

# Akzeptanz des zeitgenössischen Lehmhaus als Beitrag zur Minderung der städtischen Wohnraumnot in Afrika

Hunderte Millionen von Menschen in der ganzen Welt leben in schlechten Behausungen unter widrigen klimatischen Bedingungen (Shearer, 1986). In den meisten Entwicklungsländern gibt es urbane Wohnraumkrisen, die der rapiden Verstädterung zugerechnet werden (Dwyer et al, 1981, Seite 33). Seit der Unabhängigkeit afrikanischer Staaten resultierte ein beispielloser Bauboom in enormem Baustoffbedarf, der über die Produktionskapazitäten lokaler Produzenten in den meisten afrikanischen Staaten hinausreichte (Zami und Lee, 2008). Ein Haus benötigt für den Bau Wandbausteine, Zement, Holz, Fenster- und Türrahmen und einige andere Baustoffe. Der Gebrauch von Backsteinen begann als Standard Baumaterial in den meisten afrikanischen Ländern in den frühen 1900er Jahren (Zami, 2010). Ziegelsteine, Zement, Sand und Holz, bis heute die Hauptbaustoffe in Afrika, sind für die meisten Menschen der Bevölkerung jedoch immer noch unerschwinglich.

Daher müssen kostengünstige Baustoffe und angepasste Bau-techniken geschaffen und bereitgestellt werden um der Wohnraumkrise begegnen zu können. Der Vortrag befasst sich mit einer Bewertung der bisherigen, aktuellen Nutzung von stabilisiertem Lehm als Baustoff als Beitrag zur Beseitigung der Wohnraumkrise in Afrika. Dafür werden die Erfahrungen und Beispiele erfolgreicher Lehmprojekte analysiert.

## Geschichte des Lehmhaus in Afrika

Die ägyptische Zivilisation bietet hinreichende Beweise der Nutzung von Lehm als Baustoff auf dem afrikanischen Kontinent in den frühen Siedlungsgebieten in Merimde und Fayum im Nil Delta, die bis ins 5. Jahrtausend vor der Zeitrechnung reichen. Während der dominierenden ägyptischen Dynastien wurde der Bau von ansehnlichen Gebäuden gefördert, die mit Steinen aus Nil Lehm, Wüstensand und Stroh der Kornfelder gebaut wurden. Sie wurden mit der Hand geformt und in der Sonne getrocknet, bevor Formkästen entwickelt wurden. Die Ausgrabungen in Sagarah und Bbydos brachten Lehmsteine zu Tage. Auch der Gewölbebau aus Lehmsteine wurde in Nubien, zwischen Luxor und Aswan geboren (Rastorfer, 1985, Seite 32).

Der ägyptische Architekt Hassan Fathy widmete seine Arbeit dem Wohnungsbau für Arme in Entwicklungsländern. Wie bei Iskander (2005) beschrieben, war es ein Anliegen von Fathy erschwingliche, umweltfreundliche und lebenswürdige Siedlun-

gen zu schaffen und damit die wirtschaftlichen Bedingungen und den Lebensstandard in ländlichen Gegenden zu verbessern. Seine Bauten waren überraschenderweise recht kostengünstig. Er ermutigte die Menschen zum Gebrauch lokal vorhandener Baustoffe. Für ihn war die traditionelle Architektur der Nubier im Süden Ägyptens eine angepasste Bauweise.

Nubische Handwerker waren Meister im Bau von Kuppeln und Gewölben aus Lehmsteinen, die sie auch für den Wandbau verwendeten. Bei der Übernahme dieser nubischen Bautechniken (Abb. 1) wurden ägyptische Handwerker ausgebildet, damit sie ihre eigenen Häuser aus Lehmsteinen (Adobe), die hervorragend den lokalen Gegebenheiten in Oberägypten angepasst sind selber bauen können (Serageldin et al, 1985).

In Ostafrika breite sich die Nutzung von sonnengetrockneten Lehmsteinen mit den ausgewanderten Kushiten aus dem Axum Königreich (3. bis 8. Jahrhundert v. C.) und von Nubien aus bis nach Kenia. Ein Wandel in der Architektur war das Ergebnis. Er begann in diesem Gebiet mit dem Entstehen der ersten Moscheen und reichte bis nach Westafrika. Die Moscheen wurden hauptsächlich mit lokalem Knowhow aus Lehm gebaut. In Zimbabwe kann das Bauen mit Lehm bis ins 12. Jahrhundert zurückverfolgt werden, als Groß-Zimbabwe gebaut wurde und Lehm als Baustoff immer mehr in den ländlichen Gegenden als Baustoff benutzt wurde (Mubaiwa, 2002, Seite 10).

Gemäß Sidi und Joffroy (2005) war Timbuktu eines der größten akademischen Zentren in Afrika. Es spielte eine wichtige Rolle bei der Verbreitung von Wissenschaften, Literatur, Philosophie und Religion. Die beiden Hauptmoscheen der Stadt Sankore (Abb. 2) und Djingarey Bers wurden im 14. und 15. Jahrhundert gebaut. Sie bezeugen das beeindruckende Lehmhaus Erbe sudanesischer und magrebinischer Herkunft.

Der Palast von Zinder (Abb. 3) im Niger ist ein Zeuge der Damagaram Geschichte und ist immer noch bewohnt. Gemäß Bardagot und Bida (2005) wurde er wahrscheinlich zwischen 1850 und 1852 gebaut zu Beginn der Herrschaft des berühmten Sultans Tanimun von Damagaram. Der Palast steht in der Mitte von Birni, dem ältesten Teil Zinders, der historischen Hauptstadt von Damagaram und der Hauptstadt des Landes Niger von 1911 bis 1926. Der Palast wurde aus Lehm gebaut mit einem Dach aus

# Adoption of contemporary earth construction in Africa to alleviate the urban housing crisis

Hundreds of millions of people in the world today live in poor housing under adverse climatic conditions (Shearer, 1986). There is an urban housing crisis in most of the developing countries and this is largely attributed to the rapid urbanisation (Dwyer et al, 1981, 33). The unprecedented boom in the construction industry since independence has resulted in high demand for building materials that has exceeded the production capacity of the manufacturing sector in most of the African countries (Zami and Lee, 2008). A house is composed of several materials such as brick, cement, timber, window frames and several other building materials and the use of bricks as a standard building material began in the early 1900s in most African countries (Zami, 2010). Brick, cement, sand and timber have been the major construction materials in Africa to date, which are unaffordable nowadays for the majority of the population. Therefore, an affordable building material and appropriate construction techniques need to be devised and implemented to solve the urban housing crisis. For example, 'earth' is an appropriate construction material to be used in Africa. The aim of this paper is to evaluate recent cases of the use of stabilised earth as a building material to alleviate the urban housing crisis in Africa. Experiences and examples of successful earth construction projects in African countries are analysed and the dynamism of the material to solve the urban housing crisis is demonstrated.

