

TARATIBU-TANZANIA

LERNEN VON EINER BAUSTELLE IM RURALEN KONTEXT



Impressum

Wahlfacharbeit - TARATIBU*-TANZANIA
Lernen von einer Baustelle im ruralen Kontext

Studenten: Elias Luzi
Silvio Koch
René Frey
Christian Käser

Begleitung: Katrin Büsser & Marc Zürcher, Professur für Architektur und Bauprozess von Prof. Sacha Menz, ETH Zürich, Departement Architektur

Fachexperten: Gnanli Landrou, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Professur für Nachhaltiges Bauen, ETH Zürich, Departement Bau, Umwelt und Geomatik

*Taratibu <Suaheli>; mit System, Verfahren, strukturiert, Reihenfolge

Projektbeteiligte

Mitwirkung Entwurf: Philipp Howald

Partner: Eine Weltgruppe Schlins/Röns, Rural Development Organization RDO, <http://www.eineweltgruppe.at>

Fachexperten: Dirk E. Hebel & Nikita Aigner, Assistenzprofessur für Architektur und Konstruktion, ETH Zürich, Departement Architektur
Martin Rauch & Wayne Switzer, UNESCO chair for Earthen Architecture, Building Cultures and Sustainable Development
Mario Rinke, Professor für Tragwerksentwurf, D-Arch, ETH Zürich
Mirko Müller, Naturnetz Graubünden, Instruktion im Bau von Trockenmauern
Thomas Walder, WT Partner GmbH Zürich (Architekturprojekte in Ifakara)

ETH Zürich, Departement Architektur

Zürich, 31.01.2017

„Architektur ist elementar in der Verwirklichung von Baugedanken mit den einfachsten Mitteln. Diese bestimmen in ihrer Abhängigkeit von der Entwicklung der Technik die Gesetze des jeweiligen Bauens.“

Raimund J. Abraham

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG	Seite	7
	1.1. Grundidee		
	1.2. Thesen		
	1.3. Ausgangslage		
	1.4. Problemstellung & Methodik		
	1.5. Abgrenzungen		
2.	PROJEKT	Seite	13
	2.1. Kontext		
	2.2. Beschrieb		
	2.3. Ausführung		
	2.4. Zeitlicher Ablauf		
3.	BAUTECHNIK	Seite	39
	3.1. Baumaterial Lehm		
	3.2. Materialtest		
	3.3. Adobe		
	3.4. Ziegeltests		
	3.5. Mauern mit Adobe		
	3.6. Mörteltests		
	3.7. Schlussfolgerungen		
4.	RESCOURCENMANAGEMENT	Seite	115
	4.1. Relevanz des Ressourcenmanagement		
	4.2. Ressourcenverbrauch		
	4.3. Herkunft der Baumaterialien		
	4.4. Güterkreislauf & Rückstände		
	4.5. Primärenergiegehalt		
	4.6. Vergleichsprojekt		
	4.7. Schlussfolgerungen		
5.	BAUÖKONOMIE	Seite	161
	5.1. Relevanz der ökonomischen Betrachtung		
	5.2. Kostenplanung und Organisationsform		
	5.3. Baukosten		
	5.4. Wertschöpfung		
	5.5. Vergleichsprojekt		
	5.6. Schlussfolgerungen		
6.	ANALYSE	Seite	197
	6.1. Zusammenfassung		
	6.2. Ausblick		
7.	ANHANG	Seite	201
	7.1. Besprechungsprotokoll, Schlins 11.05.2016		
	7.2. Bautagebuch		
	7.3. Sammlung Detailpläne Verwaltungsgebäude		
	7.4. Ausführungspläne Ökonomiegebäude		
	7.5. Zwischenstände Kostenschätzung		
8.	VERZEICHNIS	Seite	293
	8.1. Literaturverzeichnis		
	8.2. Abbildungsverzeichnis		



1. EINLEITUNG

Sich eine Baustelle im südlichen Hochland von Tansania auszumalen, erfordert Vorstellungskraft. Präzis wie liebenswert beschreibt das Wort "Taratibu" unsere Erlebnisse einer Baustelle in dem kleinen Dorf Isele. Der Begriff der ostafrikanischen Sprache Suaheli bedeutet frei übersetzt "mit System", "Verfahren", "strukturiert" oder "Reihenfolge". Die Verwendung dieses Wortes als Titel der vorliegenden Arbeit verknüpft den inhaltlichen Rahmen derselben mit dem effektiv gebauten Gebäude. Im Zentrum steht die Analyse des Bauprozesses in unterschiedlichen Themenbereichen. Im einleitenden Kapitel werden die leitenden Fragestellungen der gesamten Arbeit aufgeworfen und kontextualisiert.

1.1. Grundidee

Für ein kleines Dorf im südlichen Hochland von Tansania wurde ein Dorfzentrum geplant und teilweise gebaut. Die Ausführung sowie die Reflektion des Projektes sind Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Generell soll eruiert werden, in wie fern Planung und Ausführung korrespondieren und welche Komponenten den Bau beeinflussten. Wir wollen Rückschlüsse zu unserer Planung ziehen und ein Verständnis für ausgewählte Fokusthemen entwickeln. Dabei interessieren spezifische Punkte der Bautechnik mit Adobe Ziegel, des Ressourcenmanagements, der Bauökonomie sowie der Weitergabe von Wissen. Dazu werden die während des Bauprozesses gesammelten Daten analysiert, aufbereitet und ausgewertet. Die Annahmen, welche in der theoretischen Vorarbeit der Projektierung getroffen wurden, sollen mit den Erfahrungen und den erarbeiteten Fakten kritisch überprüft und kommentiert werden. Es gilt herauszufinden, ob die Annahmen mit der Wirklichkeit übereinstimmen oder wie weit sie idealisiert waren. Auch soll die ökonomische und ökologische Performance des Gebäudes mit der vor Ort für Nichtregierungsorganisationen üblichen Bautechniken verglichen werden.

Während des Bauprozesses wurden wir mit vielen Themen konfrontiert, mit welchen man im Studium nicht - oder nur sehr beschränkt - in Berührung kommt. So wurden Materialbeschaffung, Materialtests, Kostenkontrolle und Terminmanagement integrale Bestandteile unseres Entwurfes. Unser Interesse gilt also einer Vertiefung dieser Bereiche. Da viele Aspekte mittels "Lernen durch Handeln" gelöst wurden, ist ein Teil der vorliegenden Arbeit auch eine Verifikation des Sachverhaltes mittels theoretischen Argumenten. Ferner sollen in der Diskussion Potentiale, beziehungsweise Möglichkeiten zur Weiterentwicklung oder Verbesserungsvorschläge, erarbeitet werden.

Nachfolgend werden die leitenden Behauptungen formuliert, die es in der Arbeit zu beweisen gilt.

1.2. Thesen

- Kenntnisse zu Baumaterial und Konstruktion ermöglichen günstiges Bauen in hoher Qualität.
- Von Hand produzierte Lehmziegel sind ebenso für das Bauen geeignet, wie industriell hergestellte Produkte.
- Lokale Baustoffe verringern den Preis des Gebäudes.
- Lokal ist die Synthese von Ökologie und Ökonomie.
- Eine natürliche Bauweise trägt zur Lösung der globalen Klimaproblematik bei.
- Importierte Industrieprodukte schaffen neue Idealvorstellungen.
- Veredelung führt zu Wertschätzung lokaler Materialien.
- Verständnis führt zu Akzeptanz und Anwendung von neuen Konstruktionsweisen.

1.3. Ausgangslage

Unsere Gruppe, bestehend aus fünf jungen Architekten und Architekturstudenten, initiierte im Herbst 2015 ein Bauprojekt in Tansania. Ausgangspunkt für das Projekt war unser gemeinsames Interesse für lokales und einfaches Bauen. Angetrieben von der Faszination für Tansania sowie der Möglichkeit der eigenhändigen Realisation eines Gebäudes in einem fremden Kontext entwickelten wir die Idee, in den Semesterferien ein Haus in diesem ostafrikanischen Staat zu bauen. Diese entsprang aus gemeinsamen und individuellen Berührungspunkten mit dem Lehm- und Ziegelbau, Reisen in Länder wie Südafrika, Marokko, Usbekistan oder mehrmonatigen Arbeitsaufenthalten als Architekten in Tansania im Rahmen des Zivildienstes. Diese enge Verbindung nach Tansania sowie bunt geschilderte Rückmeldungen aus einer Summerschool des Lehrstuhls von Martin Rauch und Anna Heringer an der ETH Zürich sind wohl der Grund für die reale und imaginierte Faszination für Tansania im Allgemeinen und für das Bauen in dem für uns fremden Kontext im Speziellen¹

Wir definierten unsere Positionen und formulierten daraus Ziele und Interessenschwerpunkte. Mit der NGO "RDO - Rural Development Organisation" fanden wir eine Organisation welche mit unseren Zielen übereinstimmte, eine passende Bauaufgabe präsentierte und die Finanzierung sicherte. Mit der an uns übertragenen Verantwortung zur Planung eines Dorfcentrums in Isele begann eine detaillierte theoretische und praktische Auseinandersetzung mit dem einfachen Bauen im Kontext des ruralen Tansanias. Wir untersuchten die klimatischen Anforderungen, analysierten vernakuläre Bauten typologisch sowie bautechnisch und wogen mögliche Bautechniken gegeneinander ab. Der Fokus des Entwurfs lag auf dem Umgang mit Ressourcen, der Verwendung lokaler Materialien, traditionellen Bauweisen sowie soziokulturellen Begebenheiten. Im Rahmen einer Wahlfacharbeit, betreut durch ETH Assistenzprofessor Dirk E. Hebel, dokumentierten wir diese Grundlagenforschung und reichten sie vor unserer Abreise ein. Diese Arbeit "Dorfzentrum für Isele - Einfach Bauen in Tansania" so wie der Entwurf des Projekts verstehen wir als wesentliche Grundlage der vorliegenden Arbeit.

Mit der Reise nach Tansania, die Christian und René als erste unsere Gruppe im Juni antraten, beginnt der Bauprozess und damit verbunden diese Arbeit. Für drei Monate arbeiten wir zusammen mit lokalen Handwerkern, Maurer- und Zimmermannsschülern und vereinzelt Freiwilligen auf der Baustelle. Neben der Funktion als Handwerker übernahmen wir in dieser Zeit auch die Bauleitung inklusive Kosten- und Terminkontrolle, Organisation der Baumaterialien, die komplette Planerleistungen aber auch das Vermitteln von Wissen an die Schüler. Als Projektinitiatoren fanden wir uns in der Rolle eines Totalunternehmers wieder.

¹ vgl.: Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele" FS16; S.17

1.4. Problemstellung & Methodik

Nach der Realisierung des Bauprojekts blicken wir kritisch auf unsere zu Projektstart definierten Positionen zurück. Die in der Wahlfacharbeit "Dorfzentrum in Isele" bearbeiteten Themen "Ressourcenmanagement", "Landflucht" und "kulturelle Akzeptanz"² warfen im Zusammenhang mit dem Bauprozess neue Fragestellungen auf, mit welchen wir uns in der vorliegenden Arbeit beschäftigen. Die Ausführungsplanung und die Ausführung werden reflektiert und mit den Annahmen des Bauprojektes abgeglichen. Wir wollen qualitative Rückschlüsse zu unserer Planung zulassen und Interessenschwerpunkte mittels ausgewählten Fokusthemen vertiefen. Letztere bilden das Grundgerüst der Arbeit und befassen sich mit technischen, oekologischen, ökonomischen und vermittelnden Fragestellungen.

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit umfasst die Ausführungsplanung und den Bau des Gebäudes. Auf Grundlage des Bauprojekts und vor Ort gesammelten Interessen werden die Ausführungs- und Detailpläne erarbeitet. Während der gesamten Bauzeit wird ein Baujournal geführt und die Kostenzusammenstellungen und der Terminplan werden stets aktualisiert. Im Kapitel "Projekt" werden diese Informationen in Text und Bild zusammengefasst.

Die Dokumente dienen als Grundlage, Bindeglied und wichtigste Quelle für die weiterführenden Fokusthemen. Unter den Titeln Bautechnik, Ressourcenmanagement und Bauökonomie werden drei Schwerpunkte herausgegriffen und vertieft behandelt. Auf Grundlage der im Ausführungsprojekt erarbeiteten Daten und ergänzender Literatur werden Untersuchungen, Berechnungen und Analysen zu den einzelnen Themen durchgeführt und die Ergebnisse dokumentiert und interpretiert.

Die "Bautechnik" bildet den Schwerpunkt zu technischen Fragestellungen und fokussiert auf die Wand aus Adobe Ziegel und den Baustoff Lehm. Die Herstellung der Ziegel sowie Testverfahren derselben stehen im Vordergrund, daneben wird die Geschichte des Baumaterials Lehm und seine Relevanz im heutigen architektonischen Diskurs beleuchtet. Als Grundlagen dienen Fachliteratur, Normenwerke sowie durchgeführte Feld- und Labortest.

Das Kapitel "Ressourcenmanagement" untersucht unser Gebäude auf einer ökologischen Ebene. Die verbrauchten Ressourcen, deren Herkunft und die benötigte Energie werden reflektiert sowie die Einbindung in den Güterkreislauf kontrolliert und darüber die gewählte Konstruktion beurteilt. Die Relevanz der Thematik im ländlichen Tansania wird in einem globalen Zusammenhang betrachtet. Nebst Fachliteratur dienen Berechnungen auf Basis unseres Baujournals und Kostenzusammenstellung als Grundlage.

Unter dem Titel "Bauökonomie" werden die Baukosten und das Baumanagement beleuchtet. Es wird aufgezeigt, wie sich die Baukosten zusammensetzten und entwickelten und inwiefern sich Planung und Ausführung unterscheiden. Daneben werden die ökonomischen Verhältnisse in Tansania untersucht und Eigenheiten aufgezeigt. Als Grundlage dient Fachliteratur, eigene Erfahrungen sowie das Baujournal, Zeitplan und die Kostenschätzung. Die Problemstellungen der einzelnen Fokusthemen werden in den Einleitungen der Kapitel nochmals aufgegriffen und zusammen mit der Methodik formuliert.

In der abschliessenden Analyse werden die drei Fokusthemen in Zusammenhang gestellt um Symbiosen zu finden und Widersprüche aufzuzeigen. Durch die Beantwortung der aufgeworfenen Thesen sollen qualitative Rückschlüsse auf das Bauprojekt und unsere Planung ermöglicht werden und daraus ein Ausblick formuliert werden.

² vgl.: Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele" FS16; S.10-15

1.5. Abgrenzungen

Der Projektstandort befindet sich im südlichen Hochland von Tansania. Die spezifischen Gegebenheiten vor Ort, wie Klima, technische Möglichkeiten, Kaufkraft und Kultur sind wesentliche Rahmenbedingungen sämtlicher Analysebereiche. Themenspezifische Faktoren werden erörtert, auf eine vollumfängliche Beschreibung wird jedoch verzichtet.

Da mehrheitlich an einem der zwei geplanten Gebäude gebaut wurde, wird in der Analyse auf das gebaute Verwaltungsgebäude fokussiert. Das nicht realisierte Ökonomiegebäude wird in den Betrachtungen aufgrund fehlender Daten nicht, oder nur am Rande, berücksichtigt.

Innerhalb des Themas Bautechnik werden zunächst die Eigenschaften des Baumaterials erarbeitet. Dabei werden die für die Herstellung von Adobeziegel relevanten Fakten berücksichtigt. Geologische Exkurse oder chemische Komponente zu den Baustoffeigenschaften werden nicht behandelt. Da der Schwerpunkt ausschliesslich auf der Adobe-Technik liegt, wird keine technische Auseinandersetzung mit anderen Lehmbautechniken geführt. Diese wurden im Rahmen des Entwurfsprozesses in der Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele" FS16 thematisiert und zueinander abgewogen.

In der Analyse der Bauteile wird auf die lokalen Gegebenheiten des Hochlandes von Tansania fokussiert. Es gilt zu berücksichtigen, dass der Einsatz des Baustoffes zugunsten der Bauschadensfreiheit auf die jeweiligen klimatischen Anforderungen reagieren sollte. Das Verhalten der Bauteile in anderen Klimazonen - beispielsweise in Gegenden mit Frost - wird nicht berücksichtigt.

Das Thema Ressourcenmanagement befasst sich mit der Herkunft von Baumaterialien und bewertet diese auf Grund der Herkunft, der Rückführbarkeit in die Kreisläufe und den Energieverbrauch, jedoch nicht auf deren Nachhaltigkeit. Die Forstwirtschaft im Hochland um Isele hinterlies bei uns z.B. keinen nachhaltigen Eindruck, diese Wahrnehmung können wir jedoch nicht ausreichend belegen um eine Aussage darüber zu machen. Für die Berechnung des Primärenergiebedarfs wird in der Regel eine statistisch erwartete Lebensdauer mit eingerechnet. Diese statistischen Werte stehen uns in Tansania nicht zur Verfügung. Unser Gebäude verstehen wir als Prototyp, dessen Lebensdauer noch nicht eingeschätzt werden kann. Auf einen Einbezug des Lebenszyklus' haben wir deshalb verzichtet. Als selbstkritischen Vergleich stellen wir den Energiekosten unseres Gebäudes diejenigen unserer Flüge gegenüber. Dabei reduzieren wir diese auf unser Projektteam und klammern den Aufwand, welcher durch weitere NGO Mitarbeiter verursacht wurden, aus. Eine klare Abtrennung ob diese für allgemeine NGO Arbeit oder nur für das Projekt Dorfzentrum nach Isele nach Tansania gereist sind ist nicht möglich. Untersucht werden im Kapitel Bauökonomie in erster Linie die Kosten die wir vor Ort gesammelt und aufgezeichnet haben. Dazu kommen Schätzwerte aus den Kostenschätzungen der Gebäude. Diese Schätzungen sind möglichst präzise gemacht, dabei bleibt eine gewisse Ungenauigkeit. Für die Eruiierung der Baukosten ist dies zweitrangig, Für die Auswertung sind vor allem die grossen Summen wichtig.

Die Kosten für den Unterhalt der Werkzeuge, unser Auto, die Fahrkosten zur Baustelle, die Verpflegung vor Ort und unsere Reisekosten wurden nicht genauer eruiert. Für die effektiven Ausgaben sind diese Werte interessant, für die reine Betrachtung der Baukosten haben wir die Betrachtungsgrenze davor gezogen.



- Bauplatz
- 1 zukünftiges Wasserreservoir
- 2 Volksschule
- 3 evangelische Kirche
- 4 katholische Kirche
- 5 Krankenstation
- 6 Wasserloch

100 m

2. PROJEKT

Was und wie wir im kleinen Dorf Isele eigentlich gebaut haben, wird im Kapitel "Projekt" beschrieben. Das Thema dient zum Verständnis und als Grundlage der nachfolgend behandelten Fokusthemen.

