terrakottakrieger und -Pferde in Lintong wurde mit 3D-Scannern durchgeführt. Dabei wurden im Depot-Raum der Restaurierungsgebäudes folgende Figuren gescannt:

- Stehender Bogenschütze 02817
- Kniender Armbrustschütze T21G18-01
- Kniender Armbrustschütze T21G18-03
- General 00847

Außerdem wurde ein ausgegrabener qinzeitlicher Abzugsmechanismus einer Armbrust digitalisiert. Für die Vermessung kamen gleichzeitig zwei Streifenprojektonsscannern der Firma Polygon-Technology zum Einsatz (Abb. 1). Diese Geräte des Fraunhofer Instituts für grafische Datenverarbeitung (IGD) Darmstadt ermöglichen die schnelle, genaue und hochauflösende Aufnahme komplexer Objekte und Strukturen, insbesondere in der Restaurierung, der Archäologie und der Baudenkmalpflege. Das Messsystem arbeitet dabei mit einem Streifenprojektor und wahlweise mit ein oder zwei Kameras.

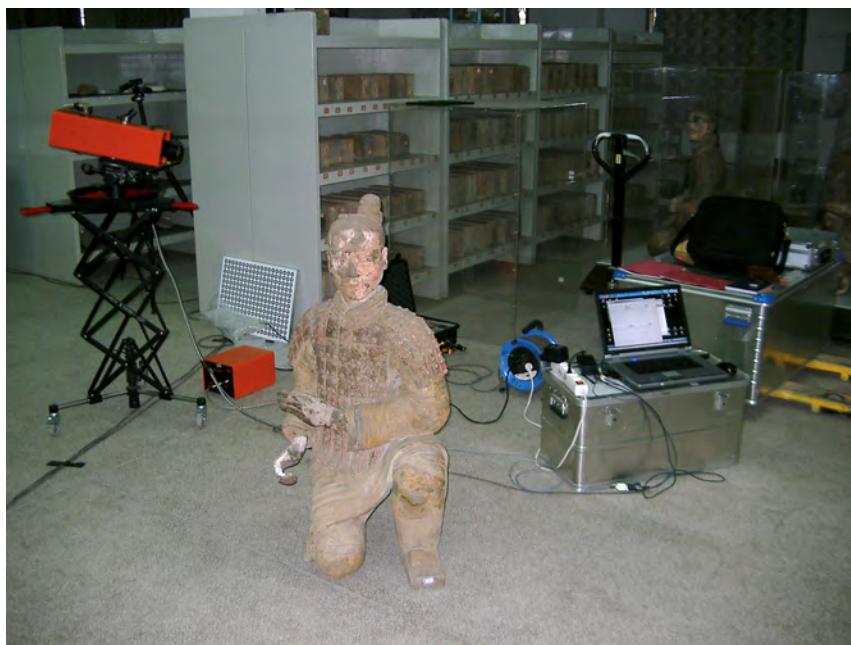


Abb. 1: Scannen des knienden Armbrustschützen T21G18-03 im Depotraum des Museums der Terrakottaarmee.

Durch das Scannen mit zwei unterschiedlich hohen Auflösungen sollte eine optimale Erfassung der Figuren erreicht werden. Dazu wurden die Messsysteme vor Ort auf zwei unterschiedliche Messbereiche konfiguriert. Für die Vermessung der Köpfe der Krieger wurde ein kleinerer Messbereich bei kürzerer Aufnahmeentfernung sowie höherer Genauigkeit und Auflösung gewählt (Tab. 1 u. 2).

Eigenschaften Sensorkopf			Auflösung für 100 / 500 / 1000 mm Bildfeld	
Sensorkopf	Auflösung Messraster	Aufnahmezeit in Sekunden	Laterale Auflösung in mm	Mittlere Messge- nauigkeit in mm
Standard	1024 x 768	Ab 2,4	0,10 / 0,49 / 0,98	0,020 / 0,098 / 0,20

Tab. 1: Auflösung, Messzeit und Messgenauigkeit der Sensorköpfe in der Standardausführung.

	Großer Messbereich	Kleiner Messbereich
Messabstand	1,0 – 1,6 m	0,5 – 1,0 m
Auflösung (durchschnittlich)	0,5 mm	0,3 mm
Genauigkeit (durchschnittlich)	0,1 mm	0,05 mm

Tab. 2: Messbereich des Scansystems.

Der weniger komplexe Körper der Figuren konnte zeitsparender mit einem größeren Messfenster und geringerer Auflösung erfasst werden. Der Kopf und der Körper der Terrakottakrieger wurde mit unterschiedlicher Auflösung gescannt (Tab. 4). Insbesondere die detailliert ausgearbeiteten Kopfpartien der einzelnen Figuren wurden mit höherer Auflösung erfasst. Auch das Scanne des Armbrust-Verschluss erfolgte mit hoher Auflösung. Die weniger komplexen Körperteile der Figuren wurden vorrangig mit einer größeren Kalibrierung vermessen. Je nach Komplexität der Figuren ergab sich ein unterschiedlicher Messaufwand und somit auch eine unterschiedliche Anzahl aufgenommener Messbilder (Tab. 3).

Da die Tonkrieger nicht bewegt werden konnten und Teile der Figuren wie Hinterschneidungen schwer zugänglich sind, konnte nicht die vollständige Oberfläche erfasst werden. Insbesondere die Unterseiten der knienden Bogenschützen, die Kopfbedeckung des Generals, Teilflächen zwischen Arm und Körper sowie die Standflächen der Figuren ließen sich nur schwer oder gar nicht vermessen und mussten daher bei der Nachbearbeitung der Daten (Post Processing) anhand der Umgebung rekonstruiert werden.

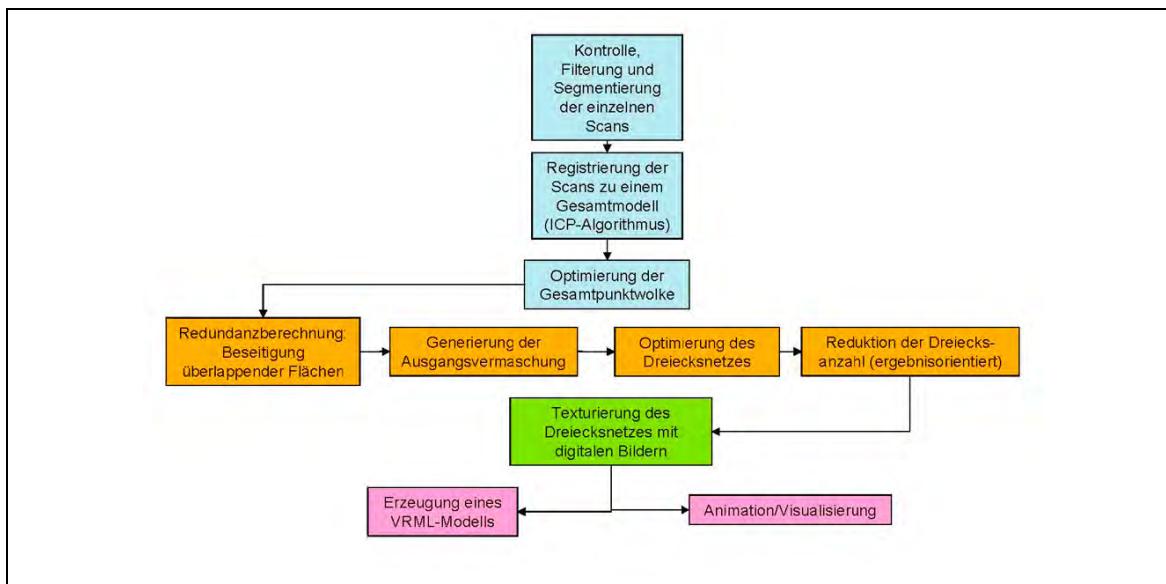


Abb. 2: Schematischer Arbeitsablauf (*Grafik ArcTron GmbH*).

Um eine Vollständigkeitskontrolle zu erhalten, wurden die einzelnen Scans bereits vor Ort zusammengeführt. Nachmessungen fehlender Bereiche konnten somit direkt am Folgetag durchgeführt werden.

Von den aufgenommenen Messdaten bis zum fotorealistisch texturierten 3D-Modell ist ein komplexer Arbeitsablauf zu absolvieren. Im Rahmen des Verarbeitungsprozesses werden dabei die Messdaten registriert, überflüssige Punkte eliminiert, ein konsistentes dreidimensionales Dreiecksnetz erzeugt und dieses über aufgenommene digitale Bilder fotorealistisch texturiert¹.

Bezeichnung	Nr.	Anzahl der Einzelscans	Verwendete Scans	Anzahl der Messpunkte
Stehender Armbrustschütze	02817	200	194	25 Mio.
Kniender Armbrustschütze	T21G18-01	240	180	35 Mio.
Kniender Armbrustschütze	T21G18-03	220	168	22,6 Mio.
General	T2G2:97 bzw. 00847	220	150	31,5 Mio.
Verschluss Armbrust		48	28	2,9 Mio.

Tab. 3: Anzahl der Einzelscans, der verwendeten Scans und der Gesamtpunktzahl pro Messobjekt.

¹ Für die weiter oben aufgeführten vier Tonkrieger wurde dieser Verarbeitungsprozess von der Fa. ArcTron GmbH in Auftragsarbeit ausgeführt.

Die einzelnen Scans jedes Terrakottakriegers mussten in einem ersten Schritt zu einer Gesamtpunktwolke zusammengeführt werden. Dies erfolgte in einem manuellen Registrierungsprozess, bei dem benachbarte Tiefenbilder über identische Punkte in gleichen Flächen zugeordnet wurden.

Dabei wurden nur die Messbilder verwendet, die für eine vollständige Abdeckung der Figuren notwendig waren, sodass überflüssige Scans, die während der Vermessung zwangsläufig entstehen, bereits von der Weiterverarbeitung ausgeschlossen wurden.



Abb. 3: Punktwolke des knienden Armbrustschützen T21G18-01 mit farblich rot gekennzeichnetem zuletzt registriertem Scan (*Grafik ArcTron GmbH*).

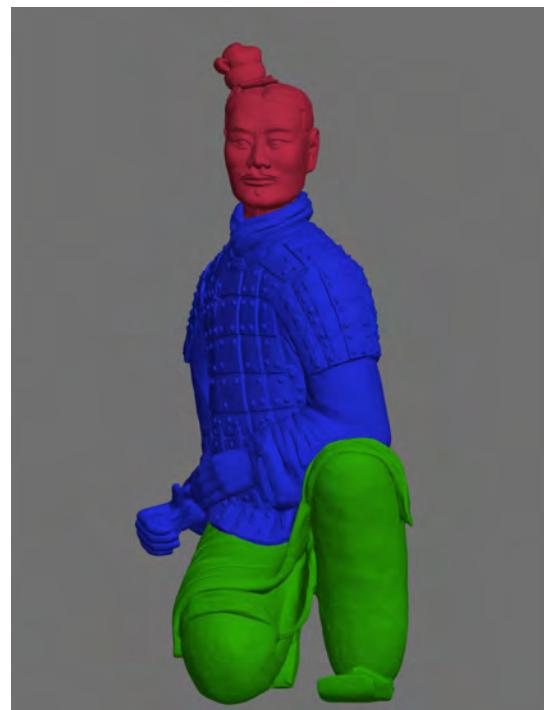


Abb. 4: Armbrustschütze T21G18-01, aus drei Unterobjekten zusammengesetztes Gittermodell: Kopf (rot), Oberkörper (blau) und Unterkörper (grün).

Die Genauigkeit für die Registrierung der Einzelscans zu einer Gesamtpunktwolke war abhängig von der Aufnahmekonfiguration des Scanners und der Anzahl der verwendeten Scans pro Punktfolge (Tab. 3).

Die Reduktion der Anzahl Polygone nach der Datenoptimierung wird am Beispiel des knienden Armbrustschützen T21G18-03 aufgezeigt. Die ursprüngliche Anzahl der Polygone von insgesamt 950.000 wurden durch die Datenreduktion auf 714.000 vermindert (Tab. 4).

Kniender Armbrustschütze T21G18-03	
Anzahl der Scans:	220
Anzahl der Punkte:	22,6 Millionen
Genauigkeit ² :	
<i>Kopf</i> :	0,09 mm
<i>Körper</i> :	0,14 mm
Anzahl der Polygone (<i>gesamt</i>):	950.000
<i>Kopf</i> :	360.000
<i>Körper</i> :	590.000
Anzahl der verwendeten Scans:	168
Anzahl Polygone nach Optimierung:	714.000
Anzahl der Texturbilder:	51

Tab. 4: Angaben zur Anzahl der Scans, Punkte, Polygone, Texturbilder und der Genauigkeit am Beispiel des knienden Armbrustschützen T21G18-03.

Um nach dem Registrierungsprozess eine objektorientierte Bearbeitung bestimmter Bereiche zu ermöglichen und somit die besten Ergebnisse aus den Messdaten zu gewinnen, wurden die beiden Bogenschützen in mehrere Einzelobjekte zerlegt. Damit wurde die Datenmenge für die Weiterverarbeitung verringert und die Möglichkeiten für eine genauere Modellerzeugung erhöht. Der kniende Armbrustschütze T21G18-01 setzt sich beispielsweise aus drei Unterobjekten zusammen: Kopf, Ober- und Unterkörper. Die einzelnen Unterobjekte sind jedoch miteinander zu einem Gesamt-Modell verknüpft (Abb. 4).

Nach der Beseitigung redundanter Punkte in Überlappungsbereichen und der Erzeugung geschlossener Dreiecksnetze, sowie deren Reduktion und Optimierung in verschiedenen Schritten, entstanden letztendlich hochauflösende, dreiecksvermaschte Modelle der vermessenen Figuren in verschiedenen Detailstufen.

Bezeichnung	Nr.	Anzahl der Polygone
Stehender Armbrustschütze	02817	867.000
Kniender Armbrustschütze	T21G18-01	1.010.000
Kniender Armbrustschütze	T21G18-03	714.400
General	T2G2:97 bzw. 00847	804.000
Verschluss Armbrust	–	72.000

Tab. 5: Anzahl der Dreiecke (Polygone) nach der Datenoptimierung.

² Der Kopf wurde mit einer höheren Auflösung als der Körper gescannt.



Abb. 5: Kopf des 3D-Modells des Kriegers T21G18-01; *links*: Gittermodell, *Mitte*: Gittermodell mit reduzierter Anzahl an Polygonen, *rechts*: texturiertes Gittermodell.

Alle erstellten 3D-Modelle liegen im Stl-Format (*.stl) vor, das als gängiges Standardformat für untexturierte Drahtgittermodelle gilt.

Da es sich bei dem vermessenen Verschluss einer Armbrust um ein geometrisch einfach beschreibbares Objekt handelt, wurde das 3D-Modell über Flächenrückführmethoden in ein CAD-Modell umgewandelt. Der Verschluß der Armbrust liegt daher als Stl-Datei sowie als 3D-Studio-Max-Datei (*.max) mit NURBS-Flächen vor.

Texturierung der 3D-Modelle

Für die Erzeugung fotorealistisch texturierter 3D-Modelle wurden die Figuren hochauflösend mit einer Digitalkamera³ erfasst. Um möglichst gleichmäßige Lichtverhältnisse mit wenig Schattenwurf in den Bildern zu gewährleisten und kontrastreiche Farbgebung der Details zu erreichen, wurden mehrere Fotolampen eingesetzt. Aufgrund der zeitlichen Einschränkung war es nicht möglich, alle vermessenen Figuren in hoher Detailgenauigkeit fotografisch zu erfassen. Deshalb wurden nur die beiden Bogenschützen, die aufgrund ihrer farblichen Ausprägung von besonderer Bedeutung sind, durch zahlreiche Detailfotos dokumentiert. Der General und der Armbrustschütze wurden mit nur wenigen Übersichtsfotos erfasst (Tab. 6).

Die bei der Digitalisierung erzeugten dreidimensionalen Modelle wurden im nächsten Arbeitsschritt mit hochauflösten Digitalfotos texturiert. Als Grundlage für die Texturierung wurden die 3D-Modell mit der vollen Auflösung bzw. maximalen Polygonzahl verwendet.

Bezeichnung	Nr.	Anzahl der Bilder
Stehender Armbrustschütze	02817	8
Kniender Armbrustschütze	T21G18-01	44
Kniender Armbrustschütze	T21G18-03	51
General	T2G2:97 bzw. 00847	9

Tab. 6: Anzahl der zur Texturierung verwendeten Digitalfotos.

³ Verwendet wurde die 6-Megapixel-Kamera *Nikon D100*.

Dabei wurden die Digitalbilder über identische Punkte im Bild und auf dem 3D-Modell entzerrt und als Projektion auf die Oberfläche des Drahtgittermodells aufgebracht.

Durch die Texturierung der Gittermodelle konnte ein photorealistisches Abbild der Messobjektes erstellt werden. Dies gelang für die beiden knienden Armbrustschützen, der General und der stehende Bogenschütze wurden mit niedrig aufgelösten Übersichtsbildern texturiert. Die texturierten Modelle wurden im Format VRML⁴ (*.wrl) erstellt. Die Textbilder liegen als JPEG-Dateien (*.jpg) vor. Entsprechend ihrer Unterteilung in drei Unterobjekte sind die Texturfotos bei den beiden knienden Armbrustschützen in drei Bildern zusammengefasst. Jeweils ein Texturbild für Kopf, Ober- und Unterkörper (Abb. 5).

Als Ergebnis der Texturierung liegen fotorealistische 3D-Modelle vor, die für die Betrachtung in gängigen VRML-Viewern geeignet sind und in verschiedene Weiterverarbeitungsprozesse überführt werden können.



Abb. 6: Texturfotos für das aus drei Unterobjekten gebildete 3D-Modell des knienden Armbrustschützen T21G18-01, *links*: Texturbild für Unterkörper, *Mitte*: Bild für Oberkörper, *rechts*: Textur für den Kopf.

Importierung und weitere Bearbeitung in 3D-Bearbeitungsprogramm

Im nächsten Arbeitsschritt sollten die Dateien für den virtuellen Farbrekonstruktion in das 3D-Bearbeitungsprogramm 3DStudio Max importiert werden. Wie sich dabei jedoch zeigte, sind die hochauflösten und texturierten 3D-Modelle aus zu vielen Polygonen („high poly“) aufgebaut. Der Import in das 3D-Programm sowie die weitere Bearbeitung ist daher nur bedingt möglich, da diese Software nicht für die Bearbeitung solch großer Polygonmengen ausgelegt ist.

Ein wesentlicher Schritt in der weiteren Bearbeitung bestand daher in der sinnvollen Reduktion der Daten bzw. der Anzahl der Flächen. Mit verschiedenen Funktion der

⁴ VRML steht für *Virtual Reality Modeling Language* und ist eine Beschreibungssprache für 3D- Szenen, die vom Computer in Echtzeit generiert wird.

verwendeten 3D-Software⁵ war es möglich, die Datengröße der Gittermodelle zu reduzieren. So bestand der Krieger T21G18-01 anfangs aus ca. 1 Mio. Flächen, konnte jedoch auf ein Anzahl von ca. 300.000 Flächen vermindert werden. Bei der Datenreduktion blieb die Texturierung der einzelnen Modelle unverändert.

Kniender Armbrustschütze, T21G18-01	Vor Datenreduktion	Nach Datenreduktion
Dateigröße	ca. 73 MB (73.142 KB)	ca. 19 MB (19.021 KB)
Anzahl der Scheitelpunkte	501.928	150.579
Anzahl der Flächen/Polygone	999.945	299.790

Tab. 7: Dateigröße und Anzahl der Scheitelpunkte und Flächen vor und nach der Datenreduktion.

In zwei Schritten erfolgte nun die Bearbeitung der Figuren mit einem digitalen Grafikprogramm: dem Retuschieren von Fehlstellen und Verschmutzungen auf der Oberfläche folgte die Rekonstruktion der Farbigkeit des Kriegers (Abb. 7). Die Retuschen wurden im Ton der vorgegebenen gealterten Farbwerte, die Rekonstruktion in der angrenzenden ursprünglichen Farbe ausgeführt. Um Fehlstellen in der Malschicht virtuell zu retuschieren, ist eine Malsoftware erforderlich, die ein Malen unmittelbar auf dem 3D-Modell ermöglicht. Zur Ausführung der Retuschen wurden mehrere Ebenen verwendet. Die Ebenentechnik hat den Vorteil, dass z. B. Teilretuschen zuerst getestet und in Kombination mit anderen Farben bzw. Effekten betrachtet werden kann, ohne das originale Bild zu verändern. Der Einsatz von unterschiedlichen Mal- und Retuschierwerkzeugen gestattet eine den jeweiligen Fehlstellen individuell angepasste Arbeitsweise.