## Historical background of earth as a construction material in Africa

In Africa, the Egyptian civilisation provided abundant evidence of the use of earth in building as found in the early human settlements at the Merimd and Fayum sites in the Nile Delta, which dates from the fifth millennium before Christ. The dominance of the Egyptian dynasty promoted buildings of prestigious structures made of bricks made from Nile clay, desert sand and straw from the grain fields. These bricks were made by hand and dried in the sun before the development of the mould. The excavation at Saggarah and Bbydos show the use of bricks that were covered by stone. The art of brick vaulting was also developed in lower Nubia, between Luxor and Aswan (Rastorfer, 1985, 32).

The Egyptian architect, Hassan Fathy devoted himself to housing the poor in developing nations. According to Iskander (2005), Fathy aimed to create affordable and living spaces suited to the surrounding environment, thus improving the economy

and the standard of living in rural areas. His buildings were surprisingly inexpensive. He encouraged the use of local materials and saw a more appropriate method of building in the vernacular architecture of the Nubians (region of southern Egypt). Nubian craftsmen were masters at constructing domed and vaulted roofs of mud brick, which they also used for the walls. While implementing the Nubian building techniques (Figure 1), his aim was to train Egyptian craftsmen to build their own houses using mud brick or Adobe, which was ideally suited to the local conditions of Upper Egypt (Serageldin et al, 1985).

In eastern Africa, ethnic groups by the Indian Ocean, the migrating Kushites and the influence of the Axum Kingdom (3rd to 8th BC) from Nubia as far back as Kenya spread the use of sun-dried bricks. As a result there was a great change in the architecture in these regions including the introduction of mosques. These were mainly built of earth using local expertise. In Zimbabwe, building in earth dates back as far as the 12th century when Great Zimbabwe was built, and earth was then used progressively mainly in the rural areas (Mubaiwa, 2002, p10). According to Sidi and Joffroy (2005), Timbuktu was one of the largest academic centres in Africa, playing a role in the spread of science, literature, philosophy and religion. The two main mosques in Timbuktu, Sankore (Figure 2) and Djingarey Bers were built in the 14th and 15th Centuries. They are the evidence of an impressive heritage of earth construction with Sudanese and Maghrebi origins.

The palace of Zinder (Figure 3), a major witness to the history of Damagaram, is still inhabited. According to Bardagot and Bida (2005), it was probably built between 1850 and 1852, at the beginning of the reign of Tanimun, the most famous sultan of Damagaram. It is located in the heart of Birni, the oldest part of the city of Zinder, which is the historic capital of Damagaram. It was the capital of Niger from 1911 to 1926. The palace is constructed of earth, with a roof of birch or Doum palm supporting roof terraces. The palace shows the rich cultural heritage of earth construction of east Africa. The Mousgoum huts (Figure 4) have been famous for the mastery of earth construction techniques since the nineteenth century. According to Eloundou (2005), the Mousgoum territory lies in the basin of Lake Chad in the far north of Cameroon, on the Riparian territories of the Logone River, which separates Cameroon from the Republic of



Birkenholz oder dem Holz der Doumpalme, das eine Dachterrasse trägt. Das Gebäude ist ein Zeugnis für die reiche Kultur des Lehmhaus in Westafrika.

Die Mousgoum Häuser in Kamerun (Abb. 4) sind berühmt für ihre meisterliche Lehmbautechnik seit dem 19. Jahrhundert. Gemäß Eloundou (2005) liegt das Mousgoum Gebiet in der Senke des Chad Sees im Norden von Kamerun im Grenzgebiet des Logone Flusses, der die beiden Staaten Kamerun und Chad voneinander trennt. Die Größe der Häuser und ihre abgerundeten und schmalen Formen haben viele Besucher beeindruckt. Eloundou berichtet, dass die Forschungsreisenden Heinrich Barth und Gustav Nachtigall 1872 die Lehmbauten als „Häuserschale“ („hutshell“) bezeichnen, was die französischen Kolonialisten später als „cases obus“ übersetzten. Die Art des Häuserbaus (oder „tolek“) haben die Vorstellungen vieler europäischer Schriftsteller angeregt. Davon ist der wohl berühmteste der Ethnologe André Gide, der in seinem Buch „Voyage in the Congo“, das 1927 verlegt wurde über das „Seltene und Schöne“ schreibt: „Eine so perfekte Schönheit, so vollendet, dass es natürlich erscheint... Die reine Kurve der Linien, die ununterbrochen vom Grund bis zur Spitze führen, erscheint mathematisch vollendet als unvermeidliche Notwendigkeit; man erkennt wie genau der Widerstand des Material kalkuliert wurde.“ (Gide, 1927, aus Eloundou, 2005).

### Gegenwärtige Projekte aus stabilisiertem Lehm in Afrika

Nach sorgfältigem und intensivem Literaturstudium scheint es, als ob die Mehrheit der gegenwärtigen Versuchsvorhaben mit stabilisiertem Lehm in der Forschung und Entwicklung in Afrika erfolgreich sind. Davon wollen wir hier berichten.

In Zimbabwe findet man Lehmbauprojekte hauptsächlich in Crainbone, einem Vorort der Hauptstadt Harare und in Sourtown, einem Stadtteil von Bulawayo. Anfänglich haben Baufachleute in Zimbabwe den Lehm als Baustoff für den Wohnungsbau in einem städtischen Umfeld nicht akzeptiert (Mubaiwa, 2002; Kannemeyer, 2006; Zami und Lee, 2007).