Zunächst wird der Kontext nähergebracht; Es wird aufgezeigt wie die Landschaft aussieht und wie sich das einfache Leben auf dem Land abspielt. Nachfolgend wird das räumliche Gefüge des entworfenen Gebäudes erklärt; Architektonische Details und Erwartungen zum Nutzerverhalten werden dabei angeschnitten. Weiter werden die wesentlichen Faktoren der Konstruktion und des Bauprozesses erläutert. Es wird aufgezeigt, wie die Baustelle funktionierte und wer am Bau partizipierte. Abschliessend wird der zeitliche Ablauf unserer Planung sowie des Bauprozesses dokumentiert.

Die Texte geben durch subjektive Empfindungen einen lebendigen Einblick in die verschiedenen Bereiche. Ergänzt werden sämtliche Texte mit Plänen, Visualisierungen und Fotografien. Weitere Planunterlagen sind im Anhang der Arbeit zu finden.



Ansicht von Südosten: Ein Natursteinsockel hebt die feuchtigkeitsempfindliche Adobewand aus dem Terrain. Die Platzfassade wird durch Stützen gegliedert, zwischen welchen sich hölzerne Sitzbänke befinden. Aus dem weit auskragenden Wellblech-Sateldach ragt der Kamin der Feuerstelle.



Zwischenraum: Der öffentlich zugängliche Zwischenraum wird als Hauptraum verstanden und räumlich durch eine Feuerstelle und Sitzgelegenheiten ausgezeichnet. Eine perforierte Wand aus Adobe und ein Bodenbelag aus gebrannten Tonbodenplatten veredeln ihn.

2.1. Kontext

Das Projekt befindet sich im südlichen Hochland von Tansania.³ Der Kontext ist sehr ländlich geprägt. Das Klima ist gemässigt, wärmere Tage und kalte, windige Nächte wechseln sich ab.⁴ Die staatliche Infrastruktur in Isele beschränkt sich auf einfache Schotterstrassen. Tiefe Wassergräben folgen den erdfarbenen Strassen, während der Regenzeit verändern sich die Strassenverhältnisse stark. Am östlichen Ende des Dorfes gibt es eine einfache Kirche, die sich nur durch ein aufgemaltes Kreuz und ihr grösseres Volumen von den anderen Bauten abhebt. In einem unscheinbaren Haus am westlichen Eingang des Dorfes ist das Büro des Dorfchefs eingerichtet. Um Besuch zu empfangen oder Rat abzuhalten werden zwei kleine, schmale Tische vorne im Raum aufgereiht. Die Würdenträger nehmen dahinter Platz, die restlichen Teilnehmer sitzen gegenüber auf Plastikstühlen, die sonst gestapelt in einer Ecke stehen. Die meisten Hütten zur Strasse dienen als Wohnhaus und zugleich Laden oder Imbissstand, auf Swahili eine Duka. Die geflickten Verschläge bleiben oft zu, ein grosses Vorhängeschloss schützt die paar übrig gebliebenen Speiseölfflaschen, Colagetränke und das beliebte, sehr süsse Gingerbier „Stoney Tangawizi“. Unser Bauplatz liegt westlich des Dorfkerns, bevor die Strasse zur Schule hin ansteigt. Weiter westlich von unserer Parzelle stehen ein paar Hütten direkt an der Strasse. Wenig zurückversetzt liegt ein Häuschen, das als Maismühle dient. Ein Maisfeld folgt der Parzellengrenze nach Süden. Vereinzelt stehen Hütten darin. Auf der kleinen Anhöhe unter zwei grossen Nussbäumen stehen die Hütten von der Familie Kassian. Zwei Lehmbauten und ein Holzverschlag, die Küche, bilden einen Hof. Der Hof ist mit einem einfachen Bretterzaun abgeschlossen. Der kleine Platz ist perfekt gewischt, kein Blättchen liegt herum. Ein paar Hühner gackern umher, aus der Küche hört man die Meerschweinchen leise pfeifen. Seit einigen Jahren halten sich viele Tansaner die kleine Tiere als lebende Mahlzeiten in ihren Küchen. Nördlich unserer Parzelle fällt das Gelände leicht ab. Ein paar Zebus grunzen in ihrem runden Holzverschlag. Daneben hat die Schule vor kurzem Kiefern angepflanzt. Der staatliche Beitrag für den Schulbetrieb reicht nie, mit dem Verkauf des Kiefernholzes wird er ein bisschen aufgebessert. Hinter den Kiefern fällt das Gelände stark ab. Ein schmaler Fusspfad führt zur Wasserstelle. Richtung Osten steigt das Gelände zur Schule hin an, an der Südostecke der Parzelle steht ein langsam verwitterter, roter Ziegelofen, der nie entzündet wurde. Vermutlich hat ein unerwarteter Regenfall das Vorhaben zunichte gemacht. Daneben zeugen einige Erdlöcher von der vorangegangener Abbauarbeit des lehmigen Bodens. In die Schule mit ihrem typischen L-förmigen Grundriss strömen jeden Tag hunderte Primarschüler mit ihren blauen Uniformen, immer zur Mittagszeit werden sie mit den farbigen Eimern zum Wasserholen geschickt. Südlich der Parzelle, auf der anderen Seite der Strasse stehen einige Hütten, in einer wohnt Aklay, ein Schüler von uns. Dahinter fällt auch auf dieser Seite das Gelände, die Vegetation wird wilder. Vereinzelte Büsche und kleine Wäldchen stehen zwischen den Maisfeldern. Durch den Tag ist nicht viel los, unsere Baustelle zählt zu den Hauptattraktionen. Kinder und andere Gäste kommen gerne vorbei oder schauen noch lange zurück, wenn sie auf der Strasse vorbeigehen. Täglich flitzen einige Motorräder vorbei, selten rast ein Pick-up durch. Auf der Strasse gewinnt der Schnellste. Kommt der Bus um eine Ecke gerast, sollte man besser nicht dort stehen. Am späteren Nachmittag beginnt es zu dämmern, so nah am Äquator wird es schnell dunkel. Sobald sich die Sonnenstrahlen legen, wird es schnell kühl, der ständige Wind wird unangenehm kalt. Das Leben spielt sich an Hauptkreuzungen in den Dörfchen ab. Noch früh gehen alle zu Bett, morgen beginnt der nächste Tag.

3 vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele" FS16, Kap. 4.1 Standort, S.104ff

4 vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele" FS16, Kap. 2.1 Klima, S.22

Südliches Hochland: Dreckstrassen, Lehmbauten mit Wellblechdächern und landwirtschaftlich genutzte Flächen bestimmen das Bild der Ortschaften.



Bauplatz: Die neu angepflanzten Pinien und die Schule im Hintergrund.



2.2. Beschrieb

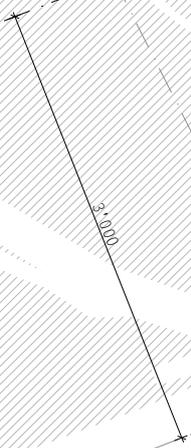
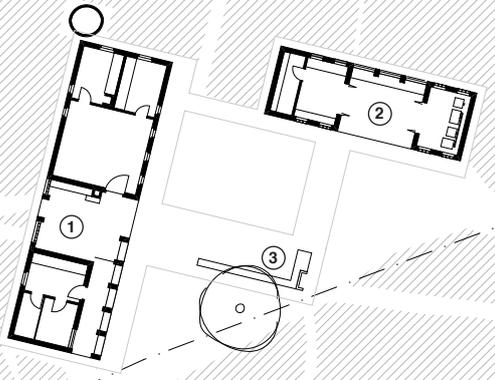
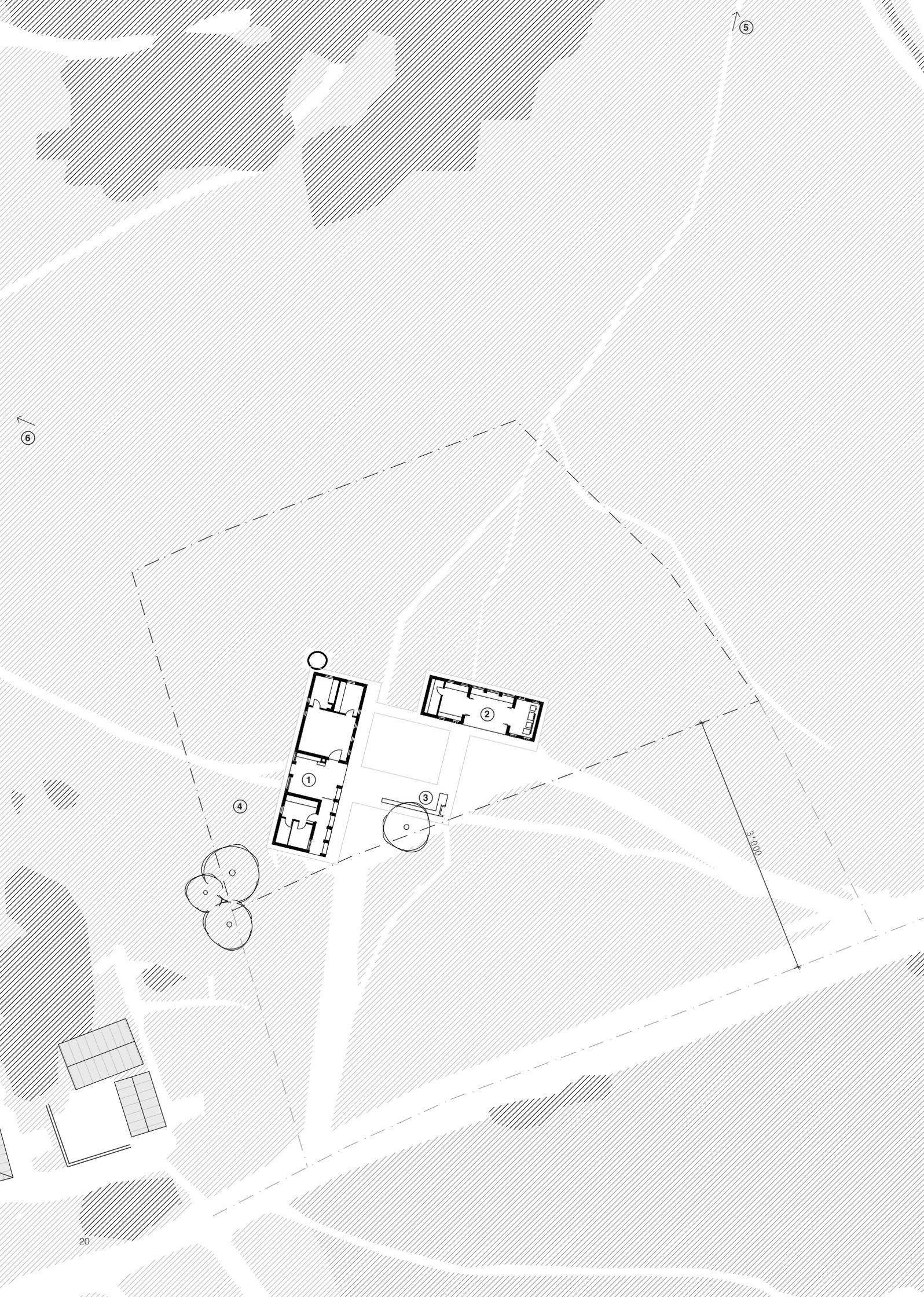
Die Anlage ist in zwei Gebäudekörper gegliedert, die leicht verschoben senkrecht zueinander angeordnet sind. Die so aufgespannte Fläche bildet die Ankunft zum Dorfzentrum. Ein Brunnen mit Sitzbank besetzt die Mitte des Platzes. Die Gebäude sind dreissig Meter von der Strasse abgesetzt, da das Tansanische Baugesetz diesen Abstand zu Strassenmitte vorschreibt. Der bereits ausgeführte Teil der Anlage beinhaltet die Büroräume der zwei NGO's, einen Versammlungsraum, einen kleinen Kiosk mit Internetcafé sowie ein Lagerraum. Der Ökonomiebau, der bis jetzt nur bis OK Fundament ausgeführt wurde, bietet Platz für eine Werkstatt, Maismühle sowie ein Lagerraum für Wasserleitungsteile. Beide Bauten funktionieren nach dem selben Grundprinzip. Unter einem Wellblech Satteldach sind zwei Gebäudekörper angeordnet, ein gedeckter Aussenraum dient als Verbindungsstück sowie Verteiler. Ein Natursteinsockel hebt die feuchtigkeitsempfindliche Lehmwand aus dem Terrain. Dieser Aussenraum kann an drei Orten betreten werden. der Hauptzugang befindet sich mittig zur Längsseite zum Platz gerichtet. Über eine Stufe erreicht man den offenen Zwischenraum. Rechts führt eine übergrosse Türe zum Versammlungsraum und den über diesen Raum angeschlossenen Büros. Dahinter steht die mit einem Bogen gemauerte Feuerstelle etwas in den Raum. Hinter der Feuerstelle bietet eine an die Wand angebaute Bank die Möglichkeit zum Sitzen. An der gegenüberliegenden Wand wiederholt sich das Element der Sitzbank. Der offene Zwischenraum soll als Treffpunkt für die Dorfbewohner dienen; um ein Feuer kann man die besten Geschichten erzählen. Die Rückwand des Zwischenbereichs wird durch zwei Stützen gegliedert. Im mittleren Feld führt eine Stufe nach draussen. Die zwei Randfelder sind mit perforierten Adobemauerwerk ausgefüllt. Durch dieses Lochmuster füllt die untergehende Sonne den Raum mit einem leuchtenden Karomuster. Gegenüber der grossen Türe zum Versammlungsraum führt eine Stufe nach oben zum Vorbereich des Kiosks. Eine Stützenreihe mit dazwischen liegenden Bänken bietet Platz zum Sitzen. Neben der Verkaufsöffnung des Kiosks führt eine Türe zum Computerraum. An der rechten Wand bietet eine Arbeitsfläche Platz für zwei Arbeitsstationen. Gegenüber der Türe sieht man durch ein grosses Fenster nach Draussen. Der Kiosk sowie ein Lager für Notvorräte für die Waisen sind über den Computerraum erschlossen. Die auf die Dachträger montierte Zwischendecke verringert die Raumhöhe in diesen Räumen und sorgt für eine dichtere Konstruktion. Im Versammlungsraum folgt die Zwischendecke dem Verlauf der Dachschräge, durch diese Geste erhält der Hauptraum die entsprechende Raumhöhe. Die Reihe der drei hochformatigen Fensteröffnungen im Versammlungsraum wird im selben Rhythmus durch eine vierte Öffnung im angrenzenden Büroraum ergänzt. Betrachtet man das Haus von aussen ist die innere Raumstruktur durch diese Komposition ein Stückweit überspielt. Die Dachtraufe ist mittig geknickt, nach aussen kippen die Ecken leicht nach unten. Das Kamin ragt leicht aus dem glänzenden Wellblechdach heraus, ein betonierter Kaminhut bildet den Abschluss.

Positionierung der beiden Gebäude: Rendering von Südosten. Links das realisierte Verwaltungsgebäude, rechts das Ökonomiegebäude. Von letzterem wurde erst das Fundament gebaut.



Zugang Zwischenraum: Rendering von Südwesten





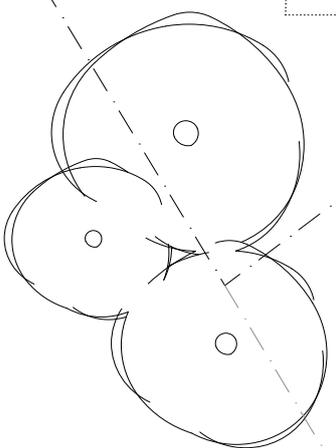
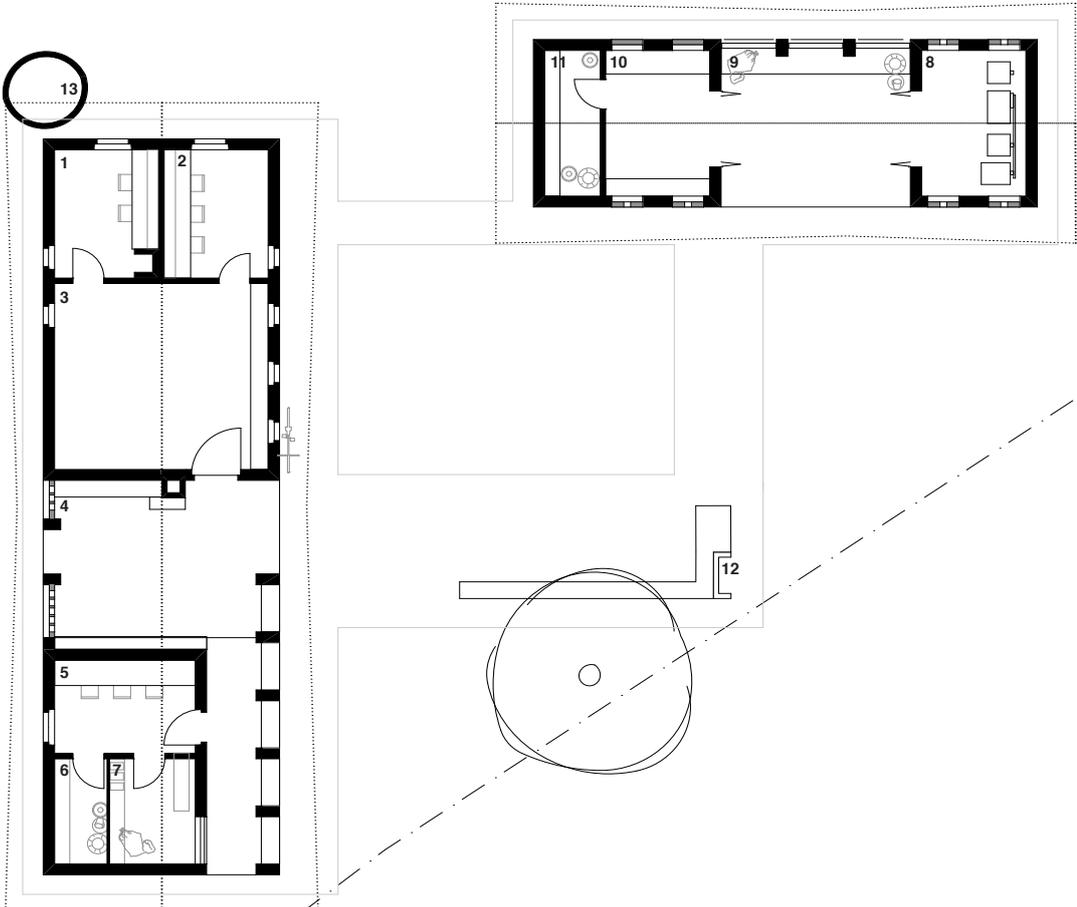
21,000