Durch die virtuelle Retusche konnte der Krieger in seiner Erscheinung optischen wesentlich beruhigt werden. Dieser restauratorische Ansatz soll zeigen, wie die Figur nach einer tatsächlichen Reinigung und Retusche aussehen könnte. Mit der Rekonstruktion der Farbigkeit ließ sich der Krieger seinem ursprünglichen Aussehen annähern werden. Die Visualisierung der Farbrekonstruktion am 3D-Modell soll eine Vorstellung von der ursprünglichen Farbigkeit vermitteln.

Für eine realistisch wirkende Darstellung der Figur wurden im nächsten Arbeitsschritt mehrere Lichtquellen in die Szene eingebaut. Eine dreidimensionale Form wird erst durch Helligkeitsunterschiede und der daraus resultierenden Farbabstufungen auf der Oberfläche vom menschlichen Auge räumlich wahrgenommen. Um nicht den Eindruck von synthetisch wirkenden Oberflächen zu bekommen, wurde eine möglichst natürliche Beleuchtungssituation erzeugt.

⁵ Zur Bearbeitung der 3D-Modelle wurde die Software *3ds max* Version 7 und 8 verwendet.



Abb. 7: 3D-Modell des knienden Armbrustschützen T21G18-01; a) Drahtgittermodell, b) im heutigen Zustand texturiertes Gittermodell, c) texturiertes und retuschiertes Modell, d) texturiertes Modell mit Farbrekonstruktion.

Je nach Art, Position und Ausrichtung der Lichtquellen können unterschiedliche Stimmungen geschaffen werden, die den Charakter eines 3D-Modells entsprechend zur Geltung bringen.

Im letzten Schritt werden aus der Szene mit dem 3D-Modell die endgültigen Bilder berechnet. Dieser Prozess, der das 3D-Modell zu einem Bild mit Licht, Schatten und Farben umsetzt wird auch als Rendern bzw. Rendering bezeichnet. Das Ergebnis vermittelt einen Eindruck vom ursprünglichen lebendigen Aussehen der Tonkrieger.



Abb. 8: Bronzene Armbrust der Kutsche Nr. 1, gearbeitet im Maßstab 1:2.

Rekonstruktion einer Armbrust

Für die virtuelle Rekonstruktion einer Armbrust am Rechner wurden unterschiedlichste noch vorhandene Informationen zusammengetragen: In Grube Nr. 1 wurden die von einer Armbrust stammenden Abdrücke in Boden untersucht und fotografiert. Ebenso wurde die bronzenen Armbrüste von einer der beiden restaurierten bronzenen Kutschen im Maßstab 1:2 untersucht und vermessen (Abb. 8 u. 9). Zur Dokumentation von Zustand und Farbigkeit wurden Digitalfotos gemacht. Auch wurde begonnen zusammen mit chinesischen Kollegen chinesische Literatur zu diesem Thema auszuwerten.

Die Haltung der knienden Armbrustschützen wird in der Literatur als „bereit zum Schiessen“ beschrieben. Was sie jedoch in den Händen gehalten haben, konnte bis heute nicht zweifelsfrei geklärt werden. Ziel der Rekonstruktion ist es, die Positionierung der Waffe in Verbindung mit der Körperhaltung der knienden Armbrustschützen zu bringen. Durch eine Animation könnte auf Grundlage der virtuellen Rekonstruktion die Funktionsweise der Armbrust visualisiert werden.



Abb. 9: Kutsche Nr. 1 mit Wagenlenker, rechts daneben Armbrust und Köcher für Pfeile.

Die kupferlegierten Verbindungsdrähte der Steinpanzer – Vergleichende Untersuchung zur Leistungsfähigkeit und Eignung verschiedener Festigungsmittel.

Sandra Bucher

Ziel: - Konservatorische Fragestellung / Anforderung

Kern der Untersuchung ist die Entwicklung des Prototyps eines Festigungsmittels zur Konsolidierung von fortgeschrittenen korrodierten Drahtabschnitten aus Bronze. Neue Festigungsmittel auf der Basis eines reaktiven Acrylats bieten die Möglichkeit, die Verarbeitungseigenschaften eines Reaktions-Festigungsharzes mit den außerordentlichen Alterungseigenschaften und der Reversibilität der Acrylate zu verbinden.

Die Untersuchungen fanden mit Unterstützung von Herrn Stöckl, archäologische Werksatt BLFD, statt.

Abstract

The focus of interest lies in developing a prototype of a reactive acrylate-consolidant for the consolidation of the degraded copper-blank. This type of consolidant allows to combine the processing qualities of a reactive consolidant with the outstanding aging properties and the reversibility of the acrylates.

The UV-curing process requires a light source which directs UV-light onto the formulated consolidant. The photoinitiators absorb the UV energy from the light source, setting in motion a chemical reaction so that the liquid formulation converts into a solid, current consolidation.

Charakterisierung des Objekts

Zusammensetzung

Die Analyse der Verknüpfungsdrähte erfolgte mittels REM (EDX) und RFA¹. Die letzten Untersuchungen wurden mittels REM-EDX-Analytik auf grob angeschliffener Oberfläche durchgeführt. Drei verschiedene Fragmente standen für die Messung zur Verfügung, dabei wurde jeweils der Durchschnittswert aus je drei Messpunkten ermittelt und die Ergebnisse in Gew.-% dargestellt. Elemente aus Korrosionsprodukten wie Chlor, Schwefel, Silicium, etc. wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt. Das Ergebnis brachte eine Zinnlegierung, bestehend aus durchschnittlich 89% Kupfer und 8,5% Zinn.

¹ Siehe auch Scheder Jahresbericht 2001, 14-15, Bucher Jahresbericht 2002, 113-137

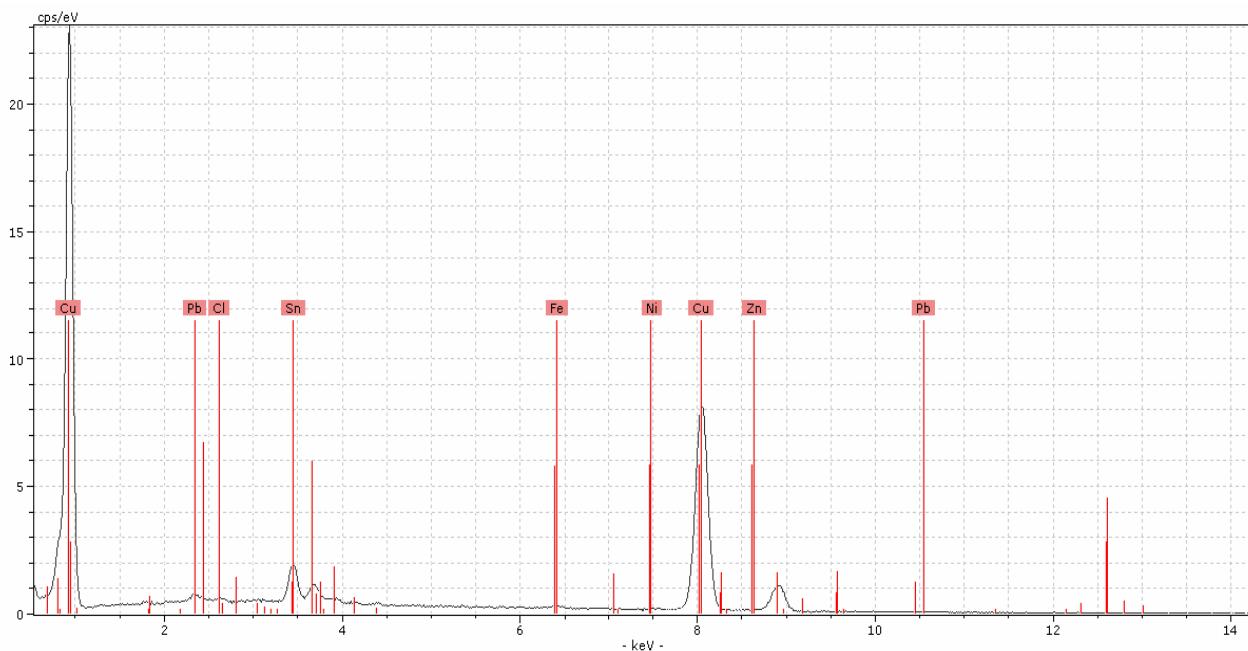


Abb. 1: Fragment 1, Elementspektrum im Messpunkt 1

	Kupfer	Zinn	Blei	Zink	Eisen	Nickel	Silber
Fragment 1	90,6	7,9	0,3	< 0,1	0,4	0,1	0,2
Fragment 2	88,5	9,2	0,2	< 0,1	0,3	0,2	0,1
Fragment 3	88,1	8,8	0,8	< 0,1	0,4	0,1	< 0,1

Tab. 1: Zusammensetzung der Kupferlegierung

Der relativ hohe Zinnanteil ermöglicht das Gießen der Drähte und erhöht deren Stabilität. Die Eigenschaften reinen Kupfers wären für das Gussverfahren ungeeignet. Flüssiges Kupfer nimmt viel Sauerstoff auf, so dass man beim Gießen sehr poröse und uneinheitliche Objekte erhält.

Die Werkstoffeigenschaften von Kupferlegierungen hängen stark von der Zusammensetzung ab. So bewirkt die Zunahme des Zinngehalts eine deutliche Versprödung des Metalls, das jedoch bei höheren Temperaturen (ca. 500°C) problemlos formbar ist.

Unterteilung der Proben nach Erhaltungszustand

Für die Festigungsversuche wurden die Drahtproben je nach Erhaltungszustand in zwei Gruppen eingeteilt:

Gruppe 1: relativ guter Zustand

Gruppe 2: stark korrodiert, schlechter Zustand

Je Gruppe wurden 7 Drahtfragmente ausgewählt, ihr Zustand wurde durch Röntgenprospektion bestimmt. Stark korrodierte Bereiche erscheinen auf den Aufnahmen „durchscheinend“, ohne klare Konturen.



Abb. 2:
Auswahl der Bronzedrähte

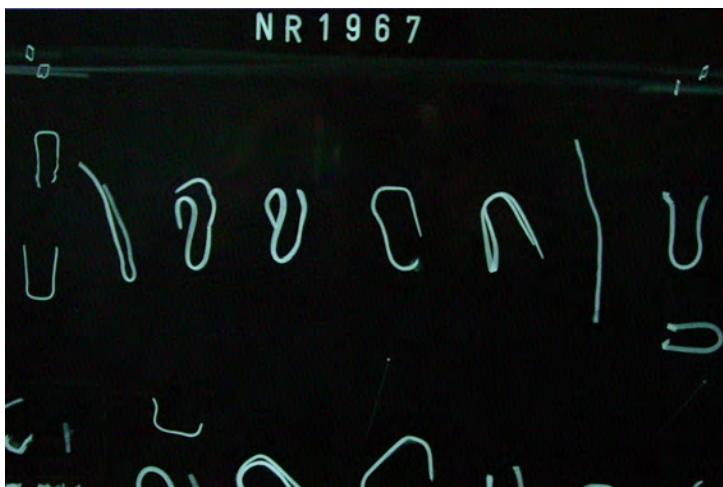


Abb. 3:
Röntgenaufnahme von
Bronzedrähten

Festigung der Bronzedrähte

Auswahl der Festigungsmittel

Für die Versuchsreihe kamen verschiedene Produkte in Betracht:

- Paraloid B48N² / Paraloid B 72³
- Mowital B30 H15⁴
- Epoxidharz
- MMA⁵ / EMA⁶ (UV-härtend)

² Methylmethacrylat-Copolymer (MMA-Copolymer); der Tg beträgt ca. 50°C

³ Copolymer aus Ethylmethacrylat (EMA) und Methylacrylat (MA) im Verhältnis EMA : MA = 70 : 30; der Tg beträgt 70°C (aus Horie 1996)

⁴ Polyvinylbutyral (PVB); der Tg beträgt ca. 70°C

⁵ Methylmethacrylat (MMA); der Tg des Polymerisats beträgt ca. 100°C

⁶ Ethylmethacrylat (EMA); der Tg des Polymerisats beträgt ca. 45°C

Sowohl Paraloid als auch Epoxidharz sind auch in China bekannte Festigungsmittel und kommen häufig zum Einsatz. Mowital hat sich aufgrund seiner Eigenschaften für die Klebung der Kalksteinplättchen der Panzer bewährt und soll nun auch an den Drähten getestet werden.

Neu in die Versuchsreihe mit aufgenommen sind Monomere (MMA und EMA), die unter UV-Licht aushärten. Der Vorteil ist ihre einfache Handhabung und ihre im Gegensatz zu lösemittelhaltigen Systemen schwundfreie Aushärtung.

Wahl der Monomere:

Neben Methylmethacrylat –MM2 – (2-Methylpropensäuremethylester) als das Methacrylat mit den besten Alterungseigenschaften und der größten Festigkeit könnte noch Ethylmethacrylat –EMA – (2-Methylpropensäureethylester) in die Probereihe einbezogen werden. EMA ist im Vergleich weniger flüchtig und bildet als Polymerisat einen elastischeren Film.

Wahl der Startersysteme:

- Irgacure © Produkte der Fa. Ciba Speciality Chemicals http://www.mufong.com.tw/Ciba/ciba_guid/photo_uv_2.pdf)

Entscheidend für die effektive Radikalbildung und damit eine schnelle und vollständige Härtung ist eine gute Abstimmung des Emissionsspektrums der Strahlenquelle und des Absorptionsspektrums des Initiators. Neue Erkenntnisse in der Photochemie haben zur Entwicklung einer neuen Klasse von UV-Initiatoren geführt, den Phosphinoxiden. Diese bieten die Möglichkeit zur Komposition eines leicht zu verarbeitenden und vergilbungsstabileren Festigungsmittels.

Wahl des Polymers:

Neben Verminderung der Monomerverdunstung und des Sauerstoffzutritts wird auch durch die Füllstoffwirkung des Polymers die Schrumpfung während der Aushärtung reduziert.

Bei der Wahl des geeigneten Polymers ist jedoch dessen Löslichkeit im Monomer und in dem bei der Polymerisation entstandenen Polymerisat zu beachten. Ähnlich wie bei den begrenzt mischbaren Systemen bei Metalllegierungen kann es zur Ausfällung des zugemischten Polymers im Polymerisat kommen. Dies führt zu Kohäsionsverlusten im Polymerisat und zu dessen Trübung.

Bei der thermischen Polymerisation von monomerem MMA mit Paraloid B72 oder B48 entstand bisher ein recht homogenes Polymerisat.

Konzentrationen: ca. 10-15% Polymer – 1% Initiator – 85% Monomer

Problematik der Monomerverdunstung:

Niedermolekulare (Meth)-Acrylat-Monomere besitzen einen relativ hohen Dampfdruck (MMA=3800 Pa bei 20°; Wasser = 2260 Pa; Ethanol = 5320 Pa). Lösungsansätze für dieses Problem sind:

- Möglichst schneller Polymerisationsstart, sodass nur wenig Zeit zur Monomerverdunstung bleibt.
- Zugabe von Zusätzen, die die Verdunstung des Monomers durch dünne Oberflächenfilme behindern; Paraffin oder im Monomer gelöstes Polymer.
- Verwendung höher molekularer Monomere mit geringem Dampfdruck (Quervernetzer)

Problematik der Sauerstoffinhibierung:

Sauerstoff mindert Reaktionsgeschwindigkeit und Monomerumsatz. Sauerstoff aus der Luft reagiert mit den gebildeten Radikalen, so dass diese nicht mehr für die Polymerisationsinitiation zur Verfügung stehen. Demzufolge muss der Sauerstoff möglichst gering gehalten werden mit Mitteln wie:

- Abdeckung des getränkten Bereichs mit Folie
- Zugabe von Polymer (Film hindert weitgehend den Zutritt von Sauerstoff)

Vorversuch:

Bevor die Monomere zur Festigung der Bronzedrähte eingesetzt werden, sollten deren filmbildende Eigenschaften überprüft werden. Dazu wurden die verschiedenen Mischungen angesetzt und zwischen zwei Objektträgern unter UV-Licht ausgehärtet. Die Aufstriche werden nun 12 Monate beobachtet und dann hinsichtlich der Versprödung oder Vergilbung beurteilt.

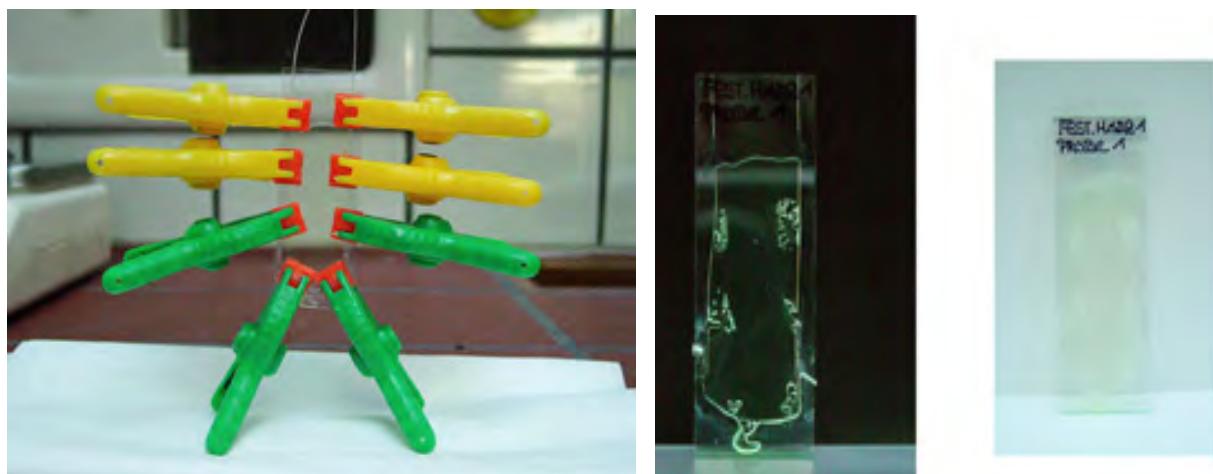


Abb. 4: Anfertigung von Probefilme

Auftragung der Festigungsmittel

Da im Original die Drähte fest mit den Kalksteinplättchen verbunden sind, ist eine Tränkung nicht möglich. Die Festigungsmittel sollten vorsichtig mit einem Pinsel oder mit einer Pipette aufgetragen werden, dabei sollte der Kontakt zu den Steinplättchen vermieden werden.

Um eine bessere Eindringtiefe zu erreichen, kann die Festigung im Vakuum durchgeführt werden.

Durchführung und Auswertung:

Die Durchführung der Festigungsversuche soll im nächsten Jahr gemeinsam mit den chinesischen Kollegen in München stattfinden. Für die Auswertung werden folgende Aspekte in Betracht gezogen:

Untersuchungen zum Feststoffeintrag in die Testkörper:

- Wägen der Ausgangsmasse der Probekörper und des Netto-Gewichts des jeweiligen Festigungsmittels
- Wägen des Endgewichts nach abgeschlossener Aushärtung

Untersuchung des Eindringverhaltens:

- Mittels Fotodokumentation; Beschreibung des Eindringverhaltens beim Aufbringen
- Mittels Querschliff / Längsschliff nach vorherigem Einfärben der Kunstharze
- Dokumentation des Tränkungsprofils (Querschnitt) unter dem Polarisationsmikroskop.

Beurteilung:

Die Beurteilung soll anhand der Porenverfüllung, Bildung von Sekundärkapillaren und Homogenität des Festigungsmittels durchgeführt werden. Zusätzlich werden physikalische Eigenschaften wie Haftung und Festigkeit, Löslichkeit, Freilegungseigenschaften und Haptik ausgewertet.

Bergung einer kompletten Steinpanzerseite – Lintong Mai 2005

Sandra Bucher

Einleitung

Nachdem 2004 mit verbesserter Bergungsmethode ein Panzerfragment erfolgreich geborgen werden konnte, wurde die Entnahme einer kompletten Panzerseite aus der Grube beschlossen. Das Fragment wurde im selben Jahr noch bestimmt und der Vorzustand dokumentiert.

