

土质和木质分析

秦始皇兵马俑坑为大型地下土木建筑结构。立柱和棚木都是木质的，粗略估计：体积约 6000 立方米。由于长期处于地下的原因，俑坑中的棚木几乎完全腐朽，其体积内部被土壤所代替。如何加固这些充土的棚木，这个问题迄今悬而未决。作为加固土化棚木层的前期研究，对秦俑坑中木结构周围的沉积物和分离出的青膏泥、白膏泥的主要化学成份作了分析测定。下文涉及到的绝大多数试样均出于秦俑 2 号坑试掘方。

木与木炭

木种鉴定

尽管大多数木件已经腐朽或炭化，然而树种鉴定不仅对俑坑保护有用，而且对考古研究也有用。以前在对一片木炭的研究中已经发现了冷杉木的存在。¹ 根据安排，由汉堡大学木材生物研究所对三个木材样、两个木炭碎片和一个朽木样进行了树种鉴定。木材样品和鉴定结果汇编于表 1 中。M 001/95 和 M 002/95 样品的鉴定结果很不可靠，因为显微检查揭示不出几个以上的细胞团。令人惊奇的是：对木炭碎片的鉴定获得了不同的结果，既发现了针叶树如云杉和落叶松，又发现了榆树。大概在建造俑坑期间，对木材种类的由来没有给予很多的注意。

炭化棚木的加固实验

对三个炭化棚木样品进行了加固试验，其中两个样品分别用不同浓度的 Paraloid B 72 乙酸乙酯溶液进行试验，另一个用逐级晋升浓度的 PEG 1500 水溶液进行处理。处理效果列于表 2。处理样品的外观均令人满意，原来很疏松的结构经过处理均加强了。用 Paraloid 处理的样品在一定程度上还较脆；用 PEG 1500 处理的样品强度大为提高，并且没有改变外观。然而，将 PEG 施用于潮湿的坑内仍存在着问题。用 Paraloid B 72 乙酸乙酯溶液通过注射法处理 (5 mm 的孔即可) 可能是一种有前途的解决办法，

由于木炭在干燥过程中不产生显著收缩，处理可以在干燥以后进行。

土质分析

秦兵马俑坑内的土壤一般源自大陆沉积或风化过程。此外，一些可能属人工原因，被用作建筑目的。设想这种土在化学组成和物理性能上有所不同。一号坑内三个南边过洞的原始状态的假设重建物的剖面示于图 1。图 1 中称作“灰泥层”的青膏泥和白膏泥隔离层对木质结构部件具有安全保护作用。白膏泥细而匀，比青膏泥结构更密实，为单层固化状泥，覆盖于棺室周边，隔离和减少微生物的侵蚀，设想秦始皇陵的埋葬技术类似于图 2 所示的棺室。

对俑坑保护来说，首先有必要了解不同土层的化学和物理特性。所以根据安排，调研主要包括：土壤化学成分的分析，尤其是与青膏泥隔离层 (出土于二号坑) 和白膏泥隔离层 (出土于中国湖南长沙汉墓) 进行比较。

对多数样品 (部分为结构组织标本，部分是大块材料) 进行了 X 射线衍射分析，以便获得矿物含量。用 X 射线荧光法对三个样品进行了测量；制备了五个样品的岩相薄片，并进行了显微分析。² 最后，为了比较的目的，用 KBr 压片技术对两个样品进行了傅里叶红外光谱分析。

¹ THIEME 1993.

*

¹ THIEME 1993.

² 史奈特拉格教授在巴伐利亚文物保护局中心实验室对薄片做了实验。

Analysen der Erden und Holzbalken

Analyses of Soil and Wood

Die Grabanlage des Qin Shihuang bildet eine ausgedehnte Konstruktion unter Tage. Pfosten und Balken aus Holz umfassen ein Gesamtvolumen von ca. 6 000 m³. Der größte Teil des Holzes ist verrottet oder verbrannt. Aufgrund der langen Verweildauer im Boden sind die Holzbalken der Konstruktion fast vollständig zerfallen. Ihre ursprüngliche Ausdehnung ist mit Bodenmaterial ausgefüllt. Die Festigung dieser mit Erde gefüllten Balken ist ein bislang ungelöstes Problem. Als notwendige Vorinformation zur beabsichtigten Festigung der mit Lehm gefüllten ehemaligen Holzkonstruktionen wurden die Hauptbestandteile des Bodens sowie die Isolierschichten auf den hölzernen Grabkonstruktionen bestimmt. Die meisten der untersuchten Proben stammen aus Grabungen in der Grube 2.