- 1 Verwaltungsgebäude
- 2 Ökonomiegebäude
- 3 Platz mit Brunnen
- 4 Abbaustelle Lehm N°4
- 5 Abbaustelle Lehm N°3
- 6 Abbaustelle Lehm N°2

Situationsplan, MST. 1:500

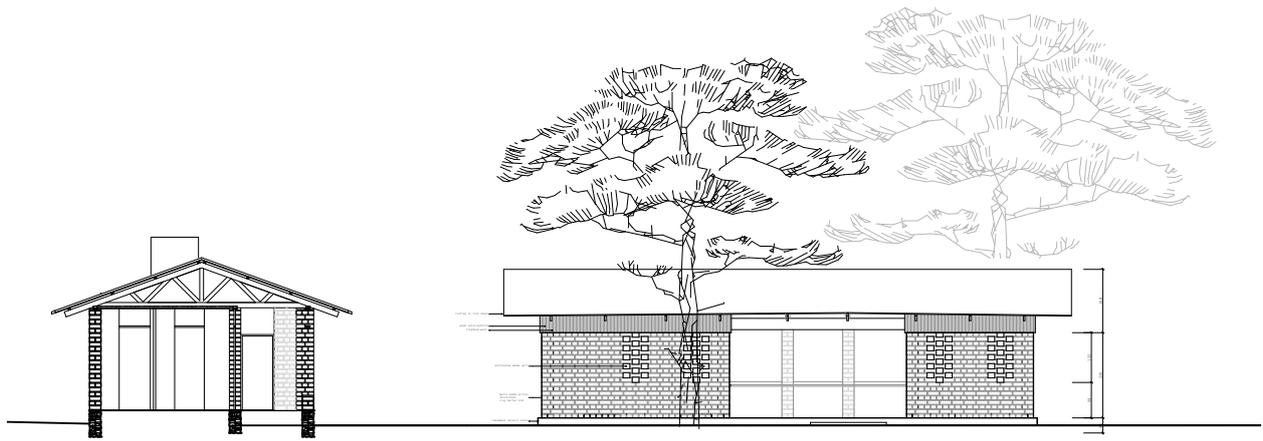




- 1 Büro WATA
- 2 Büro BFA + Waisen
- 3 Veranstaltungsraum
- 4 Zwischenraum mit Feuerstelle
- 5 Internetcafé
- 6 Lager
- 7 Kiosk
- 8 Maismühle
- 9 Umschlagplatz
- 10 Werkstatt
- 11 Lager Werkstatt
- 12 Brunnen
- 13 Regenwassertank



Grundriss, MST. 1:200



2.3. Ausführung

Das Konstruktionsprinzip und die Materialien wurden nach den Erkenntnissen der ersten Wahlfacharbeit ausgesucht und wenn nötig vor Ort angepasst oder optimiert⁵. Das Gebäude zeichnet sich durch die Verwendung einfacher Bautechniken in Kombination mit möglichst viel lokalen Baustoffen aus. Das Fundament sowie der Sockel sind mit Naturstein trocken gemauert. Etwaige Konstruktionsfehler wurden mit Zement im Nachhinein verstärkt. Ein Mörtelbett, mit eingelegter Plastikfolie gegen die aufsteigende Feuchtigkeit, dient als horizontaler Abschluss. Darauf ist ein Verbandmauerwerk aus Adobeziegel gestellt, die Fugen sind mit einem Lehm-Sandmörtel ausgefüllt. Die Beimischung von Sand ist nötig, damit der Mörtel beim Trocknen nicht schwindet und Risse in den Fugen entstehen. Der Lehm für die Adobe stammt von einer Lehmgrube in ca. 13km Entfernung der Baustelle. Der Lehm für den Mörtel wurde direkt neben dem Haus ausgegraben. Der Dachstuhl, sowie der Ringbeam sind aus sägerohem Kiefernholz gezimmert. Die Dachträger sind als einfache dreieckige Fachwerkträger konstruiert. Die Verbindungen sind genagelt, als zusätzlicher Schutz vor Wind und Sturm ist der Ringbeam mit dickem Draht nach unten in die Wand verankert. Die Fenster, Türen sowie Bankabdeckungen sind aus gehobelten Eucalyptusholz erstellt. Die Holzverbindungen sind gesteckt, überplattet und gedübelt. Nur im Ausnahmefall wurden Schrauben verwendet. Die Böden sind aus gestampften Lehm, selber gebrannten Platten oder mit Holzdielen ausgeführt.

Das ganze Projekt wurde von Hand oder mit einfachen Akkumaschinen errichtet. Einzige Ausnahme bilden die Holzteile wie Fenster, Türen und Bänke, diese wurden mit einer Kombinationsmaschine im Workshop des NGOs in Kilolo erstellt. Die Arbeiten wurden in einem vielseitigen Team erstellt. Drei lokale Handwerker bildeten das Rückgrat des Baustellentrupps. Dazu kamen die Schüler der Handwerkerschule von Kilolo. Sie lernen den Beruf eines Maurers oder Schreiners. Ein Ziel des Projektes war es, ihr Wissen und Können zu erweitern. Die Dorfbevölkerung half mit bei den quantitativ grossen Arbeiten, wie dem Aushub oder dem Sammeln der Steine. Vereinzelt unterstützten Mitarbeiter des RDO unser Team und natürlich haben wir tatkräftig mitgearbeitet. Die Anlieferung der Materialien wurde mit kleinen Lastwagen von einheimischen Transportfirmen oder vom NGO selber durchgeführt. Kleine Mengen haben wir jeweils mit unserem Pickup zur Baustelle geführt. Das für den Bau nötige Wasser wurde durch Frauen des Dorfes oder die Schüler der angrenzenden Schule zur Baustelle getragen. Da die Planung bei Beginn der Baustelle nicht abgeschlossen war und die Mitwirkung aller Beteiligten erwünscht war, diskutierten wir mögliche Lösungen vor Ort auf der Baustelle. Zusätzlich planteten und forschten wir an den Abenden und an den freien Sonntagen meist nach neuen Lösungen und Ideen für das Projekt.

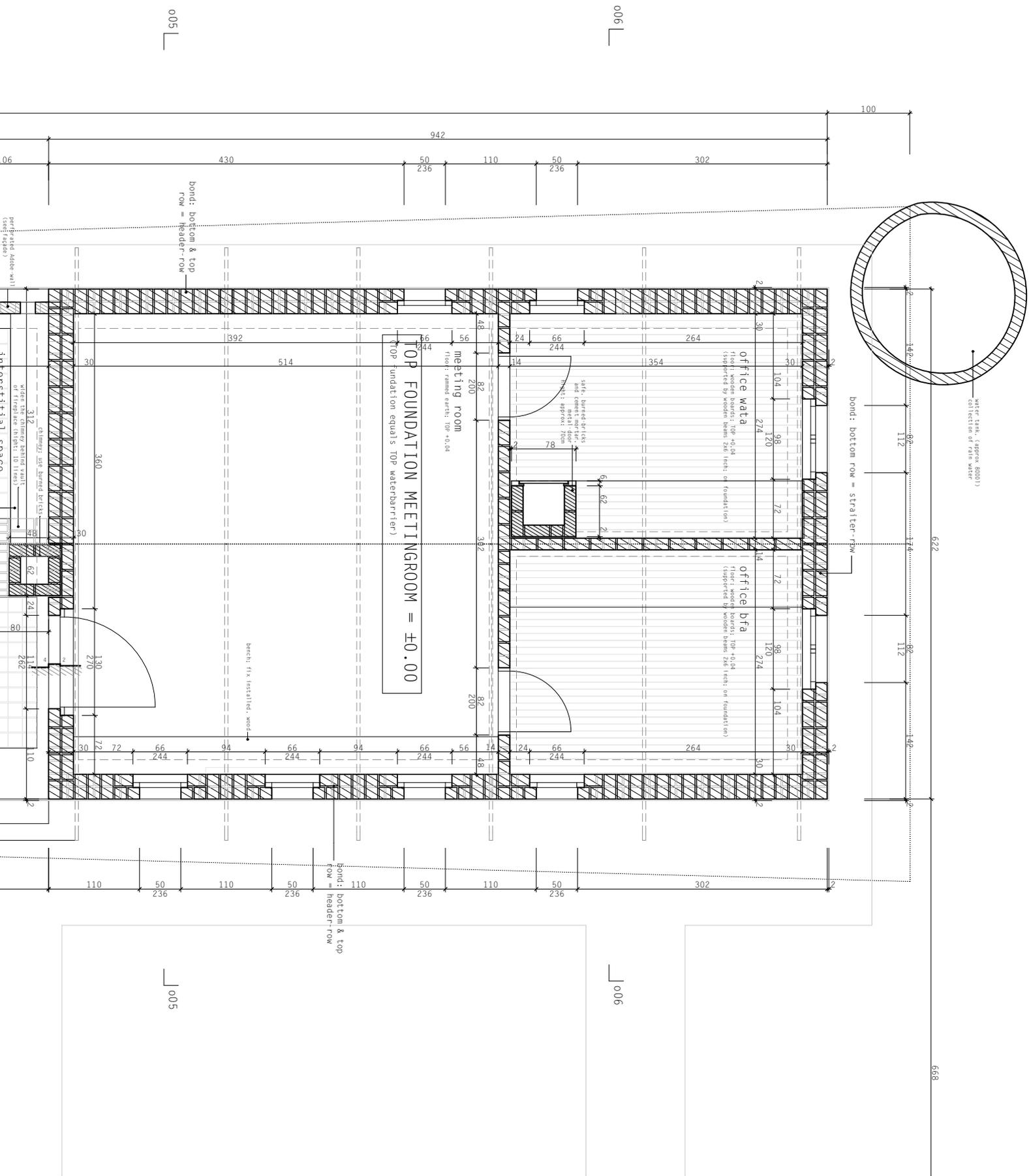
⁵ vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele" FS16, Kap. 1.1 Grundidee S.10

Fundamentarbeiten: Trockenmauer als Fundament des Ökonomiegebäudes



Maurerarbeiten: Die Handwerksschüler mauern die Stützen aus Adobe und Lehmörtel entlang des Zwischenraumes.





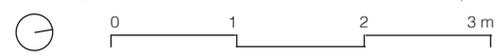
005

006

005

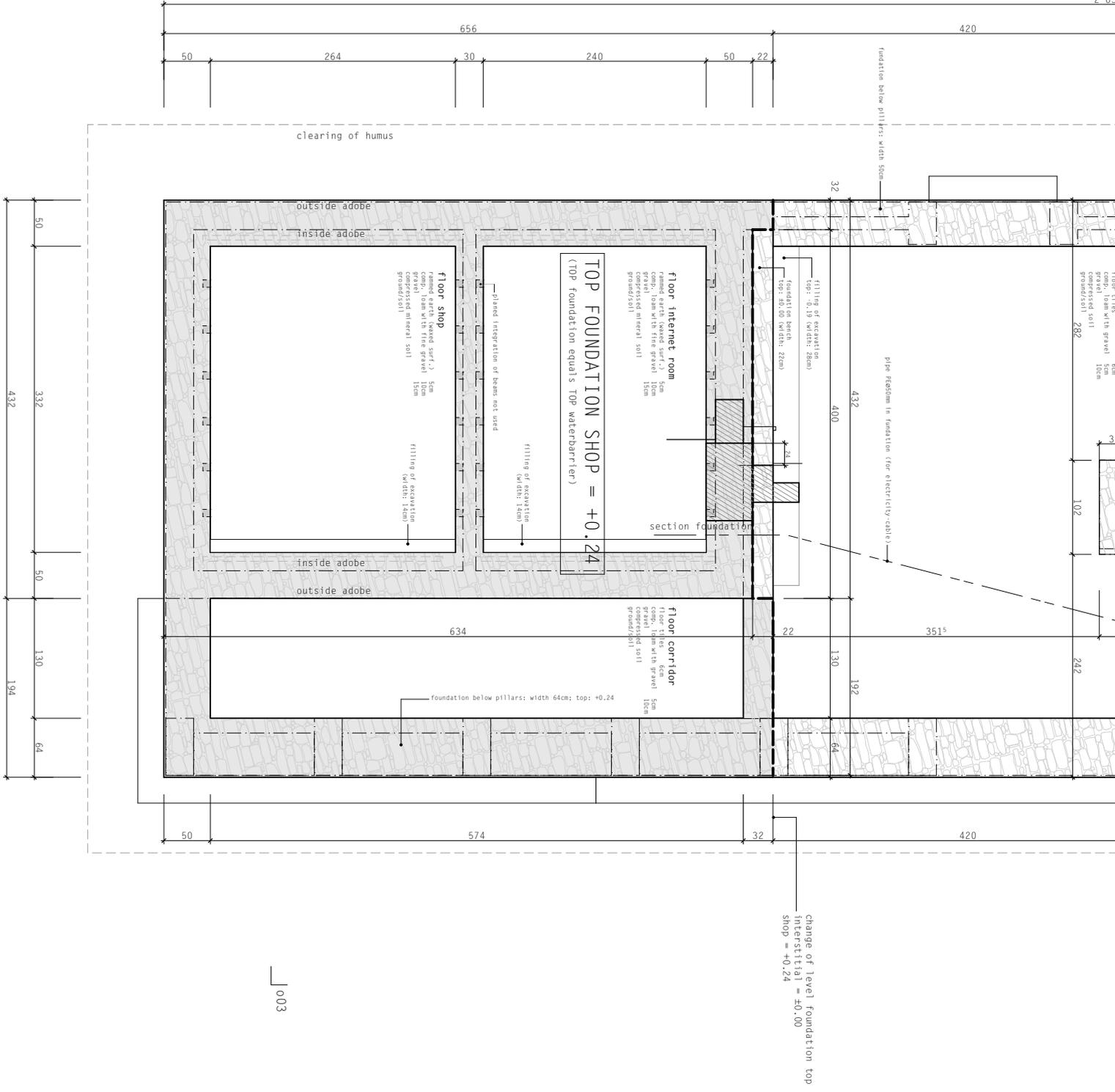
006

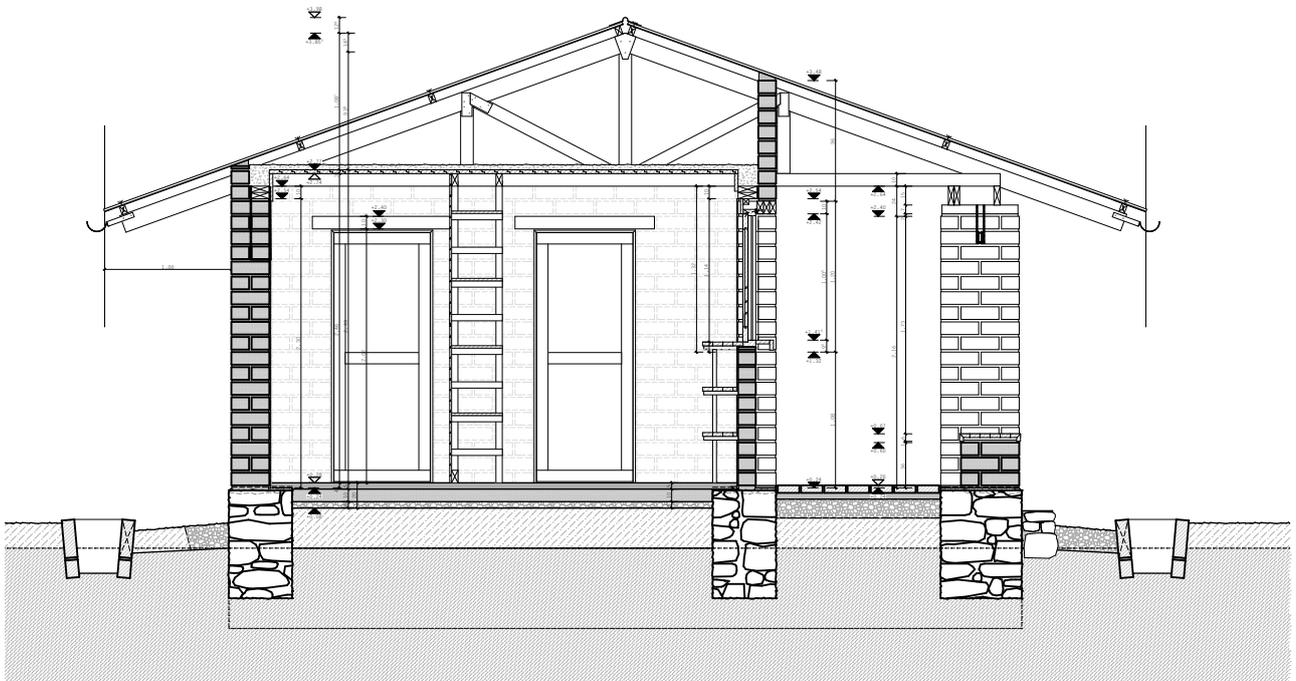
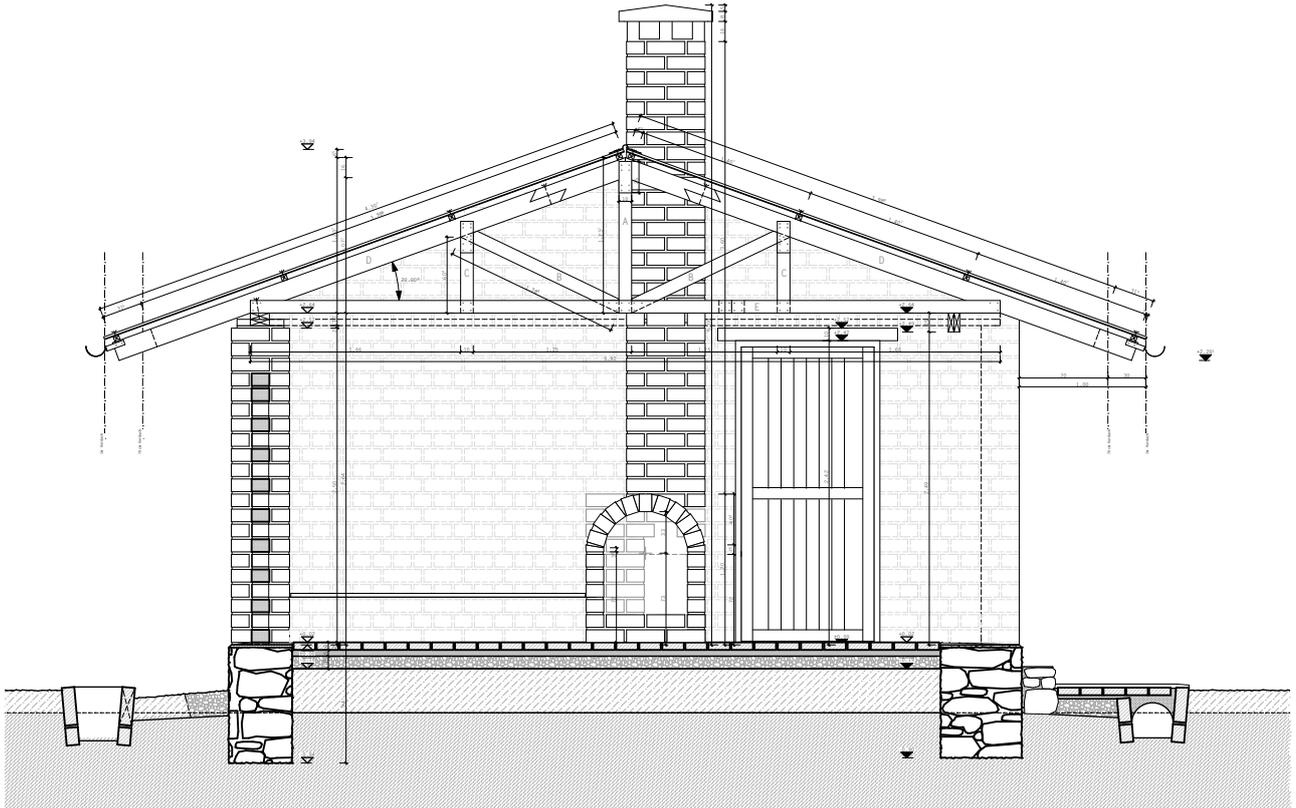
Grundriss MST. 1:60

