

Lehmbauten, Verkleidungen und Putze: Experimente in historischen Techniken und Verwitterung

Dieser Bericht präsentiert die Ergebnisse eines experimentellen Forschungsprogramms zum Test des Verhaltens von Lehmbaumaterialien, welcher von Historic Scotland zwischen 1996 und 2004 durchgeführt wurde.

Das sehr umfangreiche Programm von mehr als 230 Tests, die über sieben Jahre durchgeführt wurden, hat die traditionellen schottischen Techniken des Lehmbaus erläutert und beurteilt, um ein besseres Verständnis der historischen Bautechniken, der Verfallsprozesse, die das Überleben von Lehmbauten hervorrufen und der angepassten Nutzung und Einordnung von Materialien für Reparaturen und Neubau zu erreichen.

Das Programm wurde gestartet in Folge einer erneuten Aufmerksamkeit für die Bedeutung der Lehmstoffe in traditionellen Konstruktionen, wie in TAN 6 beschrieben: Lehmbauten und -konstruktionen in Schottland (1996). Es war eine spezielle Reaktion auf die Erkenntnis, dass die komplette Abkehr von der traditionellen Nutzung von Lehmstoffen in Schottland im frühen 20. Jahrhundert eine Lücke des Wissens und der Fertigkeiten hinterlassen hat, die das technische Verständnis für erhaltene Lehmbauten begrenzte und die Entwicklung und Einführung einer angepassten Konservierungspraxis behinderte.

Das Programm

Ein umfassendes Programm an Feldversuchen wurde begonnen, um traditionelle Konstruktionen unter Verwendung einer repräsentativen Menge an bioregionalen Materialien nachzubilden. Diese beinhalteten:

- 29 Innentestwände aus Paneelenkonstruktionen, eine große Anzahl an Lehmwurf auf Holz, Anker- und Seiltechniken umfassend
- 78 Innentests von Bewurf, eine Menge an Lehm- und Kalktechniken umfassend
- 30 Innentests von Abdichtungen, von Kalk, über Öl, Dung bis zu Talg und anderen Materialien
- 24 Außentestwände monolithischer Konstruktionen, Lehmwände, Stampflehm und Lehmwandtechniken umfassend
- 13 Außentestwände von Mauerwerkskonstruktionen, Stein in Lehmmörtel, Lehmstein mit Lehmmörtel und die Torfblocktechnik umfassend

- 14 Außentestwände in Paneelenkonstruktion, mit Bewurf auf Staken, Reisig, horizontale Stangen und Seile und „Kebber und Mottetechniken“ (eine Art Stakenwand)
- 29 Außentests von angewandten Verkleidungen, wie Lehmputz, Kalkputz und Stuck
- 11 Außentests von Abdichtungen, wie Kalk-, Öl- und Dungmaterialien

Die getesteten Materialien beinhalteten Lehm, Stroh, Flachs, Heu, Haare, Dung, Kalk, Holz, Schalen, Seegrass, Asche, Öl, Talg, Molke, Lanolin, Urin und Blut.

Die Tests umfassten kleine Probewände und Paneele und alle Tests wurden beobachtet und beurteilt nach ihrem Verhalten während der Konstruktion und anfänglicher Haltbarkeit. Die Außentests wurden beobachtet und beurteilt nach ihrer Haltbarkeit über einen Zeitraum von bis zu sieben Jahren. Diese Tests wurden auf drei Außenstätten durchgeführt, die ausgewählt wurden, um eine typische Reihe an Klimabedingungen zu repräsentieren.

Ergebnisse

Wie sicher naheliegend, waren die Techniken, die sich am Besten verhielten jene, welche am häufigsten an traditionellen schottischen Bauten vorzufinden sind. Die Charakteristika dieser erfolgreichen Techniken sind die, dass sie:

- einen niedrigen Level an Verarbeitung der typischen schottischen Lehm Böden und beigemischten Materialien benötigen (man bedenke, dass die traditionelle Gewinnung von Erdstoffen und Materialien früher anders war als in der heutigen Praxis)
- keine spezielle Ausrüstung benötigen
- vervollkommen werden können mit einer variablen Qualität an lokalen Baustoffen
- grundsätzlich tolerant für ungünstige Arbeitsbedingungen
- eine dauerhafte Konstruktion erreichen, die eine minimale Unterhaltung in den schottischen Klimabedingungen erfordert.

Regionale Techniken, die besonders lokale Materialien nutzen, bedürfen spezieller Fertigkeiten, welche historisch lokal existiert haben mögen. Techniken jenseits der Tradition sind im Allgemeinen unangepasst an die Klimabedingungen oder brauchen merklich mehr Aufwand.