Holz und Holzkohle

Bestimmung der Holzart

Die Bestimmung der Holzart dient nicht nur der Konservierung, sondern auch der archäologischen Forschung. Frühere Untersuchungen eines verkohlten Holzstückes ergab Tannenholz (*Abies sp.*).¹ Im Rahmen des Forschungsprogrammes wurden zwei verkohlte Holzstücke und zwei verrottete Holzproben holzbotanisch durch das Institut für Holzbiologie der Universität Hamburg untersucht. Die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse ist in Tabelle 1 wiedergegeben. Die Ergebnisse für die Proben M-001/95 und M-002/95 sind unsicher, da die mikroskopischen Untersuchungen nur an wenigen Zellhaufen durchgeführt werden konnten. Überraschenderweise wurden für die verkohlten Proben verschiedene Holzarten gefunden, nämlich sowohl Nadelhölzer, wie Fichte und Lärche, als auch Vertreter der Ulmengewächse. Wahrscheinlich wurde während der Konstruktion der Grabanlage wenig auf die Herkunft der Hölzer geachtet.

Festigungsversuche an verkohltem Holz

An drei verkohlten Holzproben wurden einfache Festigungen versucht: Paraloid B 72 in Ethylacetat in zwei verschiedenen Konzentrationen sowie PEG 1500 in Wasser mit aufsteigender Konzentration. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Versuche. Der äußere Eindruck aller behandelten Proben war zufriedenstellend. Die ursprünglich sehr brüchige Struktur erfuhr in allen Fällen eine Festigung. Die mit Paraloid gefestigten Proben blieben etwas spröde. Die Behandlung mit PEG 1500 erhöhte die Festigkeit beträchtlich ohne jede Farbveränderung. Dennoch ist es zweifelhaft, ob PEG in situ angewendet werden kann. Die Injektion von Paraloid B 72-Lösung in Ethylacetat scheint vielversprechend. Dafür würden Löcher von ca. 5 mm Durchmesser genügen. Da das verkohlte Holz beim Trocknen nicht nennens-

The ruins of Qin Shihuang's terracotta army figures are a large-scale civil construction under earth. The wooden posts and beams occupy a volume of roughly 6 000 m³. However, most of the timber work has rotted or been charred. As a consequence of the long period in the ground the wooden beams of the construction have decayed almost totally. Their volume has been replaced by soil. Consolidation of these clay-filled beams is still an unresolved problem. The main compounds of the surrounding sediments and also of the protective layers on the wood structure were ascertained, as a precondition for later consolidation of clay-filled beam layers. Most of the examined samples originate from the excavation in pit no. 2.

Wood and Charcoal

Determination of Wood Species

The determination of the tree species is useful not only for the conservation of the ruins, but also for archaeological studies. Previous studies have revealed the presence of fir-wood (*Abies sp.*) in a piece of charcoal.¹ As part of the research programme under discussion here two charcoal pieces and two samples of rotted wood were analysed botanically by the Institute for Wood Biology at the University of Hamburg. A compilation of the wood samples is presented in Table 1. The results for the samples M-001/95 and M-002/95 are not very reliable because the microscopic investigations could only be carried out on a few cell agglomerations. Surprisingly, the charred samples revealed different types of wood, such as conifers like spruce and larch as well as members of the family of elm plants. Probably not much attention was paid to the origin of the wood during the construction work.

Consolidation Experiments on Charred Wood

On three samples of charred wood simple consolidation treatments were tested using two with different concentrations of Paraloid B 72 in ethylacetate as well as PEG 1500 in water with increasing concentrations. An overview of the treatments is given in Table 2. The general appearance of all treated samples was satisfying. The structure, initially very fragile, was strengthened by all treatments. The samples treated with Paraloid remained somewhat brittle. The treatment with PEG 1500 resulted in greatly improved strength and did not change the appearance. However it is doubtful that PEG could be applied in the excavation pits. Treatment with solutions of Paraloid B 72 in ethylacetate by injection (holes with a diameter of 5 mm are considered sufficient) appears to be a promising solution. Since the charcoal does not show significant shrinking during the drying process, the treatment also could be performed after drying.