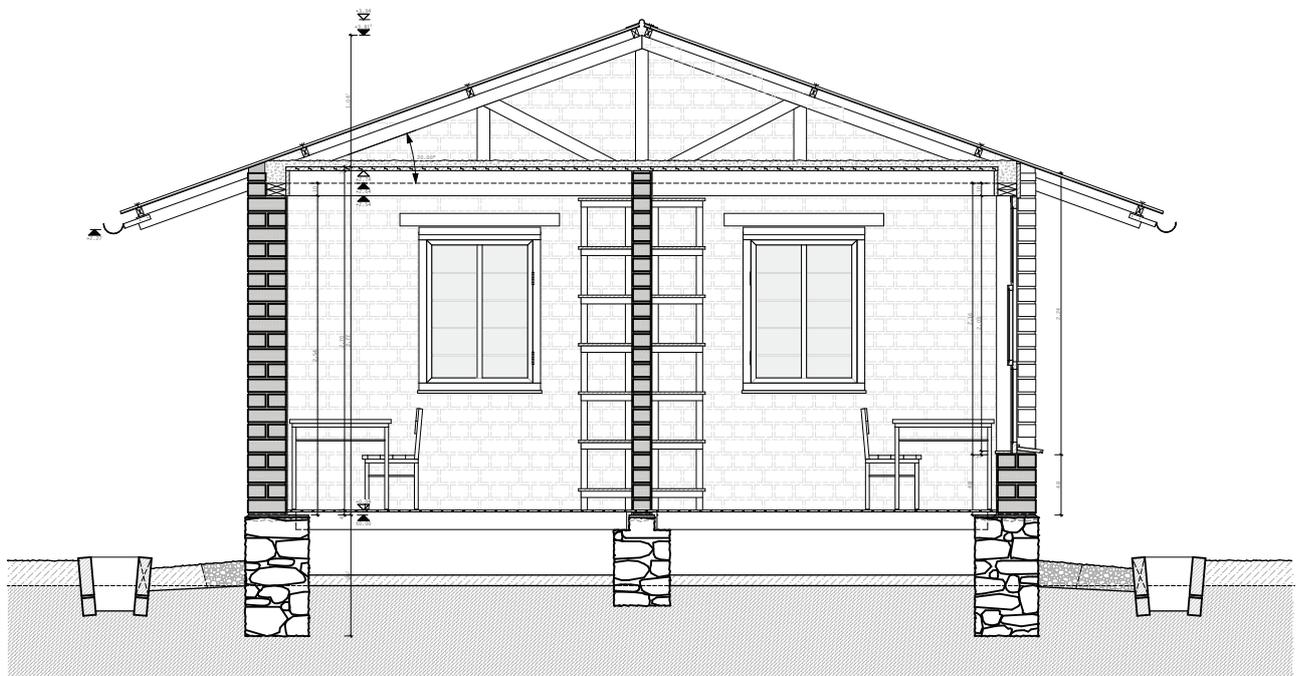
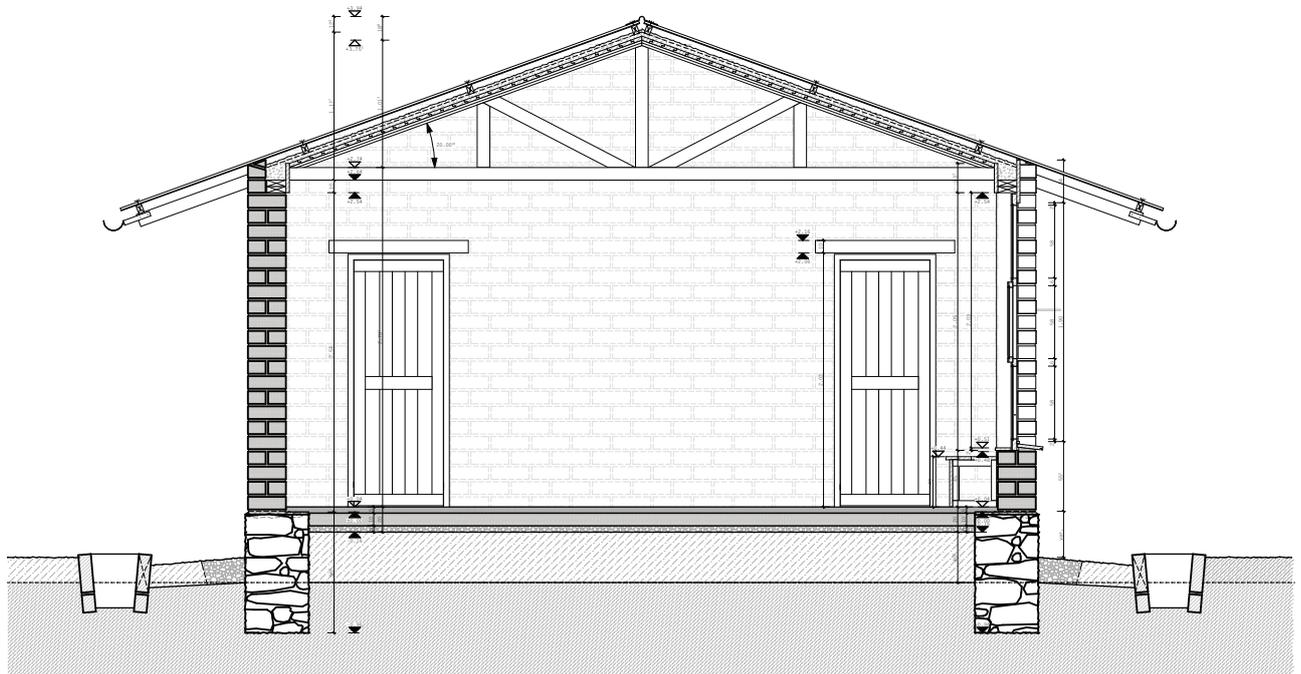


004

003



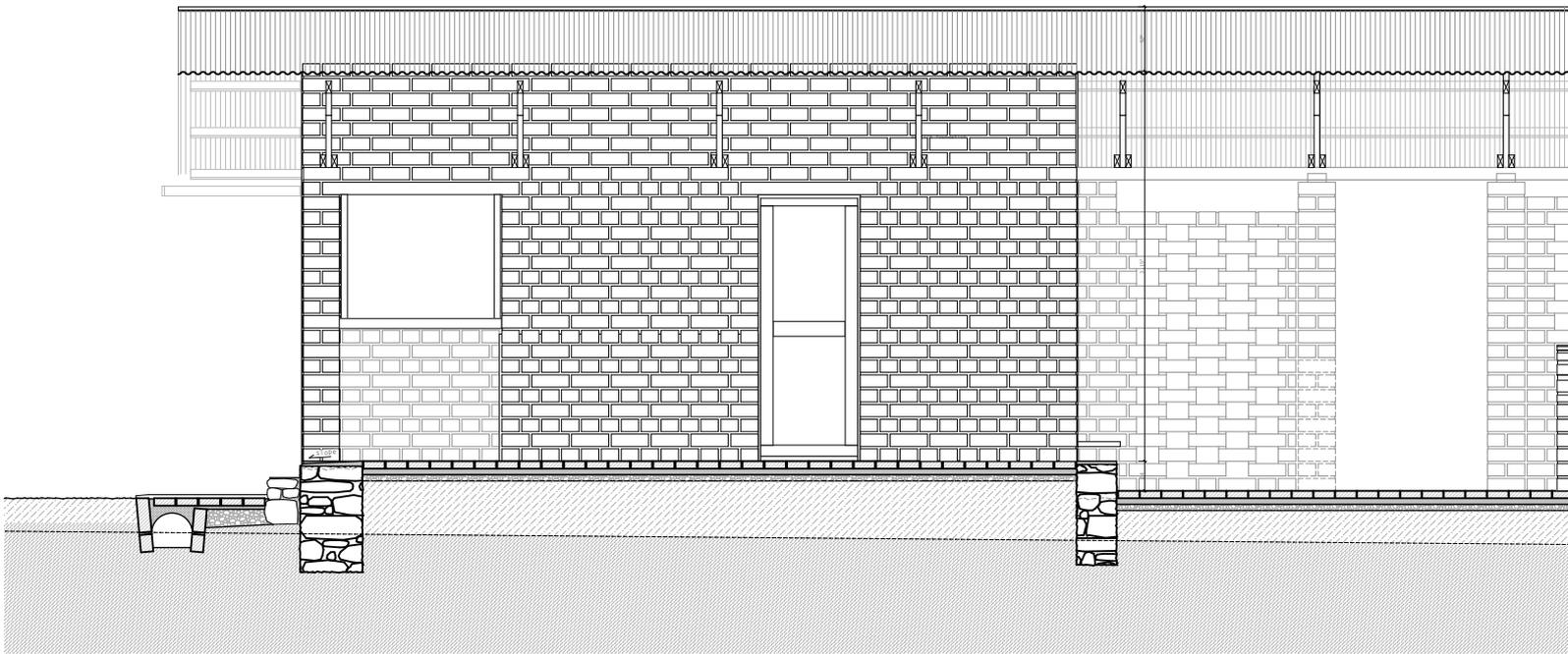
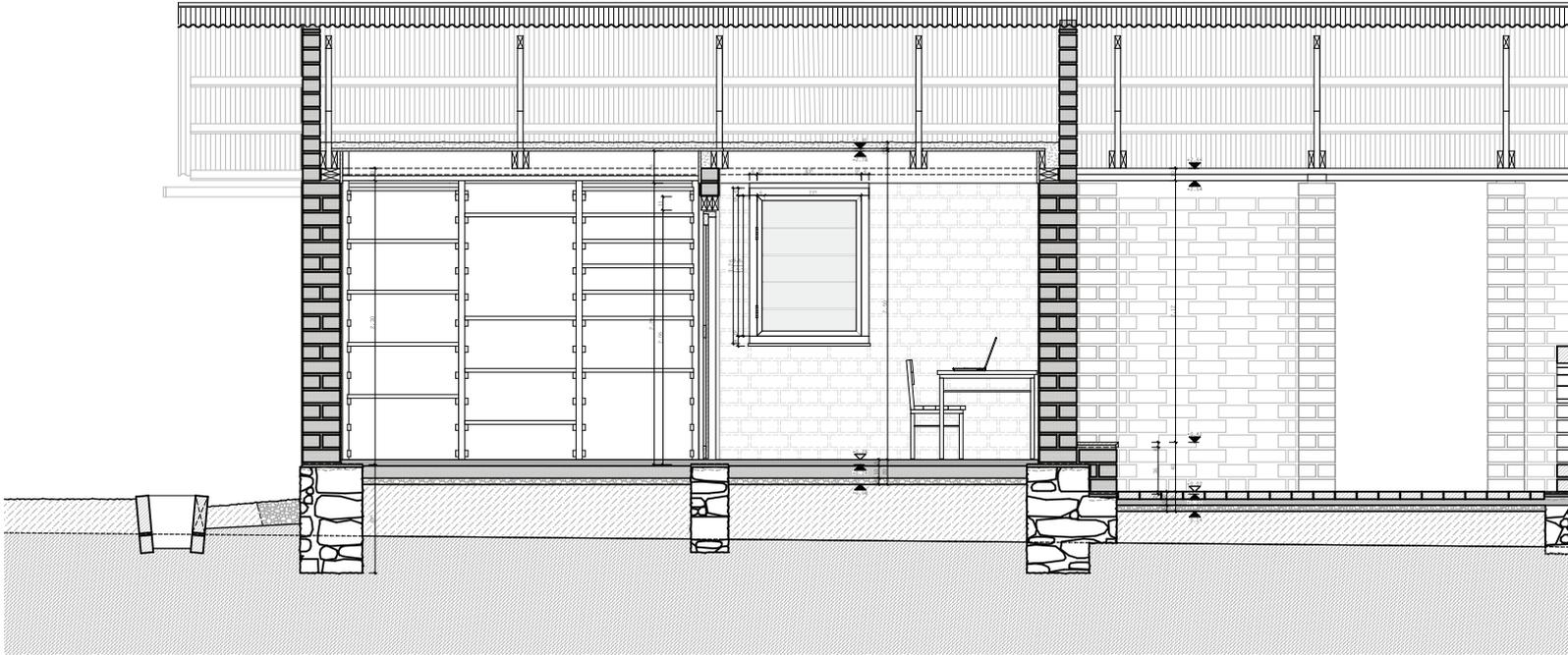


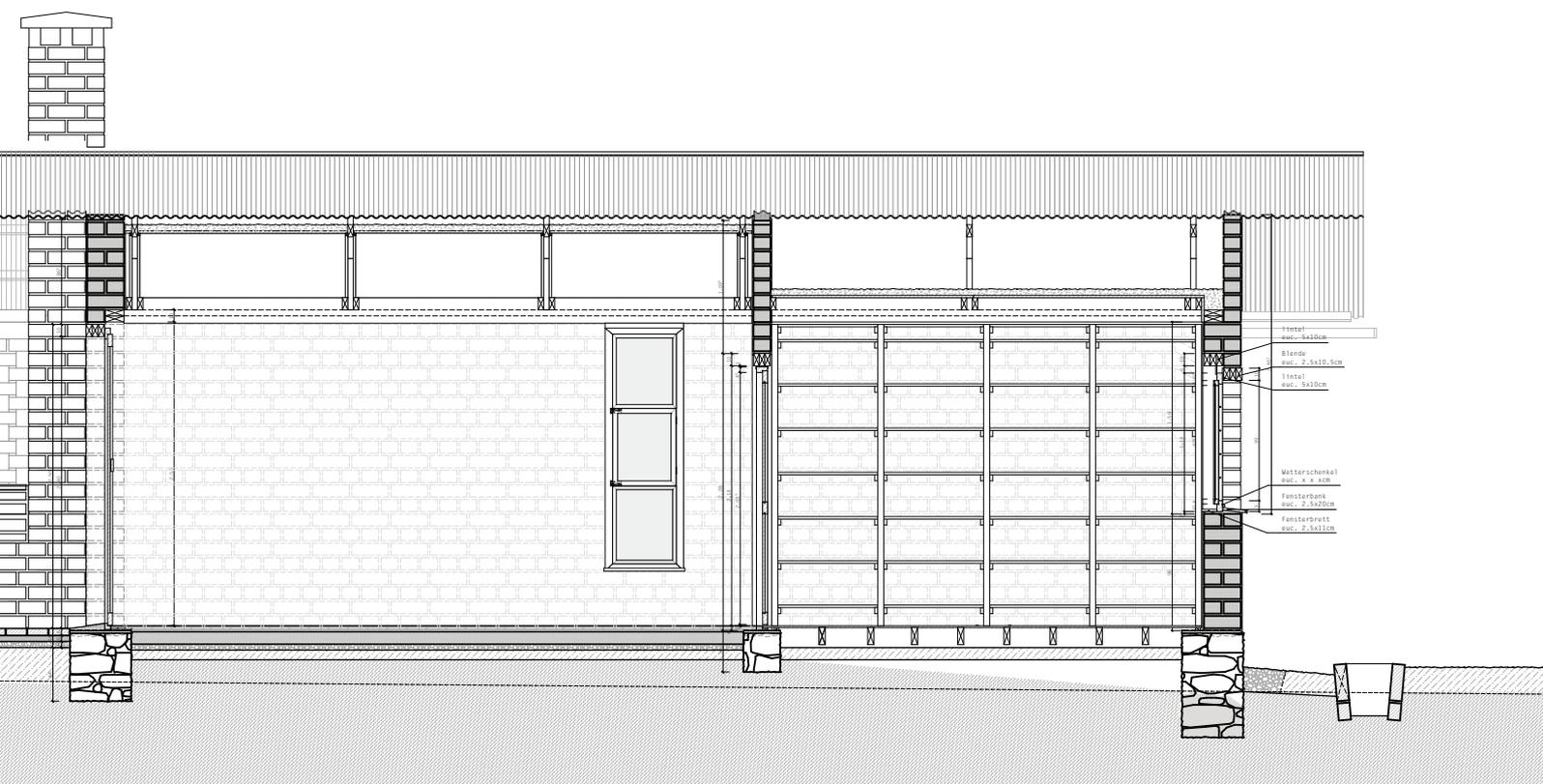
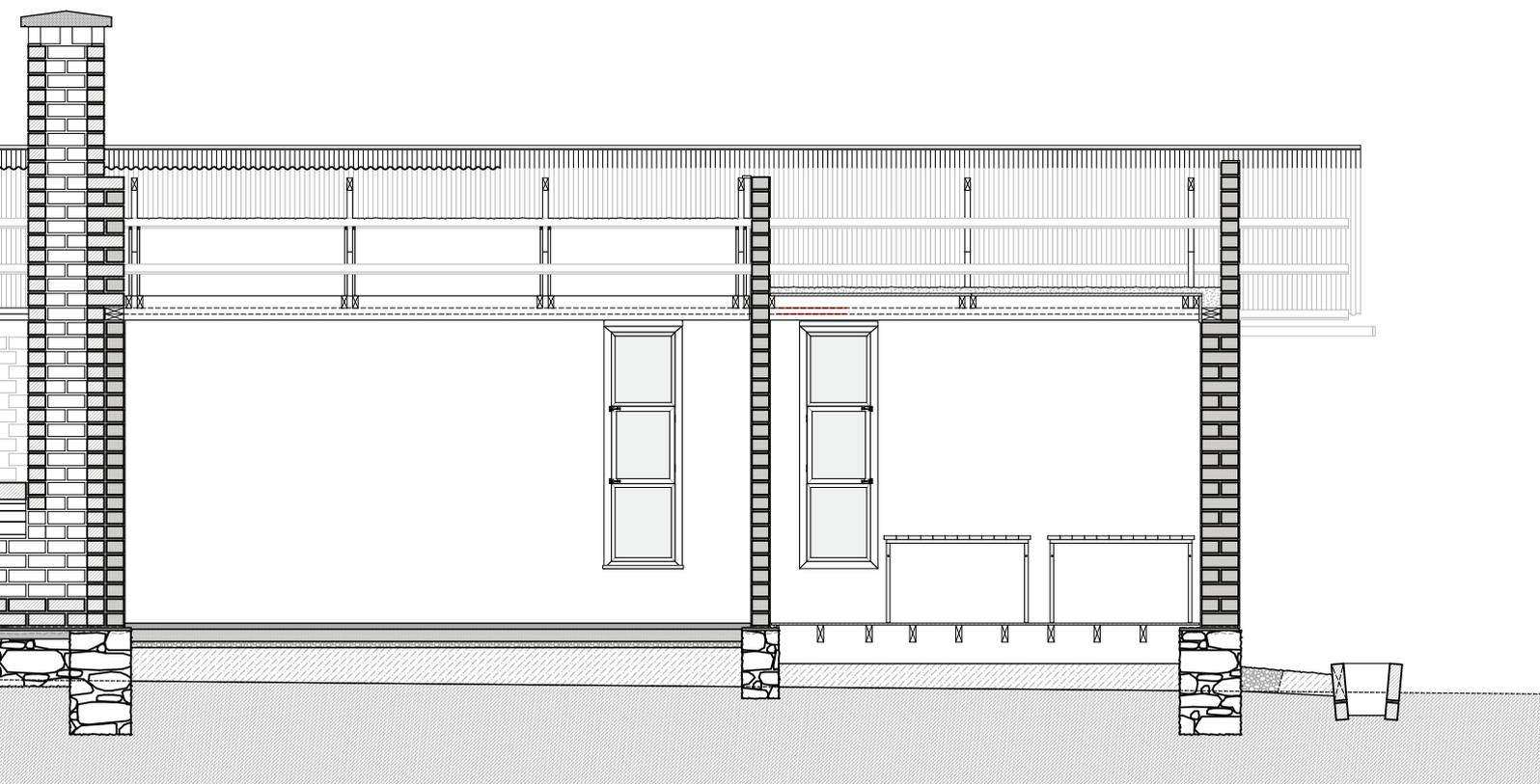