Die Anerkennung des stabilisierten Lehmbaus wurde beschleunigt durch die Verfassung der „Zimbabwe Standard Code of Practice“ für Stampflehm Projekte (RE) in 1996 (Kannemeyer, 2006) und deren Einbindung in die Zimbabwe Model Building



Bylaws in 2004. Rowland Keable, der über 15 Jahre Erfahrung hat bei der Durchführung von RE-Projekten in Afrika, Australien und in England, gründete zur gleichen Zeit die „In-situ Rammed Earth Company (ISREC)“ in Zimbabwe. Er initiierte die Bylaws zusammen mit der Standards Association of Zimbabwe (SAZ) und wurde unterstützt durch den „Scientific and Industrial Research and Development Council (SIRDC)“. Rowland Keable hat eine Anzahl von Stampflehm Projekten in Zimbabwe angestoßen, darunter viele seit der Unabhängigkeit des Landes als erste offiziell anerkannte Vorhaben und hat hauptsächlich mit dem SIRDC in den späten Neunziger Jahren zusammengearbeitet, um die Durchführung von RE-Bauvorhaben in Zimbabwe zu beleben.

So sind RE-Projekte in Zimbabwe mit stabilisiertem Lehm eine Erfolgsgeschichte (Mubaiwa, 2002; Kannemeyer, 2006). Eines der ersten dieser Vorhaben, eine Schule (Abb. 5) im SIRDC Zentrum in Hatcliffe, einem Stadtteil von Harare, wurde vom Department for International Development (DfID, vormals Overseas Development Administration–ODA) der Regierung Großbritanniens finanziert. Dieses Projekt wurde in der Hauptsache gebaut, um zu zeigen, dass ein Stampflehm-Bau mit einer Spannweite von 8 m errichtet werden und zugleich als Praxisanleitung dienen kann. Das Gebäude war kostengünstig (um 60% billiger als ein Bau aus gemauerten Betonsteinen) und hat bewiesen, dass die dabei angewendete Technologie sich für den Bau von Schulen und Krankenhäusern eignet. Das zeigt der Bau des RE-Schulblocks in Hatcliffe ganz deutlich. Die Fundamente der Schule wurden übrigens betoniert. Die „In-situ Rammed Earth Company“ hat eine Reihe von Stampflehm Vorhaben in Zimbabwe verwirklicht, u. a. ein Privathaus in Bonda, einer Stadt in der Provinz Manicaland (Abb. 6), im Auftrag des Architekten Mick Pearce, der sich durch die Nutzung passiver Solarenergie einen Namen gemacht hat, und ein Büro und Wohnhäuser in Chimanda an der Nordostgrenze Zimbabwes zu Mosambique.

SIRDC ließ weiterhin ein Lehrerhaus aus Stampflehm an der Rukunda Sekundärschule in Mutoko bauen. Man erkennt auf der Abb. 8, wie beeindruckend dieses Haus ist. Die Baukosten für das Haus aus stabilisiertem Stampflehm (mit zwei Schlafräumen) und mit einer Dachabdeckung aus Leichtbetondachziegeln (micro concrete roofing – MCR) lagen bei 18 Mio. Zim \$ im Vergleich zu den Kosten in Höhe von 45 Mio. Zim \$ für ein gleich großes Haus aus Betonsteinen. Dabei sollte berücksichtigt wer-

<sup>1</sup> Nubischer Lehmbau im Dorf Goruna, 2012

<sup>1</sup> Nubian earth construction in Goruna village. Source: Spatial Agency Website, 2012.

<sup>2</sup> Die Große Moschee in Djenné, Mali (Quelle: <http://trevortaw.blogspot.de/2010/03/djenne.html>)

<sup>2</sup> The Great Mosque, Djenné, Mali. Source: Occasionally Architectural Website, 2012.



Chad. Their grand size, curved features and slender shapes have surprised many travellers stopping in the Mousgoum villages. Eloundou (2005) further states that the explorers Heinrich Barth in 1852, Schweinfurt in 1868 and Nachtigal in 1872 allude to these structures in their writings as ‘hut shells’, a term that was later translated by the French colonisers as ‘cases obus’. The hut shell or tolek has stimulated the imagination of many European writers. The most famous is the ethnologist André Gide, who wrote in his book ‘Voyage in the Congo’, published in 1927, that it was not only strange but also beautiful: ‘A beauty so perfect, so accomplished, that it seems natural... The pure curve of its line, which is uninterrupted from base to summit, seems to have been arrived at mathematically, by ineluctable necessity; one instinctively realizes how exactly the resistance of the materials must have been calculated.’ (Gide, 1927 sighted in Eloundou, 2005)

#### **Examples of contemporary stabilised earth construction projects in Africa**

From thorough investigation of the literature it appears that majority of experimental compressed stabilized earth blocks (CSEB) and rammed earth (RE) projects in Africa were successful. This section describes some success stories of contemporary earth construction in Africa.

Existing urban earthen structures in Zimbabwe can be seen mainly in the houses of the Crainbone suburb of Harare and in Bulawayo’s Sourcetown suburb. Initially Zimbabwean professionals did not consider the use of earth appropriate for the construction of ‘descent’ shelter for the urban environment (Mubaiwa, 2002; Kannemeyer, 2006; Zami and Lee, 2007). The acceptance of stabilised earth construction was expedited by the adoption of the Zimbabwean Standard Code of Practice for rammed earth structures, which was first published in 1996 (Kannemeyer, 2006), included in the Zimbabwean Model Building Bylaws in 2004. The In-situ Rammed Earth Company (ISREC) founded by Mr Rowland Keable, who had had over 15 years’ experience working with RE in Africa, Australia and the UK, initiated the request for its recognition by the Standards Association of Zimbabwe (SAZ) and was seconded by the then newly formed Scientific and Industrial Research and Development Council (SIRDC). Mr Rowland Keable pioneered many RE projects in Zimbabwe; among them some of the first officially recognised in



Zimbabwe since the country’s independence and worked largely in conjunction with the SIRDC in the late 90s to revive RE construction in Zimbabwe.