Probe sample 样品	Beschreibung description 描述	Fundort location 位置	Holzart species 种类
M-001/95	verrottetes Holz mit Erde (Schabeprobe) <i>scraped rotten wood with soil</i> 带土的朽木屑	Grube 2, Sektor 12, Oberseite der 7. Wand von N <i>pit 2, sector 12, top of 7th wall from north</i> 二号坑十二探方北数第七隔墙 顶部	Nadelholz (?) <i>conifer (?)</i> 针叶树 (?)
M-002/95	Kern eines verrotteten Balkens mit weißen Partikeln <i>core of rotten beam with white scraps</i> 带土的腐蚀棚木心材	Grube 2, Sektor 12, Korridor <i>pit 2, sector 12, corridor</i> 二号坑十二探方	Nadelholz (?) <i>conifer (?)</i> 针叶树 (?)
M-008/95	verkohlte Holzreste <i>charred wood relics</i> 木炭	Grube 2, Sektor 17, Testgrabung T(3), NW-Ecke <i>pit 2, sector 17, test area T(3), northeast corner</i> 二号坑十七探方 三试掘方东北角	Familie: <i>Ulmaceae</i> <i>family:</i> 科: Gattung: <i>Celtis, Zelkova, Ulmus</i> <i>genus: Zürgel-</i> 属: <i>baum, Zelkova, Ulme</i> <i>elm</i> 榆
M-009/95	verkohlte Holzreste <i>charred wood relics</i> 木炭	Grube 2, Sektor 17 <i>pit 2, sector 17</i> 二号坑十二探方	Familie: <i>Pinaceae</i> <i>family:</i> 科: Gattung: <i>Picea Larix</i> <i>genus: Fichte Lärche</i> 属: <i>spruce larch</i> 松) 落叶松)

Tab. 1. Bestimmung der Holzarten

Tab. 1. Determination of wood species

表 1. 木材样品的描述

Probe sample 序号	Mittel treatment 处理剂	Behandlung treatment 处理	Bewertung evaluation 评价
M-008/95	Paraloid B72 10% in Ethylacetat <i>in ethylacetate</i> 乙酸乙酯溶液	Tauchbad, 4 Tage <i>immersion, 4days</i> 浸渍4天	gut <i>good</i> 好
M-008/95	Paraloid B72 15% in Ethylacetat <i>in ethylacetate</i> 乙酸乙酯溶液	Tauchbad, 4 Tage <i>immersion, 4days</i> 浸渍, 4天	gut <i>good</i> 好
M-009/95	PEG1500 <i>in Wasser</i> <i>in water</i> 水溶液	Tauchbad: 5 %, 1 d / 15 %, 3 d / 30 %, 3 d / 40 %, 2 d <i>immersion: 5 %, 1 d / 15 %, 3 d / 30 %, 3 d / 40 %, 2 d</i> 浸渍, 用量: 5 %, 1天 / 15 %, 3天 / 30 %, 3天 / 40 %, 2天	sehr gut <i>very good</i> 很好

Tab. 2. Festigungsversuche an verkohltem Holz

Tab. 2. Consolidation treatments on charcoal

表 2. 木炭加固处理汇编

wert schrumpft, kann die Festigung auch nach einer Trocknung erfolgen.

Bodenanalyse

Das Bodenmaterial in den Gruben der Grabanlage stammt im allgemeinen von terrestrischen Sedimenten (Löß) oder von Verwitterungsprozessen. Daneben kann ein Teil des Bodenmaterials aus bautechnischen Gründen auch künstlich eingebracht worden sein. Es wurde vermutet, daß sich diese Bodenarten in der chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Den Querschnitt durch die hypothetische Rekonstruktion der drei südlichen Korridore in Grube 1 zeigt Abbildung 2. Die in dieser Abbildung „Putzschiicht“ genannte Isolierschicht sollte vermutlich die hölzernen Konstruktionselemente schützen. Die Isolierschichten werden nach ihrer Färbung Qing-gao-ni (blau) und Bai-gao-ni (weiß) genannt. Bai-gao-ni besteht aus sehr feinen und gleichmäßigen Teilchen und hat eine dichtere und kompaktere Struktur als Qing-gao-ni. Die einlagige Schicht verfestigten Lehms bedeckte die Grabkammer, um diese vor mikrobiologischer Verrottung zu schützen. Die in Abbildung 1 dargestellte Grabkammer ist vermutlich

