

Die Rekonstruktion römischer Stampflehmbauten im Archäologischen Park Xanten

Auf dem Gelände der ehemaligen römischen Stadt Colonia Ulpia Traiana (CUT) werden seit Mai 2007 drei Wohn- und Gewerbehäuser inklusive der Hofbebauung nach römischem Vorbild rekonstruiert. Es handelt sich dabei um 2-geschossige tragende Stampflehmbauten mit einem Bauvolumen von ca. 1300 Tonnen Stampflehm sowie Fachwerkwänden mit Lehmausfachungen.

Die Gebäude sollen zu Ausstellungs- und Demonstrationszwecken genutzt werden. Die Gebäudekubatur, deren Öffnungen sowie die Materialisierung und Dimensionierung sind dem rekonstruierten Vorbild soweit als möglich angelehnt. Die dabei auftretenden Widersprüche zu den heute gültigen anerkannten Regeln der Bautechnik wurden im Einzelfall zwischen den Projektbeteiligten abgewogen.

Xanten in römischer Zeit

Die Besiedlung des Xantener Raums in römischer Zeit

Vor der Ankunft der Römer war der Niederrhein relativ dünn besiedelt. Die einheimische germanische Bevölkerung lebte in kleinen Dorfgemeinschaften. Bedingt durch die schlechten Bodeneigenschaften wurde wenig Feldebau betrieben; Viehzucht bildete die wirtschaftliche Grundlage. Die Menschen lebten in Wohnstallhäusern, das heißt, Mensch und Vieh lebten unter einem Dach. Diese Häuser bestanden aus einem Holztragwerk mit Wandfüllungen aus Flechtwerk und Lehm.

Mit den Eroberungszügen des Julius Cäsar, 55 und 53 v. Chr., wurde der linke Niederrhein römisch besetzt. Auf einer kleinen Anhöhe gegenüber der Lippe-Mündung wurde das Doppellegionslager Vetera angelegt. Ausgehend von diesem Legionslager sollte das freie Germanien östlich des Rheins erobert werden. Nach der Niederlage am Teutoburger Wald im Jahre 9 n. Chr. gaben die Römer die Expansionspläne auf und befestigten den Rhein als Grenze. Das Legionslager wurde im Aufstand der einheimischen Bataver 69/70 n. Chr. zerstört und an einer anderen Stelle wieder errichtet.

An einem Altrheinarm, ca. 3 km nördlich des Militärlagers, befand sich der Hafen zur Versorgung der Truppen. In Umfeld des Hafens entstand eine Zivilsiedlung mit Händlern, Handwerkern und Kneipen. Um das Jahr 100 n. Chr. erhob Kaiser Trajan diese Siedlung in den Rang einer *colonia*. Im gesamten römischen

Reich existierten nur ca. 150 dieser *coloniae*; die Einwohner einer solchen Stadt hatten stadtrömisches Bürgerrecht. Zusammen mit der Stadterhebung wurde ein umfangreiches Bauprogramm gestartet. Innerhalb weniger Jahrzehnte erhielt die Stadt Colonia Ulpia Traiana (CUT) eine Stadtmauer mit großen Toren, ein Amphitheater, Tempel, Bäder, Forum, etc.

Die Stadt wurde 276 n. Chr. durch die vordringenden Franken überrannt und nochmals in verkleinerter Form aus dem Schuttmaterial der niedergelegten Bauten aufgebaut. Diese Siedlung wurde in der Mitte des vierten Jahrhunderts endgültig zerstört. Das Grab des heiligen Viktors, eines römischen Legionärs und christlichen Märtyres, lag an der Hauptausfallstraße von der CUT nach Süden. Um dieses Grab herum entstand im Mittelalter die heutige Stadt Xanten. Seitdem dienen die Überreste der römischen Stadt als Steinbruch für den Bau der mittelalterlichen Stadt und des Doms St. Victor. Somit ist die CUT die einzige bedeutende römische Ansiedlung nördlich der Alpen, die in späterer Zeit nicht überbaut wurde.

Struktur und Nutzung der CUT

Mit der Stadtgründung erhielt die CUT ein einheitliches Straßennetz im so genannten hippodamischen System¹. In einigen Bereichen wurden jedoch die bereits vorhandenen Straßenzüge beibehalten und in das System integriert. Die römische Stadt war insgesamt in vierzig so genannte *insulae* eingeteilt, die jeweils durch vier Straßenzüge begrenzt wurden. Ungefähr ein viertel der *insulae* waren mit öffentlichen Bauten belegt, die überwiegende Mehrzahl der Flächen war jedoch mit Wohn- und Gewerbehäusern bebaut. Reine Wohnhäuser, wie sie in den römischen Städten des Mittelmeerraumes vorkommen, waren hier in den Nordprovinzen selten. Auf den meisten Grundstücken waren Häuser mit Werkstätten für die Herstellung von Waren, Verkaufsräume und Wohnungen zu finden. In der Stadt haben zu Ihrer Blütezeit ca. 10.000 Menschen gewohnt.

Aus Grabsteinfunden lässt sich rekonstruieren, dass in der CUT Menschen der unterschiedlichsten Herkunft gewohnt haben. Soldaten, die nach 20 Jahren Dienst an verschiedensten Orten

1 Hippodamos von Milet (geboren ca. 510 v. Chr.). Das Hippodamische System hat sich in der Antike als die ideale Form der Stadtplanung durchgesetzt, es sieht die Einteilung der Stadtfläche mit sich rechtwinklig kreuzenden Straßen vor.

The reconstruction of Roman rammed earth buildings in the Archaeological Park, Xanten

On the terrain of the former Roman town of Colonia Ulpia Traiana (CUT) three residential and commercial buildings including courtyard buildings in Roman style have been reconstructed since May 2007. These are 2-storey self-supporting rammed earth buildings with a construction volume of ca. 1300 tonnes of rammed earth as well as timber framed walls with clay infill.

The buildings are intended for exhibition and demonstration purposes. The volumes of the buildings, their openings as well as the choice of materials and dimensions are based as far as possible on reconstructed archetypes. The conflicts that emerged with currently accepted construction practice were individually considered by those involved in the project.

Xanten in Roman times

The settlement in the region of Xanten in Roman times

Before the arrival of the Romans, the Lower Rhine was relatively sparsely inhabited. The local Germanic population lived in small village communities. Due to the poor ground conditions there was little arable farming; stock farming was the economic basis. They lived in byre houses, i.e. people and cattle living under one roof. These houses consisted of a timber framed structure with compartment infill of clay on woven latticework.

After the conquests of Julius Caesar in 55 and 53 BC the left bank of the Lower Rhine was Roman occupied. The double legionary camp Vetera was established on a small hill opposite the mouth of the Lippe. From this legionary encampment the free Germanic tribes to the east of the Rhine were to be conquered. After their defeat near the Teutoburg Forest in year 9 AD, the Romans abandoned their expansion plans and consolidated the frontier on the Rhine. The legionary camp was destroyed in the uprising of the indigenous Batavians in 69-70 AD and later set up again in a different place.

On an arm of the Old Rhine, about 3 km to the north of the military camp was the port for supplying the troops. Surrounding the port a civilian settlement grew up with traders, craftsmen and taverns. Around the year 100 AD, the Emperor Trajan elevated this settlement to the status of *colonia*. In the entire Roman Empire there were only ca. 150 of these *coloniae*; the inhabitants of such outposts had Roman city rights. To accompany the

elevation of the city, a comprehensive construction programme was undertaken. Within a few decades the City of Colonia Ulpia Traiana (CUT) received a city wall with large gates, an amphitheatre, a temple, baths, a forum and so on.