Querschnitte MST 1:60

- oben links: o04_Zwischenraum
- oben rechts: o05_Veranstaltungsraum
- unten links: o03_Kiosk & Veranda
- unten rechts: o06_Büros



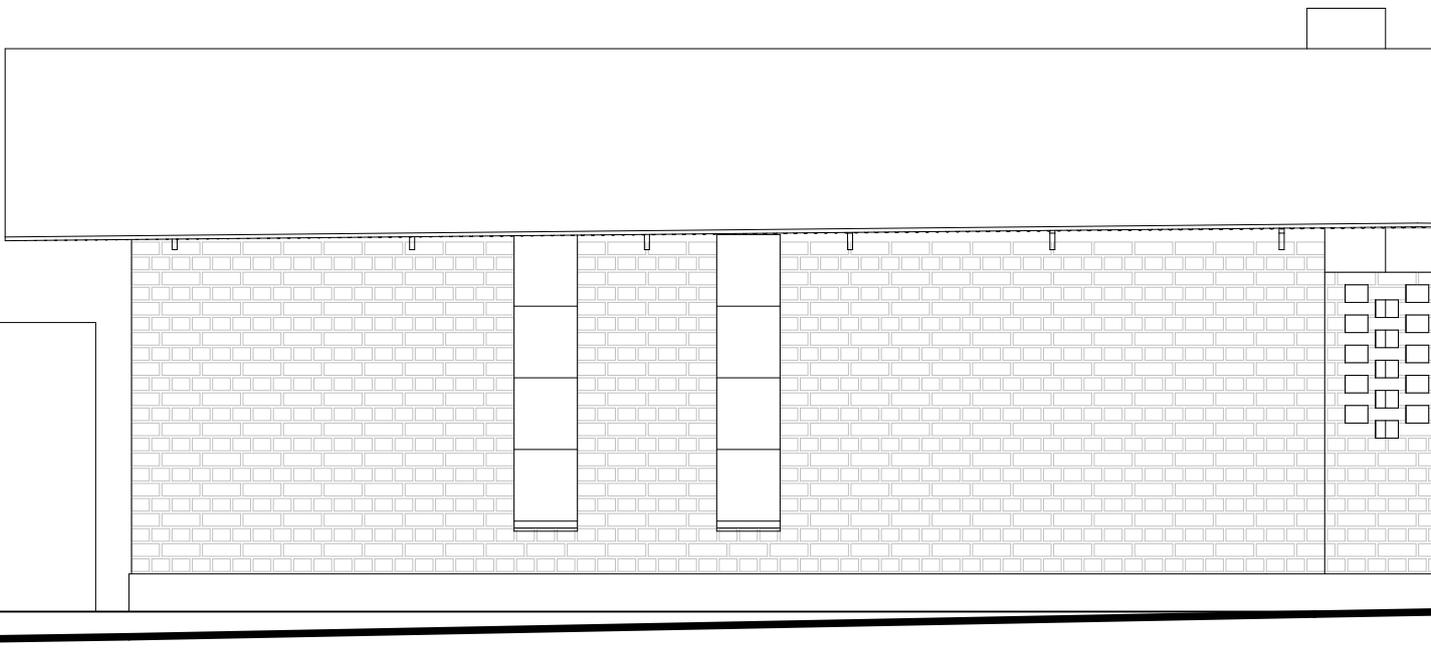
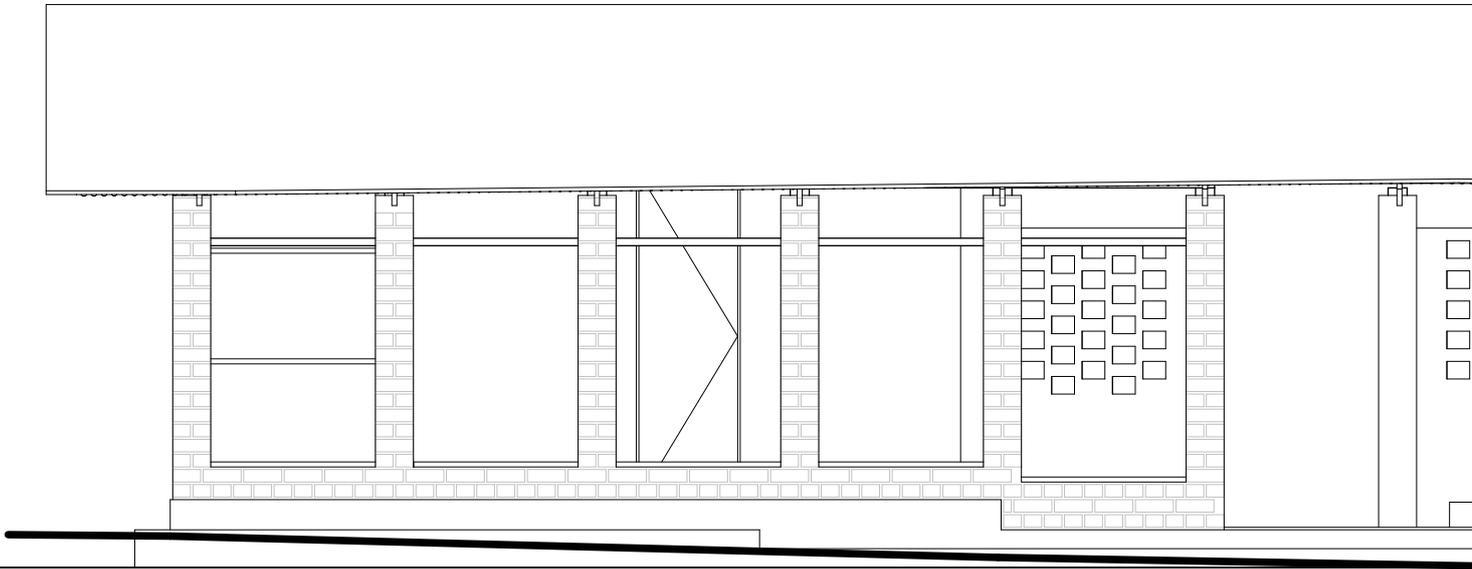


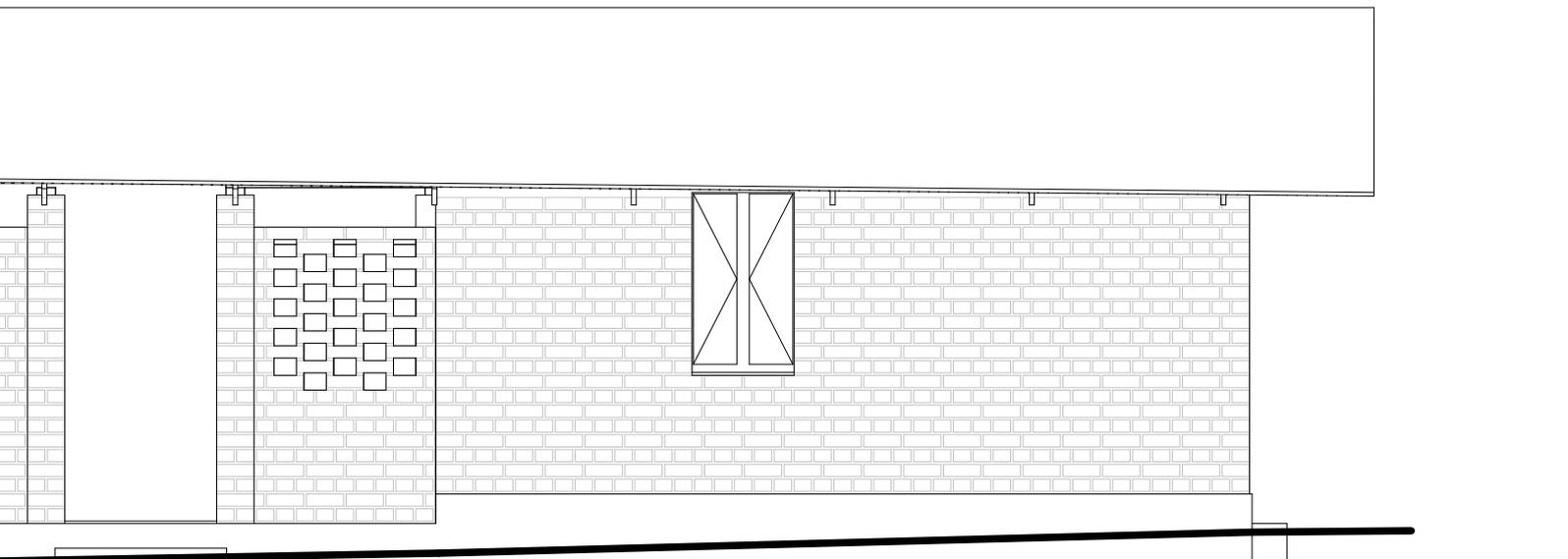
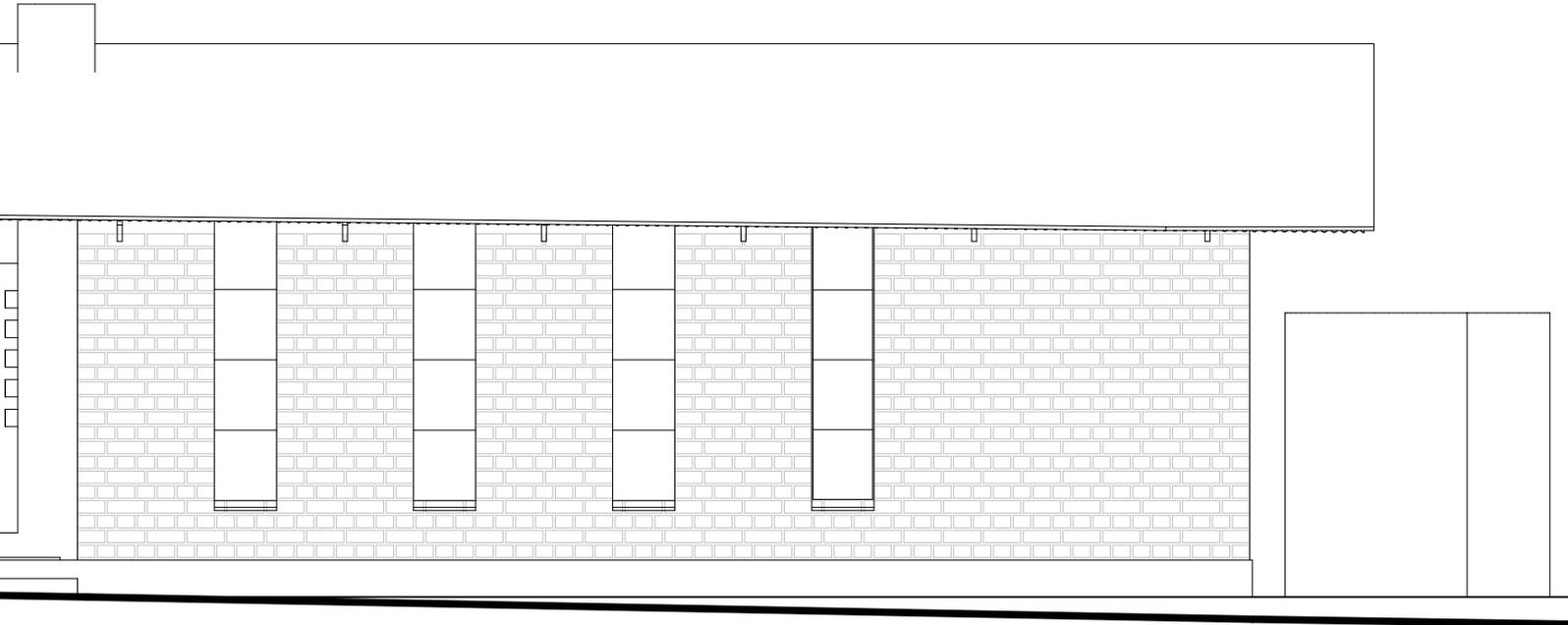