Bergung

Bestands- und Zustandsbeschreibung

Der Panzer befindet sich im südöstlichen Bereich der Grube K9801 und ist weitgehend vollständig erhalten. Die besondere Schwierigkeit zeigte sich darin, dass die Panzerseite zum Teil starke Brandschäden aufweist und durch Umstürzen größere Partien Risse und Bruchstellen im Stein entstanden. Dort wo Hitzeeinwirkung stattfand, waren die Panzerseiten zum Teil miteinander „verbacken“ und schwer voneinander trennbar. Der Kalkstein hatte sich in diesen Bereichen weiß verfärbt und sein Gefüge ist stark aufgelockert.



Abb. 1: Schaden durch mechanische Belastung: zerbrochene Steinplättchen und Drähte



Abb. 2: Schaden durch Feuereinwirkung: Weißfärbung, Rissbildung, Pulverisierung



Abb. 3: Schaden durch Feuereinwirkung: Vorderseite und Rückseite des Panzers sind miteinander „verbacken“.

Andere Partien waren von benachbarten, ebenfalls umgestürzten Panzerteilen überlagert und mussten vor der Bergung entfernt werden.

Abnahme überlagernder Panzerteile

Die linke Panzerseite war zu einem Drittel von einem neben liegenden Panzer überlagert (Abb. 4). Zunächst wurden die Objekte von Erde und Staub mechanisch mit weichem Pinseln und Blasballen gereinigt.



Abb. 4: Panzerseite mit weißer Nummerierung gekennzeichnet; linker Bereich zeigt Überlappung durch benachbarten Panzer



Abb. 5: Mechanische Reinigung der Panzeroberseite

Die Nummerierung der Plättchen erfolgte mit Bleistift beschrifteten Papierstreifen. Angeklebt wurden diese mit einer 1%-igen Tyloselösung in Wasser. Sowie bei der Beschriftung als auch bei der Beklebung musste die Verträglichkeit mit den Bergungsmaterialien bedacht werden. Wichtig war, dass durch den späteren Einsatz von Alkohol und Siedegrenzenbenzin sich weder die Etiketten ablösen noch die Schrift verläuft.

Auch die zu entfernenden Überlappungen wurden nummeriert. Besonders großen Wert wurde auf die spätere Zuordnung der einzelnen Plättchen gelegt, wofür eine genaue grafische und fotografische Dokumentation der Situation helfen sollte. Alle zu bearbeitenden Bereiche wurden zudem mit Hilfe eines Laserpens genau abgefahren und als 1:1 Zeichnung festgehalten.



Abb. 6: Erstellung einer 1:1 Zeichnung mit Laserpen

Anschließend wurden die Überlappungen mit einer festeren Baumwollgaze abgedeckt und mit Cyclododecan (CCD) zweischichtig bestrichen (Abb. 7). Zuvor wurde das CCD im Wasserbad geschmolzen und 10% Heptan dazugegeben. Verarbeitbar ist es bei einer Temperatur von 80°C.

Nachdem der CCD-Film erkaltet und fest war, konnte der Stoff vorsichtig angehoben werden, wobei die Platten an der Unterseite fest verhaftet hängen blieben. Auch einzelne, nicht mehr durch die Verknüpfungsdrähte verbundene Kalksteinfragmente konnten so in ihrer ursprünglichen Lageposition abgenommen werden (Abb. 8).



Abb. 7: Überlagerungen mit Baumwollgaze und CCD überstrichen



Abb. 8: Abgenommene Überlagerungen

Bergung der Panzerseite

Als alle Überlagerungen abgenommen waren, konnte die neue Situation dokumentiert und mit der Reinigung begonnen werden (Abb. 9). Beides verlief wie oben bereits beschrieben. Nachdem die komplette Panzerseite von Erde und Stab befreit war, konnte die Bergung vorbereitet werden. Dazu wurde ein Stützpacket aus CCD und PU-Schaum angebracht. Die Methode erfolgte wie im Jahresbericht 2004 beschrieben.¹ Um die Stabilität zu erhöhen,

¹ Bucher, Excavation of stone armours using Cyclododecane – improved method, Jahresbericht 2004, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, 41-45

wurde zwischen CCD-Schicht und PU-Schaum eine Armierung aus Metalldraht eingelegt (Abb.10).



Abb. 9: Freiliegende Panzerseite vor der Bergung



Abb. 10: Panzerseite mit mehreren Schichten CCD, Metallarmierung und Tragegriffe



Abb. 11: Anhebung der Panzerseite



Abb. 12: Geborgene Panzerseite, Unterseite liegt jetzt nach oben

Nachdem der PU-Schaum ausgehärtet war, konnte der Panzer vorsichtig angehoben (Abb. 11), gedreht (Abb. 12) und in die Werkstatt transportiert werden.

Restaurierung

Reinigung

Steinplättchen und Bronzedrähte wurden mechanisch mit Blaseballen und Pinseln gereinigt. Festaufsitzende Erdkrusten konnten mit einem Ultraschallmeißel entfernen werden (Abb. 13). Eine Nachreinigung erfolgte mit destilliertem Wasser und Ethanol im Verhältnis 1:1 und Wattestäbchen.

Festigung

Zur Festigung der stark pulverisierten Steinfragmente, wurden diese mit einem elastifizierten Steinfestiger auf Basis von Kieselsäureester (KSE) behandelt. In der Versuchsreihe am BLFD

könnte das beste Festigungsergebnis mit Funcosil 300E erzielt werden.² Da in China nur Funcosil 500E erhältlich ist, wurde dieses mit 30% Ethanol verdünnt. Das Festigungsmittel wurde bis zur Sättigung vorsichtig mit einer Pipette aufgetragen (Abb. 14). Überschüssiges Material konnte mittels eines mit Ethanol befeuchteten Tuchs abgetupft werden. Die Festigung erfolgte in einer Klimakammer, damit die Luftfeuchte kontrolliert werden konnte.



Abb. 13: Reinigung mit Ultraschallmeißel



Abb. 14: Festigung

Durchschnittlich wurden bei stark pulverisierten Plättchen 10ml, bei weniger pulverisierten Plättchen oder Plättchen mit feinen Fissuren 7ml Festigungsmittel verbraucht.

Klebung

Zum Kleben formschlüssiger Bruchkanten wurde Mowital H15-B30 in Ethanol (30%) benutzt. Bei abgeriebenen Bruchkanten wurde der Lösung 60% Glasplättchen (Größe 15 µm) als Füllstoff zugegeben und mit Pigmenten grau eingefärbt.

Zur Vorisolierung wurde die Klebefläche drei Mal mit einer 1% Lösung, nass in nass bestrichen.

² Siehe Testreihe zur Steinfestigung Jahresbericht, Überprüfung des Festigkeitszuwachs gebrannter Kalksteinplättchen nach der Behandlung mit verschiedenen Festigungsmitteln, 25-40

Notsicherung gefährdeter Strukturen eines Palastareals der Hanzeit (Chengle Palace) mit Cyclododecan

Sandra Bucher

Einleitung

Der Chengle Palast wurde 202 v. Chr. durch den Han Kaiser Gao Lu (Liu Bang), an der Stelle eines ehemaligen Qin – Palasts, dem so genannten *Xingle Palace*, erbaut. Mit Vollendung des Baus wurde die Han - Hauptstadt von Liyang nach Chang'an verlegt. In Chang'an befanden sich verschiedene Palastanlagen zu den wichtigsten drei zählte der Weiyang Palast, der Janzhang Palast sowie der besagte Chengle Palast. Dieser befand sich im Nordosten der Stadt, hatte einen fast rechteckigen Grundriss und wurde von einer 10.000 m langen und 20m breiten Schutzmauer umgeben. Die Größe des Palastes umfasste 6 km² und nahm damit ein Sechstel des Stadtgebiets ein.

Archäologische Grabungen

Seit März 2004 wurden bei Ausgrabungen Teile des Palastareals freigelegt (Abb. 1). Geleitet wird die Grabung von der Akademie der Wissenschaft in Peking. Die Grabung befindet sich in unmittelbarer Nähe des Dorfes Luozhai (Weiyang District, Xian).



Abb. 1: Außenansicht



Abb. 2: Innenansicht der Grube

Spektakulär war der Fund eines über 240 m² großen und 30m langen Kellerraums (Abb. 2). Der Raum war ursprünglich von Säulengängen durchzogen. Auf den noch erhaltenen, ca. 40 cm breiten Steinbasen, standen ehemals Holzsäulen. Diese trugen ein Holzdach. Der Palast war fast vollständig abgebrannt. Derzeit wurden 4 Reihen mit je 10 Säulenbasen ausgegraben.

Die Wände sind aus Adobeziegel, worauf sich noch Reste von Putz mit weißer Grundierung befinden. Nach Aussagen der chinesischen Kollegen, gingen während den Wintermonaten große Bereiche des Putzes verloren. Zudem sind noch einige sehr poröse und durch den Brand verkohlte Holzkonstruktionen erhalten.

Restauratorische Notsicherung

Da der Fund aus archäologischer Sicht bezüglich Bautechnik und Architektur der Hanzeit von besonderer Bedeutung ist, mussten fragile Bereiche während der Grabungsarbeiten geschützt werden. Dazu gehörten insbesondere die Putz- und Fassungsreste, sowie die verkohlten Bauelemente aus Holz. Zudem sollte die Grabung während dem ICOMOS Kongress in Xian im Oktober der Fachwelt präsentiert werden.



Abb. 3:
Sprühversuche mit
Cyclododecan

Die temporäre Notsicherung erfolgte mit Hilfe von Cyclododecan (CCD). Geplant war ursprünglich ein Besprühen der fragilen Bereiche mit einer CCD-Schmelze. Da der In situ eingesetzte Kompressor für die Sprühpistole zu schwach war, kühlte das CCD zu schnell ab und verstopfte die Ausgangsdüse (Abb. 3).



Abb. 4a: Verkohpter Stützbalken aus Holz



Abb. 4b: Auftrag des Schutzfilms mit Cyclododecan



Abb. 4c: Fertigstellung des Schutzfilms

Da es nicht möglich war das Problem in der Kürze der Zeit zu beheben, entschloss man sich dazu den Schutzfilm manuell aufzutragen. Dafür wurde dem CCD 10% Heptan beigegeben und im Wasserbad geschmolzen. Damit ein direkter Pinselkontakt mit den fragilen Oberflächen vermieden wird, wurde die Schmelze über Baumwollgaze bestrichen. Ein dreifacher Aufstrich war ausreichend um einen stabilen Schutz zu gewähren (Abb. 4 und 5).



Abb. 5a: Reste von originalem Putz und Grundierung



Abb. 5b: Sicherung der Putz- und Grundierungsreste mit Cyclododecan

Datum: 21.05.2005

Anwesend:

Qi Yang, Zhao Linguan, Qi Yang, Wang Dongfeng, Xia Xin, Alexander Schmid, Catharina Blänsdorf, Sandra Bucher

Bericht über den Arbeitsaufenthalt in Lintong, 9. Mai bis 2. Juli 2005

Sandra Bucher und Catharina Blänsdorf



Sandra Bucher und Mao Xiaofen bei der Konservierung des Steinpanzerfragments



C. Blänsdorf bei Dokumentation von Farbresten in Grube 1

1. Woche

Mo, 9. Mai

19:00, Abflug aus München (Bucher, Blänsdorf, Schmid)

Di. 10. Mai

Ankunft in Beijing und Weiterflug nach Xi'an

Mi, 11. Mai

Besprechung über Arbeitsplan; Besichtigung der Gipskopien für die Rekonstruktion der Polychromie

Rundgang durch die Gruben: In Grube 2 sind alle Brücken und das Förderband abgebaut worden. Obwohl noch Werkzeug herumliegt, bedeutet das wohl, dass die Grabungen bis auf weiteres eingestellt sind. Zum 1. Mai sind auch alle Folien entfernt worden.

UCL-Delegation: Zufällig treffen wir eine Gruppe vom UCL unter der Leitung von Clifford Price, die sich das Museum ansehen, da sie ihrerseits ein China-Projekt planen. Geführt werden sie von „Xiao“ Lu aus dem Archäologischen Institut (der jetzt am UCL studiert).

Labor: Unser ehemaliger Arbeitsraum ist ausgeräumt und zum Büro geworden. Die Sachen sind auf andere Räume verteilt, aber anscheinend noch da. Im großen Polychromielabor ist Figur 001 aus Grube no. 2, T21G18 gelagert, die Ende März ins Labor gebracht worden ist. Leitung der laufenden Konservierungsarbeiten hat Zhang Shangxin, der irgendwas mit Festigung am Kopf rumprobiert, ohne zu verstehen, was er tut, sich wichtig macht, meist aber nicht da ist. Unter Plastikplanen lagern die Beine und der Körper, alles schon ziemlich ausgetrocknet, da die Planen nur locker darüber gelegt sind. Da trotzdem Schimmelbefall aufgetreten ist, wurden die Stücke mit einem Biozid behandelt, LAG 200 + LAG 300 (oder: LAG 002 + LAG 003) der Fa. Janssen. Was das ist, weiß keiner im Museum. Technische Merkblätter fehlen, die Mikrobiologin Mao Xiaofen gibt sowohl die Namen als auch die Konzentrationen wechselnd an, so dass wir nicht herausfinden können, was es ist.

Do, 12. Mai

Besuch der Grube 1 und des „Restoration Area“ im westlichen Teil. Detailfotos von Gürteln mit eingeprägten Mustern (mit einer Art Rolle gemacht) und Problemstellen der Klebung.

Nachmittags besuchen C. Blänsdorf und A. Schmid Grube 2, zusammen mit Shen Maosheng und dem Archäologen Shao Wenbin, um Fragmente auszuwählen, die für eine Bindemittelanalyse geeignet wären:

T21G18. liegende Figur im östlichen Teil, Farbfragment auf Hand

T21G17: unteres Stück eines umgestürzten stehenden Kriegers

T21G20: scheidet aus, da es 2003 mit Bioziden besprüht wurde

K4: auch ausgeschieden, da es stark gebrannt hat. Außerdem ist alles überzogen von Krusten und Farbstücken, die vom undichten Dach mit dem Regenwasser heruntergekommen sind. Überwiegend scheint es sich, den Ausblühungen nach, um Salze zu handeln, aber das Risiko ist zu hoch.

Die Testfläche mit Sandankern von Rupert Utz wird begutachtet. Die Wand unterscheidet sich hinsichtlich Trockenrissen wenig von der gegenüberliegenden, die nicht stabilisiert wurde.

Fr, 13. Mai

Kein Programm (Warten auf Beginn der Arbeiten)

2. Woche

Mo, 16. Mai

Frau Blänsdorf dokumentiert die Farbfassung der knienden Bogenschützen T21G18:03 und 08 im Depot, so wie die eines zusätzlichen Kopfes aus demselben Gang in Grube 2. Der Kopf eines Offiziers hat eine sehr gut erhaltene, aber mit einem glänzenden, bräunlichen Festigungsmittel gefestigte Farbfassung. Er hat die Nummer 004702 und wurde am 9. 11. 1986 aus A1 T21G10 West ausgegraben, was der Nummerierung nach für Grube 1 spricht. Er wurde vor 2 Jahren nachgefertigt und wird in einer Klimakiste (aber unklimatisiert) verwahrt. Ein erster Überblick über die derzeit im Depot vorhandenen Figuren wird erstellt.

Di, 17. Mai

Besprechung für die Ausstellung in der KAH Bonn mit Diskussion der Leihliste im Amt für Kulturgüterschutz (wenwu ju) in Xi'an. Herr Jin und Herr Zhang Zheng von der Abteilung für Ausstellung sind von Seiten des wenwu ju zuständig. Von Seiten der Mainzer (RGZM) sind Bettina Zorn und Susanne Greiff anwesend.

Abendessen mit Susanne Greiff, Direktor Jiao Nanfeng, Yin Shenping und Hou Gailing vom Archäologischen Institut mit Besprechung über die Steinpanzer. Interessenkonflikte zwischen dem Museum der Terrakottaarmee und dem Archäologischen Instituts verhindern derzeit, dass Sandra Bucher mit der Arbeit beginnen kann.

Mi, 18. Mai

Programmbesprechung mit Xia Yin; Versuche, den Kopf der Figur T21G18:001 nachzureinigen (schwierig, aber möglich); Begutachtung der 1998 bis 2003 behandelten Fragmente.

Sandra Bucher kann immer noch nicht in der Steinpanzergrube arbeiten. Sie macht so lange Materialbesorgungen und assistierte ihren Kollegen.

Abends Besprechung mit Direktor Wu Yongqi, der seinen Standpunkt in der Auseinandersetzung mit Archäologischen Institut darlegt und gemeinsames Abendessen.

Do, 19. Mai

Vormittag Besprechung *wenwu ju* in Xi'an. Anwesend sind Zhang Tinghao, Yin Shenping und Direktor Wu Yongqi. Das Gespräch findet unter Ausschluss der Restauratoren statt. Beim gemeinsamen Mittagessen wird bekannt gegeben, dass Frau Bucher ab sofort ihre Arbeit in der Grube fortsetzen kann.

Nachmittags besucht Frau Bucher kurz die Steinpanzergrube, um zu überprüfen, ob alle Arbeitsmaterialien bereit stehen.

Frau Blänsdorf besucht zusammen mit Rong Bo Prof. Yuan Zhongyi in seiner Wohnung, um über die Farbfassung der Terrakottafiguren zu sprechen. Herr Yuan erzählt, was er noch weiß, und ist von den ersten Rekonstruktionen ganz angetan. Er sagt, er habe alle Unterlagen im Museum gelassen, und erinnert sich nicht mehr an Details.

Fr, 20. Mai

Steinpanzer: Als erster Schritt wird der Panzer freigelegt. Dafür werden angrenzende Plättchen nummeriert, dokumentiert und entfernt und auf Tabletts in ihrer ursprünglichen Anordnung gelagert. Bereiche die zuvor durch benachbarte Panzerfragmente überlagert waren wurden nun in der 1:1 Zeichnung mit Laser-pen dokumentiert. Zeitgleich arbeitet Frau Mao an dem 2004 geborgenen Fragment in der provisorischen Werkstatt der Grube. Bruchstellen werden mit Mowital (20% in Ethanol) geklebt.

Frau Blänsdorf sucht im Bildarchiv des Archäologischen Teams des Museums der Terrakottaarmee nach Grabungsphotos, die Hinweise auf Farben und Muster geben könnten. Leider sind Unterlagen vor 1990 nicht dort gelagert und alle interessanten Bereiche der Grube 2 sind dort gar nicht vertreten. Dasselbe gilt für das Dokumentationsarchiv, in dem im Wesentlichen die archäologischen Zeichnungen gelagert sind. Allerdings weiß sie auch nicht, wann bestimmte Figuren ausgegraben worden sind, was die Suche erschwert.

Sa, 21. Mai

Mit Kollegen des Technischen Zentrums Besuch eines kürzlich ausgegrabenen Han-zeitlichen Palasts nördlich von Xi'an.

Es handelt sich um das Gebäude Nr. 4 des aus der Westlichen Han-Zeit stammenden Chengle-Palasts, das im März 2004 von der Akademie der Wissenschaften ausgegraben wurde. Die noch aus der Qin-Zeit stammende Unterkonstruktion ist fast 30 m lang und besitzt 4 Reihen à 10 Säulen. Der Zugang befand sich an einer Längsseite über eine Doppeltreppe. Der Palast wurde niedergebrannt. Die Wände mit Putzen und Resten weißer Wandfassung, verkohlte Säulenstümpfe in den Wänden und die Basen der freistehenden Holzsäulen sind erhalten sowie große Teile des Fliesenbelags. An vier verschiedenen Stellen wurde getestet, die Wandputze und die Holzsäulen mit Cyclododekan und Kaschierungen für die Zeit der anstehenden Verfüllung und der Errichtung eines Schutzbau zu schützen. Vorgehen: Siehe Bericht

So, 22. Mai

Wandertag von Bucher, Blänsdorf und Schmid in die Berge hinter Lintong (Lishan)

3. Woche**Mo, 23. 5.**

Steinpanzer: Abnahme restlicher Überlagerungen mit Cyclododecan und Baumwollstreifen. Mechanische Reinigung mit Pinsel und Blaseballen. Anschließend Nummerierung der Plättchen. Fragment 2004 wird zum Drehen mit Japanpapierstreifen gesichert. Aufgestrichen werden diese mit 3%iger Tylose in dest. Wasser. Für die Anfertigung einer Konterform wird eine Umrahmung aus stabiler Pappe angebracht und das Fragment mit zwei Lagen Plastikfolie belegt. PU-Schaum wird angerührt und eingefüllt.

Fr. Blänsdorf überprüft mit den Chinesen Angaben für die Leihliste für Bonn.