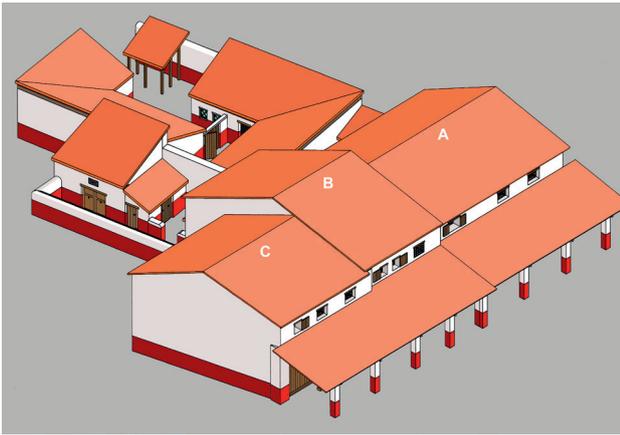
In 276 AD the city was overrun by the advancing Franks and built up once more in reduced form from the rubble of the razed buildings. This settlement was finally destroyed in the middle of the 4th century. The grave of Saint Victor, a Roman legionnaire and Christian martyr, lay on the main road leading out of CUT to the south. Around this grave the present-day Town of Xanten grew up in the Middle Ages. Since then the remains of the Roman city served as a source of stone for the construction of the mediaeval town and the Cathedral of St. Victor. Thus CUT is the only significant Roman settlement north of the Alps, which was not overbuilt in later times.

Structure and use of CUT

With the founding of the town CUT received a unified street network in the so-called Hippodamic System¹. In some areas, however, the existing street alignments were retained and integrated into the system. The Roman city was divided into in all forty so-called *insulae*, each of which was limited to four streets of houses. About a quarter of the *insulae* were occupied by public buildings, but the greater majority of the areas were taken up by domestic and business properties. Pure dwelling houses, as they existed in the Roman towns of the Mediterranean Region, were seldom here in the northern provinces. On most of the plots there were houses with workshops for the production of goods, retail premises and dwellings. In its heyday the city had ca. 10.000 inhabitants.

From gravestone discoveries it is possible to reconstruct that people of widely differing origins lived in CUT. Soldiers, who after 20 years of service in completely different parts of the empire had now been sent into retirement in Vetera, settled here. These former legionnaires came from the entire Roman Empire. Added to this were the tradesmen and craftsmen, who moved to

1 Hippodamos of Miletus (born. ca. 510 BC). The Hippodamic System established itself in antiquity as the ideal form of town planning, whereby the city area was subdivided into a grid of streets at right-angles to one another.



des Reiches nun in Vetera in den Ruhestand verabschiedet wurden, siedelten sich hier an. Diese ehemaligen Legionäre kamen aus dem gesamten römischen Reich. Hinzu kamen Händler und Handwerker, die sich in der CUT ansiedelten. Ein großer Teil der Bevölkerung wird jedoch aus romanisierten Germanen bestanden haben.

Die Wohn- und Gewerbebebauung

An den Rändern der *insulae* stand eine durchgehende Blockrandbebauung aus zweigeschossigen, traufständigen Vorderhäusern. Die Häuser wurden individuell geplant und gebaut, erhielten jedoch durch den vermutlich vorgeschriebenen straßenseitigen Portikus (überdachter Bürgersteig) eine einheitliches Aussehen. Im Vorderhaus befand sich ebenerdig die so genannte *taberna*, ein großer Raum der als Werkstatt, Lager und Verkaufsräume diente. Die Wohnräume befanden sich im Obergeschoss. Hinter den Vorderhäusern lag ein Hofbereich, der je nach Vermögen oder Gewerbe des Hausbesitzers unterschiedlich bebaut war. Die Archäologen haben hier sowohl aufwändig ausgestaltete Wohnräume und Bäder, als auch einfache Werkstätten und Schuppen freigelegt.

Die Architektur der Wohnhäuser lässt sich nicht als Fortentwicklung der germanischen Einraumhäuser deuten. Die Häuser in der Stadt wurden von Händlern und Handwerkern, nicht von Viehhaltern genutzt. Dies stellt andere Anforderungen an die Funktionsbereiche des Hauses. Bei den Baumaterialien haben die einheimischen Traditionen wahrscheinlich eine größere Rolle gespielt.

Die Lage der CUT im niederrheinischen Schwemmland hatte zur Folge, dass als geeignetes Baumaterial vor Ort nur Lehm, Kies, Sand und Holz zur Verfügung standen. Für die öffentlichen Bauvorhaben wurden von staatlicher Seite die logistischen und finanziellen Ressourcen zur Verfügung gestellt, um Steinmaterial und Kalk herantransportieren zu können. Die Ursprungsorte dieser Baumaterialien lagen oft an den Flüssen Rhein, Main und Mosel, so dass die schwer beladenen Frachtschiffe das Baumaterial flussabwärts bis nach Xanten transportieren konnten.

Für die zivilen Bauten stand neues Steinmaterial nicht in nennenswertem Umfang zur Verfügung. Die Überreste dieser Gebäude zeigen häufig die Wiederverwendung von Baumaterial,

zum großen Teil aus den Überresten des Militärlagers *Vetera Castra* auf dem Fürstenberg. Die Fundamente bestanden überwiegend aus Dachziegelbruch. Auf diesen Fundamenten wurden die meisten Zivilgebäude als massive Lehmbauten mit leichten Fachwerkwänden errichtet. Dabei ist nicht zweifelsfrei zu klären, ob die Massivlehmwände aus Stampflehm oder Lehmsteinen bestanden. Archäologisch lässt sich der Unterschied der beiden Bauweisen selbst in ariden Erhaltungsumständen nur äußerst selten belegen. In den wechselfeuchten Erhaltungsbedingungen am Niederrhein ist dies weitgehend unmöglich. In aller Regel wurde Lehm aus ein und derselben Grube und im selben Mischungsverhältnis zur Herstellung der Lehmsteine und des Lehmörtels verwendet. Nach einem mehr als 1500-jährigen Zerfallsprozess sind Mauerwerkskonturen dann nicht mehr erkennbar. Es wurden keine anstehenden Mauern, sondern nur Versturzmateriale gefunden². Die Wandstärke betrug in der Regel 45 oder 60 cm (1,5 bzw. 2 römische Fuß), was für zweigeschossige Bauten sowohl in Lehmstein- als auch in Stampflehmweise ausreichend dimensioniert ist.

Zeitgleich mit der Errichtung des 1. Bauabschnittes der Rekonstruktion wurden auf Insula 34 der CUT bei Grabungen umfangreiche Lehm Massen an den Fundament- und Sockelresten eines ähnlichen Gebäudes entdeckt. Auch hier könnte es sich im Original um einen Stampflehm-Bau gehandelt haben. Dieser Fund gab Anlass zu einer Materialuntersuchung, bei der der römische Lehm-Baustoff (Probe X1) mit einem örtlichen Baulehm (Probe X2) sowie dem beim 1. Bauabschnitt der Rekonstruktion verwendeten Stampflehm (Werksmischung Fa. Conluto, Probe X3) verglichen werden sollte. Bei dem örtlichen Baulehm handelt es sich um eine Bodenprobe (ungestörte vorrömische Auelehmablagerungen), die auf dem Areal der CUT, Insula 11, ca. 400 m westlich der Probe X1 im Horizont unter den römischen Siedlungsresten geborgen wurde. Das Areal, auf dem die Bodenprobe entnommen wurde, kommt als Baulehmquelle in römischer Zeit in Frage. Bei der Untersuchung sollten folgende Fragestellungen geklärt werden:

² In Nijmegen, Grabung St. Josephshof, wurden im Jahr 2005 die Reste einer verstorzten Lehmsteinmauer ergraben, bei der für den Mörtel Lehm einer anderen Provenienz verwendet wurde, als für die Herstellung der Steine. Dadurch lässt sich der Lehmsteinbau hier einwandfrei auf Grund der Farbunterschiede zwischen Stein und Mörtel belegen.

¹ Isometrische Darstellung des Bauvorhabens APX Rekonstruktion Handwerkerhäuser
Isometric projection of the craftsmen's houses in the APX reconstruction project

CUT. A large part of the population however would have come from Romanized German stock.