The performance of experimental RE and CSEB construction in Zimbabwe has been a great success to date (Mubaiwa, 2002; Kannemeyer, 2006). One of the first stabilised earth projects was the DfID school block (Figure 5) at the SIRDC centre, Hatcliffe, Harare, Zimbabwe, funded by the British government’s Overseas Development Administration (ODA). This project was mainly constructed to demonstrate that RE could successfully support a roof span of 8 m whilst at the same time being a test bed for the publication of RE Structures: A Code of Practice. The building was inexpensive and showed that wide span roofs are possible with the technology, important for classrooms and clinics. In the Hatcliffe building, concrete was used for the foundations. This house/classroom block built on SIRDC premises attests to the versatility of RE construction. The construction cost of this block was 60% cheaper than traditional concrete brick and block construction. The ISREC also carried out a number of RE projects in the country, among them were a private house (Figure 6) in Bonda, Manicaland commissioned by pioneering passive solar architect Mick Pearce in 1997, an office and housing (Figure 7) in Chimanda on the North East border with Mozambique.

SIRDC built a RE teacher’s house at Rukanda Secondary School in Mutoko. As seen in Figure 8, the house looks impressive. Costs incurred in building the two roomed Rukanda teacher’s house shows that construction using RE and roofing with MCR (micro-concrete roofing) tiles resulted in the low cost of 18 million Zimbabwe dollars compared with the \$45 million cost of using conventional technologies. An important point to note is that a good part of the \$18 million was used for peripheral expenses such as transport, accommodation and the allowances of the SIRDC technical staff, who supervised the project. Besides making housing affordable to the majority of the population, these two SIRDC initiatives have the added advantage of creating employment for young people (as with the Mutoko project).

The use of CSEB construction is fairly new in Zimbabwe. The Chitungwiza House is one of the few known buildings made of CSEB. This was a deviation from fired bricks or cement

3 Eingang zum Palast des Sultans von Zinder

3 The entrance to the palace of the Sultan of Zinder. Source: Picasa Web Albums, 2012.

4 Mousgoum Häuser, 2012

4 Mousgoum Huts. Source: Foter Website, 2012.



den, dass ein beachtlicher Anteil der Baukosten für den Transport, sowie für Unterkunft und Spesen des SIRDC Personals, die den Bau geleitet haben verwendet wurden. In Chimanda und im Mutoko Vorhaben hat sich gezeigt, dass Häuser kostengünstig gebaut werden und mit dem Bau zugleich Arbeitsmöglichkeiten für junge Menschen geschaffen werden können.

Bauen mit gepressten, stabilisierten Lehmsteinen ist verhältnismäßig neu in Zimbabwe. Das Chitungwiza Haus in der Nähe von Harare ist eins der bekanntesten CEB- (compressed earth blocks)-Häuser. Hier wurde von der gängigen Bauweise mit gebrannten Ziegeln, Betonsteinen und Wellasbestplatten für die Dächer abgewichen. Das Pilotprojekt wurde von der Intermediate Technology Group (ITG) durchgeführt in Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung von Chitungwiza. Das Ziel war eine Beurteilung der Reaktion der Betroffenen zur Verwendung von Lehm bei gleichzeitiger Bewertung der genutzten Niedrigenergiematerialien für den Bau von kostengünstigen Häusern. Die Einbindung lokaler Arbeitskräfte in den Bau ohne importierte Baustoffe sollte wie eine Botschaft an die örtliche Kommune wirken, dass erschwinglicher und nachhaltiger Wohnungsbau möglich ist. Bis heute ist dieses Pilotprojekt ein gelungenes Vorbispiel für alle, die in Zimbabwe mit dem Wohnungsbau zu tun haben. Experimenteller Niedrigkostenwohnungsbau mit stabilisiertem Lehm ist also erfolgreich.

Gepresste stabilisierte Lehmsteine (CEBs) wurden ebenfalls erfolgreich für den Niedrigkostenwohnungsbau im Sudan verwendet (Adam und Agib, 2001, beschrieben in Hdjiri et al, 2007). Wie Adam und Agib beschreiben variieren die Herstellungskosten von CEBs von Land zu Land und sogar von Gebiet zu Gebiet im gleichen Land. Das hängt immer von den örtlichen Gegebenheiten ab. Sie sagen auch, dass sich die Produktion gepresster Lehmblöcke für Selbsthilfe eignet. So fallen keine Lohnkosten an, und auch der Baulehm steht kostenlos zur Verfügung.

Die experimentelle Al Haj Yousif Prototyp Schule (Abb. 9 und 10) wurde aus gepressten, stabilisierten Lehmsteinen gebaut und ist kostengünstig, wenn sudanesische Standards angelegt werden. Es wurden fast 40% Kosten eingespart pro m<sup>2</sup> Fläche im Vergleich zu gleichen Bauten aus gemauerten Backsteinen oder Betonblöcken. Im Vergleich zur Blockkonstruktion lag die Ein-

sparung bei 70%. Die Verwendung von MCR-Dachabdeckungen war um 48% billiger als die konventionellen Wellblechdächer.

Aus Kenia wurden ähnliche Einsparungen bei der Nutzung von CEBs gemeldet, wo sich die Einsparungen gegenüber der Verwendung von Betonsteinen zwischen 20 und 70% bewegen (Adam und Agib, 2001).