Soil Analysis

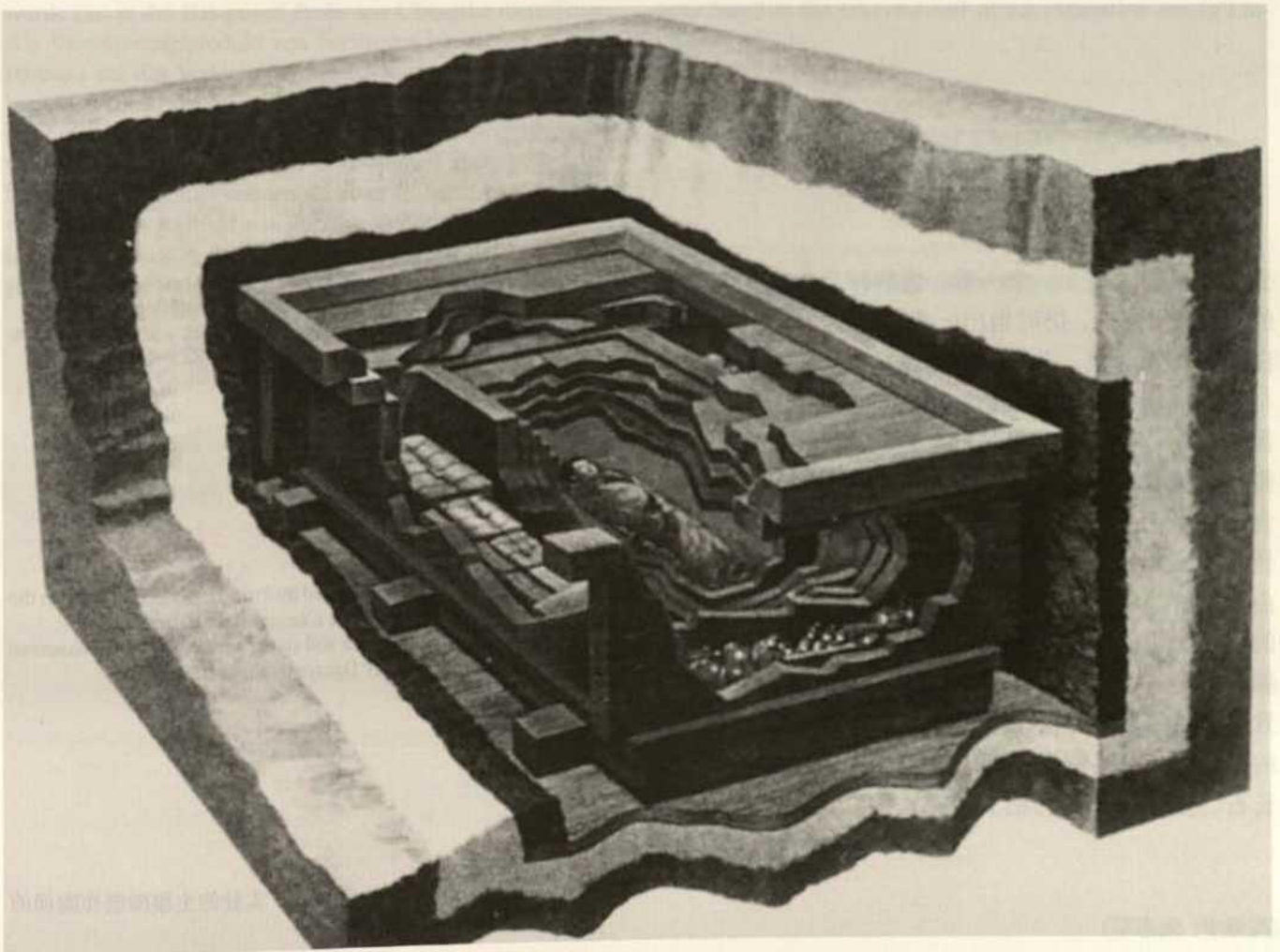
The soil in the pits of the cemetery generally originates from continental deposits (loess) or from weathering processes. In addition some parts of the soil could have been brought in for construction purposes. It was assumed that these soil types would differ in chemical composition and physical properties. A cross section of the hypothetical reconstruction of the original state of the three southern corridors in pit no. 1 is shown in Figure 2. The layer which is labelled 'Putzschiicht' probably was supposed to have a safeguarding effect on the wooden construction elements. The protective layers are named according to their colour Qing-gao-ni (blue) and Bai-gao-ni (white). Bai-gao-ni has very fine and even particles and a more dense and compact texture than Qing-gao-ni. This single layer of solidified mud covered the underground chamber to protect it from microbiological attack. The burial technique in the tomb of Qin Shihuang is probably similar to that of the sepulchral chamber in Figure 1.