Längsschnitte, MST. 1:60

oben: o01_Innenräume
 unten: o02_Veranda





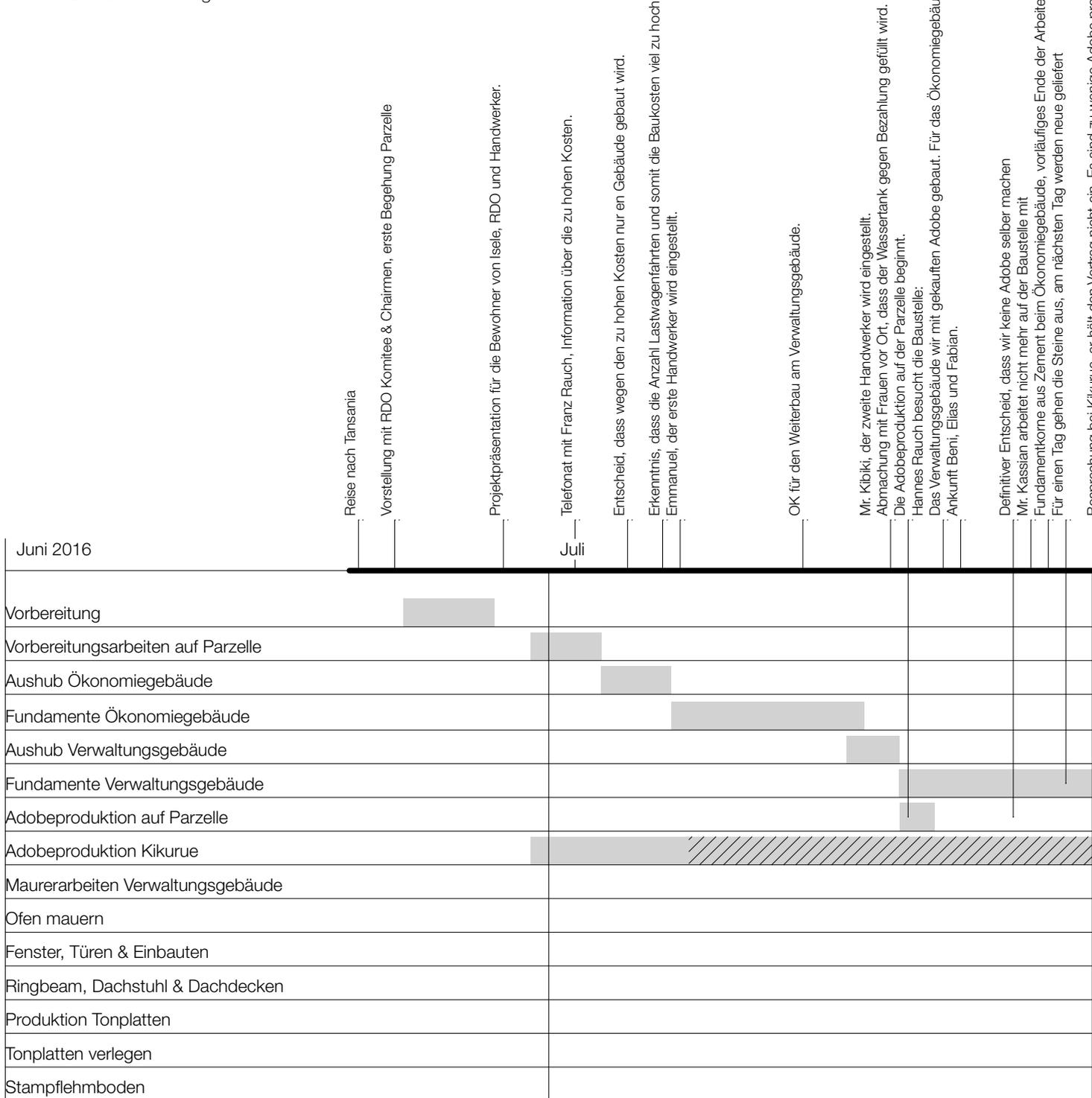


Fassaden, MST. 1:60
oben: Ostfassade
unten: Westfassade

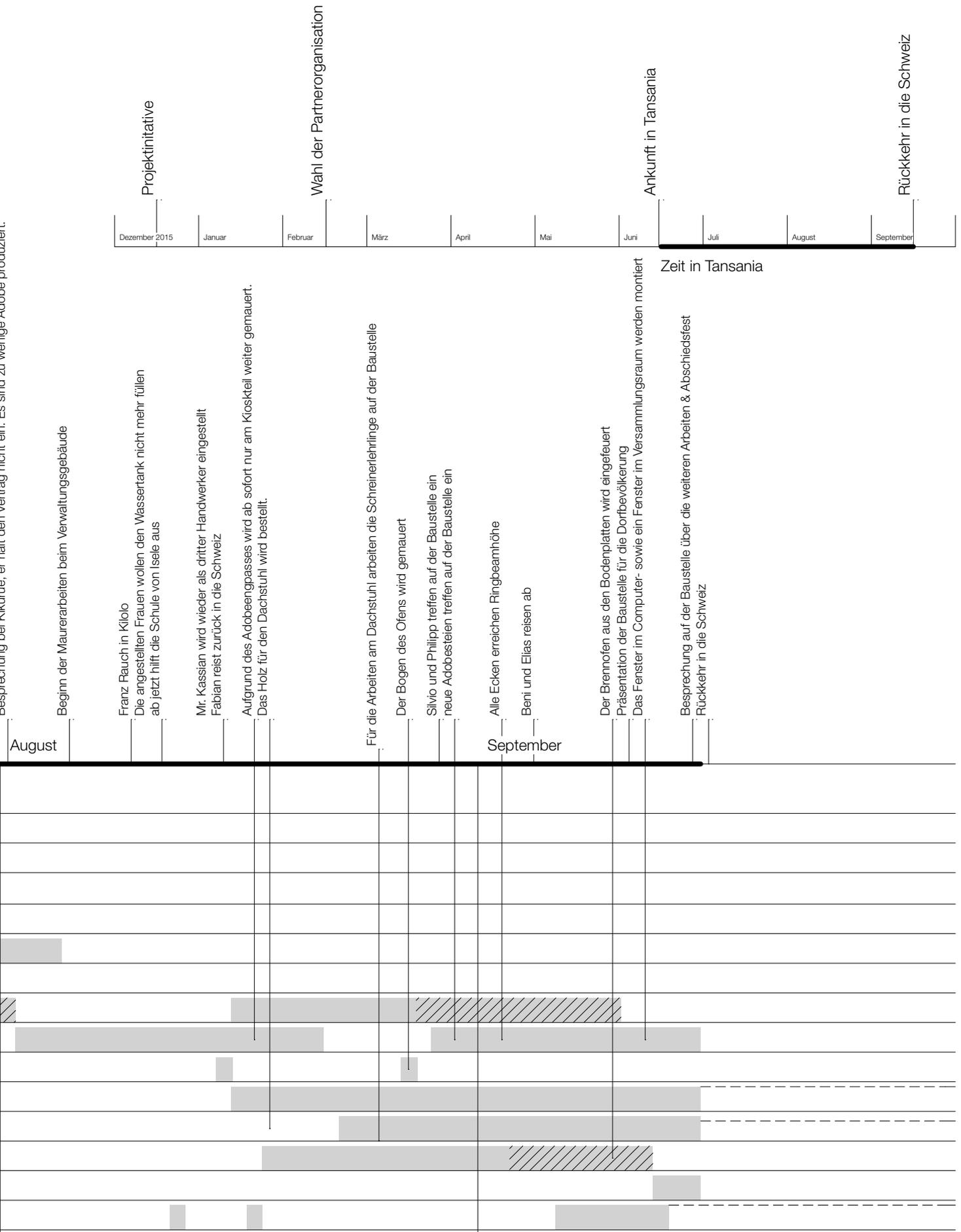
0 1 2 3 m

2.4. Zeitlicher Ablauf

Als Gesamtüberblick über den zeitlichen Ablauf des Projekts dient ein Zeitstrahl mit den wichtigsten Ereignissen. Das darunterliegende Balkendiagramm zeigt welche Arbeiten zu jeweiligen Zeit ausgeführt wurden, die wichtigsten Entscheidungen und Vorkommnisse sind als Ereignisse eingetragen. Das Tansania Projekt beginnt im Dezember 2015 mit dem ersten Treffen des Teams. Unsere Zeit in Tansania startete am 20.06.2016 und endete am 14.09.2016, wobei nur zwei Teammitglieder während des gesamten Zeitraums anwesend waren. Das Ende des Projektes ist bis heute nicht ganz klar. Beim Verwaltungsbau müssen einige kleine Arbeiten abgeschlossen werden und wegen der Regenzeit kann am Ökonomiegebäude erst in der folgenden Trockenzeit 2017 weiter gearbeitet werden.



Besprechung der Kikurde, er hat den Vertrag nicht ein. Es sind zu wenige Adobe produziert.





3. BAUTECHNIK

Das Kapitel "Bautechnik" fokussiert auf die Wand aus Adobe-Ziegel. Da in Entwicklungsländern die Leute beim Bau von Behausungen auf die Verwendung lokaler Materialien sowie auf Eigenkonstruktionen angewiesen sind⁶, zielt das Entwurfskonzept auf die Verwendung frei verfügbarer Ressourcen sowie auf technisch einfach nachahmbare Konstruktionen ab. Nun soll der Frage nachgegangen werden, wie die konzeptionellen Überlegungen technisch umgesetzt werden können.

Einleitend wird Wissen zum Material Lehm erarbeitet. Der Baustoff soll bezüglich seines Potentials und seinen Schwächen kennengelernt und verstanden werden. Die Recherche stützt sich zunächst auf Fachliteratur und wird weiter mit einfachen praktischen Tests vertieft. Das erarbeitete Verständnis zu den Materialeigenschaften dient als unverzichtbare Grundlage für die nachfolgenden Themenbereiche.

Im zweiten Teil wird die Adobe-Technik - ungebrannte Lehmziegel (teilweise auch Lehmsteine genannt) - untersucht. Neben generellen Einblicken in die Bautechnik stehen die Herstellung der Ziegel sowie die Testverfahren derselben im Mittelpunkt. Die verbauten Elemente werden auf ihre Tauglichkeit geprüft und die erarbeiteten Resultate interpretiert. Dabei wird diskutiert, mit welchen Modifikationen die technischen Eigenschaften sowie die Herstellung der Bauteile weiter optimiert werden könnte. Ferner wird geprüft, in wie fern die Feldtests mit den effektiven Werten korrespondieren und ob sich die Ziegel mit industriell hergestellten Produkten vergleichen lassen. Quellen der Fachliteratur werden für diesen Teil ebenso verwendet wie Normenwerke und praktische Versuche im Feld und im Labor.

Abschliessend wird der effektive Bau einer Wand thematisiert. Insbesondere dem Mörtel gilt das Interesse, da dieser die Ziegel zu einer Wand ergänzt. Wiederum bilden theoretische Grundlagen der Literatur die Basis für die Vertiefung mittels Feldversuchen und der abschliessenden Anwendung am Bau selbst.

Das Kapitel bildet den Schwerpunkt zu technischen Fragestellungen innerhalb der gesamten Arbeit. Demnach soll es Antworten zu den Eingangs aufgeworfenen Thesen finden, dass "Kenntnisse zu Baumaterial und Konstruktion günstiges Bauen in hoher Qualität ermöglichen" und dass "von Hand produzierte Lehmziegel ebenso für das Bauen geeignet sind, wie industriell hergestellte Produkte."

⁶ vgl. Minke, 2006, S.11

links - Adobetrocknung: Die Rohlinge werden an der Sonne getrocknet.

3.1. Baumaterial Lehm

Die Verwendung von Lehm als Baumaterial feiert derzeit eine Renaissance im architektonischen Diskurs. Dies manifestiert sich einerseits durch Engagements von Hochschulen sowie Auseinandersetzungen renommierter Architekten mit dem Material. Beispielsweise wurde im Rahmen des Wahlfaches "Materialwerkstatt" des Lehrstuhls von Prof. Annette Spiro an der ETH ein Gewölbe aus Stampflehm hergestellt⁷ und Herzog und de Meuron griffen für die Fassade des Ricola Kräuterkenters in Laufen (Abb.02) auf eben diese Technik zurück.

Während Lehm als Baustoff in den Industrieländern heute lediglich eine Aussenrolle im Rahmen energie- und ressourcenbewusster Projekte inne hat, spielt er in Entwicklungsländern eine signifikante Rolle. "Heute noch wohnt über ein Drittel der Menschheit in Häusern, die ganz oder teilweise mit Lehm gebaut sind."⁸ Zurückzuführen ist dies vermutlich auf das Vorkommen der Ressource Lehm in den meisten Gegenden der Welt sowie deren freie Verfügbarkeit. Es ist anzunehmen, dass gerade deswegen, sowie aufgrund des einfachen Selbstbaus, Lehmbautechniken eine lange Tradition aufweisen.

"Lehmbautechniken sind seit mehr als 9000 Jahren bekannt: Im russischen Turkestan wurden rechteckige Lehmsteinhäuser aus der Periode von 8000-6000 v.Chr. entdeckt, in Assyrien sind Stampflehmfundamente aus der Zeit um 5000 v.Chr. nachgewiesen. Lehm wurde in allen alten Kulturen als Baustoff nicht nur für Wohnbauten, sondern auch für Befestigungsanlagen und Kultbauten verwendet. So war beispielsweise die vor ca. 4000 Jahren errichtete Chinesische Mauer ursprünglich fast ausschließlich aus Stampflehm gebaut, erst später wurde sie durch das Verblenden mit Natursteinen und Ziegelsteinen zur 'steinernen Mauer'.⁹ Ein weiteres Exempel ist der Totentempel Ramses des Zweiten bei Gournah in Ägypten (Abb.03), dessen Gewölbe vor etwa 3200 Jahren aus ungebrannten Lehmziegel gebaut wurden.

Auch in Europa kann die Verwendung von Lehm als Baustoff seit vielen tausend Jahren nachgewiesen werden. So ist beispielsweise belegt, dass Lehm als Füllmaterial von Palisaden und Flechtwerkwänden üblich war und dass im 6. Jahrhundert v.Chr. bei den Befestigungsmauern der Heuneburg im deutschen Kreis Sigmaringen Lehmziegel vermauert wurden.¹⁰ Aus dem 9. oder 10. Jahrhundert n.Chr. soll ein kleines Steinfundamenthaus mit Lehmstampfwänden in Weimar stammen. Allerdings ist nicht nachweisbar, ob es sich hier um einen echten Stampflehmbau oder um einen "Wellerbau" handelt. (Der Wellerbau ist eine dem Stampflehmbau ähnliche Massivbauweise aus Strohlehm, bei der die Mauern jedoch ohne Schalung errichtet werden)⁹ Der Stampflehmbau erhielt durch die 1791 erschienenen Schriften Cointeraux, in der die um Lyon seit Jahrhunderten bekannte Stampflehmtechnik ("terre pisé") beschrieben wurde, am Ende des 18. Jh. in Deutschland wichtige Impulse.¹⁰ In der Schweiz wurden ebenfalls Konstruktionen von Fachwerkbauten und massiven, tragenden Wänden im Mittelalter wie auch zur Zeit der Industrialisierung eingesetzt.¹¹

In unseren Breiten ist die Nutzung der Ressource Lehm zwischenzeitlich nahezu in Vergessenheit geraten und das Wissen zum Baumaterial aufgrund rarer Aufzeichnungen fast verloren gegangen. Die Industrialisierung verdrängte durch die Kostenreduktion für Baumaterial und Transport und dem gleichzeitigen Anstieg der Kosten für die Arbeitskräfte die zuvor weit verbreitete, arbeitsaufwändige Bauweise.¹² Nur in Notzeiten wurde darauf zurückgegriffen. "Nach dem ersten und dem zweiten Weltkrieg, als Baumaterial und Baugeld knapp waren, griff man wieder auf Lehm als Baustoff zurück, und öffentliche Lehmgruben, die im letzten Jahrhundert in den meisten Gemeinden vorhanden waren, wurden wieder benutzt. In den Jahren 1919 bis 1922 entstanden in Deutschland nicht nur mehrere tausend Lehmhäuser, sondern auch eine ganze Reihe von "Lehmhaus-Siedlungen" ... Diese Nachkriegsbauten mit ihrem "ärmlichen" Charakter waren nicht gerade vorteilhaft für das Image und die Verbreitung des Baustoffs Lehm.

1950 gab es siebzehn anerkannte Lehmprüfstellen in der Bundesrepublik. Nach 1950 wurde dort jedoch fast dreißig Jahre lang kein Lehmhaus mehr errichtet. Die DIN 18951 vom Januar 1951, die bereits als „Lehmbauordnung“ seit 1944 in

7 vgl. Kapfinger et al., 2015, S.123

8 aus: Boltshauser et al., 2011, S.63

9 aus: Minke, 2012, S.8ff.

10 vgl. Minke, 2012, S.8ff.

11 vgl. SIA [Hrsg.], 1994, S.3

12 vgl. Kapfinger et al., 2015, S.122

Abb.02 Renaissance des Lehmbaus: Die Fassade des Kräuterzentrums von Ricola in Laufen wurde aus vorfabrizierten Stampflehmelementen hergestellt. Für den Entwurf zeichnet sich das Basler Architekturbüro Herzog & de Meuron, für die Lehmfassade Martin Rauchs Firma 'Lehm Ton Erde Baukunst GmbH' verantwortlich. Das Gebäude wurde nach 16 monatiger Bauzeit 2014 in Betrieb genommen.



Abb.03 Zeugen der Bautechnik: Die Gewölbe des Totentempel Ramses des Zweiten bei Gourna in Oberägypten wurden ca. 1200 v.Chr. aus ungebrannten Lehmsteinen gebaut.



Kraft war, wurde 1971 ohne Ersatz zurückgezogen, ebenso die übrigen Normen und Vornormen, die sich mit Lehm und dessen Verarbeitung befassten.

Während im 18. und im 19. Jahrhundert der Lehm in Deutschland vor allem propagiert wurde, um den weiteren Raubbau an den Wäldern zu verringern, wurde er nach dem ersten Weltkrieg gefördert, um den Verbrauch des Energieträgers Kohle zu reduzieren.¹³ Auch berühmte Architekten wie Le Corbusier, Albert Speer oder Frank Lloyd Wright beschäftigten sich in diesem Zusammenhang mit Lehmbautechniken (Abb.05).¹⁴ "Nach dem zweiten Weltkrieg sah man im Lehm vor allem eine Lösung, Baumaterial und Baukosten zu sparen."¹³ Ferner suchten die unabhängig werdenden europäischen Kolonien nach kultureller Identität. Dabei kann der ägyptische Architekt Hassan Fathy als Exempel herangezogen werden. Er wandte sich gegen die Übernahme westlicher Modelle und propagierte anstelle die Wiederverwendung traditioneller Lehmbaumweisen.¹⁴

"Seit etwa 1980 gibt es auf Grund des erwachten ökologischen Bewusstseins in Deutschland einen neuen Auftrieb für den Lehm: nun als Möglichkeit, die Umweltverschmutzung beim Bauen zu verringern und ein gesundes Wohnklima in Gebäuden zu schaffen."¹³ Für diese Aspekte dienen alte, gebaute Beispiele häufig als Vorbild. So gilt die von der UNESCO als Weltkulturerbe geführte Stadt Shibam (Abb.05) in der Wüste Südjemens als Modell einer ökologischen Stadt. Die teilweise aus dem 15. Jahrhundert stammenden Gebäude sind meist achtstöckig und knapp 30 Meter hoch. Wegen der eindrucksvollen Gebäudehöhe wird Shibam als die älteste "Hochhausstadt der Welt" oder als "Manhattan der Wüste" bezeichnet. Die rund 500 Gebäude sind vorwiegend aus Lehmziegel konstruiert, was einerseits auf die knappen Ressourcen, andererseits auch auf klimatische, kulturelle und ökonomische Rahmenbedingungen reagiert.¹⁵

Lehmnormen in Afrika

"Afrika ist der Kontinent, in dem Lehmbaustoffe heute noch am umfassendsten im täglichen Gebrauch sind. Technische Regeln zur Qualität von Lehmbaustoffen und deren Verarbeitung sind in verschiedenen Ländern noch aus der Kolonialzeit vorhanden, z.B. in Form von »Technical Notes«. Die Definition von aktuellen Qualitätsstandards zum Lehm und ihre Verankerung in gesetzlichen Grundlagen ist deshalb dringend geboten.

Mit dem Zusammenwachsen des afrikanischen Kontinents zur »Afrikanischen Union« gewinnt auch die Erarbeitung nationaler und harmonisierter afrikanischer Baustandards immer mehr an Bedeutung.

In diese Richtung zielt ein Projekt der Organisation CRATerre, die in Zusammenarbeit mit der African Regional Organization for Standardization ARSO mit Unterstützung weiterer europäischer Fördergeber im Rahmen der AKP-Entwicklungszusammenarbeit eine Reihe von Standards für die Herstellung, Verarbeitung und Prüfung von gepressten Lehmsteinen erarbeitete. Diese Standards sind im Jahre 1996 durch die ARSO als African Regional Standards ARS bestätigt und genehmigt worden. Textentwürfe wurden vorher von einer internationalen Arbeitsgruppe von Fachleuten aus acht Ländern erarbeitet und auf einem AKP-EU -Seminar beraten und beschlossen. Die Umsetzung in nationale Baugesetze dauert an. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang der Zimbabwe Standard Code of Practice for Rammed Earth Structures (SAZS 724:2001) für Konstruktionen aus Stampflehmbau.

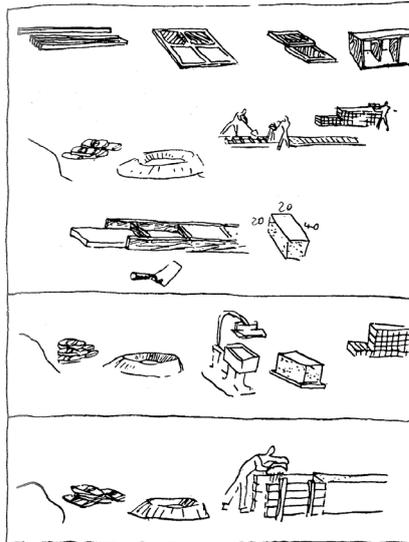
Im Jahre 2006 trat in Nigeria ein neues nationales Baugesetz – der National Building Code NBC – in Kraft. Der NBC besteht aus 4 Teilen und enthält im Teil 2 einen Abschnitt 10.23 mit Regelungen zum Lehm. Dabei werden Baukonstruktionen aus luftgetrockneten Lehmsteinen (Adobes), Stampflehmbau und zementstabilisierten Lehmsteinen berücksichtigt.¹⁶

13 aus: Minke, 2012, S.8ff.