Auch in Burkina Faso ist die Verwendung von CEBs zum Bau in der Gando Volksschule (Abb. 11) eine Erfolgsgeschichte, ähnlich wie bei der Al Haj Yousif Schule. Der Schulbau in Burkina Faso ist das Ergebnis der Mission eines Mannes, des Architekten Djébédo Francis Kéré für die Verbesserung der Lebensbedingungen in seinem Heimatdorf. Er hat nicht nur die finanziellen Mittel für den Bau der von ihm entworfenen Schule besorgt, sondern auch die Unterstützung der Regierung für die Ausbildung der Dorfhandwerker im Bauen mit lokalen Baustoffen gefunden. Er hat die gesellschaftlich solidarische Tradition seiner Mitmenschen einbezogen in den Bau der Schule für ihre Kinder. Der Bau begann im Oktober 2000 und wurde von allen Beteiligten aus dem Dorf, Männern, Frauen und Kindern im Juli 2001 fertiggestellt. Danach begann der Bau der Lehrerhäuser auf der gleichen Basis. Nachhaltigkeit wurde erreicht durch klimaorientierte Niedrigkosten Konstruktion bei größtmöglicher Verwendung lokal vorhandener Baustoffe und Nutzung des Potenzials der örtlichen Kommune. Diese wurde mit diesem Beispiel für die Nutzung traditioneller Baustoffe sensibilisiert. Alle Akteure in diesem Projekt stammten aus dem Dorf, und das erlernte Knowhow wird anderweitig angewendet werden. Das Beispiel dieser Dorfgemeinschaft hat schon auf zwei Nachbardörfer gewirkt, die danach ebenfalls ihre eigenen Schulen gemeinsam bauten. Auch die örtliche Verwaltung hat die Selbsthilfe-Bemühungen der Dorfgemeinschaft anerkannt, sie bezahlt die Lehrkräfte für die Schule und stellt die im Dorf ausgebildeten jungen Leute in der Stadt zum Bau öffentlicher Gebäude mit CEBs ein (Webseite Aga Khan Preis für Architektur).

In Mozambique wurde von den beiden portugiesischen Architekten Miguel Mendes und Teresa Beirao im Mai und August 2006 ein CEB-Ausbildungskurs abgehalten in Mumemo, einem Stadtteil von Maputo. Das Projekt wurde für die Einwohner einer neuen Ansiedlung für Opfer der großen Flutkatastrophe in 2000 entworfen. Den Kursteilnehmern wurden solide Kenntnis-

5 DfID Schulblock vom SIRDC in Hatcliffe, Harare, 2008

5 Rammed earth DfID block at SIRDC, Hatcliffe, Zimbabwe. Source: Ram Cast CIC website, 2008.

6 Privathaus in Bonda, 2008

6 Bonda private house. Source: Ram Cast CIC website, 2008.



bricks/blocks and asbestos roofs used for most of the low-income houses in Zimbabwe. This pilot project by the Intermediate Technology Group (ITG) was implemented with the participation of the Chitungwiza municipality in 1993 as a low-income house. The aim of this project was to evaluate the response of the people towards earth structures and the performance of low tech and sustainable materials used in the construction of low cost housing. The use of local labour and the absence of imported materials sent a message to the local communities that the solution of affordable, sustainable and low cost housing is feasible. Until now this structure represents a success for all participants working in the housing industry in Zimbabwe. Since then, all the experimental low cost stabilised earth construction housing projects have been successful.

Compressed stabilised earth blocks were successfully used for low-income housing in Sudan (Adam and Agib, 2001 cited in Hadjri et al. 2007). According to Adam and Agib (2001), the cost of producing compressed stabilised earth blocks varies a great deal from country to country and even from one area to another within the same country. Unit production costs differ in relation to local conditions. Adam and Agib (2001) also noted that block making could be carried out on a 'self-help' basis, where labour costs are eliminated and soil is often available at no cost. The Al Haj Yousif experimental prototype school (Figure 9 and 10) was constructed from compressed stabilised earth blocks and was found to be very cost effective by Sudanese standards. The total savings made, in cost per square metre, were approximately 40% compared to conventional brick and block construction. The reduction of the cost of blocks was approximately 70% and 48% for the roofing sheets. Similar findings were also reported in Kenya, where the average unit cost of compressed stabilised earth blocks is approximately 20% to 70% of that of concrete blocks, depending on the method of production (Adam and Agib, 2001).

Similar to the Al Haj Yousif School, Gando Primary School (Figure 11) in Burkina Faso is also a success story of CSEB. This school is the result of one man's mission (Architect Diébédo Francis Kéré) to improve conditions in his village. Not only did he design the school and raise the funds to build it; he also secured government support to train people in building with local materials and drew on the strong tradition of community soli-



darity to engage all of the villagers in the construction of this school for their children. Construction of the school began in October 2000, carried out largely by the village's men, women and children. After the school was completed in July 2001, construction of buildings for resident teachers began along similar principles. To achieve sustainability, the project was based on the principles of designing for climatic comfort with low-cost construction, making the most of local materials and the potential of the local community. It was also conceived as an example that would raise awareness in the local community of the merits of traditional materials. All those involved in the management of the project were native to the village, and the skills learned here will be applied to further initiatives in the village and elsewhere. The way the community organized itself has set an example for two neighbouring villages, which subsequently built their own schools as a cooperative effort. The local authorities have also recognized the project's worth: not only have they provided and paid for the teaching staff, but they have also endeavoured to employ the young people trained there in the town's public projects, using the same techniques (Website: Aga Khan Award for Architecture).

Mumemo is about a training course in earthen construction organised in Mumemo (Maputo, Mozambique) by two Portuguese architects, Miguel Mendes and Teresa Beirao, during May and August 2006. The project was created for the inhabitants of a new village, created for the resettlement of the victims of the massive floods in the year 2000. The course gave students a wide and solid knowledge about earthen construction and three main techniques (rammed earth, adobe, compressed earth blocks) as well as providing them with the ability to run similar courses in other communities. During the course, a small 50 m<sup>2</sup> house was built as shown in Figure 12 (Website: Mumemo, 2009).

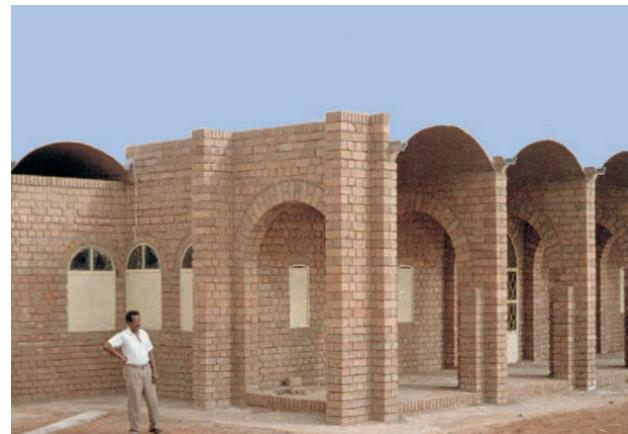
A team prepared a detailed design for structural vaults built from local soil for a new museum at the World Heritage Site of Mapungubwe in South Africa designed by Peter Rich Architects. Michael Ramage (Cambridge), John Ochsendorf and Philippe Block designed the non-reinforced structural masonry vaults (Figure 13) in collaboration with Henry Fagan in South Africa and Matthew Hodge, who developed the cement-stabilized tiles in collaboration with Anne Fitchett (Univ. of Witwatersrand).