Di, 24. Mai

11:30-12:40 Eine Delegation des Bundestags besucht das Museum der Terrakottaarmee: Herr Hermann-Otto Solms, Rainer Brüderle, Dagmar Wöhrl, Jörg-Otto Spiller, Dr. Rolf Bernd, Anette Witte, Dr. Christiane Solms, Hr. Löhr (Gesandter der dt. Botschaft) und zwei chinesische Begleiter. Bemeinsame Besichtigung der Gruben und Vorstellung des Labors Steinpanzer: Fragment 2005 wird gedreht und Rückseite mit Pinsel und Staubsauger gereinigt. Abformung der Oberfläche mit 3 Lagen X-Lite. Zur Versteifung wurden Bambusstäbchen eingebettet. Das X-Lite wurde mit heißem Wasser formbar gemacht. Als Trennschicht diente eine mit Seifenwasser bestrichene Frischhaltefolie.

Labor: Frau Blänsdorf und Herr Schmid bereiten eine weitere Serie von Terrakottaplättchen und Lackschollen für Tests mit PEG und Acrylatdispersionen vor. Frau Blänsdorf entfernt wieder aufgetretene Klebeflecken von den roten Bändern und den Buckelstichen auf Fragment F-005/2000.

Mi, 25. Mai

Steinpanzer: Der Panzer in der Grube zeigt im unteren Bereich große Schäden durch Feuereinwirkung. Die Plättchen sind fest miteinander verbacken und mit Erde verkrustet. Abnahme der Kruste und vorsichtige Trennung anhaftender Plättchen von darunter liegenden Panzerteilen.

Labor: Frau Blänsdorf kann in der Grube 1 den Abdruck des Generals T22G9:1 ansehen, bei dem fast die komplette Farbe in der Erde geblieben ist. Er ist mit einer Plexiglasshaube und einer Plastikfolie abgedeckt, aber sehr verstaubt. Die nähere Untersuchung wird auf einen Termin nach der Abfahrt von Sandra Bucher verschoben, weil erst dann ein Staubsauger und ausreichend Verlängerungskabel zur Verfügung stehen.

Abend treffen wir Duan Qingbo, Sun Weigang und die Archäologen vom Archäologischen Institut in einem „Biergarten“.

Do, 26. Mai

Steinpanzer: am 25. und 26. Mai wird der Panzer mit einem ca. 20 cm hohen Papprahmen umrandet. Die Kontaktfläche zum Boden muss absolut dicht sein, damit ein Heraustreten des flüssigen PU-Schaums ausgeschlossen werden kann. Offene Ritzen werden mit Erde und in CCD getränkter Watte geschlossen.

Gleichzeitig wird CCD im Wasserbad geschmolzen und 10% Heptan beigegeben. Die erste Schicht CCD wird über dünne Baumwollgaze mit Pinsel aufgetragen. Unzusammenhängende Plättchen werden mit in CCD getränkter Watte miteinander verbunden.

Labor: Die von Frau Blänsdorf angeforderte neue Plexiglass-Reinigungskiste ist fertig. Sie ist quadratisch, hat zwei Eingriffe an jeder Seite und einen gelochten Zwischenboden mit Griffen. Die Bruchstücke der Figur schimmeln, nunmehr luftdicht verpackt und wiederbefeuchtet, stark und müssen alle zwei Tage desinfiziert werden.

Der Oberschenkel der Figur, ein Fragment von 14x 15 cm im Querschnitt und 22 cm lang, ist massiv! Es hat Trockenrisse gegeben, aber er ist nicht geplatzt.

Fr, 27. Mai:

Steinpanzer: Danach folgten 2 weitere CCD Aufträge mit festerem Baumwollstoff, bis die Schicht absolut dicht ist. Die Ränder (Kontaktstelle zu Papprahmen) werden mit in CCD getränkter Watte abgedichtet. Herr Schmid sieht heute zu.

Frau Blänsdorf installiert die neue Reinigungskiste und bestellt Flugtickets bei Cao Jun.

So, 29. Mai

Flugtickets erhalten. Ankunft Felix Horn

4. Woche

Mo, 30. Mai:

Steinpanzer: Über Nacht konnte das restliche Heptan aus der CCD - Schicht evaportieren. Zur Stabilisierung wurde ein Drahtgitter und Hebegriffe angebracht, diese wurden dann mit PU-Schaum ausgegossen. Die Dicke der PU-Schicht betrug ca. 15 cm.

Nach der Mittagspause war der Schaum abgekühlt und ausgehärtet. Wang Dongfeng, Sun Weigang und Sandra Bucher hoben das Panzerpaket vorsichtig an. Alle Plättchen lösten sich ohne Probleme vom Grund und der Panzer konnte gedreht werden. Das Ereignis wurde von Schmid fotografisch und von Horn filmisch festgehalten. Danach wurde der Panzer verpackt und in die provisorische Werkstatt gebracht.

Labor: Frau Blänsdorf kümmert sich um Proben, die bei den laufenden Konservierungsarbeiten an der Figur SH001 angefallen sind. Abdrücke eines Textils, von dem die Fadenstruktur und die Lackhaut in der Erde erhalten sind, werden mit 30 % PEG 200 und 5 % Primal AC 35 gefestigt. Das Ergebnis ist gut.

An vier Farbproben von Kragen und Hosen des Kriegers werden die Pigmente bestimmt. Trotz des grünlichen Tons sind im Prinzip beide Bereiche rosa (Knochenweiß und Zinnober als Hauptbestandteile).

Di, 31. Mai

Steinpanzer: Der Panzer soll zunächst verpackt bleiben und an einem kühleren und staubfreien Ort gelagert werden. Wang Dongfeng erklärt sich bereit, auch während der Abwesenheit von Bucher an dem Objekt zu arbeiten.

Für Fragment 2004 wird eine Ethafoamplatte zugeschnitten und ein weißer Überzugsstoff aus Baumwolle gewaschen und gebügelt. X-Liteform wird mit Stechnadeln auf der Platte befestigt und dann mit Stoff überzogen. Beim Drehen des Fragments auf den neuen Träger, fallen noch kleine Erdklümchen aus den Zwischenräumen. Träger und Objekt müssen vorsichtig nachgereinigt werden, weißer Stoff ist sehr empfindlich (!).

Labor: Untersuchung der gefestigten und somit besser handhabbaren Fragmente.

Das Gewebe besaß 10 x 1w Fäden pro cm, dicht und gleichmäßig in Leinbindung gewoben. Der Drill der Fäden ist zu erkennen (Z-Drehung), es gibt kaum Unregelmäßigkeiten der Fadendicke. Eventuell war es auch ein zweifädiger Zwirn.

Abends laden wir die Mitarbeiter des Labors zum Essen ein. Es ist ein sehr netter Abend. Leider übernehmen sie aufgrund eines Missverständnisses die Rechnung, sind aber im Nachhinein nicht mehr bereit, uns zu zahlen.

Mi, 01. Juni

Steinpanzer: Fragment 2004 wird noch mal mit einem Wasser-Ethanolgemisch 1:1 und Wattestäbchen nachgereinigt. Lose Plättchen wurden mit Stecknadeln auf der Trägerplatte befestigt. Das fertige Fragment wurde in eine extra angefertigte Reisekiste verpackt.

Wang Dongfeng und Sun Weigang bringen die geborgene Panzerseite zur Aufbewahrung in nahe gelegene Räumlichkeiten des Archäologischen Instituts.

Labor: Frau Blänsdorf darf im Terrakottadepot Figuren untersuchen und deren Farbfassung dokumentieren (stehender Krieger 02528, Pferd o. Nr., ungepanzter General T4G9:146 (02743), Tierpfleger 003171, dicker Akrobant Nr. 5, stehende Infanteristen mit Panzer T10G1:33 (02158) und T20G11:B20 aus Grube 1)

Do, 02. Juni

Besprechung über Arbeitsplan im Museum der Terrakottaarmee.

17:00: Herr Schmid, Frau Bucher, Frau Blänsdorf und Xia Yin fahren nach Beijing.

Fr, 03. Juni

Besuch des Lagers der Pigmentfabrik in Beijing. Das Lager befindet sich im Keller des Gebäudes Nr. 22 der Academy of Fine Arts, dessen Neubau sich innerhalb des 4. Ringes Richtung Nordosten (Flughafenautobahn) befindet. Für die Bemalung der Kopien werden Pigmente ausgewählt und zahlreiche Pigmentqualitäten begutachtet.

Sa, 04. Juni

Sandra Bucher und Alexander Schmid reisen zurück nach Deutschland. Xia Yin und Catharina Blänsdorf fahren zum Sommerpalast und Yuanmingyuan.

So, 05. Juni

Besuch diverser Kunstbuchläden an der Wangfujing und der Umgebung des ehem. Gebäudes des Staatsamtes für Kulturgüterschutz. 2 Pakete mit Büchern nach Deutschland geschickt. Treffen mit Lei Yong, der jetzt im Palastmuseum arbeitet.

Rückflug mit Verspätung. Abends Treffen mit F. Horn und den beiden Mitarbeitern des Scan-Teams.

5. Woche

Mo, 06. Juni

Mit dem Archäologen Shao Wenbin, der gerade für Grube 2 zuständig ist, Shen Maosheng und Wang Liang in Grube 2, um Vorbereitungen für die Filmaufnahmen zu machen, die am Dienstag erfolgen sollen.

Planungen für einen Depotschrank für die Lacke aus Fengxiang, die unter völlig unzureichenden Bedingungen im Terrakottadepot gelagert sind: Insgesamt mehr als 30 Schichten sind nur mit Papier getrennt auf einander gestapelt und liegen ohne Abdeckung auf einer Transportkiste. Mehrere Textilfragmente sind zwischen Glasscheiben gelegt, die mit sich zersetzenden Klebestreifen aneinander geklebt sind. Eine Scheibe ist zerbrochen.

Di, 07. Juni

Das Team von „Gruppe 5“ filmt F. Horn und Scan-Team im Terrakottadepot. Die Chinesen bereiten sich auf den Besuch von König Albert II. von Belgien vor und räumen auf.

Fr. Blänsdorf kann nicht viel tun und wartet.

Mi, 08. Juni

Filmen in Grube 2 mit Fu Qinali, Rong Bo, Shen Maosheng und Shao Wenbin. Die Festigung der Lackschicht wird an Kriegen in T21G19 demonstriert.

König Albert II. besucht währenddessen das Labor.

Do, 09. Juni

Filmen in Labor und Werkstatt.

Fr, 10. Juni

Warten auf Zhang Shangxin, der mit Frau Blänsdorf Versuche machen wollte, aber nicht erscheint. Frau Blänsdorf vertreibt sich die Zeit mit dem Lesen von Fachliteratur.

Sa, 11. Juni

Wanderung auf den Lishan zusammen mit den Mainzer Kollegen Gerda Koppartz, Elke Dedden, Uwe Hertz. außerdem kommt einer der Mitarbeiter des Scan-Teams mit.

Abends Einladung durch Christian Twente von „Gruppe 5“ zum Abendessen in Xi'an.

6. Woche

Mo, 13. Juni

Vorbereitung zur Untersuchung des Farbfragmentes von T22G9:1 in Grube 1. Der Vormittag vergeht damit, 85 m Stromkabel zu organisieren und zu verlegen, da es in der gesamten Halle der Grube 1 nur eine (1!) Steckdose gibt. Zum Glück gibt es im Restaurierungsbereich im westlichen Teil einen Stromanschluss, der genutzt werden kann. Absaugen des Fußbodens und vorsichtige Reinigung der Farboberfläche. Es ist sehr heiß in der Grube (ca. 38 °C) und die Tageslichtlampe erhöht die Temperatur weiter. Abends fällt wegen Überlastung der Strom im Hotel aus – ein bei heißen Temperaturen wegen Klimaanlagen in Lintong alltägliches Problem.

Di, 14. Juni

Fahrt zum Shuilu'an mit Bus und Mitarbeitern aus Lintong. Der junge Photograph des technischen Zentrums, Hr. Zhen macht geduldig und professionell ehrgeizig sehr schöne Fotos (digital und Papierbilder). Da dazu jedes Mal die Lampen umgestellt, sämtliche Störelemente aus dem Bild geräumt und eine Plattform aus 2 tischen für den Photographen errichtet werden muss, dauert es den ganzen Tag. Hunderte von buddhistischen Souvenirs werden vom improvisierten Verkaufsstand innerhalb der Halle abgenommen, Münzen, Weihrauchständer, bunte Bänder und Kissen sowie kleine Plastikbuddhas eingesammelt, um nur die Originalfiguren zu photographieren.

Im hinteren Teil sind weitere Stützsystem installiert worden, um die Figuren des obersten Registers an der Westwand zu stützen. In der Nordwestecke ist ein Versuch gemacht worden, einen Bereich von 1,5 x 1,5 m an die Wand zurückzudrücken. Die Zwischenräume zwischen den Figuren sind mit Styropor ausgestopft worden. Als Polsterung dienten Lagen aus Schaumstoff. Dann wurde ein Kasten gebaut und ausgeschäumt. Die Zulagen waren nicht weich genug, und Kleinteile sind abgebrochen. Von den Anwesenden kennt niemand die Details.

Mi, 15. Juni

Fr. Blänsdorf und Wang Liang setzen die Dokumentation des Abdrucks von T22G9:1 in Grube 1 fort. Beginn der Dokumentation eines kopflosen Offiziers mit Schürzenpanzer, der hinten in Grube 1 steht und keiner der vier dokumentierten Figuren dieses Typs ist.

Do, 16. Juni

„Plättchentests“ an Terrakottaplättchen mit originalen Lackschollen mit Zhang Shangxin diskutiert. Fortsetzung der Dokumentation in Grube 1.

Fr, 17. Juni

Fortsetzung der Dokumentationsarbeiten im Terrakottadepot: General T2G2:97 und ein weiterer Akrobaten werden untersucht.

14:00 F. Horn und C. Blänsdorf machen eine Arbeitsbesprechung mit den chinesischen Kollegen zur Planung der weiteren Arbeiten und Fragen in Zusammenhang mit der Bonner Ausstellung.

Sa, 18. Juni

C. Blänsdorf bucht ihr Rückflugticket um, um eine Woche länger in Lintong zu bleiben.

So, 19. Juni

C. Bländorf und Xia yin fahren nach Xi'an, um das hanzeitliche Grab zu besichtigen, das innerhalb eines neuen Universitätscampus gefunden wurde.

Zuerst warten sie auf den Mitarbeiter des Archäologischen Instituts der Stadt Xi'an im Tempel Qinglongsi. Dies war in der Tang-Zeit ein bedeutender Tempel, der auf einem Hügel am Stadtrand von Xi'an (heute innerhalb der Außenbereiche) gebaut wurde. Japanische Mönche kamen hierher, um von z.T. aus Indien stammenden Mönchen jene Lehren zu lernen, die den Zen-Buddhismus in Japan entscheidend prägen sollten. In den 1980er Jahren spendeten die Japaner Geld, um auf den ausgegrabenen Fundamenten den Tempel neu zu errichten, der somit eine Mischung von rekonstruierter Tang-Architektur und japanischem Stil wurde.

Herr Zeng Jiang ist am Archäologischen Institut der Stadt Xi'an als erster und einziger Restaurator angestellt und kennt Xia Yin und dessen Kollegen von der Ausbildung her. Das Grab liegt mitten in der Baustelle und ist kaum noch zu finden. Es ist 10,70 m unter der Erdoberfläche und besitzt nur eine einzige Kammer mit einer gewölbten Decke aus Ziegeln (Tonnengewölbe, max. Höhe 2,30 m). Seit der Entdeckung im Februar 2004 ist die Feuchtigkeit 70-76 % rF. Nach Konservierungsmaßnahmen an den Malereien wurden jetzt Becken mit Benzol aufgestellt, um die Insekten zu töten. In der Hitze sind die Dämpfe kaum zu ertragen. Probleme sind Algenbewuchs der Wände, Insekten und Schimmel, evtl. auch Salzausblühungen im unteren Teil der Wände sowie das Verblasen der einst sehr leuchtenden Farben. Als Festigungsmittel wurde Pfirsichgummi mit einem Zusatz an „Meidi“, einem Biozid aus chinesischer Produktion, aufgesprüht.

7. Woche

Mo, 20. Juni

Probeentnahme an B-0101, dem einzigen Fragment einer gelben Farbschicht aus der Terrakottaarmee.

Nachmittags Fahrt zu einem hanzeitlichen Gräberfeld zwischen Qin Shihuangling und Lintong (nördlich der Straße), das im Rahmen der Erschließung als Neubaugebiet notgeborgen wird. Grabungsleiter ist Duan Qingbo. Begutachtung der Keramik hinsichtlich Probenahme für Bindemittelbestimmungen, aber die Objekte erscheinen ungeeignet. Es handelt sich um rot und schwarz bemalte Keramik, die Farbschichten sind dünn und z.T. eher Engobe als kalt bemalt. Maltechnisch haben sie mit der Terrakottaarmee nichts gemein.

anschließend noch 2 Stunden im Terrakottadepot des Museums: Dokumentation des Rocks des „dicken“ Akrobaten.

Di, 21. Juni

Dokumentation von Farbresten im Terrakottadepot: „Minderheitenoffizier“ T19G10:24, General T15G5:15 und General T12G7:H93.

Besprechung mit den Lackexperten Hr. Yuan Songban und Liu Renrang, die Tests für die Lackierung der Figuren machen sollen

19:30 nach Museumsschließung Dokumentation des Generals T20G10:97 in der Vitrine in Grube 2.

Mi, 22. Juni

Dokumentation von Farbresten im Terrakottadepot: General T1G3:15, kniender Bogenschütze 02814, Tierpfleger 003171 und 02542, Pferd 02819-2.

Do, 23. Juni

Dokumentation von Farbresten im Terrakottadepot: stehender Infanterist T22G9: 4, 02528 (mit blau-violett changierendem Kragen)

Fr, 24. Juni

Nachforschungen zum Thema Generäle und Schwerter.

Die Theorie, dass die Generäle vom Typ 1 sich auf das Schwert stützen, scheint schwer zu belegen, da die beiden aus Grube 1, deren Standort nachvollziehbar ist, ohne Schwert gefunden wurden. Die Fundorte der

Schwerter sind allerdings aus den Grabungsberichten auch nicht klar zu erschließen. Falls das einzige Schwert, das in T2G2 gefunden wurde, zu General T2G2:97 gehört haben sollte, kann er sich nicht auf das Schwert gestützt haben: Der Abstand der Hände zur Bodenplatte beträgt nur 84 cm, das Schwert ist aber auch ohne Scheide und Griffknauf 94 cm lang.

Nachmittags Diskussion über Klimamessungen mit Rong Bo. Abflug von Felix Horn.

8. Woche

Mo, 27. Juni

Probenahme am Rock des Akrobaten Nr. 5 („dicker Akrobat“) und Pigmentbestimmung. Interessanterweise ist in Rock und Saum der Hauptbestandteil Knochenweiß, mit einem geringen Anteil an Zinnober. Durch den Brand ist nur der Rock, nicht aber der Saum verschwärzt, was für die Verwendung unterschiedlicher Bindemittel sprechen könnte.

Di, 28. Juni

Fahrt zum Zentrum für die Erhaltung und Restaurierung von Kulturgütern der Provinz Shaanxi. Besprechung über Ziele für die Fortführung des Projektes am Shuilu'an und Übergabe von Informationsmaterial für die Jubiläumspublikation. Vorbesprechung zum geplanten Besuch von Angelika Borchert.

Anschließend zusammen mit Wang Liang zu einer Ausgrabung am nördlichen Stadtrand von Xi'an, die ebenfalls von Duan Qingbo geleitet wird. Neben sehr schöner hanzeitlicher Keramik mit geometrischen roten Mustern wurde ein Grab der Sui-Zeit ausgegraben (datiert auf 581), in denen kleine Figuren von Tieren, Kameltreibern und Damen gefunden wurden. Die Damen sind 18 cm hoch. In Tüten sind abgefallene Farbpigmente aufbewahrt, von denen c. Blänsdorf aussuchen darf.

Mi, 29. Juni

Aufräumen des Labors und erste Pigmentanalysen an den sui-zeitlichen Proben. Besprechung wegen Ausstellung und Vorbereitung der Räume für ein Filmteam aus England, das am folgenden Tag filmen wird. Abends wieder Stromausfall in der halben Stadt

Do, 30. Juni

Abschlussbesprechung mit den chinesischen Kollegen über durchgeführte Arbeiten und Begutachtung der Proben von den Lackexperten. Sie arbeiten im Ausstellungsraum der Terrakottakopienfabrik und gießen Wasser auf den Boden, um die Feuchtigkeit zu erhöhen. Die letzten Aufstriche mit Rohlack ohne Zusatz (außer einem Schuss Xylol zum Verdünnen) sind ganz befriedigend geworden.