Earth structures, renders and plasters: Experiments in historical techniques and weathering

This paper presents the findings of an experimental research programme to test the performance of earth building materials, which was carried out by Historic Scotland between 1996 and 2004.

A wide-ranging programme of more than two hundred and thirty tests, carried out over seven years, has explored and assessed the traditional Scottish techniques of building with earth, gaining a better understanding of historic construction techniques, the processes of decay that effect surviving earth structures and the appropriate use and specification of materials for repairs and new work.

The programme was initiated following a renewed awareness of the importance of earth materials in traditional construction, as described in TAN 6: Earth Structures and Construction in Scotland (1996). It was a specific response to the recognition that the complete cessation of the traditional use of earth materials in Scotland by the early C20 had left a knowledge and skills gap that limited the technical understanding of surviving earth structures and hindered the development and implementation of appropriate conservation practice.

The Programme

A wide programme of field tests was established to replicate traditional construction techniques using a representative range of bioregional materials. These included:

- twenty-nine internal test walls of panel construction, comprising a range of earth daub on timber armature and rope techniques
- seventy-eight internal tests of coatings, comprising a range of earth and lime techniques
- thirty internal tests of washes, comprising a range of lime, oil, dung, tallow and other materials
- twenty-four external test walls of monolithic construction, comprising a range of mudwall, rammed earth and claywall techniques
- thirteen external test walls of masonry construction, comprising a range of stone with earth mortar, earth brick with earth mortar and turf block techniques
- fourteen external test walls of panel construction, comprising a range of earth daub on stake and rice, horizontal rails and ropes and kebbler and motte techniques

- twenty-nine external tests of applied coatings, comprising a range of clay renders, lime renders, harls and stuccos
- eleven external tests of washes, comprising a range of lime, oil and dung materials

Materials tested included earth, straw, flax, hay, hair, dung, manure, lime, wood shavings, seaweed, ash, oil, tallow, whey, lanolin, urine and blood.

The tests comprised small sample walls and panels and all the tests were monitored and assessed for their performance during construction and initial durability. The external tests were monitored and assessed for their durability over a period of up to seven years. These tests were carried out at three external sites, chosen to represent a typical range of climatic conditions.

Findings

Perhaps unsurprisingly, the techniques that performed best were the ones that are found most frequently in traditional Scottish construction. The characteristics of these successful techniques are that they:

- require a low level of processing of typical Scottish sub-soils and associated materials (taking into account that traditionally soils and materials were often sourced in a different way from contemporary practice)
- do not require specialist equipment
- can be accomplished with a variable quality of locally sourced materials
- are reasonably tolerant of inclement working conditions
- can achieve a durable construction, requiring minimal maintenance in Scottish climatic conditions.

Regional techniques, using particular local materials, required specialist skills, which would historically have existed locally. Techniques from outside the tradition were generally inappropriate to climatic conditions or required significantly more effort.

A range of subsoils were demonstrated to be successful as the basis for construction materials, with grading proving the most important factor in their selection. Well-graded materials can be remarkably durable, while poorly graded mixes will never perform well. The second important criterion is compatibility of materials. This affects additives, facing materials, coatings and



Eine Reihe von Böden haben sich als Basis für Baumaterial erfolgreich erwiesen, wobei die Mischung der wichtigste Faktor bei ihrer Auswahl ist. Gutgemischte Materialien können bemerkenswert beständig sein, während schlecht abgestimmte Mischungen sich nie gut verhalten werden. Das zweite wichtige Kriterium ist die Kompatibilität des Materials. Dies betrifft Zuschlagstoffe, Anstriche, Putze und Oberflächenabschlüsse. Das Programm erzielte unerwartet gute und schlechte Ergebnisse in einer Anzahl von Tests und diese zeigen, dass einige der Wechselwirkungen zwischen den Materialien komplex und nicht vollends zu verstehen sind.

Sechs verschiedene Verfallsmechanismen wurden beobachtet, welche Schwinden, Oberflächenerosion, Opfererosion, Frost/Tauwasser-Zyklen und Aufspaltung beinhalten. Das erste Jahr, wenn das Material trocknet, ist eine Zeit der besonderen Anfälligkeit für Verfall. Expandierende Lehmbestandteile zeigten sich nicht als haltbar.

Wenn andere Materialien mit Lehm kombiniert werden, hat deren Grad der Kompatibilität einen merklichen Einfluss auf die Haltbarkeit. Konstruktionen, die eine gemischte Oberfläche von Lehm und anderen, dichteren, Materialien haben, zeigen sich als anfällig für fortschreitenden Verfall an den Übergängen zu diesen Materialien. Der Lehm würde an diesen Stellen dahinschwinden mit dem Ergebnis, dass die Wand als Ganzes weniger dauerhaft ist, als eine gute monolithische Lehmwand. Kalkputze zeigten grundsätzlich verschiedene Eigenschaften auf Lehmuntergründen, was Fragen für die gegenwärtige Praxis aufwirft.