14 vgl. Dethier, 1982, S. 148ff

15 vgl. Fontaine; Anger; Doat, 2009, S.17 & Minke, 2012, S.71

16 aus: Schroeder, 2010, S. 183



LE CORBUSIER
LES MAISONS "MURONDINS"
 PETIT CADEAU A MES AMIS, LES JEUNES DE FRANCE

Abb.04 Die moderne Lehmarchitektur Le Corbusiers: Die Skizzen entstanden 1940 und wurden 1941 unter dem Titel "Les Murondins" veröffentlicht



Abb.05 Stadtkern von Shibam, Südjemen: Die meist achtstöckigen Gebäude wurden aus Lehmziegel errichtet. Teilweise stammen die Häuser aus dem 15. Jahrhundert.

Lehmziegel in Isele

Das Dorfzentrum in Isele wurde mit Adobe-Ziegel - mit ungebrannten Lehmziegel - gebaut. Diese Technik ist die älteste massive Lehmbauart¹⁷ und war in allen trocken-heissen, subtropischen und gemässigten Klimazonen der Erde verbreitet.¹⁸ Da sich der Bauplatz in der tropischen Zone befindet, kann davon ausgegangen werden, dass die Lehmziegeltechnik vor Ort eine lange Tradition aufweist. Das Lehmvorkommen in der Gegend dürfte diese These unterstützen. Lwamayanga erörtert in seiner Doktorarbeit zur vernakulären Architektur Tansanias denn auch die Zusammenhänge zwischen vorhandenen Baustoffen, dem weitergegebenen Wissen und der Architektur. Es wird darauf hingewiesen dass sich die vernakulären Bauten einerseits auf die vor Ort erhältlichen Materialien stützen und andererseits vom Wissen der Bewohner abhängig sind. In der Region um Iringa, wo der rechteckige Gebäudetyp des Bandas als vernakuläre Form gesehen wird, transformierte sich die Konstruktionsweise der Wand von einem Flechtwerk mit Lehmwurf in eine gemauerte, tragende Wand aus Adobe oder gebrannten Lehmziegeln.¹⁹ Die meisten Häuser in der Gegend wurden auch genau so gebaut und bestimmen das Ortsbild der kleinen Dörfer. Auch die Produktion von Ziegel ist omnipräsent; Abbaulöcher, an der Sonne zum Trocknen ausgelegte Ziegel und zum Brennen gestapelte Ofen zieren die Kulturlandschaft und visualisieren das vorhandene Wissen zur Lehmziegelproduktion. Auffallend ist jedoch, dass den Schwächen des Baumaterial Lehms konstruktiv nur wenig Beachtung geschenkt wird. Häufig fehlt den Häusern ein funktionierender Sockel sowie ein auskragendes Dach und die Mörtelfugen sind gezeichnet von unzähligen Schwindrissen.

Die Verwendung von Lehm als Baumaterial steht auf den ersten Blick unter relativ guten Vorzeichen. Die Eingangs erwähnte Renaissance ist jedoch geografisch stark einzugrenzen. Sie dürfte wohl nur auf die Gegenden der Welt zutreffen, wo sich ein ökologisches Bewusstsein entwickelt. Die Verwendung des Materials geschieht längst nicht immer freiwillig, denn die einfachen Lehmbauten werden mit Armut assoziiert.²⁰ Auch in Tansania ist diese Verbindung stark im kollektiven Gedächtnis verankert und stellt eine grosse Hürde zur Realisation eines zeitgenössischen Gebäudes mit Lehm dar. Wenn immer möglich würden die Leute vor Ort auf Statussymbole der westlichen Welt, sprich auf Baustoffe wie Stahlbeton und Metall, zurückgreifen. Der Grund zur Verwendung des Baustoffes Lehm basiert demnach nicht auf gestalterischen oder ökologischen Gesichtspunkten, sondern vielmehr aus der Notwendigkeit einer Behausung und den fehlenden finanziellen Mitteln.

Die Skepsis gegenüber unserer Intension mit Lehm zu bauen war insbesondere zum Projektstart sowie bei der Wahl der zu verwendenden Ziegel deutlich spürbar. Die Dorfbevölkerung und deren Repräsentanten, die "Chairmen", und die Handwerker mussten erst dafür gewonnen werden.

17 vgl. Niemeyer, 1982, S. 15

18 vgl. Minke, 2012, S. 70

19 vgl. Lwamayanga, 2008, S. 59, 79ff, 192ff (siehe auch: Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele" FS16, S. 26ff)

20 vgl. Kapfinger et al., 2015, S. 122

Kontext: Die meisten Häuser um Isele sind aus Adobe oder gebrannten Lehmziegel gebaut. Die Farbe der Fassaden widerspiegelt diejenige des Bodens.



Brennofen: Die zu Ofen gestapelte Lehmziegel zeichnen das Bild der Landschaft mit.



Zusammensetzung

Lehm ist auf der ganzen Welt zu finden. Jedoch handelt es sich weder um ein standardisiertes Produkt, noch weist es stets dieselbe Zusammensetzung auf.²¹

Vor der Herstellung eines Bauteils empfiehlt es sich deshalb das Material - zumindest ansatzweise - zu verstehen und sich Terminologien anzueignen.

Generell ist Lehm ein Verwitterungsprodukt aus der Gesteinschicht der Erde und befindet sich im obersten Bereich der Erdkruste. "Dieser Bereich der Erdkruste wird in der Bodenkunde auch als Boden, in der Ingenieurgeologie als Lockergestein bezeichnet. Bei der Bodenbildung werden die Abbauprodukte der anorganischen und organischen Ausgangssubstanzen zu neuen, für den Boden charakteristischen Bestandteilen um- und aufgebaut (Ton und Humus). Sie können schliesslich durch Niederschlagswasser, durch im Boden vorhandenes Grundwasser oder durch Bodenbearbeitung sowie Bodentiere abgeschwemmt, umgelagert oder durchmischt werden. Das Ergebnis ist die Differenzierung des ursprünglichen Gesteins in ein Bodenprofil mit einer Schicht ausgelaugten, humusreichen Oberbodens (A-Horizont) und einem darunter liegenden Unterboden, in dem bestimmte Stoffe, z. B. Kalk, ausgefällt werden (B-Horizont). Das unverwitterte Ursprungsgestein wird als C-Horizont bezeichnet (Abb.06).

Während der humusreiche A-Horizont die Grundlage für Vegetation und Landwirtschaft bildet, kann aus dem heller gefärbten, humusfreien B-Horizont geeigneter Baulehm entnommen werden. Die Horizonte A und B können auch vollständig fehlen, z.B. auf unbedeckten Felsflächen."²²

In Isele befindet sich der B-Horizont nur 20-50cm unterhalb der Erdoberfläche. Jedoch ist die Beschaffenheit, bzw. die Zusammensetzung des Lehmes je nach Standort und Abbautiefe sehr unterschiedlich. Insbesondere sind in den oberen Schichten oft Anteile von Humus oder von Pflanzen enthalten. Für die Verwendung am Bau sollte der Lehm frei von organischem Material sein.²³ Auch wenn keine organische Stoffe enthalten sind, variiert die Qualität aufgrund unterschiedlicher Zusammensetzung des Materials stark. "Lehm ist ein Gemisch aus Ton, Schluff (Feinstsand) und Sand, das Beimengungen von grösseren Gesteinspartikeln (Kies, Gestein) sowie organischem Material enthalten kann. Im Bauwesen werden die Bestandteile des Lehms entsprechend ihrem Korndurchmesser eingeteilt. Als Ton werden Bestandteile bezeichnet, die einen Durchmesser von weniger als 0.002mm aufweisen, als Schluff Bestandteile mit einem Durchmesser von 0.002-0.06mm, als Sand Bestandteile mit einem Durchmesser von 0.06 bis 2mm und als Kies Bestandteile mit einem Durchmesser von 2-60mm."²⁴ Die Verteilung dieser Bestandteile charakterisiert den Lehm und klassifiziert ihn mit Namen. Dazu kann ein Dreiecknetz (Abb.07) verwendet werden, wo die Anteile von Ton, Schluff und Sand jeweils an einer Seite angegeben sind. Anstelle "tonig" und "sandig" werden oft die Synonyme "fett" und "mager" verwendet. Bei einem fetten Lehm handelt es sich demnach um eine Zusammensetzung mit einem hohen Tonanteil, bei einem mageren Lehm ist der Tonanteil gering.²⁵

Ton ist das nichthydraulische Bindemittel im Lehm. Je höher der Tongehalt, desto höher ist auch die Bindekraft wie auch das Schwindmasses des Lehms.²⁶ Ein Beimischen von Wasser führt demnach zu einer Volumenzunahme, einem Quellen, ein Austrocknen lässt das Material schwinden.

Die Unterschiedlichkeit des Materials erschwert die Herstellung von Bauteilen aus demselben. "Die erste Aufgabe im Lehmbau ist es deshalb, das richtige Ausgangsmaterial zu finden. Dies bedingt eine Recherche vor Ort, die das lokal vorhandene Material begutachtet und die regionalen Ressourcen auf ihre Möglichkeiten hin untersucht. Ein guter Anhaltspunkt sind Ziegeleien, die für ihre Arbeit auf Lehm angewiesen sind und die lokalen Quellen gut kennen."²⁷ In und um Isele sind Abbauorte vielerorts zu finden. Jedoch widersprechen oder ändern sich die Angaben der ortsansässigen Leute zur Qualität des Lehms aus unerklärlichen Gründen wiederholt, was eine selbständige und objektive Prüfung der jeweiligen Zusammensetzung unumgänglich macht (Kap. Materialtests).

21 vgl. Kapfinger et al., 2015, S.116

22 aus: Schroeder, 2010, S.32

23 vgl. Minke, 2012, S.18

24 aus: Minke, 2012, S.16.

25 vgl. Kapfinger et al., 2015, S.156

26 vgl. Schroeder, 2010, S.69

27 aus: Kapfinger et al., 2015, S.116

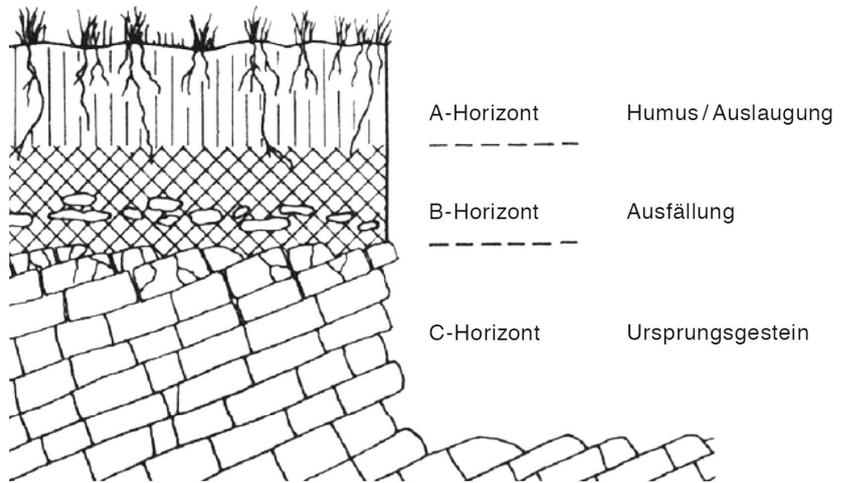


Abb.06 Bodenprofil: Aus dem humusfreien B-Horizont kann der Baulehm abgebaut werden.

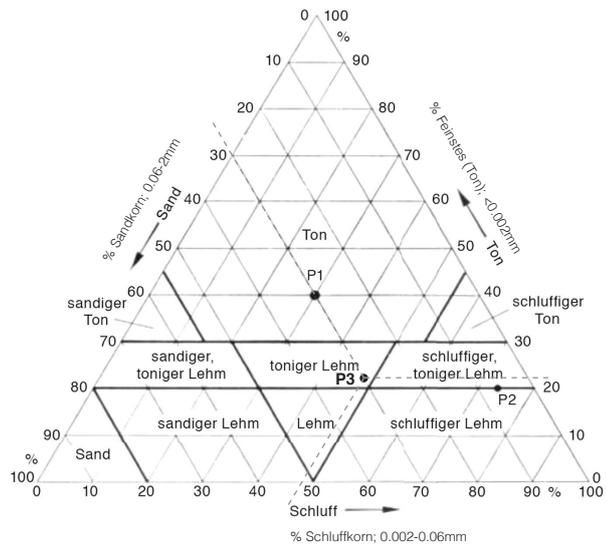


Abb.07 Dreiecknetz: Grafik zur Zusammensetzung von Lehm mit den dazugehörigen Namen. Bsp: Der Lehm des Beispielpunkts "P3" setzt sich aus 22% Ton, 48% Schluff und 30% Sand zusammen und wird als "toniger Lehm" klassifiziert.

Materialeigenschaften

Heute wird das Baumaterial Lehm entweder aufgrund ökologischen Bewusstseins propagiert oder wegen seiner Wasserempfindlichkeit abgelehnt. Während ersteres vor allem in den industrialisierten Ländern der Fall ist, trifft letzteres auf die ländliche Region Tansanias, wo die Verwendung mit Armut verbunden wird, zu. Beide Argumentationen haben ihre Berechtigung. Nachstehend werden die für das Bauen wichtigsten qualitativen Eigenschaften des Baustoffes beschrieben.

Zunächst werden die drei wesentlichen Schwachstellen angesprochen:

- Erstens ist Lehm nicht wasserfest. "Kommt Lehm mit Wasser in Berührung, verliert er seine feste Konsistenz, löst sich auf und wird wieder plastisch, da die Bindekraft der Tonpartikel aufgelöst wird."²⁸ Ein dauerhafter Schutz vor Nässeeinwirkung gilt es durch konstruktive Massnahmen wie Dachüberstände, Spritzwassersockel und horizontale Feuchtigkeitssperren sicherzustellen. (Kap. Mauern mit Adobe) Ferner können Oberflächenbehandlungen angewendet werden.²⁹
- Zweitens schwindet das Material beim Austrocknen. "Durch die Verdunstung des Anmachwassers, das notwendig ist, um Lehm verarbeiten zu können und seine Bindekraft zu aktivieren, reduziert sich sein Volumen, es entstehen "Trocken-" bzw. "Schwindrisse" ... Das Schwinden kann jedoch durch Reduzierung des Wasser- sowie Tonanteils und durch Optimierung der Kornzusammensetzung wesentlich verringert werden."³⁰ Für Adobe-Ziegel, die unabhängig vom Bauteil vor deren Einbau schwinden, gilt insbesondere auf eine gleichmässige und langsame Austrocknung zu achten um kleine Risse und Verformungen vorzubeugen. Beim Lehmmörtel oder Wänden aus Stampflehm muss jedoch das Schwindmass soweit vermindert werden, dass keine Risse im Bauteil entstehen. Die Untermischung von groben Bestandteilen wie Sand wird als "magern" bezeichnet (Abb.08); dadurch wird der relative Tongehalt gesenkt und das Schwindmass vermindert.³¹
- Der dritte Nachteil gegenüber industriell gefertigten Produkten ist derjenige der Verschiedenartigkeit. Wie vorangehend erläutert, ist Lehm kein genormter Baustoff. Je nach Fundort weist er unterschiedliche Eigenschaften auf und muss demnach stets neu beurteilt und getestet werden. Das macht die Bauweise unbequem und aufwändig.³² Gerade die Verschiedenartigkeit des Lehms und die damit verbundene Unmöglichkeit einer Standardisierung könnten ein Grund dafür sein, weshalb industriell gefertigte Baustoffe, die ohnehin meist noch wasserest sind, oft bevorzugt werden.

Den beschriebenen negativen Eigenschaften stehen aber einige positive gegenüber. Diese sind einerseits ökologischer und ökonomischer Art, andererseits auch mechanischen und bauphysikalischen Charakters. Die erste Gruppe ist für das Projekt in Isele besonders interessant, da die Fragen von Nachhaltigkeit und Reproduzierbarkeit im Entwurf eine signifikante Rolle spielten:

- Zunächst kann der Baustoff als umweltverträglich beschrieben werden. "Lehm benötigt bei der Aufbereitung und Verarbeitung im Gegensatz zu anderen Baustoffen sehr wenig Energie und trägt somit kaum zur Umweltverschmutzung bei, er braucht nur etwa 1% der Energie, die für die Herstellung von Mauerziegeln oder Stahlbeton notwendig ist."³⁰ (Kap. Primärenergiegehalt) Ebenso stellt die Entsorgung keine Herausforderung dar, weil sich das Material rückstandsfrei, ohne Kontamination der Natur, in sein Ausgangsmaterial dekonstruieren kann.³³
- Auch sind Lehmbauteile aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit wiederverwendbar. Verlassene und zerfallene Gebäude oder ungenutzte Bauteile stellen damit eine Ressource dar. "Trockener Lehm braucht nur zerkleinert und mit Wasser angefeuchtet zu werden und schon lässt er sich wieder verarbeiten."³⁰ Das Material kann vollumfänglich in den biologischen Kreislauf der Erde zurückgeführt werden. Die Rohstoffe können später uneingeschränkt zu neuen Produkten verarbeitet werden.³⁴

28 aus: Krüger, 2004, S.20

29 vgl. Minke, 2012, S.11

30 aus: Minke, 2012, S.11

31 vgl. Minke, 2012, S.40

32 vgl. Niemeyer, 1982, S.11

33 vgl. Kapfinger [et al.], 2015, S.7

34 vgl. Hebel, Wisniewska, Heisel, 2014, S.15ff



Lehm ist nicht wasserfest: Die schwerwiegenden Folgen von Nässeeinwirkung bei schlechtem bautechnischem Schutz sind diesem Wohnhaus in Mda-bulo, Tansania, deutlich anzusehen.

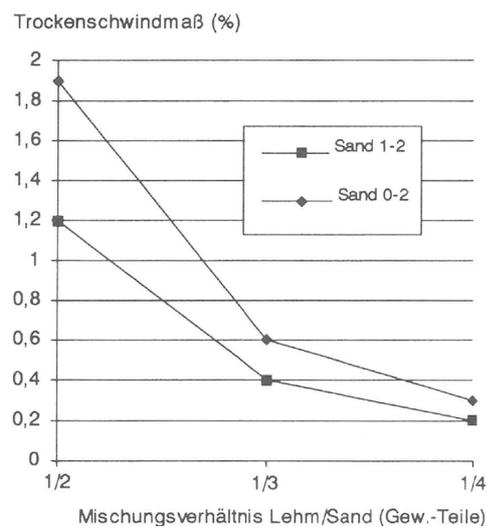


Abb.08 Magern: Durch das Untermischen von Sand kann das Trockenschwindmass eines schluffigen Lehms markant reduziert werden.