As a first step in the conservation process it is necessary to understand the chemical and physical character of the different soil layers. The investigations in this research programme therefore mainly consisted of the analysis of the chemical components of the soil, especially the remnants of Qing-gao-ni protective layer

Abb. 1. Grabkammer mit Bai-gao-ni-Isolierschicht

Fig. 1. Burial chamber covered with Bai-gao-ni protective layer

图 1. 由白膏泥隔离层覆盖的棺室



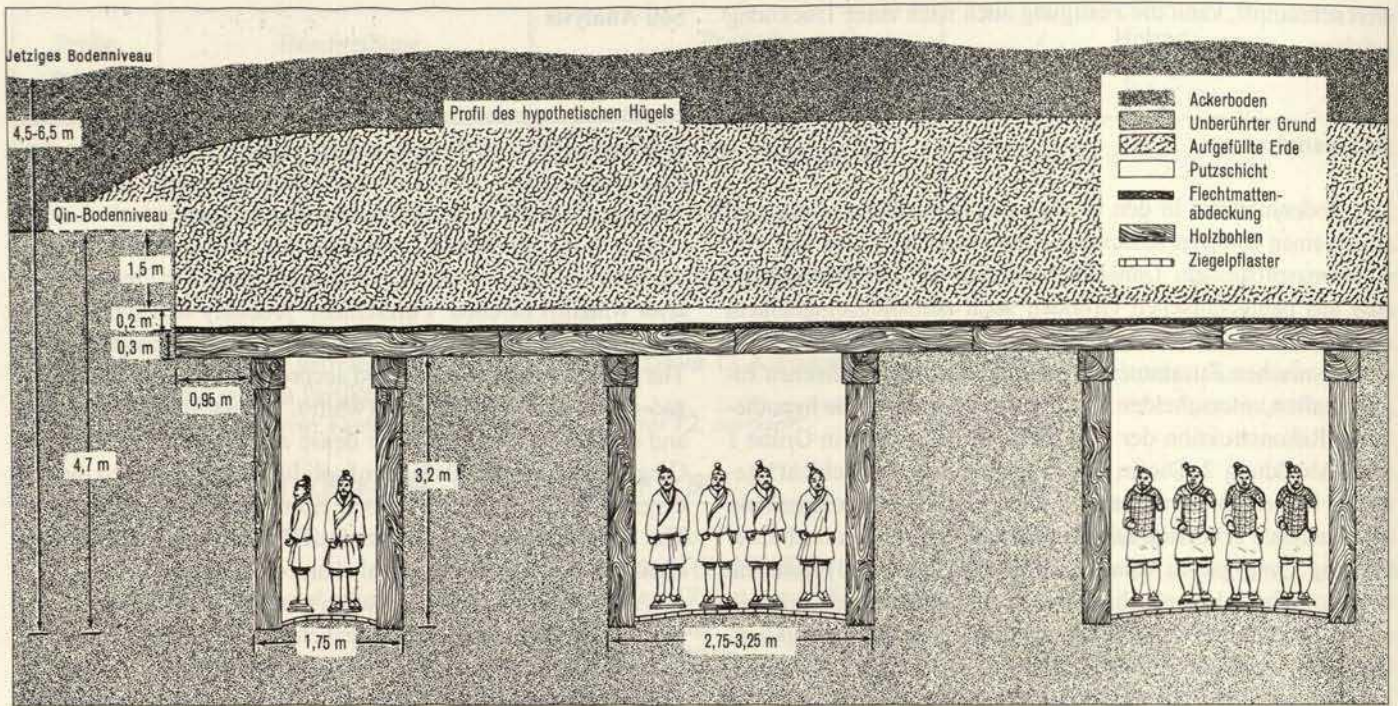


Abb. 2. Querschnitt durch die hypothetische Rekonstruktion der drei südlichen Korridore von Grube 1 (Querschnitt)