The domestic and commercial buildings

At the edge of the *insulae* there was a continuous peripheral block construction of two-storey, side-gabled front-facing houses. The houses were individually planned and built, but due to their evidently mandatory street-fronting portico (covered pavement) they were of uniform appearance. In the houses fronting the street, the ground level was the so-called *taberna*, a large space which served as workshop, store and retail area. The living rooms were on the upper level. Behind the street-facing houses was the courtyard area, which were variously constructed according to the wealth or trade of the house owner. The archaeologists have uncovered here both extravagantly designed living spaces and baths as well as simple workshops and sheds.

The architecture of the dwelling houses does not indicate onward development of the Germanic single roomed houses. The houses in the town were used by traders and craftsmen, not by cattle farmers. This placed different demands on the functional areas of the houses. With regard to the construction materials, local traditions probably played a greater role.

The position of CUT in the swamplands of the Lower Rhine meant that only clay, gravel, sand and wood was available close at hand as suitable building materials. For state managed public building projects logistical and financial resources were made available to enable quarried materials and lime to be transported to site. The original sources of these building materials were often the areas adjacent to the rivers Rhine, Main and Moselle, so that the heavily laden barges could transport the materials downstream to Xanten.

For civilian buildings, new stone material was not available in appreciable quantities. The remains of these buildings often reveal the reuse of building materials, largely from the remnants of the military camp *Vetera Castra* on the Fürstenberg. The foundations consisted mainly of broken roof tiles. On these foundations most of the civilian buildings were built as solid earth structures with light timber framed internal partitions. It is not clear, however, whether the solid clay walls were made of rammed earth or clay bricks. Archaeologically the difference be-

tween the two construction methods, even in arid preservation circumstances, can only be established on rare occasions. In the irregular dampness conditions of the Lower Rhine this is largely impossible. As a rule clay was sourced from one and the same pit and used in the same mixing relationship both for the production of clay bricks and of clay mortar. After a deterioration process of more than 1500 years, the brickwork contours are no longer definable. No standing walls but only collapsed material has been found². The wall thicknesses were usually 45 or 60 cm (1½ or 2 Roman feet) which was adequately sized for two-storey buildings both for clay brick and for rammed earth construction.

Simultaneously with the erection of the first stage of the reconstruction on Insula 34 of CUT, substantial clay deposits were found in excavations of the remains of the foundations and plinth of a similar building. Here as well, the original could have been a rammed earth structure. This discovery led to an examination of material, in which the Roman clay building material (sample X1), local building clay (sample X2) as well as the rammed earth used in the first stage of the reconstruction (works mixture from the firm Conluto – sample X3) were to be compared. In the case of the local building clay, this was a soil test sample (undisturbed pre-Roman floodplain deposits), which was recovered on the area of Insula 11 of CUT, ca. 400 m to the west of sample X1 in the stratum underneath the remains of the Roman settlement. The area from where the ground sample was taken was quite possibly a source of building clay in Roman times.

In the investigation the following questions were to be clarified:

- Was local building clay used to construct the original solid clay walls?
- Were additives mixed into the building clay?
- Could the clay found at the base of the wall have been the compacted clay of a rammed earth structure?
- Could the local building clay used during the second stage of the reconstruction have been deployed as rammed earth?

² In the excavations of St. Josephshof at Nijmegen in 2005, the remains of a collapsed clay brick wall were uncovered, in which the source used for the clay mortar was a different from that used for making the bricks. In this clay brick structure it is possible to show this without doubt because of the difference in colour between the bricks and the mortar.

| Material | | Probe Ausgrabung X1 | Örtlicher Grubenlehm X2 | Stampflehm 1. BA, X3 |
|---------------------------------|----------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| Bindekraft | g/cm^2 | 116 | 120 | * |
| Bezeichnung nach [1] | | fast fett | fast fett | * |
| Schwindmaß | % | 3,1 | 3,5 | 1,0 |
| Dichte | kg/m^3 | 2.100 | 2.100 | 2.140 |
| Druckfestigkeit am Mörtelprisma | N/mm^2 | 4,4 | 5,7 | 4,3 |
| Druckfestigkeit am Prüfwürfel | N/mm^2 | (3,1 ***) | (3,9 ***) | 3,0 ** |

* Die Bindekraft wird nur von Baulehm und nicht von Lehmbaustoffen bestimmt, da Zuschläge das Ergebnis verfälschen

** gemittelte Würfeldruckfestigkeit aus den an verschiedenen Chargen ermittelten Würfeldruckfestigkeiten, entnommen den Materialprüfzeugnissen der FH Detmold, Prof. Dipl.-Ing. J.-U. Schulz

*** Die Würfeldruckfestigkeit wurde aus der Prismendruckfestigkeit mittels des bei X3 vorhandenen Umrechnungsfaktors bestimmt

- Wurden zum Errichten der bauzeitlichen Massivlehmwände örtliche Baulehme verwendet?
- Wurden den Baulehmen Zuschläge beigemischt?
- Kann es sich bei dem am Wandfuß gefundenen Lehm um Stampflehm eines Stampflehmbaus handeln?
- Könnten bei der Errichtung des 2. Bauabschnittes der Rekonstruktion örtliche Baulehme als Stampflehm eingesetzt werden?

Um die zu klärenden Fragen beantworten zu können, wurden die Proben mineralisch-texturellen und bautechnischen Untersuchungen unterzogen. Die Untersuchungen wurden vom Büro ZRS in Zusammenarbeit mit der TU Berlin durchgeführt.

Bei dem Vergleich des römischen Lehmbaustoffs (X1) mit dem potentiellen Baulehm (X2) zeigte sich eine weitgehende Übereinstimmung in der Korngrößenverteilung und Mineralogie. Die Korngrößenermittlung zeigte die für Auelehme typische Verteilung von stark feinsandigen Schluffen. Sie bestehen aus Quarz, Feldspat (hauptsächlich K-Feldspat, daneben Plagioklas), Glimmer (hauptsächlich Illit/Muskovit), Smektit, Kaolinit sowie Spuren von Chlorit. Die Tonfraktion wird von Smektit (i. w. Montmorillonit), Illit/Muskovit und Kaolinit dominiert, daneben sind geringe Anteile von Chlorit vorhanden. Die Probe X3 zeigt als Werkmischung eine weitgehend verschiedene Korngrößenverteilung und Mineralogie zu den Proben X1 und X2. Farblich sind die Proben X1 bis X3 nahezu gleich. Die Untersuchung ausgewählter Materialeigenschaften zeigt die Tabelle 1. Aufgrund der mineralogisch-texturellen und mechanischen Ähnlichkeit des am Wandfuß geborgenen Lehms (Probe X1) und des örtlichen Grubenlehms (Probe X2) ist nachgewiesen, dass zu römischer Zeit örtlicher Baulehm zum Errichten von Massivlehmwänden verwendet wurde. Die texturellen Untersuchungen ergaben, dass dem Baulehm dabei keine mineralischen Zuschläge wie Gesteinskörnung zugegeben wurden. Die Verwendung von pflanzlichen Zuschlägen wird zumindest für den Stampflehm als nicht wahrscheinlich angesehen.

Es kann sich bei der am Wandfuß geborgenen Probe um Stampflehm handeln, da die damals angewendete Technik auch die Verwendung von relativ stark schwindendem Stampflehm zuließ. Das Schwindmaß liegt mit 3,1% über dem heute mit 2,0% angegebenen Grenzschildmaß für Stampflehm, jedoch ist die zur Anwendung gekommene und kommende Bautechnik mit der Segmentschalung relativ tolerant gegenüber einem

hohem Schwindmaß, da die Segmentfugen versetzte und somit unproblematische Sollrisstellen darstellen (Abb. 6). Die Druckfestigkeit des Materials ist ausreichend.