7 Bürohaus in Chimanda im Bau, 2008

7 Chimanda office under construction. Source: Ram Cast CIC website, 2008.

8 Wohnhaus von SIRDC für die Rukanda Schule

8 House built by SIRDC at Rukanda School. Source: The Herald, ZITF Supplement.



se im Bauen mit Lehm vermittelt in den drei Haupttechniken: Stampflehm, Adobe und CEB-Konstruktion. Sie wurden auch als Fachmoderatoren ausgebildet, damit sie das Erlernte weitergeben können. Während des Kurses wurde ein kleines 50 m<sup>2</sup> Haus gebaut (Abb. 12 und Webseite Mumemo, 2009).

Auf dem Gelände des Welterbes der Menschheit in Mapungubwe in Südafrika wurden Gewölbe ohne Bewehrung aus Lehmsteinen für ein neues Museum gebaut, das von der Architektenfirma Peter Rich von Michael Ramage (Cambridge), Jochen Ochsendorf und Philippe Block entworfen wurde in Zusammenarbeit mit Henry Fagan (Abb. 13). Matthew Hodge und Anne Fitcgett von der Universität Witwatersrand entwickelten die dafür verwendeten, mit Zement stabilisierten Lehmstein. Mit seinen, beim Kuppelbau in Pines Calyx in England gemachten Erfahrungen übernahm James Bellamy die Bauleitung beim Gewölbebau. Das Projekt war Teil der Mauerwerksforschung vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) in den USA.

Die Firma Hydraform wurde von Jochen Kofahl und Robert Plattner 1988 gegründet und arbeitet heute von Johannesburg in Südafrika aus. Die Firma hat Branchen im ganzen südlichen Afrika, in Ost- und Westafrika und in Asien mit Vertretungen in über 50 Ländern (Webseite: Hydraform, 2010). Auf Abb. 14 ist ein kostengünstiges Haus zu sehen, das mit Hydraformsteinen, einer Art gepresster, stabilisierter Lehmstein in Angola gebaut wurde.

Das Anliegen aller hier beschriebenen Lehmbauprojekte war immer, die Einstellung der Betroffenen zur heutigen Verwendung von Lehm zum Bauen festzustellen und die Eignung energieeinsparender und nachhaltiger lokaler Baustoffe für den städtischen Wohnungsbau zu untersuchen. Die Nutzung eigener Arbeitskräfte ohne importierte Baustoffe sollte ein Hinweis für die betroffenen Kommunen sein, dass kostengünstiger Wohnraum geschaffen werden kann. Bisher sind alle beschriebenen Vorhaben ein Erfolg in Afrika für alle daran beteiligten Akteure. Allerdings ist überraschend, dass die stabilisierte Lehmbautechnologie bisher noch keinen offiziellen Eingang gefunden hat in die Wohnungsbaupolitik in Afrika, obwohl die vielen experimentellen Vorhaben erfolgreich waren. So ist es wichtig, die Faktoren zu finden, die zu einer breiten Akzeptanz führen können.

### Schlussfolgerungen

Lehm ist ein kostengünstiger und überall vorhandener Baustoff. Er ist geeignet für den Niedrigkostenwohnungsbau in vielen Ländern Afrikas. In diesem Vortrag wurde versucht darzustellen, dass sich die Förderung und Nutzung stabilisierten Lehms als alternativer Baustoff lohnt im Hinblick auf viele erfolgreiche Lehmbauprojekte in Afrika. Es ist möglich nicht stabilisierten Lehm als Stampflehm zu verwenden oder als gepresste Lehmsteine. Jedoch erscheint die Nutzung stabilisierten Lehms einfacher zu sein aufgrund der lokalen Gegebenheiten, einschließlich der Baugesetze und Standards in afrikanischen Stadtverwaltungen. Die Akzeptanz von Lehm als bevorzugte Baustoffwahl in der Bevölkerung zu erreichen und gleichzeitig die involvierten Baufachkräfte entsprechend auszubilden, ist eine große Herausforderung. Bewusstseinsbildung und Verständnis der Betroffenen für Umweltproblem wie Luftverschmutzung, Entwaldung, Bodendegradation und Energieeinsparung können dazu beitragen auch eine andere Haltung gegenüber dem Lehmbau einzunehmen. Lehmbaukurse als Teil des universitären Bauingenieur- und Architekturstudiums würden entsprechendes Knowhow für die Planung und Durchführung von Lehmbauvorhaben schaffen. Die Techniken für den Lehmabau sind einfach und flexibel und können unter den Akteuren aus der Bauindustrie ohne Schwierigkeiten verbreitet werden. Sowohl Einzelne als auch die Gemeinschaft können in Selbsthilfe mit Lehm ihre eigenen Häuser bauen.

### Danksagung

Der Autor ist dankbar für die Unterstützung durch die King Fahd University of Petroleum and Minerals (KFUPM) in Dahrani, Saudi Arabien, zum Verfassen des Vortrags und dessen Präsentation bei der Lehm 2012 in Weimar.

9 El Haj Yousif Schule im Bau

9 El Haj Yousif School under construction using CSEB. Source: Adam and Agib, 2001.

10 El Haj Yousif Schulbau

10 El Haj Yousif experimental School. Source: Adam and Agib, 2001, p 8.



Based on his experience building the domes of the Pines Calyx in the UK, James Bellamy supervised the vault construction on site. The project was part of masonry research conducted by MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Founded in 1988 by Jochen Kofahl and Robert Plattner, Hydraform today operates from offices in Johannesburg, South Africa. They have regional offices throughout Southern Africa, East Africa, West Africa and Asia – yielding representation in over 50 countries worldwide (Website: Hydraform, 2010). Figure 14 shows a low cost house constructed with Hydraform (a form of CSEB) in Angola.