Abends: Ankunft von Lin Chunmei in Lintong

Fr, 1. Juli

Besprechung mit Kollegen über weitere Arbeitsaufenthalte und deren Schwerpunkte sowie dafür noch zu klärende Punkte. Auszahlung des Arbeitslohns von 1000 Yuan plus 466 Yuan für Material an die Lackexperten (entspricht ca. 150 Euro).

Sa, 2. Juli

Rückflug von C. Blänsdorf zusammen mit Lin Chunmei nach Deutschland

Chinareise vom 28. Mai – 25. Juni 2005

Felix Horn

Teilnehmer:

BLfD:

Felix Horn (FH)	28. Mai – 25. Juni 2005
Catharina Blänsdorf (CB)	09. Mai – 25. Juni 2005
Sandra Bucher (SB)	09. Mai – 05. Juni 2005
Alexander Schmid (AS)	09. Mai – 05. Juni 2005

ArcTron:

Martin Schaich (MS)	05. Juni – 13. Juni 2005
Lars Langheinrich (LL)	05. Juni – 13. Juni 2005

Museum Terrakottaarmee:

Shen Maosheng (SM), Fu Qianli (FQ), Mao Xiaofen (MX), Wang Liang (WL)

Samstag, 28. Mai 2005

Direktflug von München nach Beijing, Abflug um 19:00 Uhr.

Sonntag, 29. Mai 2005

Ankunft in Beijing um ca. 11 Uhr. Um 14:05 Uhr Abflug von Beijing nach Xi'an, Ankunft dort um 16:00 Uhr. Empfang durch die Kollegen Fu Qianli, Wang Liang und Shen Maosheng. Fahrt zum Hotel mit gemeinsamem Abendessen.

Montag, 30. Mai 2005

Besprechung und Planung von Aufnahmen für Panoramen. Vorbereitung von Digitalkamera und Stativ für digitale Panoramafotos. Um 12 Uhr Mittagessen in der Museumskantine. Um 14 Uhr Fahrt zur Grube der Steinpanzer (K98-01). Dort Mithilfe bei der Vorbereitung zur Bergung eines Steinpanzers. Videoaufnahmen der Bergung in der Grube.

Dienstag, 31. Mai 2005

Zusammentreffen mit Kollegen vom RGZM, die zum Austausch eines Bronzevogels nach Lintong gekommen sind. Um 12 Uhr Mittagessen in der Museumskantine. Besprechung und Planung der 3D-Scans in der nächsten Woche. Ab 14 Uhr Fotos von für die Ausstellung vorgesehenen Objekten im Museumsdepot.

Mittwoch, 01. Juni 2005

Bearbeitung der 3D-Modelle mit 3D-Software: Fehlerbeseitigung und Schließen von Löchern an den Daten der Scans vom Oktober 2004. Um 12 Uhr Mittagessen in der Museumskantine. Ab 14 Uhr Sammeln von Informationen und Literaturstudium zu den Armbrustschützen und Armbrüsten.

Donnerstag, 02. Juni 2005

Um 9:30 Uhr Besprechung mit deutschen (ohne AS) und chinesische Kollegen (SM, FQ, MX, WL, u. a.) über weitere Zusammenarbeit, Arbeitsaufenthalt in Deutschland, Filmaufnahmen 23. KW, Planung Ausstellung 2006. Zusammen mit Li Hua Übersetzung von chinesischen Texten zu Bogen und Armbrust. Um 12 Uhr Mittagessen in der Museumskantine. Am Nachmittag Vorbesprechung und Planung für die 3D-Scans in der nächsten Woche. Übersetzung von chinesischem Text über die Armbrust.

Freitag, 03. Juni 2005

Im Keller-Depot des Labortraktes Auswahl von Figuren für die 3D-Scans. Suche nach weiteren Figuren fürs Scannen in Pit No. 1 Ein Offizier mittleren Ranges („gekreuzte Träger“) war im Restaurierungsareal nicht zu finden. Um 12 Uhr Mittagessen in der Museumskantine. Am Nachmittag Bearbeitung der 3D-Modelle mit 3D-Software.

Samstag, 04. Juni 2005: Fahrt mit dem Bus nach Xian um Einzukaufen.

Sonntag, 05. Juni 2005

Um 15 Uhr Fahrt zum Flughafen Xian, um die beiden Mitarbeiter (Lars Langheinrich, Martin Schaich) der Fa. ArcTron abzuholen. Rückfahrt zum Hotel mit anschließenden gemeinsamen Abendessen (MS, LL, FH).

Montag, 06. Juni 2005

Im Depot-Raum im Keller des Restaurierungsgebäudes Aufbau und Kalibration der beiden 3D-Scanners sowie des übrigen Zubehörs. (Scanner: 2 x QT Sculptor, Fraunhofer Institut). Beginn mit der Vermessung des knienden Armbrustschützen T21G18-01, dabei Kopf mit kleinerem Messfeld (Abstand: ca. 0,9 m, Messfeld: ca. 0,3 x 0,3 m) erfasst. Um 12 Uhr Mittagessen in der Museumskantine. Am Nachmittag Vermessen von T21G18-01 und T21G18-03. Anfertigen von Dokumentationsfotos des Kriegers T21G18-01 „mit dem grünen Gesicht“.

Dienstag, 06. Juli 2005

Am Vor- und Nachmittag filmen der „3D-Vermessung“ durch Fernsehteam der Gruppe-5-Produktionsgesellschaft für ZDF-Dokumentarfilm. Am Nachmittag Scannen von Details an Figur T21G18-03. Erfassung von fehlenden Bereichen an Figur T21G18-01.

Mittwoch, 08. Juni 2005

Am Vormittag Scannen mit hoher Auflösung von Details an Figur T21G18-01 (Insgesamt ca. 66 Scans). Vermessung des stehenden Armbrustschützen 02817 mit hoher Auflösung (Kopf) und des Generals T2G2:97 (00847) mit niedriger Auflösung. Am Nachmittag Anfertigen von Dokumentationsfotos des Kriegers T21G18-03. Dokumentation der Farbigkeit von T21G18-03 und 02817. Scannen des Generals T2G2:97 und des Kriegers T21G18-03 fertig gestellt.

Donnerstag, 09. Juni 2005

Die Vermessung des Kriegers T21G18-03 wird fertig gestellt. Erfassung von fehlenden Bereichen an Figur T21G18-01. Dokumentation des Generals T2G2:97 mit Video-Kamera. Anfertigen von Digitalfotos zur Texturierung des Kriegers T21G18-03. Der bronzenen Verschluss einer Armbrust wird eingescannt.

Freitag, 10. Juni 2005

Anfertigen von Texturfotos für die Figuren T21G18-01, T2G2:97 (00847) und 02817. Scannen von fehlenden Bereichen der Figur T2G2:97. Abbau der Scan-Systeme und Einpacken der gesamten Ausrüstung für die Rückreise.

Samstag, 11. Juni 2005

CB und FH zusammen mit den Mitarbeitern von ArcTron (MS, LL) und drei Kollegen vom RGZM Wanderung im Lishan-Gebirge bei sehr hoher Temperatur (über 35 Grad!). Am Abend Fahrt nach Xian (CB, FH, MS, LL) aufgrund einer Einladung zum gemeinsamen Abendessen vom Regisseur der Gruppe-5 Hr. Twente. Dort Zusammentreffen mit Mainzer Kollegen und Fr. Ho Gailing und ihrem Mann.

Sonntag, 12. Juni 2005

Fahrt nach Xian mit kurzer Stadtbesichtigung und Einkaufen von Souvenirs. Am Abend Abschiedessen in kleinem Kreis für die beiden ArcTron-Mitarbeiter (MS, LL, CB, FH).

Montag, 13. Juni 2005

Am Vormittag in Grube Nr. 1 Vorbereitung für die Dokumentation von Farbabdrücken im Boden. Dazu Verlegen von Stromkabeln, Reinigen der Abdeckung und der betreffenden Stelle mit Pinsel und Staubsauger, Dokumentationsfotos. Um 12 Uhr Mittagessen. Am Nachmittag Sortieren und Speichern von Digitalfotos. Vorbereitung für Panoramafotos am nächsten Tag.

Dienstag, 14. Juni 2005

Fahrt zum Shuilu'an Tempel, Besichtigung und Mithilfe beim Anfertigen von Dokumentationsfotos.

Mittwoch, 15. Juni 2005

Am Vormittag Erstellung von Panoramafotos in Pit No. 1. Mittagessen um 12 Uhr. Am Nachmittag Diskussion mit Rong Bo über Bauweise der Armbrüste in der Grabanlage des Qin Shihuang.

Donnerstag, 16. Juni 2005

Am Vor- und Nachmittag Erstellen von Digitalfotos für Panoramas in Pit No. 2. Zusammen mit Meng, FQ, ShaoWenbin, FH.

Freitag, 17. Juni 2005

Ganztägig Studien zur Farbigkeit und Erstellen von Digitalfotos der gescannten Figuren im Depot der Labors des Terrakottamuseums.

Samstag und Sonntag, 18./19. Juni 2005:

Lintong

Montag, 20. Juni 2005

Am Vormittag Besuch bei Prof. Zhou Ming Quan, Dekan des Lehrstuhls für Computerwissenschaften an der Northwest Universität Xian und Gespräch über seine Arbeit: Zusammensetzen von Fragmenten von Terrakottakriegern am Computer. Am Nachmittag Zusammensetzen eines Panoramas in Pit No. 2. Studien zur Farbigkeit und Erstellen von Digitalfotos der gescannten Figuren im Depot der Labors des Terrakottamuseums.

Dienstag, 21. Juni 2005

Am Vor- und Nachmittag Studien zur Farbigkeit und Erstellen von Digitalfotos der gescannten Figuren im Depot der Labors des Terrakottamuseums. Am Abend Studien der bronzenen Armbrust der Bronzekutsche im Ausstellungsgebäudes. Dazu wurde die Armbrust extra außerhalb der Besuchszeiten aus der Vitrine entnommen und bereitgestellt (!)(Wang Dongfen, FQ, MX, WL).

Mittwoch, 22. Juni 2005

Ganztägig Studien zur Farbigkeit und Erstellen von Digitalfotos der gescannten Figuren im Depot der Labors des Terrakottamuseums.

Donnerstag, 23. Juni 2005

Ganztägig Studien zur Farbigkeit im Depotraum. Am Abend um 18 Uhr Fahrt nach Xian und Besuch von deutschen Kollegen vom RGZM und Besichtigung der aktuellen Arbeiten in den Werkstätten. Danach gemeinsames Grillen mit den Kollegen im Garten. Rückfahrt nach Lintong mit dem Taxi um ca. 24 Uhr.

Freitag, 24. Juni 2005

Am Nachmittag Erstellen und Bearbeiten von Panoramen aus Grube No. 1. Vorbereitungen für die Rückreise.

Samstag, 25. Juni 2005

Rückflug nach Deutschland von Xian um 7:50 Uhr über Beijing nach München. Ankunft in München um 17:40 Uhr.



Arbeitsfoto: Depotraum des Restaurierungsgebäudes, Martin Schaich und Felix Horn beim Anfertigen von Digitalfotos zur Texturierung des 3D-Modells.

Travel report on the journey to the international Symposium on the International Symposium on Yungang Studies in Datong, August 26-30, and Buddhist temple tour back to Xi'an. July 23 to August 3, 2006

Catharina Blänsdorf

Aim of journey and subject of the symposium

Datong is located in the north of Shanxi Province. Today it is mainly known as industrial and coal mining area. The city has about 1 million inhabitants. It lies about 1200 m high, so it is always rather cool. Though looking like any poorer middle-sized city in China today, Datong has an interesting history: It has been the capital of China in the Northern Wei dynasty (304-439). The Northern Wei was a Dynasty of the Tuoba, a non-Chinese Turk tribe, which established their capital in Datong in the late 4th century. From the population they took over the Buddhist belief.

In the 5th century, a grotto temple complex was built about 25 km from Datong in a ca. 1 km long cliff overlooking the Wuzhou river. It is called *Yungang shiku* (Cloud ridge temple). The early cave of Yungang show a discernable Western (i.e. Indian and Central Asian) influence in architecture (with pillars in the antechambers) and the style of sculptures. Yungang is famous as one of the biggest and earliest grotto complexes.

Datong again gained importance in the Liao dynasty (907-1125). In this time of the division of the Empire this northern city close to the border (Liao was one of the “Foreign Dynasties at the northern frontier parallel to the Song Dynasty which resided in the south in Nanjing after Xi'an had been overrun and lost to the ‘northern barbarians’). Although the old city structure has mainly disappeared like in most Chinese cities, some of the old temples are still existent. Their style is very different from the ones in Shaanxi. The architecture has been renovated, but inside are painted clay sculptures from Liao and Song dynasty.

The participation in the congress was combined with another work stay in Lintong. There are two possibilities to get from Datong to Xi'an, either taking the fast train back to Beijing and then to Xi'an or taking busses and slow trains to Xi'an. As the route from Datong to Xi'an passes the Wutaishan area, Taiyuan and Pingyao anyway it was decided to visit these important places. Shanxi is renowned for the Buddhist temples with clay sculptures. Some of these temples, dating from Tang to Ming Dynasty could be visited.

Wutaishan is one of the five holy Buddhist Mountains. The Bodhisatva Manjusri (*wenshu pusa*) often depicted as riding a lion is specially worshipped here. There are numerous monasteries of different religious schools in the valley. In the surrounding mountain area temples and monasteries have survived almost unchanged in places so remote that there is still no street today. The buildings and the sculptures inside go back to the Tang Dynasty. The temples are extremely interesting regarding a comparison to Shuilu'an and historical sculpture polychromy as at least some of the sculptures are not repainted many times.





Yungang grottes, grotto with "Western style" stone pillars at the front hall



Yungang, cave with large Buddha (6th cent. AD)

2005 International Symposium on Yungang Studies

The subject of the congress was divided into two sections, conservation of grottoes and art history which were held at the same time. In the conservation section, all important grotto sites are presented and many renowned Chinese archaeologists, conservators and restorers are presenting or attending, e.g. Zhang Tinghao, Ma Sichang, Huang Kezhong, Ge Xiurun, Li Zuixiong, Du Xiaofan and others.

The presentations focus on stone degradation, water penetration and solutions to combine preservation and tourist interests. The sites are located all over China. Besides many Buddhist cave grottoes, there are also some of the stone monuments which will be lost or flooded when the Three-Gorges-Dam is finished.

Several presentations focus on air pollution which is drastic around the big cities in China. After Beijing/Tianjin and Shanghai/Souzhou Xi'an which are the worst, Xi'an is on second place. The influence of polluted air not only on humans, but also on historical sites is rising into focus. Other subjects are site management and financial questions of conservation.

There are some interesting considerations on the problem of erosion of the cliff surfaces of grotto sites. The most spectacular presentation is a model of a giant perspex dome covering the whole site of Yungang, with a wall in front of the complete cliff and of every wall.

Program

July 24

Arrival in Beijing. Visit of the Museum for the City Development which shows plans, models, photographs to present projects for the urban management and planning. Most impressive are a large-scale model and a 3-D animation which present the situation and the future of the Beijing area.

July 25

Meeting with Lin Chunmei and three of her students and transfer to Beijing West Station. Train to Datong (15:05 – 20:30). The congress participants are staying in Datong Hotel which is the best Hotel in town. Mr. Bai Chongbin from the Center for Preservation in Xi'an, Mr. Xia Yin and Mr. Zhou Tie from the museum of the terracotta army are also there.

July 26

Opening of the congress: Unfortunately there is no translation. The few foreigners partly speak or understand Chinese as they are Korean or Japanese. C. Blänsdorf is the only

participant from the western part of world and one of two who do not understand Chinese at all. The Taiwanese help to translate and by this way most of the presentations about conservation are understandable in larger parts, but in the section about Buddhist art there is no chance to understand anything.

In the afternoon, visit of Yungang grottoes in the rain. The street passes by ‘villages’ which have developed around coal mines. Everything is black, shabby and bleak. The grottoes are located in a sandstone cliff. They date from the Northern Wei Dynasty (century AD) and are well preserved. Problems are coal dust, water penetrating into the caves and erosion of the cliff surface.

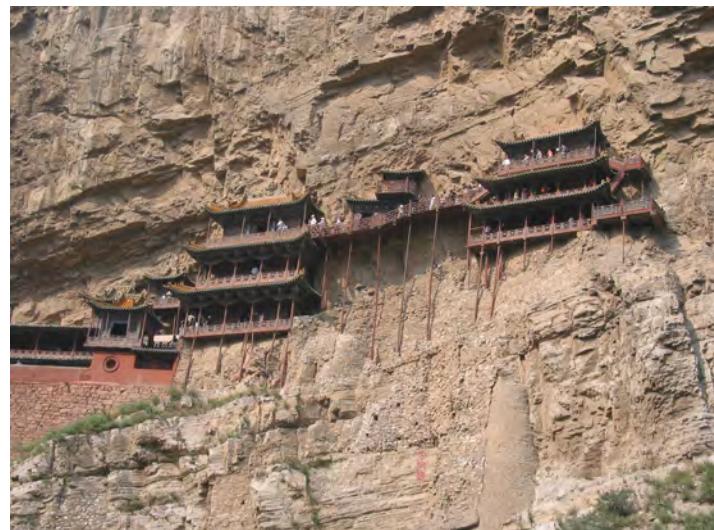
July 27 -29

Presentations

July 30

Tour offered as part of the symposium: The bus tour goes to the *Xuankongsi* in Hengshan mountains. The temple complex is built around some caves in a steep cliff, half way up the cliff faces. Long poles support galleries and entrance facades which give the construction a fragile appearance, the buildings look like on stilts.

Xuankongsi (Hanging Monastery in Mount Henshan)



In the afternoon visit of the temples in Datong:

Huayansi is a double temple complex. Both temples are built on platforms which ones overlooked the living areas. At that time they were close to the Imperial court which The main halls are large. Inside there are beautiful clay sculptures. The ones in the smaller temple which is transformed to a museum today are from Liao dynasty. There are plans that the Center for Preservation and Restoration of Cultural Property in Xi'an will do some investigation here (as part of the roll as key research laboratory for earthen and brick materials).

Shanhuasi is another big temple more in the modern center of the city. It has three big halls. The sculptures are from early Ming Dynasty. Close by, there are remains of the Han Dynasty city wall built in clay. A bell tower is standing on the main street surrounded by modern buildings. Through one remaining old street with small houses to a catholic church from the 19th century. Like every day at 5 o'clock an almost tropical thunderstorm rises although it is rather cool in Datong.

July 31

Together with 13 other participants bus tour to Wutaishan. The bus including driver and guide are chartered in Datong. On the way there are several discussions because the congress participants want to see sites not envisioned in the normal tour. There is a hard bargain about the price, but in the end, the participants get to see what they preferred.

First stop is Yingxian *mu ta*, a wooden pagoda built in 1056 in the Liao dynasty. It is the oldest and highest wooden pagoda of this time still existent today (67 m high). It is about 70 km from Datong, still in the plane before the road goes up into Wutaishan mountains.



Mu ta ('wooden Pagoda) of Ying xian



Xiantongsi, gilded copper hall

The road to Wutaishan winds through a mountain area without cities or villages. among the many flowers there are “Enzian” and “Edelweiss”. The center of Wutaishan (‘Mountain of Five terraces’) is a small town in the valley between the five peaks surrounded by the mountain peaks which are up to 3000 m high. Temples and monasteries are imbedded in the mountains. Some of the 47 still existing ones could be visited: *Longxuansi* (with holy spring), *Shuxiangsi* (built in Yuan Dynasty (1271-1368)), *Xiantongsi* (one of the largest ones, existing since 68 AD, possessing a gilded bronze hall), *Luotongsi* (a Lamaist temple with a lotus flower which opens and closes the petals around a Buddha when an invisible handwheel is turned).

July 31

The bus tour continues to see two more temples from the Tang Dynasty which are located in remote places in the surrounding of the Wutaishan mountain area.



Nanchangsi, main hall, Tang Dynasty

The first one is *Foguansi*, a large complex on the mountain slope, the main hall high above the others and beautiful flower gardens kept by the monks.

The second is *Nanchangsi*, a smaller temple next to a village built as caves in the clay cliffs. *Nanchangsi* is the oldest temple of all: Not only the sculptures, but also the complete architecture dates from Tang Dynasty (built around 870 AD). The peasants are astonished to see the second tourist bus arrive that day over a bumpy narrow dirt road: Normally tourists only come there once a year or even less often.