Fig. 2. Cross section of the hypothetical reconstruction of the three southern corridors in pit no. 1

图 2。一号坑内南边三个过洞的原始状态的假定重构的剖面

分析结果列入表 3。乍一看, 这些样品似乎具有显著的同质性, 然而, 仍可指出一些差别: 与青膏泥相比, 白膏泥不含白垩。必须指出的是, 青膏泥的矿物组成与自然环境中的土壤沉积物没有显著的差别。在白膏泥样品中, 钛含量是显著的。通过 XRD 法, 难于获得钛磁相存在的证据。一般来说, 高钛铁矿(FeTiO_3)含量与低石英含量相伴生。钾含量可以通过云母(如伊利水云母)的存在给予解释。仅在来自长沙的一个白膏泥样品中能够检测到高岭土。作为长石风化产物的高岭土可能暗示着在长沙周围存在着瓷土。样品的颜色各异, 从白色到深红, 系样品含铁量的差别所致, 所用的分析方法未能确定铁含量的差异。在较早的调查中, 在临潼发掘现场的覆土里发现了石英、钾长石、多为非结晶的粘土和磁铁矿。³

- 2 Die Dünnschliffe wurden von Prof. Dr. Rolf Snethlage im Zentral-labor des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege untersucht.
- 3 WIEDEMANN U. A. 1988. Die untersuchten Erden wurden von diesen Autoren für Betandteile der Tonfiguren gehalten.

*

- 2 The thin sections were investigated by Prof. Dr. Rolf Snethlage in the laboratory of the Bavarian State Conservation Office.
- 3 WIEDEMANN ET AL. 1988. The soil under investigation was assumed to be material from the clay figures by these authors.

*

- 3 WIEDEMANN ET AL. 1988. 经认定, 实验的土壤即制作陶俑的材料。

(英译中: 张志军)

identisch mit der in der Grabanlage des Qin Shihuang angewandten Bestattungstechnik.

Ein erster Schritt zur Konservierung ist die Kenntnis der chemischen und physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Erdschichten. Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprogramms umfaßten daher hauptsächlich die Analyse des Bodens, insbesondere der Reste der Isolierschichten Qing-gao-ni (geborgen aus Grube 2 in Lintong) und Bai-gao-ni (geborgen aus einem Grab der Han-Dynastie in Changsha, Provinz Hunan, VR China).

Von den meisten Proben wurden Röntgendiffraktogramme (XRD) aufgenommen, teilweise von Texturpräparaten, um den Tonmineralgehalt besser zu erfassen, teilweise als Streupräparate. Von drei Proben wurden Röntgenfluoreszenzspektren (XRF) aufgenommen; von fünf Proben wurden petrographische Dünnschliffpräparate mikroskopisch untersucht.² Schließlich wurden aus Vergleichsgründen von zwei Proben Infrarot-(FT-IR-)Spektren in KBr aufgenommen.

Einen Überblick über die Ergebnisse gibt Tabelle 3. Auf den ersten Blick ist die Zusammensetzung der Proben überraschend ähnlich. Es lassen sich jedoch einige Unterschiede ausmachen:

Die Bai-gao-ni-Isolierung enthält im Gegensatz zu Qing-gao-ni keinen Calcit. Die mineralogische Zusammensetzung von Qing-gao-ni unterscheidet sich nicht wesentlich von der des Bodenmaterials aus der direkten Umgebung. Ein gewisser Titangehalt ist typisch für die Probe von Bai-gao-ni. Es ist jedoch schwierig, mittels XRD titanomagnetische Phasen nachzuweisen. Im allgemeinen geht ein hoher Ilmenitgehalt (FeTiO_3) mit einem niedrigen Quarzgehalt einher. Der Kaliumgehalt läßt sich mit dem Vorliegen von Glimmern (wie Illit) erklären. Kaolinit wurde nur in der Bai-gao-ni-Probe aus Changsha identifiziert. Als Verwitterungsprodukt von Feldspaten könnte Kaolinit ein Hinweis auf das Vorkommen von Porzellanerde in der Umgebung von Changsha sein. Unterschiede im Eisengehalt, welche die unterschiedliche Färbung der Proben von weiß bis tiefrot verursachen, konnten mit den angewandten analytischen Verfahren nicht ermittelt werden. In einer früheren Untersuchung wurden Quarz, Kalifeldspat, überwiegend amorphe Tonminerale und Magnetite in dem Boden gefunden, der die Ausgrabungen in Lintong bedeckte.³

(unearthed from pit no. 2) and a Bai-gao-ni protective layer sample (unearthed from a tomb of the Han Dynasty in Changsha in Hunan Province, China).

From most of the samples, X-ray diffraction patterns (XRD) were recorded, partly from texture preparations to obtain the content of clay minerals, partly from the bulk material. From three samples X-ray fluorescence spectra (XRF) were measured; from five samples petrographical thin sections were prepared and analysed microscopically.² Finally from two samples FT-IR spectra were recorded in KBr-pellet-technique for comparative purposes.

An overview of the results are presented in Table 3. At a first glance, the samples seem to be of striking homogeneity. Nevertheless, some distinctions can be made: The Bai-gao-ni protective layer does not contain calcite, in contrast to the Qing-gao-ni layer. The mineralogical composition of the Qing-gao-ni layer does not differ significantly from the soil deposits in the immediate environment. A certain amount of titanium is typical for the Bai-gao-ni sample. However it is difficult to get evidence for the presence of titanomagnetite phases by means of XRD. Generally high ilmenite (FeTiO_3) contents are paired with low quartz contents. The potassium content can be explained by the presence of mica (as illite). Only in the single Bai-gao-ni sample from Changsha could kaolinite be identified. As a weathering product of feldspars, kaolinite could hint at the presence of porcelain earth in the environs of Changsha. Determination of differences in iron content, responsible for the different colour of the samples from white to intensive red, was beyond the capacity of the applied analytical methods. In an earlier investigation quartz, K-feldspar, almost amorphous clay, and magnetite were found in the covering soil of the excavation site in Lintong.³

(Translated from the German by Stefan Simon)

Nr. no 编号	Probe sample 样品	Analysenmethoden methods of analysis 分析方法			
		XRD X衍线	XRF X荧光	TS 薄切片	FTIR 红外
T-001/95	Qing-gao-ni, hellgrau bis weiß (Lintong P2, 08/94) <i>Qing-gao-ni, light grey or white (Lintong P2, 08/94)</i> 青膏泥, 淡灰或白色。(临潼 P2, 08/94)	Q, Cc, Il, Chl, Fsp			Q, (Cc), Org
T-001b/95	Qing-gao-ni, hellgrau bis weiß (Lintong P2, 08/94) <i>Qing-gao-ni, light grey or white (Lintong P2, 08/94)</i> 青膏泥, 淡灰或白色。(临潼 P2, 08/94)	Q, Cc, Il, Chl, Fsp, (Do?)			
T-002/95	Qing-gao-ni, grau (Lintong P2, 08/94) <i>Qing-gao-ni, grey (Lintong P2, 08/94)</i> 青膏泥, 灰色(临潼 P2, 取样于 08/94 号)	Q, Cc, Il, Chl, Fsp	<u>Ca, Si, K,</u> <u>Fe, (Ti),</u> (Mn)		Q, Cc
T-006/95	Qing-gao-ni, grau (Lintong, P2, T12, 04/95) <i>Qing-gao-ni, grey (Lintong, P2, T12, 04/95)</i> 青膏泥, 灰色(临潼 P2, T12, 取样于 04/95 号样品)	Q, Cc, Il, Chl, Fsp			
M-005/95	Qing-gao-ni mit Holz (Lintong) <i>Qing-gao-ni with wood (Lintong)</i> 带木青膏泥 (临潼)。			Q, Fsp, <u>Hb,</u> Chl, G, Zr	
TH-004/95	Bai-gao-ni, weiß, Han-zeitliche Gräber, Changsha (04/95) <i>Bai-gao-ni, white, Han Dynasty tombs in Changsha city (04/95)</i> 白膏泥, 白色。长沙汉墓 (04/95)	Q, Il, Chl, Kaol	<u>Fe, Si, Ti</u> K, (Ca), (Mn)	Chl, Q, Cc, (Tu), (o), (G)	
TH-005/95	Bai-gao-ni, weiß mit roter Schicht, Han-zeitliche Gräber, Changsha (04/95) <i>Bai-gao-ni, white with red layer, Han Dynasty tombs in Changsha city (04/95)</i> 白膏泥, 白色, 夹有红色层, 长沙汉墓 (04/95)	Q, Il, Chl, Fsp		Chl, VG, g, <u>Zr,</u> (Hb)	
T-003/95	roter Boden (Lintong P2, 08/94) <i>red soil (Lintong P2, 08/94)</i> 红土(临潼 P2, 08/94)	Q, Cc, Il, Chl	<u>Fe, Ca, K</u> Si, (Ti), (Mn)		
T-007/95	Lößboden nahe Terrakottafragmenten (Lintong P2, T11C, 05/95) <i>sediment soil of terracotta environment (Lintong P2, T11C, 05/95)</i> 淤泥(临潼 P2, T11C, 05/95)	Q, Cc, Il, Chl, Fsp			