Die Zwischenwände der Häuser waren als Fachwerkwände ausgeführt. Der römische Architekt und Schriftsteller Vitruv wandte sich bereits zur Zeit des Kaisers Augustus gegen die Verwendung dieser Konstruktionstechnik³. Er bemängelte die leichte Brennbarkeit der Fachwerkwände. Auf der anderen Seite erkannte er den Vorteil der Zeitersparnis beim Hausbau. Genau deshalb war der Fachwerkbau, insbesondere in den Provinzen, eine weit verbreitete Bauweise. Die Gebäude konnten sehr schnell errichtet werden und die Wände nahmen wenig Konstruktionsfläche ein. Insbesondere in den frühen Phasen der CUT ist mit einer sehr hohen Anzahl an reinen Fachwerkbauten zu rechnen, aber auch in den coloniazeitlichen Wohngebäuden sind neben Fachwerkinnenwänden bei Massivbauten reine Fachwerkgebäude anzutreffen.

Die Fachwerkwände wurden in aller Regel mit Staken, Flechtwerk und Lehmwurf ausgefacht. Putzfragmente mit Abdrücken des Flechtwerks auf der Rückseite haben sich erhalten. Im Gegensatz zu den mittelalterlichen und neuzeitlichen Ausfachungen lagen die Staken jedoch waagrecht und das Flechtwerk senkrecht⁴. Neben dieser Technik waren noch Bretter und Bohlen als Füllungen möglich, sowie Ausfachungen aus gestampftem Lehm zwischen Brettschalungen oder Lehmsteinen. Naturstein- oder Ziegelausfachungen, wie sie in den italischen Ausgrabungsstätten entdeckt wurden, sind in der CUT nicht nachgewiesen.

Grundsätzlich waren alle Wohnhäuser mit Kalkmörtel verputzt, der in mehreren Lagen aufgebracht wurde. Das Putzpaket erreichte Stärken von 4-6 cm, zum Teil wurden auch bis zu 10 cm gemessen. Dadurch lässt sich von außen nur noch selten ablesen, ob es sich bei einem Gebäude um einen Lehm-, einen Fachwerkbau oder einen Mauerwerksbau handelt. Der Wohl-

3 Vitruv, liber secundus, Kapitel 13,20

4 Eine Begründung hierfür ist nicht bekannt. Nach Aussage moderner Handwerker lässt sich das mittelalterliche System besser ausführen, da die Ruten beim Flechten nach unten geschlagen werden können und somit der Flechtvorgang schneller abläuft. Darüber hinaus kann der plastische Lehm sich leichter in den waagrechten Ruten verankern und dann in jedem Gefach von unten nach oben aufgebaut werden.

Tabelle 1 Zusammenfassung der ermittelten Materialeigenschaften an den Proben X1 bis X3

| Material | | Sample excavation X1 | Local quarry clay X2 | Rammed earth, Sec. 1, X3 |
|--------------------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Adhesive strength | g/cm^2 | 116 | 120 | * |
| Description according to [1] | | near rich | near rich | * |
| Shrinkage value | % | 3.1 | 3.5 | 1.0 |
| Density | kg/m^3 | 2100 | 2100 | 2140 |
| Compressive strength on mortar prism | N/mm^2 | 4.4 | 5.7 | 4.3 |
| Compressive strength on test cube | N/mm^2 | (3.1 ***) | (3.9 ***) | 3.0 ** |

* The adhesive strength is only ascertained on building clay and not on clay building materials, because additives affect the result

** Average cube compressive strength ascertained from cube compressive strength of different charges taken from material test reports of the FH Detmold, Prof. Dipl.-Ing. J.-U. Schulz

*** The cube compressive strength was determined by the prism compressive strength using the existing conversion factor of X3.

In order to be able to clarify these questions, the samples were subjected to mineral-textural and constructional investigations. The investigations were performed by ZRS engineers in collaboration with the TU Berlin Institute of Technology.

In the comparison of the Roman clay building material (X1) with the potential building clay (X2) considerable conformity was demonstrated in the distribution of grain size and the mineralogy. The identification of grain size showed a distribution of fine sandy silts that is typical for floodplain clays. They consist of quartz, feldspar (mainly potassic feldspar together with plagioclase), mica (mainly illite/muscovite), bentonite, kaolin as well as traces of chlorite. The clay fraction is predominantly bentonite (containing montmorillonite), illite/muscovite and kaolin alongside small traces of chlorite. Sample X3, as a works mixture, has a grain size distribution and mineralogy that differs largely from samples X1 and X2. In terms of colour, samples X1 to X3 are more or less identical. The examination of selected material characteristics is given in Table 1.

The mineral-textural and mechanical similarity of the clay recovered from the base of the wall (sample X1) and the locally quarried clay (sample X2) proves that in Roman times local building clay was used to construct the solid clay walls. The textural investigations showed that no mineral additives, such as stone grains, were introduced into the building clay. The use of vegetable supplements, at least as far as rammed earth construction is concerned, is not thought likely.

The sample recovered at the wall base could have been rammed earth, because the technique then used also permitted the use of relatively highly-shrinking rammed earth. The shrinkage factor of 3.1% is higher than the shrinkage factor limit for rammed earth of 2.0% that pertains today, but the building technique that has been employed and will be employed using segmental shuttering is relatively tolerant of a high shrinkage value, since the segment joints are staggered and therefore represent unproblematic controlled crack positions (Fig. 6). The compressive strength of the material is sufficient.

The dividing walls of the houses were built as timber frame walls. The Roman architect and writer Vitruvius already opposed the use of this construction technique at the time of Caesar Augustus³.

He complained of the high flammability of timber framed walls. On the other hand, he recognised the time saving advantage in house building. For that very reason timber frame was a widespread building method, particularly in the provinces. The buildings could be quickly erected and the walls took up little construction space. Particularly in the early stages of CUT one could expect a very high number of pure timber frame buildings, but also in the dwellings of Colonia times, pure timber frame buildings are also found in addition to timber framed internal walls in otherwise solid structures.

The timber framed walls were as a rule infilled with struts, wattle and daub. Plaster fragments with impressions of wattling on the reverse side have survived. Contrary to mediaeval and modern infill methods, the struts were laid horizontally and the rods vertically⁴. In addition to this technique, the use of boards and planks were possible as infill as well as infill using impacted clay between board shuttering or clay blocks. Compartment infilling with natural stone or fired bricks, as has been discovered in Italian excavation sites, has not been encountered in CUT.

As a basic principle all dwelling houses were rendered with lime mortar, which was applied in several layers. The plaster package reached thicknesses of 4-6 cm, in some cases as much as 10 cm has been measured. For this reason it is only seldom possible when viewing from the outside to establish whether a building is a clay structure, timber frame or a masonry building. The wealth of a house owner was much less demonstrated by the method with which his house was constructed than by the standard of its furnishings. The construction of the houses with timber frame and clay walls was dictated by the lack of suitable building material in the lowlands of the Lower Rhine. This pervades all sectors and chronological strata of house construction, without affecting the wealth status of the owner. Only occasionally does the painstaking construction of cellars using

3 Vitruvius, liber secundus, chapter 13,20

4 The reason for this is not known. According to modern craftsmen the mediaeval system is easier to accomplish, because when interweaving the wattle, the rods can be knocked downwards making the interweaving process quicker. Furthermore, the malleable clay can be anchored more easily into the horizontal rods and then built up in each compartment from bottom to top.

Table 1 Summary of the material characteristics established on samples X1 to X3



stand eines Hausbesitzers zeichnete sich weniger über die Baukonstruktion seines Hauses, als viel mehr durch den Ausstattungsstandard aus. Die Konstruktion der Häuser mit Fachwerk- und Lehmwänden wurde durch den Mangel an geeignetem Baumaterial im Niederrheinischen Tiefland begründet. Sie zieht sich durch alle Bereiche und chronologischen Schichten der Wohnbebauung, ohne dass Rückschlüsse auf den Wohlstand der Besitzer getroffen werden können. Nur gelegentlich weisen sorgfältig aus Grauwacke gemauerte Keller darauf hin, dass der Besitzer in der Lage war, sich das Baumaterial für sein Vorhaben auch über lange Transportwege zu besorgen.