In Xinzhou the tour ends and the group splits up. Bus to Taiyuan and from Taiyuan to Pingyao. Arrival at 20:30.

August 1

Visit of Pingyao, which is completely protected as Ming and Qing Dynasty town. As it was a rich bank city the houses were built quite solid and therefore survived time in a rather good condition. The city wall is still intact. Today Pingyao is very touristy and resembles a museum city although it is still inhabited. It is one of the few examples of a preserved 19th century city in China.



Pingyao, Business Street

Motorcycle rickshaw ride to *Shuanglinsi*, a large temple complex from the Ming Dynasty, built in 1450-1560. Of all temples this one has the most similarity to Shuili'an. At five o'clock Pingyao is soaked in a thunderstorm that overstrains the canalisation.

August 2

Tour to *Zhenguozi*, about 30 km (45 minutes by rickshaw) from Pingyao, a temple of the Five Dynasties (907-960), but renovated several times. Visit of Pingyao business street and city tower. In the evening night train to Xi'an. Arrival the next morning at 6:30 am.

Observations on the clay sculptures

- All large-scale sculptures have glass eyes, already the ones in Nanchangsi.
- The inner structure of the sculptures is made of wooden sticks and poles. In Shuanglinsi also constructions of joint wooden slats are visible below the bases.
- In Nanchangsi a thick string is visible used as core for a stole of a *jingang* sculpture, in Shuanglinsi wires are used for fine constructions.
- In Zhenguozi also tiles are used (roof tiles inside the feet).
- The mandorlas are carved in wood and only covered by a thin layer of clay.
- In Shuanglinsi painted wooden constructions are combined with clay sculptures.
- The book on Foguansi contains technological information which should be translated.
- All historical paint layers appear matt and are – as damages show – water-soluble.
- The binding medium used for the ongoing repainting of the architecture at the Longxuansi was named by the painters as 虫精 *chong jing* ? what does not make sense (maybe 虫清 for 虫胶清漆 *chong jiao qing qi* = shellack varnish ?).

Bericht über den Arbeitsaufenthalt in Lintong, 4. bis 19. August 2005

Catharina Blänsdorf



Besuch von Lin Chunmei mit Studenten im Labor;
Begutachtung des zu klebenden Bogenschützen SH 001



Stehender Buddha (um 500 n. Chr.)
nach Reinigung und Festigung

Der Arbeitsaufenthalt fand im Anschluss an die Teilnahme an der Tagung in Datong statt. Ziel war im Wesentlichen eine Einführung zum Thema Festigung pudernder Malschichten sowie die Klärung von Detailfragen, die beim letzten Aufenthalt offen geblieben waren.

1. Woche

Do, 04. August

Besprechung im Museum der Terrakottaarmee über gegenwärtige Arbeiten und Wünsche für die Zukunft

Nachmittags sind Lin Chunmei mit ihren Studenten und ein Filmteam von CCTV im Labor des Museums

Fr, 05. August

Besprechung im Zentrum für die Erhaltung und Restaurierung von Kulturgütern der Provinz Shaanxi in Xi'an, an der Direktor Hou Weidong, Ma Tao und Qi Yang teilnehmen.

Sa, 06. und So. 07. August

C. Blänsdorf besucht mit Lin Chunmei und Studenten Sehenswürdigkeiten in Xi'an.

2. Woche

Mo, 08. August

Begutachtung der Gipskopien für die Rekonstruktion der Fassung, die im Vergleich zu Anfang Mai unverändert aussehen.

Zhang Shangxin ist mit der Klebung des knienden Bogenschützen SH001 beschäftigt, den er fertig bearbeiten muss, bevor er nach Beijing geht. Geklebt wird wie eh und je mit braunem Epoxidharz, das überall herunter läuft, Drahtbürsten zum Abschmirlgeln der originalen Bruchkanten, Gipsplombe auf den Oberflächen als temporäre Fixierung und Zementkittungen. C. Blänsdorf verhindert, dass die neu gebaute Plexiglaskiste für die Klebung missbraucht wird und nimmt eine mit PU-dispersion verschmierte Hostaphanfolie ab, die den Rücken der Figur bedeckt und nicht entfernt wurde. Die Farbfassung ist in dem angetrockneten PU-Film eingebunden und löst sich dabei ab.

C. Blänsdorf macht Versuche, die Oberfläche der buddhistischen Sandsteinstele zu reinigen, bevor sie mit Kieselsäureester gefestigt wird, aber die Zuständige aus dem Beilin-Museum beschließt, dass die Festigung sofort gemacht werden soll. Also wird die Stele halb gereinigt in Kieselsäureester gelegt.

CCTV filmt immer noch.

Di, 09. August

C. Blänsdorf setzt Hausenblasenleim an und macht, nach eingehender Diskussion mit Rong Bo und einem Studenten einen Versuch, durch Aufsprühen von 3 % Hausenblase die pudernde Farbfassung der buddhistischen Steinfiguren zu festigen (Prof. Zhang Zhijun und Zhou Tie hatten PU (!) empfohlen, das natürlich grauenhafte Flecken gebildet hat.) An einer Probefläche ist die Festigung mit Hausenblase insofern erfolgreich, als eine verbesserte Haftung ohne Fleckenbildung und Farbveränderung erzielt werden kann. Die Chinesen hätten allerdings gerne eine stärkere Sättigung der Farbschicht, die aufgrund des abgebauten Bindemittels sehr hell und matt erscheint. Um „Wasserränder“ zu vermeiden, muss mit Ethanol vorweg gesprührt werden.

Mi, 10. August

Erstellung von Poster über Farbmittel der Terrakottaarmee zusammen mit Xia Yin und Diskussion über Klebemittel für Terrakotta mit Zhang Shanxin.

Do, 11. August

Reinigung einer stehenden Buddhafigur (mechanisch, z.T mit Wasser) als Vorbereitung der Festigung. Die Fassung ist extrem wasserempfindlich, bis auf Partien mit einem ölig wirkenden Bindemittel, das wohl Anlegemittel von Blattgold war. Wässrig reinigen lassen sich somit nur die ehemals vergoldeten Partien und Steinoberflächen ohne Farbfassung, was jedoch zu einer erheblichen Beruhigung des Gesamteindrucks beiträgt.

Fr, 12. August

Photographieren im Terrakottadepot und Dokumentation der Fassung am kleinen Akrobaten Nr. 6.

3. Woche

Mo, 15. August

Korrekturen an der neuen Version der Poster über das Projekt

Nachmittags Festigung der Farbfassung an einem kleinen Testfeld am bereits gereinigten Sockel des Buddhas durch Aufsprühen einer 2%igen Hausenblasenlösung. Das Resultat ist sehr gut.

Fortsetzung der Reinigung des Buddhas.

Di, 16. August

Besuch von Annette Juliano, Professor of Art, Rutgers University und einer weiteren Dame aus New York, welche die buddhistischen Steinfiguren evtl. für eine Ausstellung ausleihen möchten.

Die Klebungen des Bogenschützen gehen weiter, durchgeführt im Wesentlichen von einer Arbeiterin, die seit Beginn der Ausgrabungen daran mitarbeitet und ansonsten die Putzfrau des Labors ist. Im großen Raum, in dem wir arbeiten, regnet es durch das Dach herein.

Mi, 17. August

Fortsetzung der Festigung an den Steinbuddhas und weitere Dokumentationsarbeiten im Depot. Die Arbeiterin entfernt die temporären Gipsstabilisierungen mit Hammer und Meißel, Klebung und Kittungen sind fast abgeschlossen.

Do, 18. August

Fotos von ausgewählten Fragmenten in Erde, auch Makrofotos der Oberflächen

Fr, 19. August

Besuch im Zentrum für die Erhaltung und Restaurierung von Kulturgütern der Provinz Shaanxi. Ein detailliertes Programm für die zukünftige Zusammenarbeit wird diskutiert, für das folgende Punkte vorgeschlagen werden:

1. **Weathering of ancient bricks:** Ziel ist Verständnis von Verwitterungsprozessen und Entwicklung von Gegenmaßnahmen. als Objekte werden vorgeschlagen: Glockenturm und Trommelturm in Xi'an woei Stadtmauer. Alle drei haben einen Stampflehmkern und eine Ziegelverkleidung und stammen aus der Ming-Dynastie.
Überprüfung schon gestester Festigungsverfahren und -materialien
2. **Earthen structures:** Stampflehmgebäude der Han- bis Tangzeit sollen konserviert werden. Als Objekte werden vorgeschlagen: Chengle gong (Chengle Palast) nördlich von Xi'an (Han), Daming gong (Daming Palast), in demselben Areal (Tang), ca. 100 m langer Abschnitt der tangzeitlichen Stadtmauer, der in der heutigen Nähe des *zhuque* Tors erhalten ist.

Yangling: Erhaltung von Erdstrukturen in Zusammenhang mit Polychromieerhaltung, die z.T. dieselbe Problematik wie die Terrakottaarmee des Qin Shihuang aufweist. Hier sollen 2006 und 2007 Maßnahmen stattfinden.

Neben diesen archäologischen Stätten ist das Zentrum auch an der Entwicklung von Methoden für noch stehende Lehmgebäude interessiert, wie in Xinjiang, in deren Konservierung sie auch involviert sind. Die Mauern der Städte der Han- bis Tangzeit wie Jiaohe und Gaochang oder zahlreiche Wachtürme stehen in dieser extrem regenarmen Wüstenregion noch mehrere Meter hoch, sind jedoch auch von zunehmendem Verfall bedroht.

3. **Wooden structure with polychromy:** Vorgeschlagen wird die mingzeitliche Holzkonstruktion in der mingzeitlichen Halle Gongshutang bei Huxian (30-40 km von Xi'an entfernt), die vergoldet und bemalt ist.
4. Shuiyu'an: Von Interesse sind hier die Konservierung der Lehmstrukturen und die Untersuchung und Erhaltung der polychromen Skulpturen

In Lintong sehr nettes Abschiedsessen mit Zhao Kun und weiteren Mitarbeitern des Labors (Zhou Tie, Rong Bo, Xia yin, Liu Jaingwei und der Fahrer Liu).

Sa, 20. August

C. Blänsdorf kehrt nach Deutschland zurück

Summary on the work stay 2005 in Munich

Shen Maosheng Wang Dongfeng Mao Xiaofen Fu Qianli Wang Liang

During the six weeks of the stay (September 2 to October 15) we have worked together with the German colleagues, on the following subjects: analysis of the bronze bird's element; restoration of the stone armours; work on the polychromy; study of the photoshop; visiting to some historical sites.

1. Analysis of the bronze bird's element

Shen Maosheng

1.1 We took three samples from 10th bronze bird of pit No.7.

No.1: 4*2*3mm

No.2: 4*2*2mm

No.3: 8*4*3mm.

From September 14 to September 27 we did SEM analysis.

The program is:

A: made a description of the condition

No.1: there are two kinds of corrosion on the surface. One is green, the other is red. At the other side is bronze and there are many traces of tools on it.

No.2: there are green corrosion on the surface. Under the surface is brown corrosion. At the other side is bronze and there are many traces of tools on it.

No.3: The first layer is earth, the second is green corrosion, under the green corrosion is brown, on the side is bronze and there are many traces of tools on it.

1.2 Result of the microscopic analysis

In the profile section three layers can be distinguished: the green patina, the red copper oxide (Cu_2O) and a layer of not oxidised copper.

1.3 Choose suitable part and imbedding

From No.1 and No.3, we took one part which corrosion layers are clear. Using thread saw cut them out, then imbedding the samples. Finally we use polishing sand paper (grain size 200~10000)

1.4 Result of the element.

We send the sample to the experts Martin Mach and Christian Gruber, did ESM analysis. Result of element: it consists of copper and tin only, lead and zinc are below the detection limits of our SEM-EDX (lead<0.3percent, zinc<0.7%). Roughly estimated the overall chemical composition should be close to CuSn8, i.e. a tin bronze consisting of about 92% copper and about 8% tin, the alloy is a typical cast tin bronze with about 8% tin.

2、Work on the Analysis of the Polychromy

Fu Qianli Wang Liang

We have brought nine samples of polychromy which came from kneeling archer, named T21G18 试 001 in pit No. 2. we have two The purpose of analysis , on one hand, is to obtain the layer constructer and composition of polychromy, on the other hand, to master exactly analysis method with kinds of machine and work program.

2.1 Made the table and recorded information of samples (include: sample number, date, sketch, material/structure, color)

2.2 Investigation and description surface of samples with normal microscope before making samples for cross section.

Table 1. Description of samples with normal microscope

Date. 13.9.2005

Sample No	Material/Structure	Colour	Question
005/99 T1-T3	Lacquer on the surface of green pigment which on the soil	The first layer is black, the second layer is green	Layers structure and identify material
005/99 2#	Lacquer on the green which on the yellow	The first layer is black, the second is green, the third is yellow	Layers structure and identify material
008/03 2#	Lacquer on the surface of blue pigment which on the yellow pigment, hen soil	The first layer is black, he second is blue, the third is yellow, the last is soil	Layers structure and identify material
003/99 R-L	Lacquer on the surface of white pigment, then soil	The first is black, the second is white	Layers structure and identify material
007/99 A-a4	Lacquer on the surface of white pigment, then soil	The first is black, the second is white	Layers structure and identify material
003/99 A-a5	Lacquer on the surface of pink pigment, then soil	The first is brown, the second is pink	Layers structure and identify material
005/2000 T1-T3	Lacquer on the surface of blue pigment, then soil	The first is black, the second is blue	Layers structure and identify material
002/98 Y-B	Lacquer on the surface of read pigment, then soil	The first is black, the second is red	Layers structure and identify material
002/98 T1-T2	Lacquer on the surface of blue pigment, then soil	The first is black, the second is blue	Layers structure and identify material

2.3 Imbedding the sample with resin (Technovit 2000 LC), then, which were hardened with blue light machine (Technotray CU), after that, polishing samples.

2.4 Investigation samples with adventure microscope

Table 2. Description of sample with adventure macroscope Date. 21-22.9.2005

Sample No	Investigation/Analysis (direction: from lacquer to soil)
005/99 T1-T3	The first layer is lacquer, some of which go into the pigment; the second layer is green pigment, grain of which is big and clear, then soil.
005/99 2#	The first layer is lacquer, the second layer is green pigment, a little blue grain in which; the third is yellow pigment, a little red grain in which.
008/03 2#	The first layer is lacquer, the second is blue pigment, the grain of which is bigger, some part express green, this layer is thin; the third is yellow; then soil.
003/99 R-L	The first layer is lacquer; the second layer is white pigment; then soil.
007/99 A-a4	The first layer is lacquer; the second layer is white pigment; then soil.
003/99 A-a5	The first layer is lacquer; the second layer is orange pigment, some white point in which; then soil.
005/2000 T1-T3	The first layer is lacquer, some of which go into the pigment; the second layer has two parts, blue and yellow; then soil.
002/98 Y-B	The first layer is lacquer; the second layer is red pigment, the grain of which is tiny; some lacquer already has become warped with red pigment; then soil.
002/98 T1-T2	The first layer is lacquer; the second layer is blue pigment, a little red and yellow point in which; then soil.

2.5 Selected four samples for SEM. We found main elements of different colour.

Table 3. Results of SEM analysis

Sample No.	Colour	Main elements
005/99 2#	Blue and Green	Al,Si,Cu,Fe,K,Ca
005/99 T1-T3	Green	Al,Si,Cu,K,Ca,P
002/98 Y-B	Red	Al,Si,S,Hg,K,Ca,Na
002/98 T1-T2	Blue	Al,Si,Cu,K,Ca,Mg

Conclusion: Al, Si, K and Ca from soil; Cu is the main element of green and blue pigment; Hg and S are main elements of red pigment.

2.6 Made samples and investigation with PLM, and determine pigment

Table 4. PLM determination of pigments

Taken from sample No.	colour	shape	n	pleo	iso	ani so	extinction	IF	remarks	result
007/99 A-a4	white	rounded	<1.662			✓	undulose	White low	Very few particle in sample	Bone white $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
002/98 T1-T2	blue	angular	>1.662			✓	complete	Blue high		Azurite $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$
002/98 T1-T2	green	angular	>1.662			✓	complete	Green high		Malachite $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)$
007/99 A-a4	white	Rounded average size: 25 μ m	<1.662			✓	undulose	White low	Tiny grain of red is round white grain; black spot on the white surface	Bone white $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
007/99 A-a4	red	Angular average size: 0.75 μ m	>1.662			✓	complete	Red high	Very high relief	Vermilion HgS
002/98 Y-B	red	angular	>1.662			✓	complete	Red high	Some particle is very tiny	Vermilion HgS
008/03 2#	yellow	rounded	>1.662			✓	undulose	Yellow high	Some white is transparent particle	Yellow to brown ochre
008/03 2#	white	angular	<1.662			✓	complete	White low		Quartz SiO_2
005/99 T1-T3	green	angular	>1.662			✓	undulose	Green high		Malachite $\text{Cu}_2(\text{OH})_2(\text{CO}_3)$

So, we can determine the composition of pigment exactly with SEM and PLM.

3、On the stone armours

(1) make a trestle for the stone armours that will exhibit in Bonn next year , these stone armours were disinterred in the pit.K9801 of the tomb of Emperor Qin Shihuang in 1998. Sandra Bucher, Xia Yin and Wang Dongfeng extracted them by way of cyclododecane in 2004. We choose the plexglass as the material for the trestle .so the back side of the stone amour will be on show in the exhibition. We restored some parts before 3D work.

A. Clean the surface of stone armours.

a. clean the earth on the surface of the stone armours.

At first we brushed off the dirt using soft brush, it was easy to do, about some parts detail that were very stiffly, we did some test, we put some 100% alcohol as relaxtion reagent before cleaning, then we can use cleaning machine and knife .

b. Clean the surface of copper wires of the stone armours.

There were some stiff earth and bronze corrosion on the surface of copper wires. We clean them with clean knife machine. But the copper wires were rust badly. So we can only clean a little corrosion.

The test and discuss is still not finished.

B. glue the stone armour plates.

We choose two different adhesives for the restoration of the stone armours.

Table 5.

Material	consistency				
Mowital in ethanol	2.5%	5%	15%	30%	30%+gypsum+carbon+pigment
B72 in acetone	15%	30%	50%		

We percolate 2.5% and 5% Mowital to some stone armour plates that were not strong. We usually glue the stone armour plates with 30% Mowital. We need use 15% Mowital when we can not touch whole crevasse, because it flows better than 30% Mowital. There are four plates were fired badly and can not coalesce completely. We choose 30% Mowital +gypsum+carbon+pigment as crowed. The copper wires were glued with 30% B72 or 30%. But the result is not better yet. The test will go on.

C. Make the trestle of plexglass. It is not finished now yet.

(2) Restored some stone amour plates that were fired 2,200 years ago.

These parts of stone armours were fired badly 2,200 years ago. We could not touch some parts nearly. So we percolate them with Kse300 and then clean the surface with clean knife machine. But this work have not finished because we have much time.

(3) Analyses of the copper wires of the armours.

Altogether three samples of the copper wires, showing same states of preservation, have been examined with REM-EDX for analysis of the not-corroded core of the copper wire.

The results of states of preservation are:

Table 6. Analyse of spectrum shows that alloying elements are Cu,Pb,Sn,Fe.

	Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Ag
1	90.6	7.9	0.3	<0.1	0.4	0.1	0.2
2	88.5	9.2	0.2	<0.1	0.3	0.2	0.1
2	88.1	8.8	0.8	<0.1	0.4	0.1	<0.1

The results of the states of preservation are not same with before analysis. This show the main elements of the copper wires is made up of Cu, Pb, Sn. Fe and Zn mostly comes from the sediments of surrounding. And the composition of copper wires is not uniform.

4、Learning photoshop

During this period, Felix Horn taught us how to use photoshop software to progress pictures, we think this technique is very useful for us, especially in drawing sketches and repaired effect pictures.

5、Visiting to some historical sites:

Working in Germany colleagues arranged to visit some sites.

5.1 Laboratory BLfD

2005/09/05

We visited all labs of BLfD. The labs can be divided into many special sections, fresco, metal, wood, archaeological workshop and analysis studio. We felt equipment is very advance and each person has its own item.

5.2 Modern gallery

2005/09/16

we visited the modern gallery, the shows can divided into painting, sculpture, furniture, electrical equipment, transportation and city design. From it we got some knowledge of modern arts.

5.3 Lecture

2005/09-20

The expert of pest control for artefacts, Mrs. Binker gave us a lecture on wood, protect and visited a church.