Nr. no 编号	Probe sample 样品	Analysenmethoden methods of analysis 分析方法			
		XRD X衍线	XRF X荧光	TS 薄片	FTIR 红外
T-008/95	Boden, oberer Bereich der Trennwand (P2, T12B, 05/95) <i>soil, upper part of the partition wall (P2, T12B, 05/95)</i> 土, P2 T12B 区隔墙上部, (05/95)	Q, Cc, Il, Chl, Fsp			
T-009/95	Boden, unterer Bereich der Trennwand (Lintong P2, T11C, 05/95) <i>soil, lower part of the partition wall (Lintong P2, T11, C, 05/95)</i> 土, P2 T11C 区隔墙下部, (05/95)	Q, Cc, Il, Chl, Fsp			
M-010/95	roter Boden mit verwittertem Holz <i>rotten wood with red soil layer</i> 上面带有红土层的朽木。			Chl, Q, Cc, (Tu)	
M-010/95	roter Boden mit verwittertem Holz, heller, grau gefärbt <i>rotten wood with red soil layer, lighter colour, grey in tone</i> 上面带有红土层的朽木, 但颜色较淡, 灰色调。			Chl, Q, (Hb)	

Cc = Calcit <i>calcite</i> 方解石	Chl = Chlorit <i>chlorite</i> 绿泥石	Do = Dolomit <i>dolomite</i> 白云石	Fsp = Feldspat <i>feldspar</i> 长石;	G = Granat <i>garnet</i> 石榴石
Hb = Hornblende <i>hornblende</i> 角闪石	Il = Illit <i>illite</i> 伊利石	Kaol = Kaolinit <i>kaolinite</i> 高岭土	o = Erz <i>ore</i> 矿石	Org = organisches Material (Alkylketten) <i>organic material</i> (alkyl chains) 有机物 (烷链)
Q = Quarz <i>quartz</i> 石英	Tu = Turmalin <i>turmaline</i> 电气石	VG = vulkanisches Glas <i>volcanic glass</i> 火山玻璃	Zr = Zirkon <i>zirkone</i> 锆石	

Tabelle 3. Ergebnisse der Bodenanalysen (Analysenmethoden: XRD = Röntgendiffraktometrie; XRF = Röntgenfluoreszenzspektroskopie; TS = petrographische Dünnschliffe; FT-IR = Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie)

Table 3. Results of analysis on soil samples (methods of analysis: XRD = X-ray diffraction; XRF = X-ray fluorescence spectroscopy; TS = petrographical thin section; FT-IR = Fourier-Transform-infrared spectroscopy)

表 3. 土样分析结果(分析方法: XRD = X 射线衍射; XRF = X 射线荧光光谱; TS = 岩石薄片; FT-IR = 傅里叶变换红外线光谱测量法)