Der Archäologische Park Xanten (APX)

Gründung und Ziele des Archäologischen Parks Xanten

Das Wissen um die römische Stadt war in Xanten nie verloren. Das Gewann „Auf der Alten Burg“ zeugt in seinem Namen noch von den Überresten der CUT. Ende des 19. Jahrhunderts entdeckte der Niederrheinische Altertumsverein die Thermenanlagen. In den 1930er Jahren wurde das Amphitheater ausgegraben. Dennoch beschloss der Stadtrat von Xanten in den 1960er Jahren die Flächen nördlich der modernen Stadt als Industriegebiet auszuweisen.

Die Archäologen des Rheinischen Landesmuseums Bonn haben in mehreren Notgrabungen versucht, zumindest ansatzweise die Überreste der römischen Stadt zu bergen und zu erforschen. Es wurde jedoch sehr schnell deutlich, dass auf diese Weise eine archäologische Quelle ersten Ranges zerstört wird. Die CUT ist die größte römische Stadt nördlich der Alpen, die im Mittelalter und der Neuzeit nicht überbaut wurde. Nur hier besteht die Möglichkeit, nachhaltig und umfassend Forschung zur römischen Stadtgeschichte zu betreiben.

Als Gegenentwurf zum geplanten Industriegebiet schlug der Landschaftsverband Rheinland die Gründung des Archäologischen Parks Xanten vor. Die Grundstücke im Bereich der CUT werden nach und nach aufgekauft und damit das Bodendenkmal vor weiterer Zerstörung geschützt. Auf dem Gelände sollen durch Rekonstruktionen, museale Einrichtungen und Medien dem Besucher Informationen zur Archäologie im Allgemeinen, zur Römischen Epoche und zu den Überresten der CUT vermittelt werden. Mit mehr als 350.000 Besuchern jährlich, ist der APX

heute ein fester Faktor in der Wirtschaft der Stadt Xanten geworden, die heute auf Tourismus im Naherholungsbereich setzt und nicht auf Industrie.

Die Einnahmen des APX finanzieren den täglichen Betrieb und einen Teil des Grunderwerbs. Der Wissenschaftliche Apparat wird vom Landschaftsverband Rheinland getragen. Die Stadt Xanten und das Land beteiligen sich darüber hinaus an den verbleibenden Kosten des Grunderwerbs. Rekonstruktionsprojekte, wie die Handwerkerhäuser, werden zu 80% vom Land Nordrhein-Westfalen und zu 20% vom LVR bezahlt.

Das Projekt „Handwerkerhäuser“

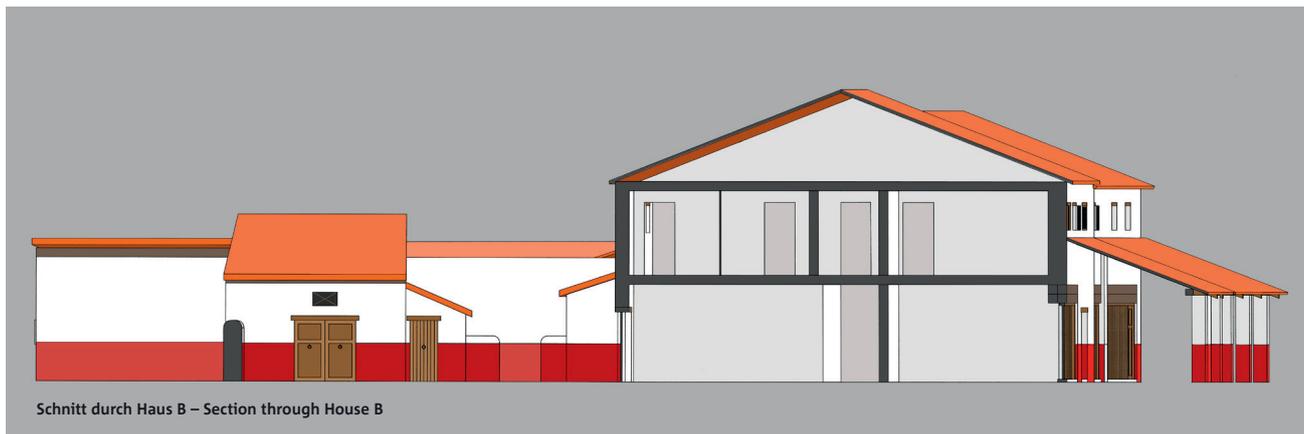
Grundsätzliches zur Rekonstruktion

Prinzipiell steht die Denkmalpflege und Archäologie der Rekonstruktion von Gebäuden sehr kritisch gegenüber. Die Informationen, die im archäologischen Befund enthalten sind, reichen zwar oft aus, um die Baumaterialien und Wandstärken des Erdgeschosses festzulegen. Zu viele Bereiche eines Gebäudes müssen über Analogien erschlossen werden. Raumhöhen, Dachneigungen, manchmal die Art der Dachdeckung, Nutzung des Obergeschosses und Ausstattung mit Möbeln müssen über Vergleichsbeispiele aus anderen Häusern, Abbildungen auf Fresken oder Funde aus dem gesamten Römischen Reich zusammengetragen werden. Deshalb kann kein Archäologe oder Bauforscher mit Sicherheit sagen, dass ein Gebäude nur so, und nicht anders ausgesehen hat. Die Rekonstruktionen sind immer nur Modelle, die zeigen sollen, dass man sich ein Haus aus dieser Zeit ungefähr so vorstellen kann. Vielen Wissenschaftlern ist dies zu ungenau.

Der Besucher hingegen schätzt die Möglichkeit, antike Bauwerke mit allen Sinnen zu erschließen. Er sieht nicht nur eine Rekonstruktionszeichnung, sondern erfährt auch den betretbaren Raum, hört die Schritte auf dem Boden, riecht das Feuer in den Herdstellen, usw. Dem Bauforscher geben die Rekonstruktionen eine Möglichkeit, sein theoretisches Wissen einer Realitätsprüfung zu unterziehen.

Der Entwurf

Mit der Rekonstruktion der Handwerkerhäuser verfolgt der APX drei Ziele: Erstens soll dem Besucher neben den vielen öffentlichen Bauwerken auch exemplarisch gezeigt werden, wie die



greywacke indicate that the owner was also in a position to procure the building material for his project over long distances.

The Archaeological Park Xanten (APX)

Foundation and Aims of the Archaeological Park in Xanten
 Knowledge of the Roman city at Xanten was never lost. The site “Auf der Alten Burg” (“On the Old Hill”) still testifies in name to the remains of CUT. At the end of the 19th century the Nieder-rheinische Altertumsverein discovered the roman baths. In the 1930s the amphitheatre was uncovered. Notwithstanding, in the 1960s Xanten City Council resolved to designate the area to the north of the modern city as an industrial zone.

The archaeologists of the Rhineland State Museum in Bonn tried in several emergency excavations to rescue and investigate at least rudimentary remains of the Roman city. It very soon became obvious, however, that in this way an archaeological source of the highest importance could be destroyed. CUT is the largest Roman city north of the Alps that has not been overbuilt in the middle ages or in modern times. Only here is it possible effectively and comprehensively to conduct research into Roman urban history.

As an alternative proposition for the planned industrial zone the Landschaftsverband Rheinland proposed the establishment of the Archaeological Park in Xanten. The sites in the area of CUT are being purchased piece by piece, thus saving this ground monument from further destruction. On the site it was proposed, through reconstruction, museum facilities and media presentations, to inform visitors about archaeology in general, about the Roman Age and about the remnants of CUT. With more than 350,000 visitors each year, the APX has today become an established factor in the economy of the City of Xanten, which is now attuned to tourism in the field of recreation rather than to industry.