The aim of these contemporary earth construction projects was to evaluate the response of the people towards contemporary earth structure and the performance of low-tech and sustainable materials used in the construction of urban housing. The use of local labour and the absence of imported materials sent a message to the local communities that the concept of affordable sustainable and urban housing is possible. Until now these structures represent success to all participants working in the housing industry in Africa. Surprisingly stabilized earth construction technology has not been adopted to address the urban housing crisis in Africa despite the fact that the experimental projects have been successful. Therefore, it is essential to investigate what factors would influence the widespread adoption of contemporary stabilized earth construction.

### Conclusions

Earth is affordable, readily available and would be appropriate for constructing affordable urban housing in many African countries. This paper has argued that the promotion and implementation of stabilised earth as an alternative building material is worthwhile in the light of successful African examples of earth construction. It is possible to use un-stabilised raw earth for rammed earth or compressed earth blocks; but the stabilised form is more suitable for the African situation in terms of by-laws and housing standards stipulated by the municipalities. The only obstacle preventing earth becoming the preferred choice of building material amongst the general population is lack of acceptance of this material by that same population and the lack of knowledge amongst the construction professionals to implement the projects. An awareness and understanding by

the general public of environmental issues such as air pollution, deforestation, land degradation and energy conservation would help them change their attitudes and views towards earth building. Introducing earth construction courses to the engineering and architecture degree programmes in the universities would help professionals confidently to propose and implement earth construction projects. The flexibility and simplicity of the technology needed for earth building affords adaptability and easy transfer of knowledge between different stakeholders in the building industry. Individuals and the community as a whole can easily participate in building their own homes in affordable ways.

### Acknowledgements

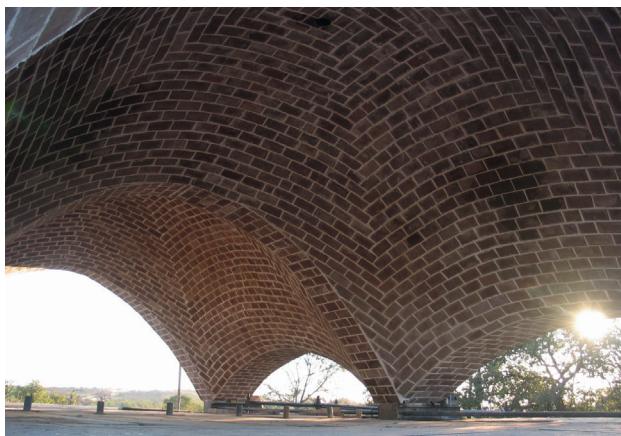
The author is grateful to King Fahd University of Petroleum and Minerals (KFUPM), Dhahran, Saudi Arabia for their support in the writing and submission of this paper for the 6th International Conference on Building with Earth, the LEHM 2012, Weimar, Germany.

<sup>11</sup> Gando Volksschule in Burkina Faso

<sup>11</sup> Gando Primary School in Burkina Faso. Source: Aga Khan Award for Architecture website.

<sup>12</sup> Stampflehmhaus in Mumemo, Mozambique, 2009

<sup>12</sup> Mumemo RE construction, Maputo, Mozambique. Source: Mumemo website, 2009



## Referenzen

- [1] Aga Khan Award for Architecture Website, (2008). [http://www.akdn.org/akaa\\_award9\\_awards\\_detail2.asp](http://www.akdn.org/akaa_award9_awards_detail2.asp)
- [2] Adam, E.A. & Agib, A.R.A. (2001). Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan. Printed by Graphoprint for the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, France, Paris, UNESCO.
- [3] Bardagot, A. M. and Bida, A. (2005). The conservation of the Palace of the Sultanate of Zindar. Traditional conservation practices in Africa. ICCROM conservation studies 2. Rome, Italy.
- [4] Building in South Africa-james-Picasa web albums, (2010). Accessed 12.12.2010. <http://picasaweb.google.com/bellamyjk/BuildingInSouthAfrica/#5206085751626300834>
- [5] Dwyer, D. J. (1981). People and Housing in Third World Cities, perspectives on the problem of spontaneous settlements. Longman Group Limited, London and New York.
- [6] Dunlap, W. A. (1955). Soil Analysis for Earthen Buildings. Texas A. & M.: Austin, USA.
- [7] Eloundou, L. (2005). The traditional conservation of the Mousgoum hutshells. Traditional conservation practices in Africa. ICCROM conservation studies 2. Rome, Italy.
- [8] Foter Website (2012). <http://foter.com/mud+hut/>, Accessed 16.06.2012.
- [9] Gide, A. (1927). Voyage au Congo. Paris, Gallimard.
- [10] Hydraform website, (2010). Accessed 12.12.2010. <http://www.hydra-form.com/ImageGallery/Index.asp?IGImageCategory=Countries>
- [11] Iskander, L. (2005), Feature story: the village of New Gourna. Biography of Hassan Fathy. <http://www.touregypt.net/featurestories/newgourna.htm>
- [12] Kannemeyer, H. S. (2006). Towards sustainable low-cost housing through green architecture: a look at rammed earth housing in Zimbabwe. Undergraduate Dissertation, Department of Architecture, National University of Science and Technology, Bulawayo, Zimbabwe.
- [13] Mubaiwa, A. (2002). Earth as an alternative building material for affordable and comfortable housing in Zimbabwe: Undergraduate Dissertation. Department of Architecture, National University of Science and Technology, Bulawayo, Zimbabwe.
- [14] Mumemo Website, (2009). Accessed 12.12.2010. <http://www.eartharchitecture.org/index.php?/archives/1047-MUMEMO.html>
- [15] Occasionally Architectural Website (2012). <http://occasionallyarchitectural.com/2010/03/20/djenne/>, Accessed 16.06.2012.
- [16] Picasa Web Albums (2012). <http://picasaweb.google.com/lh/photo/tuXdN8ebJ818516irsempQ>, Accessed 16.06.2012.
- [17] Ram Cast CIC website, (2008). <http://www.rammed-earth.info/about.php>, Accessed 20.10.2008.
- [18] Rastorfer, D. (1985). The man and his work. Hassan Fathy. A Mimar Book. Concept Media, Singapore. Architectural Press, London.
- [19] Serageldin, I. (1985). An Egyptian Appraisal. Hassan Fathy. A Mimar Book. Concept Media, Singapore. Architectural Press, London.
- [20] Shearer, W. (1986). Forward: Natural Energy and Vernacular Architecture, principles and examples with reference to hot arid climate. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- [21] Sidi, A. O. and Joffroy, T. (2005). The conservation of the grand mosques of Timbuktu. Traditional conservation practices in Africa. ICCROM conservation studies 2. Rome, Italy.
- [22] Spatial Agency Website (2012). <http://www.spatialagency.net/database/why/political/hassan.fathy>, Accessed 16.06.2012.
- [23] Zami, M. S. and Lee, A. (2007). Earth as an alternative building material for sustainable low cost housing in Zimbabwe. The 7th International Postgraduate Research Conference. March 28 – 29, 2007, The Lowry, Salford Quays, Salford, Greater Manchester, United Kingdom.
- [24] Zami, M. S. and Lee, A. (2008). Forgotten dimensions of low cost housing crisis in Zimbabwe. The 8th International Postgraduate Research Conference. June 26 – 27, 2008, the Czech Technical University of Prague (CVUT), Czech Republic.
- [25] Zami, M.S. (2010). Understanding the factors that influence the adoption of stabilised earth by construction professionals to address the Zimbabwe urban low cost housing crisis. PhD thesis submitted to University of Salford, United Kingdom.