Erfolgreiche Lehmkonstruktionen bedürfen Fertigkeiten und Erfahrungen in der Auswahl, Zubereitung und Anwendung der Materialien, wie sich zeigte. Während eine große Reihe an Materialien potentiell erfolgreich für Lehmbauten verwendet werden kann und die grundlegenden Prinzipien einfach sind, kann die beste Qualität nur erreicht werden innerhalb relativ enger Parameter der Materialspezifikation und Konstruktionstechniken.

Der Lehmbau ist ein Feld mit einem gewissen Potential für Entwicklungen im Konservierungswissen und bei praktischen Anwendungen. Lehmmaterialien haben das Potential, dauerhafte und kompatible Baustoffe für Reparatur & Konservierung zu sein. Diese Potential überschreitet die Anwendungspalette bestehen-



der Lehmbauten. Ihre Dehnbarkeit, Reversibilität und hygroscopische Wechselwirkung mit Wasserdampf macht sie angepasst für eine Verarbeitung mit anderen Materialien und Bauweisen.

Das Programm stellte Gebiete für weitere technische Forschung heraus, welche beinhalten:

- Die Tests zeigten, dass Lehmputze ein bemerkenswertes Potential als ein technisch angepasstes Verkleidungsmaterial haben können, trotzdem die komplexen Faktoren, die einen erfolgreichen Putz beeinflussen, ungenügend verstanden werden und weiterer Forschung bedürfen.
- Die Tests zeigten, dass Kalkputze bedeutende technische Nachteile als Abdeckung von Lehmbaustoffen haben können. Diese sind gegenwärtig unter solchen Umständen weit verbreitet. Weitere Forschung würde helfen, eine angepasste Praxisrichtlinie zu entwickeln.

Dieser Bericht ist, gemeinsam mit Inspektionsreports, Photoarchiven und den Testwänden, die immer noch stehen, eine wertvolle Informationsquelle für einen Langzeitbezug für praktische Konservierungsprojekte und zukünftige Forschung. Der veröffentlichte Final Report wird erhältlich sein bei Historic Scotland (TCRE Department, Historic Scotland, Longmore House, Salisbury Place, Edinburgh EH9 1AL, Tel.:+44 131 668 8600, www.historic-scotland.gov.uk).

Wir bedenken gegenwärtig neue Forschungen in Richtung Nutzung von Lehm und/oder Vegetation für Schutzschichten und würden Kontakt mit anderen, auf diesem Gebiet Tätigen begrüßen.





finishes. The programme produced unexpectedly good and bad results in a number of tests and these indicated that some of the interactions between materials are complex and not fully understood.

Six distinct decay mechanisms were observed, including shrinkage, surface erosion, sacrificial erosion, freeze/thaw cycles and delamination. The first year, when the material is drying, is a period of particular vulnerability to decay. Expansive clay content was not demonstrated to effect durability.

When other materials were combined with earth, their degree of compatibility had a significant effect on durability. Constructions which had a mixed surface of earth and other, denser, materials, proved to be vulnerable to progressive decay at the interface of these materials. The earth would decay sacrificially with the result that the wall as a whole was less durable than well made monolithic earth walls. Lime coatings were demonstrated to have fundamentally different properties from earth backgrounds, raising questions over current practice.

Successful earth construction was demonstrated to require skill and experience in the selection, preparation and application of materials. While a wide range of materials can potentially be used successfully in earth construction and the basic principles are simple, the best quality work can only be achieved within quite narrow parameters of materials specification and construction technique.

Earth construction is a field with considerable potential for development in conservation knowledge and practical applications. Earth materials have the potential to be durable and compatible repair and conservation materials. This potential extends beyond applications to existing earth structures. Their malleability, reversibility and hygroscopic interaction with water vapour, make them appropriate for work to other materials and structures.

The programme highlighted areas that would merit further technical research, including:

- The tests indicated that earth renders may have significant potential as a technically appropriate coating material, though

the complex factors influencing a successful render are poorly understood and merit further research.

- The tests indicated that lime renders can have significant technical deficiencies as coatings for earth materials. These are currently widely used in such circumstances and further research would help to develop appropriate best practice guidance.

This report, associated Inspection Reports, photographic archives and the test walls that are still standing, are a valuable information resource of long-term relevance to practical conservation projects and future research. The published Final Report will be available from Historic Scotland (TCRE Department, Historic Scotland, Longmore House, Salisbury Place, Edinburgh EH9 1AL, Tel: +44 131 668 8600, www.historic-scotland.gov.uk).

We are currently considering new research into soft toppings, the use of earth and/or vegetation to form protective coverings, and would welcome contact from others concerned with this field.