The income of the APX finances the everyday costs and contributes to the purchasing of the site. The scientific aspect is supported by the Landschaftsverband Rheinland (LVR). In addition, the City of Xanten and the State share the remaining costs of purchasing the site. 80% of the cost of reconstruction projects,

such as the craftsmen’s houses, are funded by the State of North Rhine-Westphalia and 20% by the LVR.

The “Craftsmen’s Houses” Project

General aspects of the reconstruction

Conservationists and archaeologists are in principle critical of the reconstruction of buildings. The information, which is contained in the archaeological findings, is often sufficient to establish the building materials and the wall thicknesses of the ground floor. Many parts of a building have to be determined through analogies. Room heights, roof pitches, sometimes the type of roof covering, uses of the upper storey and equipping with furniture have to be collected together using comparative examples from other houses, illustrations on frescos or findings from throughout the Roman Empire. Therefore no archaeologist or building researcher can safely say that a building can only look like this and not like that. Reconstructions are only ever models, which should show how one can imagine a house from this epoch would roughly have appeared. For many scientists this is too inaccurate. This is why reconstructions are generally rejected. The visitor, on the other hand, welcomes the chance to engage with ancient buildings with all the senses. He sees not only a drawn reconstruction but also experiences an accessible room, hears footsteps on the floor, smells the fire in the hearth, etc. Reconstructions give the building researcher the possibility of subjecting his theoretical knowledge to a reality test.

The design

With the reconstruction of the craftsmen’s houses the APX is pursuing three aims: first, beside the many public buildings, the visitor should also be shown examples of how the simple craftsmen in CUT lived and worked. These houses take up about three quarters of the built up area within CUT and which had up to that time not been represented in reconstructions. Second, at one place within the park an exemplary section of a street with house facades on both sides should be created. Up to now there were only individual buildings standing in a green field, which could in no way recreate the impression of a close-built Roman city. Third, in terms of experimental archaeology, through the craftsmen’s houses additional information should be gained on building technology in Roman times.



einfachen Handwerker in der CUT gelebt und gearbeitet haben. Diese Häuser machen ungefähr drei Viertel der bebauten Fläche innerhalb der CUT aus und waren bisher noch nicht bei den Rekonstruktionen vertreten. Zweitens sollte an einer Stelle innerhalb des Parks exemplarisch ein Stück eines Straßenzuges mit Häuserfronten an beiden Seiten entstehen. Bisher standen nur vereinzelt Gebäude auf der grünen Wiese, die keinesfalls den Eindruck einer dicht bebauten römischen Stadt wiedergeben konnten. Drittens sollten mit den Handwerkerhäusern im Sinne der experimentellen Archäologie zusätzliche Informationen zur Bautechnik in römischer Zeit gewonnen werden.

Die Ausgrabungen bei den Handwerkerhäusern begannen bereits 1987 und dauerten bis zur Mitte der 90er Jahre. Im Jahr 1994 wurde ein Rekonstruktionsentwurf für die Handwerkerhäuser vorgelegt, der drei giebelständige Bauten vorsah. Im Rahmen der Planung und Vorbemessung dieses Entwurfs ergaben sich erhebliche Bedenken. Hauptgegenstand der Bedenken waren die großen Lasten des straßenseitigen Giebels bei gleichzeitiger Öffnung der Erdgeschosszone und vor allem die Führung der Entwässerung der zueinander geneigten Dachflächen über den Trennwänden. Hier sind Detailausbildungen notwendig, die selbst mit den heutigen Baumaterialien häufig zu Problemen führen. Für die römische Zeit ist dies um so mehr auszuschließen. Eine kleine Undichtigkeit würde zu erheblichen Schäden an der Lehmwand führen, die genau unter der Rinne liegt. Es ist unwahrscheinlich, dass die römischen Baumeister eine solche regelmäßige und systematische Schwachstelle in ihrer Architektur und Konstruktion hingenommen haben. Nach erneuter Überprüfung des Befundes wurde festgestellt, dass die Häuser tatsächlich traufständig waren.

Für Haus A war im Erdgeschoss eine Ladenfront dargestellt, die mehr als sieben Meter frei überspannen sollte. Berechnet man die Lasten der massiven Obergeschosswand, wird schnell klar, dass Balkenquerschnitte in den geforderten Dimensionen weder in römischer noch in moderner Zeit erhältlich waren. Nach weiteren Forschungen in Italien und der Schweiz konnten Beispiele römischer Ladenfronten mit Mittelstützen gefunden werden, die nun auch in Xanten realisiert werden.

Die beiden angeführten Beispiele zeigen, dass bis in die Detailplanungen der Rekonstruktion Widersprüche auftauchen, die

den ursprünglichen Rekonstruktionsentwurf grundlegend in Frage stellen.

Da die favorisierte Variante der Rekonstruktion von späteren Generationen als unrealistisch und störend angesehen werden könnte, sollten die zu errichtenden Gebäude die als Bodendenkmal eingestufteten Reste der römischen Bauten nicht beeinträchtigen. Es musste also eine Lösung gefunden werden, wie die Grundrisse exakt denen der römischen Bauten entsprechen können, jedoch keine direkte oder indirekte Lastenleitung in die römischen Fundamente erfolgt. Im Rahmen einer Variantenanalyse entschied sich der Bauherr für eine Bohrpfahlgründung. Die Pfähle haben ihre Lage in ausreichendem Abstand zu den römischen Fundamenten. Sie tragen eine Stahlbeton-Bodenplatte, die im geringen Abstand über dem Befund „schwebt“.

Die Vorgängerbauten waren durch die großen Wandöffnungen, die strebenlosen Fachwerkwände und die nicht vorhandenen Deckenscheiben in Querrichtung nicht ausreichend ausgesteift. Ihre offensichtliche Standsicherheit erklärt sich mit der Stellung innerhalb einer geschlossenen Zeilenbebauung. Da diese nicht vorliegt, mussten zusätzliche Maßnahmen zur Aussteifung vorgesehen werden. So sollte die Deckenkonstruktionen sowie eine aussteifende Querwand als Scheibe ausgebildet werden.

In den Stampflehmwänden sollten zur Verteilung von Auflager- und Ankerkräften zahlreiche Schwell- und Ankerhölzer integriert und Öffnungen mit Eichenholzstützen überdeckt werden. Sämtliche Einbauteile wurden in Stampflehm-Schalplänen dargestellt. Bei großen Öffnungen wie z. B. der Ladenöffnungen wurden sowohl Sturz als auch Blockzarge angeordnet. Die Blockzarge ist dabei Teil des Tragsystems, da die Stampflehmwände mit der Aufnahme der Auflagerlasten überfordert gewesen wären. Das unterschiedliche Verformungsverhalten der tragenden Holz- und Lehmteile stellte eine große Herausforderung in der Planung, Ausführung und Überwachung dar.

Die Stampflehmwände sollten mit einer Segmentschalung „im Verband“ errichtet werden. Das Schalungssegment sollte eine Länge von maximal 2 Meter und eine Höhe von 60 cm aufweisen. In Ecken und Wandanschlüssen waren keine Schalfugen vorgesehen, um ein Aufreißen an diesen Stellen zu verhindern. In den einzelnen Segmenten wurde diagonal liegend eine Dach-

3 Straßenansicht von Haus A mit Anordnung von Ziegelmauerwerk an wassergefährdeten Stellen.
Street elevation of House A with the brickwork detail at positions at risk from water.



The excavations around the craftsmen's houses began back in 1987 and lasted until the middle of the 1990s. In 1994 a design for the reconstruction of the craftsmen's houses was presented, which foresaw three buildings with front-facing gables. During the planning and surveying of this design strong reservations arose. The main aspect of these reservations was the great load imposed by these street-facing gables with the simultaneous opening up of the ground floor zone and, above all, the handling of the drainage of the opposing roof pitches over the party walls. This would require details which even with today's building materials often lead to problems. In Roman times this would have been even more out of the question. A small leak would regularly lead to serious damage to the earth wall that stood directly underneath the drainage channel. It is unlikely that the Roman master builders would have accepted a regular and systematic weakness of this sort in their architecture and construction. After renewed assessment of the find, it was established that the houses actually stood with their eaves to the street.