<sup>13</sup> Gewölbe aus gepressten, stabilisierten Lehmziegeln in Mapungubwe, Südafrika

<sup>13</sup> Vault built of CSEB, Mapungubwe in South Africa. Source: Bldg. in South Africa-James-Picasa web albums.



## References

- [1] Aga Khan Award for Architecture Website, (2008). [http://www.akdn.org/akaa\\_award9\\_awards\\_detail2.asp](http://www.akdn.org/akaa_award9_awards_detail2.asp)
- [2] Adam, E.A. & Agib, A.R.A. (2001). Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan. Printed by Graphoprint for the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, France, UNESCO.
- [3] Bardagot, A. M. and Bida, A. (2005). The conservation of the Palace of the Sultanate of Zindar. Traditional conservation practices in Africa. ICCROM Conservation Studies 2. Rome, Italy.
- [4] Building in South Africa-James-Picasa web albums, (2010). Accessed 12.12.2010. <http://picasaweb.google.com/bellamyjk/BuildingInSouthAfrica/#5206085751626300834>
- [5] Dwyer, D. J. (1981). People and Housing in Third World Cities, perspectives on the problem of spontaneous settlements. Longman Group Limited, London and New York.
- [6] Dunlap, W. A. (1955). Soil Analysis for Earthen Buildings. Texas A. & M.: Austin, USA.
- [7] Eloundou, L. (2005). The traditional conservation of the Mousgoum Hut Shells. Traditional conservation practices in Africa. ICCROM Conservation Studies 2. Rome, Italy.
- [8] Foter Website (2012). <http://foter.com/mud+hut/>, Accessed 16.06.2012.
- [9] Gide, A. (1927). Voyage au Congo. Paris, Gallimard.
- [10] Hydraform website, (2010). Accessed 12.12.2010. <http://www.hydra-form.com/ImageGallery/Index.asp?IGImageCategory=Countries>
- [11] Iskander, L. (2005), Feature story: The village of New Gourna. Biography of Hassan Fathy. <http://www.touregypt.net/featurestories/newgourna.htm>
- [12] Kannemeyer, H. S. (2006). Towards sustainable low-cost housing through green architecture: A look at rammed earth housing in Zimbabwe. Undergraduate Dissertation, Department of Architecture, National University of Science and Technology, Bulawayo, Zimbabwe.
- [13] Mubaiwa, A. (2002). Earth as an alternative building material for affordable and comfortable housing in Zimbabwe: Undergraduate Dissertation. Department of Architecture, National University of Science and Technology, Bulawayo, Zimbabwe.
- [14] Mumemo Website, (2009). Accessed 12.12.2010. <http://www.earth-architecture.org/index.php/?archives/1047-MUMEMO.html>
- [15] Occasionally Architectural Website (2012). <http://occasionallyarchitectural.com/2010/03/20/djenne/>, Accessed 16.06.2012.
- [16] Picasa Web Albums (2012). <http://picasaweb.google.com/lh/photo/tuXdN8ebJ818516irsempQ>, Accessed 16.06.2012.
- [17] Ram Cast CIC website, (2008). <http://www.rammed-earth.info/about.php>, Accessed 20.10.2008.
- [18] Rastorfer, D. (1985). The man and his work. Hassan Fathy. A Mimar Book. Concept Media, Singapore. Architectural Press, London.
- [19] Serageldin, I. (1985). An Egyptian Appraisal. Hassan Fathy. A Mimar Book. Concept Media, Singapore. Architectural Press, London.
- [20] Shearer, W. (1986). Forward: Natural Energy and Vernacular Architecture, principles and examples with reference to hot arid climate. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- [21] Sidi, A. O. and Joffroy, T. (2005). The conservation of the grand mosques of Timbuktu. Traditional conservation practices in Africa. IC-CROM Conservation Studies 2. Rome, Italy.
- [22] Spatial Agency Website (2012). <http://www.spatialagency.net/database/why/political/hassan.fathy>, Accessed 16.06.2012.
- [23] Zami, M. S. and Lee, A. (2007). Earth as an alternative building material for sustainable low cost housing in Zimbabwe. The 7th International Postgraduate Research Conference. March 28–29, 2007, The Lowry, Salford Quays, Salford, Greater Manchester, United Kingdom.
- [24] Zami, M. S. and Lee, A. (2008). Forgotten dimensions of the low cost housing crisis in Zimbabwe. The 8th International Postgraduate Research Conference. June 26–27, 2008, the Czech Technical University of Prague (CVUT), Czech Republic.
- [25] Zami, M.S. (2010). Understanding the factors that influence the adoption of stabilised earth by construction professionals to address the Zimbabwe urban low cost housing crisis. PhD thesis submitted to University of Salford, United Kingdom.

14 Hydraform Haus in Angola, 2010

14 Hydraform house, Angola. Source: Hydraform website, 2010.