In the morning, he introduced the different kinds of pests and the growing stages. According to the different situation use different ways, and each of the advantage and disadvantage, and introduced the protective project, they have been doing: using vikane (SO_2F_2) kill pests.

In the afternoon, we visited a church, seeing the program they are doing.

A: sealing the whole building. Using trap cover the church, and the paper stripe glue to connection areas and small pit, sealing whole building.

B: pour the SO_2F_2 gas into the building through the tube before it, must measure the time and amount of drug to get a good effect. Because SO_2F_2 is a kind of poisonous gas, to avoid pollution atmosphere, we should recycle the remain part of gas.

Through this lecture and visitation, we know how to do pest control for artefacts.

5.4 Visiting a castle

In the afternoon of October 4th, we visited a castle located in suburbs of Munich. The castle was built in 1569 more than 400 years ago. Because it is still being used for court and tax office, so the conservation is being done one part after one part.

At first, the experts introduced some scheme and the method of the program, then, we visited the castle. We found they according to the historical document to reconstruct. Such as, they marked the floor before they took them out, then put them back at the original position, missing parts have been repaired also according to original patterns. Decayed wooden parts have been replaced by new ones.

5.5 Mainz

2005/10/10

We arrived in Mainz and met director... and Mrs... They introduced their several departments of the workshop which the following materials were conserved: pottery, terracotta, bronze (e.g. vessels), iron, glass, gold and silver. There were special workshops for reconstructing artifacts by moulding with silicon rubber.

The advantage of the method is to reform the original shape by using heat and it is very easy to distinguish possible replicas being in the future.

We talked with the students and visited the objects they were doing, especially about the repairing of the glass bubble.

At last, we visited the exhibition of the museum.

5.6 Bonn

2005/10/11

In the morning, we visited the Bonn museum, it is a new building which was finished before Germany re-united again. It is a very large, modern, advanced museum. Even though the storage is not very much, but they always hold exhibitions, borrowing artifacts from other museums.

At then we visited an exhibition dating 16th century to present, there are many different kinds of art: painting, sculpture, metal, ceramic, paper, and so on.

5.7 Cologne Cathedral

2005/10/11

We arrived in Cologne at 15:50, we visited the Cologne Cathedral, it is a very large, giant church. It was built more than several hundreds years, many kinds of different styles can be seen. But the surface has become dark, probably by air pollution.

ZWISCHENBERICHT FÜR DEN ZEITRAUM: 01.01.05 BIS 31.12.05

Förderkennzeichen: 01GWS038

Abgabetermin: 30. 04. 2006

Vorhaben:

Erprobung und Optimierung von Konservierungstechnologien für Kunst- und Kulturgüter der Provinz Shaanxi / VR China

Darstellung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ereignisse und anderer für das Vorhaben wesentlicher Ereignisse (z.B. personelle Veränderungen)

1. Personelle Veränderungen

Alexander Schmid, Dr. der Chemie, hat vom 01.04. – 15.07. im Projekt mitgearbeitet. Ab dem 01.12. hat Frau Beata Oginski die Stelle des Dipl. Chemikers übernommen.

2. Arbeitsaufenthalte**Mai/Juni 2005 - Arbeitsaufenthalt in Lintong**

Frau Blänsdorf, Frau Bucher, Herr Horn und Herr Schmid fuhren zur Fortführung ihrer Arbeit nach Lintong in das Museum der Terrakottaarmee. Gemeinsamer Abflug von Frau Blänsdorf, Frau Bucher und Herrn Schmid war der 10.05.05, die Rückreise von Frau Bucher und Hr. Schmid der 03.06. Frau Blänsdorf blieb bis zum 2. Juli. Der Arbeitsaufenthalt von Herrn Horn ging von 28.05.-25.06.

Schwerpunkt der gemeinsamen Arbeit von Herrn Schmid und Frau Blänsdorf war die Kontrolle und Dokumentation der zuvor gefestigten Fragmente mit Farbfassung in Hinblick auf die Beurteilung der Verfahren. Herr Schmid macht sich Gedanken über alternative Festigungsmittel.

Frau Blänsdorf beschäftigte sich nach Abreise von Hr. Schmid vor allem mit der Erfassung der Bemalungen verschiedener Figurentypen. Neben den bereits zum Teil untersuchten knienden Bogenschützen wurden die Generäle, mittleren Offiziere, Tierpfleger und Akrobaten untersucht, die sich zu dieser Zeit im Depot des Laborgebäudes befanden. Die Befunde wurden photographisch, zeichnerisch und z. T. in Farbskizzen erfasst. Die Untersuchungen sollen dazu beitragen, möglichst viel Informationen über Farbverteilungen, Farbmischungen und, soweit noch zu erkennen, Maltechnik zu sammeln. Der Abdruck vom Rücken eines Generals in Grube 1, T22G9, stellt die am besten erhaltene Farbfassung eines Generals dar, auch wenn sie mittlerweile eingestaubt und ausgetrocknet ist. Muster des Oberkörpers, der Schleifen, Farben der Jacke, der Ärmelaufschläge und der Panzerverschnürungen ließen sich erfassen und zeigten eine überraschende Feinheit der Gestaltung.

Die Muster auf den Oberteilen der Panzer der Generäle ließen sich durch die Arbeiten weitgehend rekonstruieren. Die noch erkennbaren Farbreste an sieben der neun Figuren konnten detailliert dokumentiert werden.

Partiell wurden Pigmentmischungen auch vor Ort am Polarisationsmikroskop bestimmt. Von bemalten Objekten aus drei anderen Grabungen, den Bronzevögeln aus dem Qin Shihuangling, Keramik aus hanzeitlichen Ausgrabungen nahe Lintong sowie Grabfigürchen eines Sui-zeitlichen Grabes (5. Jh.) und hanzeitlicher Terrakottagefäße aus einer Grabungsareal nahe Xi'an, konnten Proben zur Bestimmung der Pigmente und evtl. auch Bindemittel genommen werden. Die Bindemittelanalyse im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege brachte zunächst keine Resultate, da die Bindemittel stark abgebaut sind.

Frau Bucher führt zusammen mit einem Team aus Arbeitern des Archäologischen Instituts und des Museums der Terrakottaarmee ihre Arbeit zur Bergung eines Steinpanzers fort. Ein kompletter Panzer, der im Jahr zuvor aufwendig dokumentiert wurde, konnte mit Hilfe eines flüchtigen Bindemittels (Cyclododecan) erfolgreich geborgen werden. Zudem wird sie vom Xi'an Center for Preservation of Cultural Property of Shaanxi Province zur Hilfe gerufen. In einem neu ausgegraben Han Palast in Xi'an müssen dringend Reste von Wandmalereien, Putze und Holzkonstruktionen notgesichert werden. Alle Bereiche werden mit Cyclododecanskaschierungen geschützt.

Herr Horn setzte seine Arbeit zur Erstellung virtueller Farbrekonstruktionen von Figuren der Terrakottaarmee fort. Dazu wurden von weiteren Kriegern der Tonkrieger-Armee während der Zeitdauer einer Woche in Zusammenarbeit mit zwei Mitarbeitern der Fa. ArcTron die Oberfläche digitalisiert. Des Weiteren erfolgte das 3D-Scannen eines qinzeitlichen bronzenen Verschlusses einer Armbrust. Für das Texturieren der beim Scannen entstandenen dreidimensionalen Drahtgittermodelle wurden die Figuren unter möglichst gleichbleibenden Lichtverhältnissen aus unterschiedlichsten Perspektiven mit einer Digitalkamera erfasst. Als Vorbereitung für die Ausführung der virtuellen Farbrekonstruktion wurden die gescannten Skulpturen hinsichtlich Erhaltungszustand,

Farbigkeit und noch erhaltener Werkzeugspuren dokumentiert. Die noch erhaltenen Reste der Farbigkeit wurden fotografisch mit digitalen Bildern festgehalten. Für die virtuelle Rekonstruktion einer Armbrust am Rechner wurden unterschiedlichste noch vorhandene Informationen zusammengetragen.

Juli/August 2005 – Arbeitsaufenthalt von Fr. Blänsdorf in Datong und Lintong

Der Aufenthalt dauerte vom 23. 7. bis zum 20. 8.. Vom 25.-30. 7. nahm Fr. Blänsdorf an einem Symposium zur Erhaltung buddhistischer Grottenanlagen in Datong teil. Ausgangspunkt waren die Grottenanlagen in Yungang bei Datong, die ab dem 5. Jh. ausgebaut wurden und heute durch Erosion der Felswände, Wassereinbrüche und Umweltverschmutzungen in dem als Kohleregion bekannten Tal gefährdet sind. Schwerpunkte der Tagung waren buddhistische Ikonographie und Kunstgeschichte, Erfassung und Dokumentation des Bestandes, Schadensanalysen und Konservierungspläne für Grottenanlagen und in Felsen gearbeitete Kulturdenkmäler, wie z.B. die in Zukunft durch den Dreischluchtenstaumwall überfluteten Inschriften und Reliefs. Im Anschluss konnten einige der berühmten Tempelanlagen in Datong und am Hengshan besichtigt werden.

Vom 3. bis 20. 8. arbeitete Frau Blänsdorf im Museum der Terrakottaarmee. Schwerpunkt war ein Einführungskurs für einige der chinesischen Kollegen zum Thema Reinigung und Festigung matter, pudernder Oberflächen. Als Demonstrationsobjekt diente einer der Buddhafiguren aus Kalkstein vom ausgehenden 5. Jhs., die im Museum der Terrakottaarmee bearbeitet werden. Herr Zhang Shangxin klebte die letzte Figur aus der Gruppe der knienden Bogenschützen zusammen, bevor er das Museum für die Fortsetzung seiner Ausbildung in Beijing verließ. Das Zusammensetzen und Kleben der zerbrochenen Terrakottafiguren wurde somit ein weiteres Mal thematisiert.

Außerdem wurden die Fassungsuntersuchungen fortgesetzt: Vor allem die mit extrem feinen plastischen Mustern gestalteten Röcke der Akrobaten wurden untersucht, und verschiedene Fragen des Farbauftrags und der Oberflächengestaltung untersucht.

Verschiedene Fragen im Zusammenhang mit der Ausstellung, sowohl die Organisation als auch die Objekte betreffend, wurden abgeklärt.

Im Technischen Zentrum führte Frau Blänsdorf Vorgespräche über mögliche Themen einer zukünftigen Zusammenarbeit und stellte mit den chinesischen Kollegen das noch fehlende Material für die Jubiläumspublikation (15 Jahre „China-Projekt“) zusammen.

2.2. Sept. bis Okt. - Aufenthalt der chinesischen Kollegen vom Museum der Terrakottaarmee in München

Die Schwerpunkte des Arbeitsaufenthalts der chinesischen Kollegen, Herr Wang Dongfeng, Frau Mao Xiaofen, Frau Fu Qianli, Herr Shen Maosheng und Herr Wang Liang im Jahr 2004 waren Einführungen in die Themen: Bekämpfung von Mikroorganismen an Kulturgütern, Untersuchung von Farbschichten mit Dokumentation, Probenentnahme, Anfertigung von Querschliffen und Bestimmungen von Pigmenten, digitale Bildverarbeitung und Schadensdokumentation von Objekten, Restaurierung der Steinpanzer und Metalluntersuchung.

2.3. Oktober - Teilnahme an internationaler Konferenz in Xian

Herr Horn nimmt vom 15. bis 17. Oktober an der Tagung: *3th International Conference on Digitization and Protection of Chinese Cultural Heritage* an der Nord-West Universität in Xian teil. Er hält dort einen Vortrag mit dem Thema: *“Virtual color reconstruction of polychrome sculptures from the tomb of the Emperor Qin Shihuangdi”*.

2.3.. Oktober - Teilnahme an ICOMOS Konferenz in Xian und Arbeitsaufenthalt in Lintong

Vom 17.- 22.10. nahmen Herr Snethlage, Frau Bucher, Herr Horn und Frau Blänsdorf an der ICOMOS Tagung „Monuments and Sites in their Setting“ in Xi'an teil. Die Zeit wird auch dazu genutzt, verschiedene Besprechungen mit den Kollegen des Museum der Terrakottaarmee, des Xi'an Center for Preservation of Cultural Property of Shaanxi Province und mit Herrn Zhang Tinghao vom Zentralen Institut für die Erforschung der Kulturgüter Chinas in Peking, einzuberufen. Thema der Zusammenkünfte war die Weiterführung des Projektes über 2006 hinaus und die Festlegung möglicher Untersuchungsschwerpunkte.

Frau Blänsdorf verbrachte die Zeit vom 25. 10. bis 9. 11. im Museum der Terrakottaarmee, um, z.T. in Zusammenarbeit mit den Kollegen Wang Liang und Wang Dongfeng, die beiden Gipsabgüsse zu überarbeiten, an denen die Farbfassung exemplarisch rekonstruiert werden sollen. Die Gipsabgüsse stammen von Originalfiguren (1 General und 1 kniender Bogenschütze), waren jedoch sehr ungenau und rau in den Oberflächen. Praktisch alle Details wie die Panzerplatten, aber auch die Falten der Gewänder und die Hände mussten nachgearbeitet werden. Nachdem der kniende Bogenschütze fertig gestellt war, wurde er von zwei chinesischen Malern mit Qi-Lack grundiert. Nach 16 Tagen durchgehender Arbeit waren beide Figuren fertig gestellt.

3. Arbeiten zu kunsthistorischen und kunsttechnologischen Fragestellungen

Entwicklung von Schutzpanzerkleidung in China:

Die ersten Schutzbekleidungen chinesischer Krieger aus der Steinzeit orientierten sich an Schutzpanzern aus dem Tierreich (z.B. von Schildkröten). Ein Beispiel primitiver Panzer wurde bis ins letzte Jahrhundert von dem ethnologischen Stamm der Yemei (Taiwan) getragen. Sie bestanden aus geflochtenem Rattan. Aus diesem Material wurden ebenfalls Helme und Schilde hergestellt. Ansonst wurden wohl hauptsächlich Felle zum Körperschutz getragen.

Die ersten Kleidungsstücke von Soldaten, die als panzernde Kleidung zu bewerten sind, stammen aus der Shang-Dynastie (18.-11. Jhd. v. Chr.). Sie wurden bei Ausgrabungen der shangzeitlichen Nekropole von Xibeigang (bei Anyang) in dem vielleicht königlichen Grab Nr. 1004 gefunden. Es handelt sich um Lederpanzer aus einem Stück, die mit Qi-Lack schwarz lackiert und mit weißen, roten und gelben Ornamenten bemalt sind. In demselben Grab stieß man auf über 140 Teile von Helmen aus gegossener Bronze, ein Brustpanzer aus Bronze wurde bislang nicht entdeckt.

Aus der westlichen Zhou-Dynastie sind hauptsächlich Reste von Lederfunden bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass Krieger unteren und mittleren Ranges Lederpanzer trugen. Krieger höherer Ränge hatten diese noch mit dekorativen Bronzeplättchen verziert. Auch in der Östlichen Zhou-Dynastie überwogen noch Panzer aus Lederplättchen, vereinzelt gibt es auch Schutzkleidung aus Bronzeplättchen.

Zu den wichtigsten Funden der Zeit der Streitenden Reiche (*zhanguo*) gehört das Grab des Marquis Yi von Zeng (heutiges Suixian, Provinz Hubei, ca. 433 v. Chr.). In diesem wurden zwölf Lederpanzer gefunden, die restauriert werden konnten. Die Lederplättchen sind mit roten Seidenbändern verknüpft. Im 4. Jhd. v. Chr. beginnt die Verarbeitung von Eisen in Defensivsystemen: Der älteste erhaltene und restaurierte Eisenpanzerhelm stammt aus Xiadu (Grab Nr. M 44). Kolb nimmt an, dass das Material des Köperschutzes sich mit der Entwicklung der Waffen änderte: solange mit Bronzewaffen gekämpft wurde, genügten Lederpanzer und evtl. Bronzehelme. Erst in der 2. H. der *zhanguo*-Zeit, als zunehmend mit Armbrüsten und Eisen- und Stahlwaffen gekämpft wurde, begann man auch Panzer und Helme aus Eisen herzustellen. (Das früheste Eisenschwert stammt aus dem 8. Jhd. v. Chr. (frühe *chunqiu*-Periode) aus Jingjiazhuang bei Lintaxian in Gansu).

Yang Hong vertritt aufgrund der aufgearbeiteten Funde die These, dass in der Qin-Zeit eine Stagnation der Entwicklung von Eisenwaffen stattfand. In der Grabanlage des Qin Shihuang (gest. 210 v. Chr.) wurden zwar Eisenwerkszeuge, aber fast ausschließlich Bronzewaffen gefunden. Als Neuheit der Qin-Zeit gilt die Entwicklung von Lamellenpanzern mit beweglichen Schuppen aus Leder. Die Terrakottaarmee des Qin Shihuang zeigt die in Terrakotta imitierte Lederpanzerung der qinzeitlichen Armee in verschiedenen Ausführungen. Die unterschiedlichen Panzerarten, Plattengrößen und Panzerformen sind je nach Rang und Aufgabe der Soldaten funktional gestaltet. Auch die im äußeren Innenbezirk der Grabanlage Panzer aus grauem Kalkstein gefundenen Panzer, waren nie für den Gebrauch gedacht, sondern kopieren Lederpanzer. Als Grabbeigabe sollten sie jedoch für die Ewigkeit geschaffen werden.

Wahrscheinlich ab der frühen Han-Zeit wurden Eisenpanzer, als parallele Entwicklung zur Verwendung von Eisen- und Stahlwaffen, weiter verbreitet eingesetzt. Beleg hierfür sind die ausgegrabenen Waffenarsenale der ehemaligen Hauptstadt Chang'an aus dem Areal des Changle-Palasts der westlichen Han-Dynastie (heute im Norden von Xi'an), sowie der mit Stoff ausgefütterte und mit Rautenmustern gestaltete Eisenschuppenpanzer aus dem Grab des Königs Zhao Mo von Nanyue (Guandong) und der in seiner Bautechnik mit den Kalksteinpanzern vergleichbare Eisenschuppenpanzer aus dem Grab des Liu Sheng (in Mancheng, Hebei, 113 v. Chr.): Dieser besitzt ebenfalls einen Oberarmschutz und wurde vorne geschlossen. Zur Lagerung der Panzer zeigt eine hanzeitliche Wandmalerei (laut Yang Hong eine in Kalkstein geritzte Zeichnung) aus einem Grab in Yin'an, Shandong eine Staffage zur Aufhängung von Schilden, Waffen und Panzern. Andere Eisenpanzer wurden gerollt und in Grasmatten eingepackt ausgegraben.

In Quellentexten wird oftmals von dreiteiligen Panzern berichtet. Die Interpretationen gehen jedoch im Detail auseinander. Als Teil solcher Panzersysteme sind wohl Helme zu benennen wie z.B. der oben erwähnte Eisenpanzerhelm. In der Qin-Grabanlage sind den Kalksteinpanzern zugehörige Helme gefunden worden.

Ein Sonderfall im Themenkomplex Schutzpanzerkleidung sind die so genannten Jadepanzer. Diese sind dem Hochadel traditionell als Hülle um den Leichnam vorbehalten gewesen. Der aus zahlreichen Jadeplättchen unterschiedlicher Größe hergestellte „Panzer“ sollte den Leichnam vor äußeren Einflüssen, wie Wasser, Feuer und Verwesung schützen. Das Bindematerial zwischen den Einzelplättchen variiert je nach Rang des Verstorbenen zwischen Gold, Silber, Kupfer und Seide. Im Gegensatz zu Rüstungspanzern sind die Plättchen der einzelnen Jadepanzer nicht überappend sondern „auf Stoß“ zusammengefügt.