For House A at ground floor level a shop front was shown that should be free spanning over more than seven metres. When calculating the load of the solid upper storey wall, it soon became clear, that beam cross sections of the necessary magnitude would not have been available neither in Roman times nor today. After further research in Italy and Switzerland examples of shop fronts with a central support have been found, which will now be realised in Xanten as well.

Both executed examples show that right up to the detailed planning stage of the reconstruction, contradictions arise which seriously call into question the original reconstruction concept.

Since the favoured reconstruction variant might be seen by later generations as unrealistic and disturbing, the buildings to be constructed should not affect the remains of the Roman buildings that have been declared a ground monument. A solution would therefore have to be found, where the ground plans can correspond exactly with those of the Roman buildings, but without directly or indirectly impacting on the Roman foundations. An analysis of the variants led to the builder's decision to adopt drilled pile foundations. The piles are positioned at a sufficient distance from Roman foundations. They support a reinforced

concrete ground slab, which "floats" a small distance above the find.

Due to the large wall openings, the unbraced timber framed walls and the non-existing ceiling slabs, the original buildings had insufficient lateral stiffness. Their apparent stability is explained by their situation within a continuous terrace of buildings. Since this was not available here, additional stiffening measures had to be provided. The ceiling structures as well as a stiffening cross wall should take the form of slabs.

To distribute the load and anchoring forces, numerous sill and anchor beams were to be integrated into the rammed earth walls and the openings bridged with oak lintels. All the built-in elements were shown in rammed earth shuttering plans. At large openings, the shop openings for example, both lintel and frame posts were included. The frame posts would also form part of the structural support system, because the rammed earth walls alone could not cope with the load. The different distortion behaviour of the structural timber and clay building elements presented a considerable challenge to the designers, contractors and construction supervisors.

The rammed earth walls were to be constructed with segmental shuttering placed in staggered configuration. The shutter segments should be a maximum of 2 metres long and 60 cm high. Shutter gaps were avoided at corners and at wall junctions to prevent the structure separating at these points. A diagonal roof batten was inserted in the individual segments to prevent tearing within the segments themselves. The shrinkage gap should be planned to coincide with the segment junctions. The shuttering should be so arranged that there is a tongue-and-groove joint at segment junctions.

For the upper termination of the rammed earth walls a ca. 50 cm high strip of brickwork was planned. This was included in response to a comment by the Roman architect Vitruvius from the 1st century AD:

"Right at the top of the walls one should insert brickwork of fired bricks roughly 1½ feet high under the roof tiles and this should have a projecting cornice. In this way damage can be avoided that tends to occur to these (earth brick walls). If, for instance, tiles in the roof should break or be thrown down by the wind, allowing

4 Schnittstelle Stampflehm-/Holzbau bei Haus A. Die Berücksichtigung der Schwindverformung ist bei der Planung und Ausführung unerlässlich. Junction between clay and timber construction in House A. Observance of vibration patterns is essential during design and construction.



latte angeordnet, um ein Aufreißen innerhalb des Segmentes zu verhindern. Die Schwindfuge sollte sich planmäßig an den Segmentstößen ausbilden. Die Schalung sollte derart ausgebildet werden, dass an der Segmentfuge eine Nut-Feder-Verbindung besteht.

Als oberer Abschluss der Stampflehmwände wurden ca. 50 cm Ziegelmauerwerk geplant. Dies erfolgte auf Grund eines Hinweises des römischen Architekten Vitruv aus dem 1. Jahrhundert nach Christus:

„Ganz oben auf den Wänden schiebe man unter den Dachziegeln Mauerwerk aus gebrannten Ziegeln ungefähr 1½ Fuß hoch unter, und dies soll ein vorspringendes Gesims haben. So werden Schäden vermieden werden können, die an diesen (Lehmziegelwänden) aufzutreten pflegen. Wenn nämlich im Dach Ziegel gebrochen oder vom Wind herabgeworfen sind, so dass dort von Regenschauern Wasser eindringen kann, wird der Panzer aus gebrannten Ziegeln nicht zulassen, dass der (Lehm-) Ziegel beschädigt wird, sondern das vorspringende Gesims wird die Regentropfen außerhalb der senkrechten Wand herabfallen lassen und auf diese Weise das Mauerwerk vor Beschädigung bewahren“⁵

Dabei bezieht sich Vitruv auf Lehmsteinwände und nicht auf Lehmstampfwände, wobei die technischen Probleme die gleichen sind und dieser Hinweis deshalb übernommen wurde. Analog zu dieser Textstelle wurde an allen wassergefährdeten Bauteilen Ziegelmauerwerk angeordnet.

Da vor der Errichtung des 1. Bauabschnittes noch keine originalen Materialproben aus Xanten vorlagen, wurde in Anlehnung an andere Funde ein Stampflehm vorgegeben, der bei einem Schwindmaß von maximal 2% und einer Druckfestigkeit von mindestens 2 N/mm² einen Sand- und Kieskornanteil von maximal 50% und ein Größtkorn von maximal 8 mm aufweisen sollte.

Die Holzkonstruktionen für Zwischenwände und Decken sollten – wo sichtbar – aus handgebeiltem Eichenholz bestehen. In nicht sichtbaren Bereichen wurde aus Kostengründen gesägte Fichte/Tanne angeordnet. Die Fachwerkkonstruktion bedient sich Grabungsergebnisse aus Herculaneum (I), Winterthur (CH), Valkenburg (NL) und Alphen (NL). Die Fachwerkwände sollen wie die Stampflehmwände verputzt werden.

⁵ Vitruv, liber secundus, Kapitel 7, 18. Übersetzung nach Fensterbusch.

⁵ Haus A: zügiger Baufortschritt durch gute Austrocknungsbedingungen bei Verwendung der Segmentschalung.
House A: Rapid building progress thanks to good drying out conditions with the use of segmental shuttering.

Die Realisierung

Baubeginn für die gesamte Maßnahme war im Mai 2007. Auf der zum Schutz des Bodendenkmals angeordneten Bodenplatte wurde entsprechend der Forschungsergebnisse ein Ziegelsockel errichtet, der die Stampflehm- und Fachwerkwände aus dem Spritzwasserbereich hebt. Im Originalbefund waren die aufgehenden Mauersockel aus wieder verwendeten Dachziegel- und Mauerziegelbruchstücken errichtet. In der Rekonstruktion wurden heutige schwach gebrannte Mauerziegel verwendet, da die Reproduktion römischer Dachziegel für diesen Zweck zu teuer gewesen wäre. Die modernen Ziegel sind jedoch in ihren physikalischen Eigenschaften den römischen *tegulae* sehr ähnlich. Eine unverputzte Schauwand im Haus B wird in originaler Technik ausgeführt. Unter der oberen Ziegellage des Mauerwerksockels wurde zum Schutz vor aufsteigender Feuchte eine Horizontalsperre aus einem heutigen Abdichtungsmaterial angeordnet.

Nach entsprechender Einarbeitungszeit stellte sich die Errichtung der Stampflehmwand mittels Segmentschalung als problemlos und effektiv heraus. Durch die besseren Trocknungsbedingungen ist bei großen Höhen ein schnellerer Baufortschritt möglich, als bei der heute üblichen wandweisen Schalung und Errichtung von monolithischen Sichtwänden.

Der Stampflehm wurde mit pneumatischen Stampfern verdichtet. Versuchsweise wurde auch ein Block mit Handstampfern ausgeführt. Mit der Hand wurde ein Kubikmeter Stampflehm in 160 Minuten eingebracht und verdichtet. Mit den pneumatischen Stampfern wurden 137 Minuten benötigt, unter der Bedingung, dass der Druckluftkompressor angeschlossen und betriebsbereit war. Berücksichtigt man die Rüstzeiten für die Maschine morgens und abends, also das Auslegen der Druckluftleitungen, etc., ergeben sich noch geringere Unterschiede. Das Verdichtungsergebnis war gleich gut. Als wesentlicher Vorteil des pneumatischen Stampfens wurde bei diesem Bauvorhaben also nicht die Zeitersparnis, sondern die weniger starke körperliche Arbeit angesehen. In römischer Zeit war Lehmstampfen sicherlich keine hoch qualifizierte Arbeit. Billige Arbeitskräfte standen in Form von Sklaven, Tagelöhnern oder mithelfenden Familienangehörigen zur Verfügung.

water from rain showers to enter, the shield of burnt bricks will not permit the (earth-) bricks to be damaged, but the projecting cornice will cause the raindrops to descend outside the vertical wall and in this way protect the masonry from damage”⁵

Vitruvius was referring here to earth brick walls and not rammed earth walls, although the technical problems are the same and this advice has therefore been followed. As in this situation, fired brickwork was specified for all parts of the building at risk from water.

As original material samples from Xanten were not yet available before the commencement of the first construction stage, a rammed earth mix was specified that resembled other finds, with a shrinkage factor of not more than 2%, a compressive strength of at least 2 N/mm², a sand and gravel content of not more than 50% and a maximum grain size of 8 mm.

The timber construction for intermediate walls and ceilings should, where these remained visible, consist of hand-hewn oak. In concealed areas, for reasons of cost, sawn spruce/fir was specified. The timber frame construction was based on excavation findings in Herculaneum (I), Winterthur (CH), Valkenburg (NL) and Alphen (NL). The timber framed walls, like the rammed earth walls, were to be rendered.

Execution

Construction of the entire project started in May 2007. On the ground slab that was required to protect the ground monument, a brick plinth was built in accordance with the research findings, which raised the rammed earth and timber framed walls out of the splash zone. In the original find, the rising plinth wall was built of re-used roof tiles and broken bricks. In the today’s reconstruction weak-burnt bricks were used, since the reproduction of Roman roof tiles for this purpose would have been too costly. The modern bricks however are in their physical characteristics very similar to the Roman *tegulae*. An un-rendered demonstration wall in House B will be constructed according to the original technique. A horizontal damp course of modern sealing material was specified to be placed under the top brick course of the masonry plinth to protect against rising dampness.

After a familiarisation period the building of rammed earth walls using segmental shuttering proved to be unproblematic and effective. Due to the better drying out conditions offered by segmental shuttering, faster progress was possible with the greater heights than is usual today with wall-height shuttering and the construction of monolithic fair-faced walls.

The rammed earth was compacted with pneumatic compacters. As an experiment, this was done on one block with hand tampers. With manual compaction, one cubic metre of rammed earth was inserted and compacted in 160 minutes. Using pneumatic compacters 137 minutes were needed, when the compressor was already connected and ready for use. If one includes the time taken to set up the machines mornings and evenings and for laying out the compressed air hoses and so on, the difference was even less. The compaction results were equally good. The most significant advantage of using pneumatic compaction in this project was not so much the time saved but the reduction in physical effort. In Roman times earth compaction was certainly not highly skilled work. A cheap workforce was available in the form of slaves, casual workers or helping family members.

The segment joints in the rammed earth walls formed controlled cracks as planned (Fig. 6). In no place are there continuous cracks over several segment levels.

All the timber components built into the rammed earth walls were unseasoned, because dried timber would have swelled due to the material dampness of the ramming clay, pushing the walls apart. Tests have demonstrated this.

The joints in the timber members were carried out according to Roman examples using modern machinery. Unlike medieval timber framing, the wattling was inserted vertically. This is however disadvantageous for the clay adhesion, which sinks downwards during application. The straw-rich rendering of the compartments was therefore performed in two applications. We do not know why the Roman preferred this, to us seemingly awkward, wattle orientation.

The construction work on House A was completed in October 2007. The up to 60 cm thick walls of the clay building and the up to 34 cm deep lintel beams of the shop openings now need to

⁵ Vitruvius, liber secundus, chapter 7, 18. (from a translation by Fensterbusch)



Die Segmentfugen in den Stampflehmwänden bildeten sich planmäßig als Sollrissfugen aus Abb. 6. Es gibt an keiner Stelle über mehrere Segmenthöhen durchlaufende Risse.

Sämtliche hölzerne Einbauteile wurden in die Stampflehmwände im frischen Zustand eingebaut, da trockene Hölzer durch die Materialfeuchte des Stampflehms aufgequollen wären und die Wand auseinandergedrückt hätten. Versuche haben dies bestätigt.

Die Holzverbindungen der Holzbauteile wurden mit modernem Werkzeug nach römischem Vorbild umgesetzt. Im Gegensatz zum mittelalterlichen Fachwerk wurde das Flechtwerk senkrecht eingebracht. Dies ist jedoch ein Nachteil für die Lehmhaftung, der beim Aufbringen wieder nach unten rutscht. Der Strohlehmbewurf der Ausfachung wurde deshalb in zwei Schichten aufgebracht. Es ist uns nicht bekannt, warum die Römer diese, uns nachteilig erscheinende Flechtrichtung, bevorzugt haben.

Die Bauarbeiten von Haus A wurden im Oktober 2007 abgeschlossen. Die bis zu 60 cm starken Wände des Lehmbaus und die bis zu 34 cm starken Sturzbalken der Ladenöffnungen müssen nun austrocknen und damit schwinden. Erst wenn die Setzungen weitgehend abgeschlossen sind, kann der Außenputz aufgebracht werden.

Für den Außenputz wurden Kalkputzproben in unterschiedlichem Mischungsverhältnis an der bewitterten Südseite angebracht. Die Forschungsarbeiten zur Zusammensetzung des Putzes sind noch nicht abgeschlossen.

Der Bau wurde an der Wetterseite mit einem vorgespannten Dachdeckernetz gegen Schlagregen geschützt, die restlichen drei Seiten blieben ungeschützt. Im Winter 2007/2008 sind keinerlei Schäden an den unverputzten Stampflehmwänden aufgetreten.

Im Juli 2008 haben die Betonarbeiten für den zweiten Bauabschnitt begonnen. Seit Anfang September laufen wieder Lehm-bauarbeiten.

Bis zur endgültigen Fertigstellung müssen- noch die Dächer eingedeckt werden, Fenster und Türen müssen noch nach römi-

schem Vorbild gefertigt werden, es fehlt noch die Wandmalerei und die Rekonstruktion des Mobiliars. Der Zeitplan sieht eine Fertigstellung aller drei Häuser im Jahr 2010 vor.

Projektbeteiligte

Architektenleistungen:
Landschaftsverband Rheinland, APX Xanten, Dr P. Kienzle
Tragwerksplanung und Fachplanung Lehm-bau:
ZRS Architekten Ingenieure, Berlin
Ausführung Lehm- und Holzbau:
Zimmerei Heinrichs, Hiddenhausen
Materiallieferung Stampflehm: Conluto, Blomberg

dry out and thus shrink. Only when the walls have completely settled can the external render be applied.

For the external render lime plaster samples in various mixing ratios were applied to the exposed south side. The research work on the composition of the render is not yet complete.

The building was protected from driving rain on the weather side by roofing netting, the remaining three sides remained unprotected. In the winter of 2007/2008 no damage of any kind has occurred to the un-rendered rammed earth walls.

Concrete works for the second construction stage began in July 2008. The earth building works commenced in the beginning of September.

Before final completion the roofs have still to be covered, the windows and doors must be manufactured according to Roman precedent and the wall painting and the reconstruction of the furnishings are still to be done. The programme envisages completion of all three houses in the year 2010.

Project Participants

Architectural Services:

Landschaftsverband Rheinland, APX Xanten, Dr P. Kienzle

Structural engineering and specialist planning

of earth construction:

ZRS Architects & Engineers, Berlin

Earth and timberwork: Zimmerei Heinrichs, Hiddenhausen

Material supplier – rammed earth: Conluto, Blomberg