Wichtige Literatur:

Prück, Margarete et. al, *Schätze für König Zhao Mo - Das Grab von Nan Yue* Ausstellung in der Kunsthalle Frankfurt 1998/99

Yang Hong, *Weapons in Ancient China*, 1992

Wagner, B. Donald, *Iron and Steel in Ancient China*, in: Handbuch der Orientalistik, Bd. 9, 1993, 180 - 225

Dien, Albert, *A study of Early Chinese Armor*, in: Atribus Asiae 43, 19981/82, 5-56

Kolb, Raimund Theodor, *Die Infanterie im Alten China*, 1991

4. Untersuchung zur Farbigkeit der Terrakottafiguren und Bestimmung ausgewählter Pigmente

Die 2005 durchgeführten Arbeiten stellten eine Fortführung der Ende 2003 begonnenen Untersuchungen zur ursprünglichen Farbigkeit der Terrakottafiguren dar. Neben speziell ausgewählten Figuren wurde auch versucht, eine erste Erfassung in der Breite zu erstellen, in dem möglichst viele Figuren desselben Typs untersucht und verglichen wurden. Die Fragen konzentrierten sich auf folgende Schwerpunkte:

1. *Farbaufbau*: Verschiedentlich sind mehrschichtige Farbaufträge zu erkennen. Dabei ist immer noch nicht klar, inwieweit es sich um künstlerische Effekte handelt oder ob es eher Korrekturen sind. Bei den Ockertönen ist oft nicht klar, ob es sich um Verschmutzung durch Erdbestandteile oder um Farbe handelt. Es konnte geklärt werden, dass die Kragen mit unregelmäßig wechselnder Farbe (wie Batikstoffe) einer künstlerischen Konzeption entsprechen. Weiterhin wurde klar, dass wesentlich mehr Partien überlasert oder zweischichtig gestaltet sind als bisher angenommen. Um diese zu interpretieren, müssten jedoch noch mehr Figuren oder Fragmente gut erhaltener Farbfassungen untersucht werden. Angestrebt z.B. wird die Untersuchung der Beamten aus Grube 6, die sich im Archäologischen Institut Xi'an befinden.

2. *Oberflächengestaltung*: Noch gut erhaltene Oberflächen lassen erkennen, dass die Farbe mit sichtbarem Pinselduktus aufgetragen wurde und dieser in die Gestaltung der Oberfläche miteinbezogen wurde. die Strichrichtung ist dabei immer auf die gestalteten Partien bezogen und erscheint somit harmonisch, z.B. in der Bemalung der Gesichter, wo sie den natürlichen Linien folgen oder den Gewändern, wo sie dem Fadenverlauf des Stoffes zu folgen scheinen. Besonders auffällig ist die Einbeziehung der Pinselstrukturen an den Akrobaten: In den Hautpartien (gestrichen, nicht gestupft, wie oft in Europa) modellieren die breiten Pinselstriche den Körper mit und modellieren z.B. mit kreisförmigen Linien die Brustwarzen. In den Schurzen sind die Pinselstriche als Fadenverlauf eingesetzt: Im Rock verlaufen sie senkrecht, in den 14 cm breiten Borten waagerecht. Auf die Borten sind in demselben hellrosa Farbton hauchfeine Rautenornamente plastisch appliziert, die sich somit von einem gewebten Stoff abzuheben scheinen. In Ornamentik und Abmessungen erinnern sie so an die Seidengazen aus Mawangdui (bei Changsha, um 168 v. Chr.), die eingewebte Rautenmuster zeigen.

3. *Farbnuancen und Pigmentanalysen*: Fast alle Farbtöne zeigen zahlreiche Nuancen, die nicht nur auf unterschiedlichen Qualitäten der Pigmente, sondern auch auf fein ausdifferenzierten Mischungen beruhen. Um diese zu erfassen, wurden weitere Pigmentbestimmungen durchgeführt, die zeigten, dass nicht nur Rosatöne (aus Rot und Weiß), sondern auch Blau, Violett und Rotbraun mit Weiß ausgemischt werden konnten. Neue Pigmente wurden nicht entdeckt, besonders bei den knienden Bogenschützen konnte die lange bezweifelte Verwendung von Ocker und Erden in allen Schattierungen (weiß, gelb, rotbraun bis braun) bestätigt werden.

4. *Muster*: Die Untersuchung des Rückens des Generals T22G9:1, der als Abdruck in der Erde in Grube 1 erhalten hat, stellt einen Durchbruch zum Verständnis der Bemalung der Generäle dar. Das Muster des Oberkörpers mit einem Vogelmusterstoff auf schwarzem Grund konnte nun vollständig rekonstruiert werden, ebenso das Bortenmuster mit Rautengittern und farbigen Füllmustern. Erstmals konnten hier auch die Schleifen auf dem Oberkörper und die Verschnürungen der Panzerplatten dokumentiert werden, die sich an keiner Figur erhalten haben. Die Schleifen zeigen sich kreuzende Schmuckbänder in Cremeweiß und Rosa von ca. 0,4 mm Breite, auf dem cremeweißen sind rote und blaue feine Striche oder Muster aufgemalt. Auch die Verschnürungsbändchen zeigen extrem feine Muster in violett, rot und hellgrün, die vielleicht Zierkordeln darstellen. Auch wenn die Figur selbst nicht zu besichtigen war, da sie die nächsten 2 Jahre in Xiamen ausgestellt ist, und in der Grube Kragen, Kopf und Beine, sowie die gesamte Vorderseite fehlen, konnte doch eine erste weitgehend gesicherte Rekonstruktion eines Generals erstellt werden. Diese wurde im Maßstab 1:1 mit Gouachefarben auf Papier ausgeführt. Für alle Generäle wurde der Überwicht halber eine Farbskizze angelegt, in der alle gesicherten Befunde eingetragen wurden.

5. Untersuchungsschwerpunkt Farbfassungskonservierung

Im Rahmen der China-Reise 09/05/05 – 04/06/05 konnten von Hr. Schmid Farbproben (in Erde) genommen werden, die von einem knienden Bogenschützen SH001 aus Grube 2 T21G18 stammen. Die Proben sind nach Angabe der chinesischen Kollegen frei von Bioziden und daher geeignet, um eine Analyse der antiken Bindemittel vorzunehmen. Proben von Azurit und Malachit stammen vom Bein der Figur, Inkarnat aus dem Gesicht des Terracotta-Kriegers.

Bisher gibt es keine historischen Hinweise auf die Art des Bindemittels. Ausgehend von traditionellen Mal- und Fasstechniken, wie sie heute noch in China erkennbar sind, erscheinen Glutinleime, Ei, Gummen, evtl. auch Stärke wahrscheinlich. Öl- und harzhaltige Bindemittel sind, außer an Architekturfassungen nicht zu finden. Allerdings ist keine einzige Analyse gefasster Terrakottaobjekte vor dem 20. Jh. bekannt. Die lange Lagerung der Terrakottaarmee im feuchten Löss lässt erwarten, dass das Bindemittel stark abgebaut ist. Das bestätigten auch erste Versuche zur Bestimmung des Bindemittels aus den 1990er Jahren, bei denen außer Bestandteilen des Qi-Lackes keine Bindemittel identifizieren ließen. Daher ist eine Methode zur Analyse erwünscht, die möglicherweise auch sensible Makromoleküle erfasst. Man erwartet möglicherweise größere Protein(e)-bruchstücke (bspw. Ovalbumin, Tempera) oder etwa Polysaccharide.

Die massenspektrometrische Methode MALDI ermöglicht prinzipiell die Analyse derartiger Makromoleküle. Dazu ist es nötig, den Analyten gemeinsam mit einer Matrix zu kristallisieren, seltener lässt er sich direkt der Methode unterwerfen. Da bspw. Proteine wie Ovalbumin aus Hühnerei beim Einsatz als Bindemittel denaturieren

und dadurch unlöslich werden, sollte die Analyse zunächst direkt an der festen Probe vorgenommen werden. Das Vermischen der festen Farbprobe mit der MALDI-Matrix (in Lösung) soll darüber hinaus zur Cokristallisation des unbekannten Bindemittels mit der Matrix auf dem MALDI-Target führen.

In einer zweiten Analyse soll ein Methanol-Extrakt der Farbprobe auf das Vorliegen von Polysacchariden untersucht werden. Die Analyse erfolgte an einem Bruker Autoflex II (Bruker Daltonics, Bremen, Deutschland) Massenspektrometer, mit 6-Azo-2-thiothymin (ATT), Dihydroxybenzoësäure (DHB), Sinapinsäure (SA) und Trihydroxyacetophenon (THAP).

Von den drei zur Verfügung stehenden Farbproben wurde ausschließlich die von Azurit untersucht. Dafür wurde die Farbe mit einem Skalpell von der anhaftenden Erde getrennt. Farbe und Erdschicht wurde getrennt untersucht. Als Referenz wurde ein Aufstrich von Hühnerei mit Azurit auf einem Objektträger aus Glas herangezogen (3 Monate alt). Die Matrices wurden in Form von gesättigten Lösungen aus 50 % Wasser und 50 % Acetonitril eingesetzt. Die Farb- und Erdproben wurden auf dem MALDI-Target mit der Matrixlösung versetzt und bis zur vollständigen Trocknung belassen. Die Auswertung der Versuchsreihe ist noch nicht abgeschlossen.

6 Virtuellen Farbrekonstruktionen von Figuren der Terrakottaarmee. Entwicklung und Ausführung von virtuellen Objekt- und Panoramavideos.

Virtuelle Farbrekonstruktion von Figuren

In der Zeit von 05.– 13. Juni 2005 wurde zusammen mit den beiden Mitarbeitern der Firma ArcTron GmbH Herrn Martin Schaich und Herrn Lars Langheinrich eine Messkampagne zur Digitalisierung von figürlichen Plastiken der Tonkriegerarmee durchgeführt. Dabei wurden im Museum der Terrakottakrieger und -Pferde in Lintong folgende Figuren gescannt:

- Stehender Bogenschütze 02817
- Kniender Armbrustschütze T21G18-01
- Kniender Armbrustschütze T21G18-03
- General 00847

Außerdem wurde ein ausgegrabener qinzeitlicher Abzugsmechanismus einer Armbrust digitalisiert. Für die Vermessung kamen gleichzeitig zwei Streifenprojektorsscannern zum Einsatz. Die vom Fraunhofer Institut für grafische Datenverarbeitung (Darmstadt) hergestellten Systeme ermöglichen eine schnelle, genaue und hochauflösende Aufnahme komplexer Objekte und Strukturen. Das Messsystem arbeitet dabei mit einem Streifenprojektor und zwei Kameras.

Insbesondere die Unterseiten der knienden Bogenschützen, die Kopfbedeckung des Generals, sowie die Standflächen der Figuren ließen sich nur schwer oder gar nicht vermessen und mussten daher bei der Nachbearbeitung der Daten (Post Processing) anhand der Umgebung rekonstruiert werden. Für die Erzeugung fotorealistisch texturierter 3D-Modelle wurden die Figuren hochauflösend mit einer Digitalkamera erfasst. Um möglichst gleichmäßige Lichtverhältnisse zu gewährleisten und stark verschattete Bereiche zu vermeiden wurden mehrere Fotolampen eingesetzt. Die bei der Digitalisierung erzeugten dreidimensionalen Modelle wurden in nächsten Arbeitsschritt mit hochauflösten Digitalfotos texturiert.

Dabei wurden die Digitalbilder über identische Punkte im Bild und auf dem 3D-Modell entzerrt und als Projektion auf die Oberfläche des Drahtgittermodells aufgebracht. Durch die hochauflöste Texturierung der 3D-Modelle konnte ein photorealistisches Abbild des Messobjektes erstellt werden. Dies gelang aufgrund der zeitlichen Einschränkung der Messkampagne jedoch nur für die beiden knienden Armbrustschützen, der General und der stehende Bogenschütze wurden mit niedrig aufgelösten Übersichtsbildern texturiert. Die texturierten Modelle wurden im Format VRML (Virtual Reality Modeling Language, *.wrl) erstellt.

Die erstellten 3D-Modelle liegen alle im Stl-Format (*.stl) vor, das als gängiges Standardformat für untexturierte Drahtgittermodelle gilt. Zur besseren Handhabung wurden die 3D-Daten der Tonkrieger in zwei unterschiedlichen Größen erstellt: in voller Auflösung und in einer um 50% reduzierten Form. Der Verschluß der Armbrust liegt als stl-Datei sowie als 3D-Studio-Max-Datei (*.max) mit NURBS-Flächen aus Flächenrückführung vor.

Als Ergebnis der Texturierung liegen fotorealistische 3D-Modelle vor, die für die Betrachtung in gängigen VRML-Viewern geeignet sind und in verschiedene Weiterverarbeitungsprozesse überführt werden können. So sollen die Dateien für den nächsten anstehenden Arbeitsschritt der virtuellen Farbrekonstruktion in das 3D-Bearbeitungsprogramm 3DS Studio Max importiert werden.

Für die virtuelle Rekonstruktion einer Armbrust am Rechner wurden unterschiedlichste noch vorhandene Informationen zusammengetragen: In Grube Nr. 1 wurden die von einer Armbrust stammenden Abdrücke in Boden untersucht und fotografiert. Ebenso wurde die bronzenen Armbrust von einer der beiden restaurierten bronzenen Kutschen im Maßstab 1:2 untersucht und vermessen. Zur Dokumentation von Zustand und Farbigkeit wurden Digitalfotos gemacht. Auch wurde begonnen zusammen mit chinesischen Kollegen chin. Literatur zu diesem Thema auszuwerten. Ziel der Rekonstruktion ist es, die Positionierung der Waffe in Verbindung mit der Pose der knienden Armbrustschützen zu bringen und so die Haltung der Armbrust durch den Krieger zu klären. Durch eine Animation könnte auf Grundlage der virtuellen Rekonstruktion die Funktionsweise der Armbrust visualisiert werden.

Panorama-Videos

Zur Erzeugung von weiteren Panorama-Videos wurden in Grube Nr. 2 und Nr. 3 an unterschiedlichen Standpunkten Bildserien erstellt. Anhand der digital fotografierten Serien können mit einer Panoramasoftware am Rechner Panorama-Bilder oder – Videos hergestellt werden.

In der Mitte von Grube Nr. 2 wurden auf einem Erdsteg mehrere Serien für Panoramen erstellt. Ebenso wurde in T21G18 Bilder für Panoramen aufgenommen. Aufgrund der schlechten Lichtverhältnisse in Grube Nr. 2 sind beim „Stitchen“ der Bilder am PC Probleme zu erwarten. Innerhalb von Grube 3 wurden an drei unterschiedlichen Stellen Panoramabilder erstellt, welche man zu einem „virtuellen Rundgang“ verknüpfen könnte. Unterschiedliche Lichtverhältnisse bei den Aufnahmen bedingt durch Tageszeit und Wetter führten jedoch zu sehr verschiedenen Ergebnissen und Stimmungen bei den entstandenen Videos. Daher sind die einzelnen Videos nur bedingt miteinander kombinierbar.

7. Konservierung der Steinpanzer

Einer der Arbeitsschwerpunkte lag in der Bergung eines kpletten Panzers. Mit der mehrfach getesteten und modifizierten Methode mit Hilfe von Cycloodecan, konnte nun erstmals eine komplette Panzerseite geborgen werden. Dabei blieben sämtliche Steinplättchen mit Verbindungsdrähten verlustfrei erhalten. Vor der Bergung wurde eine genaue Dokumentation der Situation durch eine 1:1 Zeichnung mittels Laserpen und Bildmaterial festgehalten. Vor dem Kleben und Festigen der einzelnen Plättchen folgte eine aufwendige Reinigung der Oberflächen. Nach der Auswertung verschiedener Versuchszyklen zur Festigung verbrannte Kalksteinplättchen, fel die Auswahl auf elastifizierten Kieselsäureester. Bei diesem soll durch die Zusetzung von Weichsegmenten in die Kieselgelstruktur, ein weniger spröder und alterungsbeständigerer Film erzeugen werden. Bei den neu zugefügten „Baustenen“ handelt es sich um elastische Polyethergruppen oder bei hydrophoben Kieselgelen um Dimethylsiloxan. Durch die Elastifizierung kann zudem eine stärkere Haftvermittlung, auch zwischen größeren Fugen und Risse im Gestein, erzielt werden.

In vorangegangenen In Situ Restaurierungen wurde zur Festigung und Klebung des Kalksteines Paraloid B27, ein Copolymer aus Methacrylat und Ethylmethacrylat verwendet. Bei den extremen Klimabedingungen erwies sich jedoch dessen niedriger Glasübergangspunkt (Tg) als problematisch. Stieg die Temperatur über 38°C wurde das Polymer weich und klebrig. Es verlor die Klebekraft und wurde zum Staubbänder. Aus diesem Grund wurde nun alternativ ein Acrylharz mit besseren Eigenschaften gesucht. Die Auswahl fiel auf ein Poly-butyl-methylacrylat, das in der Kalksteinkonservierung Erfolgs versprechende Ergebnisse erzielte. Zudem liegt dessen Tg bei 65°C.

Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt lag auf der Behandlung korrodiert Verknüpfungsdrähte. Dazu wurden verschiedene Festigungsmittel getestet. Der Kern des Interesses war die Entwicklung eines reaktiven Acrylates zur Konsolidierung von fortgeschrittenen korrodierten Drahtabschnitten. Das Festigungsmittel bietet die Möglichkeit, die Verarbeitungseigenschaften eines Reaktions-Festigungsharzes mit den positiven Alterungseigenschaften und der Reversibilität der Acrylate zu verbinden.

Die Wahl der Monomere fiel neben Methylmethacrylaten (MMA), als das Methacrylat mit den besten Alterungseigenschaften, auch auf Ethylmethacrylat (EMA). EMA ist weniger flüchtig und das Polymerisat bleibt elastischer. Beide Monomere sind UV-härtend. Neuere Entwicklungen in der Photochemie haben zur Entwicklung einer neuen Klasse von UV-Initiatoren geführt, den Phosphinoxiden. Als Startersystem sollten diese die Bildung eines leicht handzuhabenden und vergilbungsstabileren Festigungsmittels ermöglichen.

Die Auswertung der Festigungsreihe ist derzeit noch nicht abgeschlossen. Sie soll jedoch mittels: a) Untersuchungen zum Feststoffeintrag in die Testkörper (Wägen der Ausgangsmasse der Probekörper und des Netto-Gewichts des Endgewichts nach abgeschlossener Aushärtung) und b) Untersuchung des Eindringverhaltens (Fotodokumentation; Beschreibung des Eindringverhaltens beim Aufbringen; Anfertigung von Quer -und Längsschliffen nach vorherigem Einfärben der Kunstarze; Tränkungsprofil (Querschnitt) unter Polarisationsmikroskop dokumentieren) evaluiert werden.

8. Besuch chinesischer Delegationen

Die Archäologen Zhang Jianlin, Duan Qingbo und Übersetzerin Hou Gailing vom Archäologischen Institut in Xi'an kommen zusammen mit Dr. Bettina Zorn vom Römisch Germanischen Zentralmuseum Mainz vom 8.-9.8. ins BLFD. Am ersten Tag Einführung von Dr. Sommer über Bodendenkmalpflege in Bayern. Nachmittags Stadtführung mit Dr. Chen. Der nächste Tag wird von Dr. Irlinger geführt. Es folgen Besichtigungen von verschiedenen Grabungen in Bayern, darunter Münchener Altstadt, Bernsdorf, Mauern, Leutstetten und Gilching.

9. Lenkungsausschusstreffen

2005 fand kein Lenkungsausschuss statt.

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 2005 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?

Die Aussichten, die Vorhabensziele zu erreichen, haben sich nicht geändert.

Haben sich die Vorhabensziele geändert? Wenn ja, warum?

Die Ziele des Vorhabens haben sich nicht geändert. Die Forschungen in den Bereichen Terrakottarestaurierung, Polychromie der Tonkrieger sowie Steinpanzer wurden fortgesetzt. Die Arbeiten im Bereich virtuelle Rekonstruktion wurde begonnen. Die Vorhabensbeschreibung ist in der Projektbeschreibung des Antrages für die Projektphase 2004 bis 2006 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**

BATHELT, Daniela, BUCHER, Sandra, LANGHALS, Heinz, 'Das Grabmal des ersten chinesischen Kaisers Qin Shihuangdi: Ein ungewöhnlich großer archäologischer Fund und seine chemische und konservatorische Herausforderung', *Chemie in unserer Zeit* 39 (2005) 196-211.

BUCHER, Sandra, YANG, Mang Mang, XIA, Yin, WANG, Dongfeng, 'Yong huan shi er wan ti qu qin ling pei zang keng zhong de kai jia ji xiang guan wen ti de tao lun' (Discussion of using Cyclododecane in the stone armour pit of the burial complex from the first Chinese Emperor) *Kaogu yu Wenwu (Archäologie und Kulturgüter)* 3 (2005) 93-96.

Dissertationen

BATHELT, Daniela, *Farbigkeit in der Antike – Entwicklung chemischer Methoden zur Erhaltung der Farbfassung der Terrakottaarmee des ersten chinesischen Kaisers Qin Shihuangdi*, Dissertation thesis, Munich (2005) (unpublished).

Vorträge

HORN, FELIX, 'Virtual color reconstruction of polychrome sculptures from the tomb of the Emperor Qin Shihuangdi', 3th International Conference on Digitization and Protection of Chinese Cultural Heritage, Northwest University Xian, 15th – 17th October 2005, (unpublished).