- Weiter können mit der Verwendung von Lehm Baumaterial- & Transportkosten eingespart werden. Oft kann das Ausgangsmaterial direkt am Bauplatz oder unweit davon abgebaut werden. Aufwändige Materialtransporte zum Bauplatz entfallen im Optimalfall ebenso wie das Abführen von anfälliger Aushubmaterial.³⁵ (Kap. Ressourcenverbrauch und Herkunft)
- Schliesslich eignen sich Lehm-Bauweisen für den Selbstbau. Gerade in Entwicklungsländern, wo die Behausungen oft Eigenkonstruktionen sind, scheint eine Bauweise, die in der Regel von angeleiteten Laien ausgeführt werden kann, grosses Potenzial zu haben. Es sind nur wenige Werkzeuge notwendig, jedoch ist der Arbeitsaufwand relativ hoch.³⁶

Die zweite Gruppe - die mechanischen und bauphysikalischen Eigenschaften - sind insbesondere aus bautechnischer Sicht spannend:

- Erstens können massive Lehmbauteile, wie Adobe-Ziegel, als tragende Bauteile eingesetzt werden. Die Druckfestigkeit ist dabei vor allem von der Menge und Art des Tons abhängig. Je höher der Anteil an Ton, desto höher die Druckfestigkeit. Jedoch sind auch die Grösse und Menge der Schluff-, Sand- und Kieskörner, anfällige Zuschlagstoffe, sowie die Aufbereitung und Verdichtung entscheidend für die Druckfestigkeit des Bauteils. Diese sollte bei tragenden Bauteilen im Minimum 2N/mm² betragen.³⁸
- Zweitens übernimmt Lehm feuchteregulierende Funktionen und kann für eine nahezu konstante relative Luftfeuchtigkeit sorgen. Durch die günstigen hygroskopischen Eigenschaften kann er grosse Mengen an Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen und wieder abgeben. (Abb.09) Dabei sind vor allem die äussersten 2-4cm entscheidend. Die feuchteregulierende Wirkung hat nicht nur auf das Raumklima und somit indirekt auf die Gesundheit der Bewohner positive Auswirkungen, sondern auch für die Konstruktion; Der Lehm wirkt konservierend und hält eingeschlossenes Holz oder Stroh trocken und schützt es vor Pilzen und Schädlingsbefall.³⁷ "Damit die Wechselwirkungen im Wasserhaushalt des Lehms gewährleistet bleiben, dürfen die Ausgleichsprozesse im Lehm nicht beeinträchtigt werden (z.B. durch Beimischung von Zuschlägen mit schlechten hygroskopischen Eigenschaften oder durch diffusionsbehindernde Oberflächenbeschichtungen)."³⁹
- Die dritte gewichtige Eigenheit ist das gute Wärmespeichervermögen, welches massiver Lehm ohne Zuschlagstoffe aufweist (Abb.10). Die spezifische Wärmekapazität bewegt sich in der Grössenordnung derjenigen anderer schwerer Baustoffe und kann durch die Phasenverschiebung zur Verbesserung des Wohnklimas beitragen. Jedoch ist dann die Wärmeleitfähigkeit zehnmal höher. Mit dem Beifügen von Leichtzuschlägen könnte dieser Wert bis knapp oberhalb der Grenze von 0.1W/mK, bis zu der Baustoffe als Dämmstoffe gelten, verringert werden; jedoch kann der Leichtlehm dann nicht mehr statisch beansprucht werden.⁴⁰
- Viertens wird Lehm als "nicht brennbar" klassifiziert, sofern der Anteil pflanzlicher Zuschläge 1% der Masse und 1% des Volumen nicht überschreitet. Der Feuerwiderstand einer 25 Zentimeter dicken Massivlehmwand mit einer Rohdichte von 2000kg/m³ beträgt 180 Minuten und ist somit mit einer unverputzten Backsteinwand derselben Dicke vergleichbar.⁴¹ Bei Lehmbauteilen muss aber mit einer Beschädigung durch Löschwasser gerechnet werden.

Ergänzend werden weitere bauphysikalische Eigenschaften, die für das Projekt in Isele irrelevant scheinen, nur aufzählend erwähnt: Lehmoberflächen haben eine schalldämpfende Wirkung und besitzen dazu keine elektrostatische Aufladung, weshalb sie keinen Staub anziehen. Tonminerale können Gerüche und Schadstoffe dauerhaft binden, der pH-Wert liegt normalerweise zwischen 7 und 8.5, was der Schimmelpilzbildung entgegen wirkt, und Lehmbauteile schirmen hochfrequente Strahlung besser ab als andere massive Wandbaustoffe.⁴²

35 vgl. Minke, 2012. S.11

36 vgl. Minke, 2012. S.12

37 vgl. Minke, 2012. S.11ff & SIA [Hrsg], 1994. S.29

38 vgl. Minke, 2012. S.33ff & Röhlen; Ziegert, 2014. S.38 & SIA [Hrsg], 1994. S.24

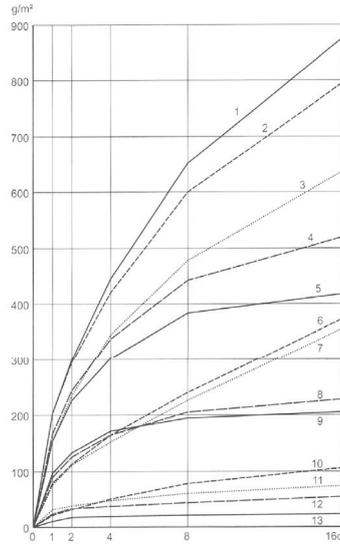
39 aus: SIA [Hrsg], 1994, S.29

40 vgl. Röhlen; Ziegert, 2014. S.39 & SIA [Hrsg], 1994, S.30 & Minke, 2012. S.11

41 vgl. Röhlen; Ziegert, 2014. S.41 & SIA [Hrsg], 1994, S.33 & <http://www.swissbrick.ch/images/stories/planer/Feuerwiderstandsklassen.pdf> [Zugriff:05.01.2017]

42 vgl. Minke, 2012. S.12,37,39 & <http://www.naturbauweise.de/lehmbau.html> [Zugriff:05.01.2017]

Abb.09 Sorptionskurven: Das Diagramm zeigt die Sorptionskurven von 11.5cm dicken Innenwänden aus unterschiedlichen Materialien bei 21°C und einer beidseitigen Zunahme der Raumluftfeuchte von 50% auf 80%. Die Kurve zeigt, dass Lehmziegel nach 16 Tagen 30mal soviel Feuchtigkeit aufnehmen wie Vollziegel.⁴³



- 1 Lehm schluffig, $\rho=1800$
- 2 Lehm, tonig, $\rho=1900$
- 3 Strohlehm, $\rho=1400$
- 4 Strohleichtlehm, $\rho=700$
- 5 Strohleichtlehm, $\rho=550$
- 6 Kiefer, $\rho=450$
- 7 Kalksandstein, $\rho=2000$
- 8 Porenbeton, $\rho=400$
- 9 Blähtonleichtlehm, $\rho=750$
- 10 Hochlochziegel, $\rho=1500$
- 11 Beton B15, $\rho=2200$
- 12 Leichtziegel, $\rho=800$
- 13 Vollziegel, $\rho=1800$

Stoffwerte Wärme	ρ	λ	c
	[kg/m ³]	[W/m K]	[kJ /kg K]
Massivlehm	2'000	0.95	1.0
Leichtlehm	1'200	0.47	1.0
	900	0.26	1.1
	600	0.15	1.2
	300	0.09	1.3
Backsteine	1'100	0.37	0.9
Isolierbackstein	1'200	0.47	0.9
Kalksandstein	1'600	0.8	0.9
Gasbetonstein	600	0.18	1.1
Holz (Fichte, Tanne)	450 - 500	0.14	2.0 - 2.4
Holzwoolplatten min.	350 - 500	0.09	1.6

Abb.10 Wärmeleitfähigkeit und Wärmespeicherung: Die Tabelle zeigt die Sollwerte der Wärmeleitfähigkeit λ und der spezifischen Wärmekapazität c in Abhängigkeit der Rohdichte ρ . Ergänzend werden Vergleichswerte anderer Baumaterialien gezeigt.

3.2. Materialtest

Die vorgehend aufgezählten Materialeigenschaften und die Zusammensetzung des Lehms gilt es vor der Herstellung von Bauteilen herauszufinden. Dazu können einfache Handprüfverfahren, welche in der Literatur umfangreich beschrieben sind, beigezogen werden. Werden verschiedene Versuche kombiniert und deren Resultate verglichen, wird die Sicherheit zur Eignungsbestimmung des Materials erhöht.⁴⁴ Die Feldproben lassen eine ungefähre Abschätzung zu und können somit als Grundlage für erste Entscheidungen, wie beispielsweise die Wahl des Lehmabbauorts, eingesetzt werden.

In Isele sind die Mittel sehr bescheiden, was auch einige Handprüfverfahren verunmöglicht. Für die hier beschriebenen Testverfahren sind nur wenige Hilfsmittel, wie Schaufel oder Eimer nötig. Für die Prüfung wird aus dem humusfreien B-Horizont (Kap. Zusammensetzung) etwa ein Wassereimer erdfeuchtes Material entnommen.

- 1.1 Visuelle Prüfung: Die visuelle Beurteilung des Lehms am Abbauort gibt erste Anhaltspunkte zu dessen Zusammensetzung. Während die feinen Bestandteile für das menschliche Auge nicht zu unterscheiden sind, können organische Teile sowie grobe Elemente wie Kies oder Steine wausgemacht werden. Für die Produktion von Adobe sollte der Boden weder mit organischen Bestandteilen gemischt noch zu kiesig sein. Die Farbe des erdfeuchten Lehms gibt Hinweise auf die chemische Zusammensetzung der Tonminerale. Die Farbtonung kann von hell-weiss (Calcium/Magnesium), dunkelbraun (Mangan) und grün (Chlor) bis rötlich-gelb-braun (Eisen) reichen. Dunkle Verfärbungen müssen kritisch beurteilt werden, da sie auf organische Bestandteile zurückzuführen sein könnten.⁴⁶
- 1.2 Riechprobe: Mittels Geruchtest kann erdfeuchter Lehm mit deutlichem Humusanteil ausgeschlossen werden. Riecht der Lehm modrig, beziehungsweise faul, so enthält er organische Bestandteile. Ein fetter, leicht nussartiger Geruch kann auf Lehm schliessen lassen. Reiner Lehm ist geruchsneutral.⁴⁷
- 2. Kugelfalltest: "Der zu prüfende Lehm soll so trocken sein, dass er sich gerade noch zu einer Kugel mit ca. 4cm Durchmesser formen lässt, die aus 1.5m Höhe fallen gelassen wird. Zerbröckelt sie am Boden völlig (Abb.12 rechts), so handelt es sich um einen extrem sandigen (mageren) Lehm, der allenfalls als Lehmörtel verwendet werden kann. Verformt sich die Kugel nur zu einem flachen Fladen mit kleinen oder mit gar keinen Rissen (Abb.12 links), so ist der Lehm sehr tonhaltig (fett), weist eine entsprechend hohe Bindekraft auf und muss, um als Baulehm brauchbar zu sein, gemagert werden. Der Lehm der dritten Probe von links hat eine relativ geringe Bindekraft, sie ist aber noch ausreichend für seine Verwendung als Stampflehm oder für die Herstellung handgeformter Lehmsteine."⁴⁸ Zerbricht die Kugel in 3-4 grössere Stücke, kann der Lehm als "mittel fett" eingestuft werden, was auf eine ausgeglichene Kornverteilung von Sand, Silt und Ton schliessen lässt.⁴⁹
- 3.1 Schneidgefühl: Erdfeuchter Lehm wird zu einer Kugel geformt und mit einem scharfen Messer durchschnitten. Wenn es während dem Schnittvorgang knirscht und sich dieser kratzig anfühlt, kann dies ein Indikator eines hohen Sandanteils sein.⁴⁹
- 3.2 Klingenoberfläche: Bleiben nach dem Schnittvorgang von 3.1 auf der Klingenoberfläche des benutzten Messers Sandspuren sichtbar, ist dies ein Merkmal für einen sandigen Lehm.⁴⁹
- 3.3 Schnittfläche: Bei einem fetten Lehm glänzt die Schnittfläche der Lehmkugel von 3.1 auf Grund des hohen Tonanteils. Liegt schluffiger Lehm vor, ist die Schnittfläche mattglänzend. Eine stumpfe, durch groben Sand aufgeraute, Schnittfläche indiziert einen mageren Lehm.⁵⁰
- 4.1 Gefühl auf Handballen: Erdfeuchter Lehm wird in rotierender Bewegung auf dem Handballen gerieben. Je körniger das Gefühl, desto magerer die Probe.⁵¹
- 4.2 Reibeprobe: Die erdfeuchte Lehmprobe wird zwischen Daumen und Zeigefinger zerrieben. Fühlt sich der Vorgang wie mit Schmierseife an und

44 vgl. SIA [Hrsg], 1994, S.19

45 vgl. Schroeder, 2010, S.50

46 vgl. Schroeder, 2010, S.51/52

47 vgl. SIA [Hrsg], 1994, S.19 & Minke, 2012, S.19

48 aus: Minke, 2012, S.20

49 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.32ff [Manual]

50 vgl. Schroeder, 2010, S.51 & Minke, 2012, S.19

51 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.34ff [Manual]

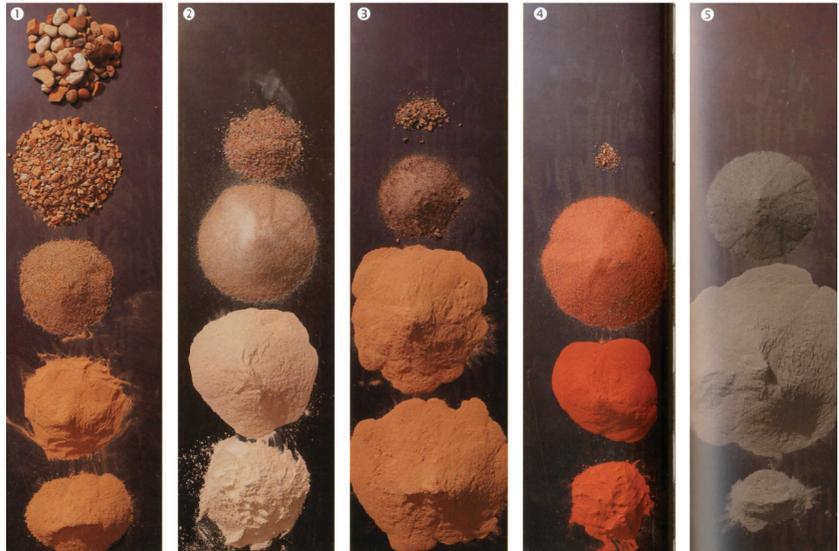


Abb.11 Zusammensetzung und Farbigkeit: Je nach Kornzusammensetzung eignen sich die Lehme für bestimmte Bautechniken wie Stampflehm (1), Adobe (2), Leichtlehm (3), Putz (4) oder sie sind als Baulehm gänzlich ungeeignet (5). Die Farbigkeit hängt von den Tonmineralen ab.

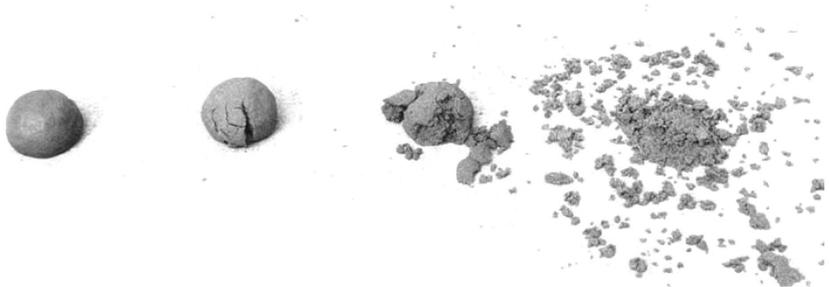


Abb.12 Kugelfalltest: Die Verformung bzw. Zerbröckelung der Lehmkugel lässt den Tongehalt der Probe abschätzen..

bleibt der Lehm auch nach dem Trocknen an den Fingern kleben, ist der Lehm fett. Bei magerem Lehm ist eine feinkörnige Struktur fühlbar und der Lehm zerbricht nach dem Trocknen in Plättchen und fällt von den Fingern ab. Zu magerer Lehm ist durch eine grobkörnige Struktur fühlbar und er fällt nach dem Trocknen als Einzelkorn von den Fingern ab.⁵²

- 4.3 Waschtest: Die bei den Tests 4.1 und 4.2 verwendete Hand wird unter fließendem Wasser abgespült und der Vorgang beobachtet. Wird der Lehm leicht und restfrei entfernt, ist die Probe mager, klebt die Masse aber fest an der Hand und die Reste lassen sich erst nach längerer Zeit abspülen, so weist dies auf einen hohen Tongehalt hin.⁵³

- 5. Zigarrentest: Der Zigarrentest in ein einfacher, eher ungenauer, Kohäsionstest. Kiesfreier Lehm wird mit wenig Wasser zu einer geschmeidigen Masse geknetet und anschließend mindestens eine halbe Stunde ruhen gelassen. Die Masse wird dann in ca. 20 cm lange Zigarren eines Durchmessers von ca. 3 cm gerollt. Die Zigarre wird auf der flachen Hand gehalten und mit der anderen Hand vorsichtig vorwärts gestossen, so dass die Zigarre über eine Seite der Hand hinausragt. Die langsame Stossbewegung wird fortgeführt, bis die Zigarre bricht. Die Länge des abgebrochenen Stücks wird gemessen. Beträgt die Länge weniger als 5cm, ist der Lehm mager, misst sie zwischen 5cm und 15cm darf eine ausgeglichene Kornverteilung der Mineralien angenommen werden und wenn das Zigarrenstück länger als 15cm ist, deutet dies auf eine zu hohe Bindekraft aufgrund eines sehr hohen Tonanteils hin. Der Vorgang wird mehrmals durchgeführt und eine durchschnittliche Abrisslänge errechnet.⁵⁴

- 6.1 Cookie: Analog zum Zigarrentest wird kiesfreier Lehm mit wenig Wasser zu einer geschmeidigen Masse geknetet und anschließend mindestens eine halbe Stunde ruhen gelassen. Die Masse wird dann in ungefähr 1cm breite Abschnitte eines PVC-Rohres mit einem Durchmesser von ca. 3cm gedrückt. Nach dem kompletten Austrocknen wird die Differenz - das Schwindmass - zwischen dem getrockneten Cookie und der PVC-Schalung festgestellt. Je grösser die Differenz, desto höher der Tonanteil.⁵⁵

- 6.2 Bruchtest: Zur Prüfung der Trockendruckfestigkeit werden die von 6.1 hergestellten, komplett ausgetrockneten Cookies zerbrochen und der dabei spürbare Widerstand beurteilt. Lässt sich die Probe durch Fingerdruck nicht zerbrechen, deutet dies auf einen sehr fetten Lehm hin. Zerbricht das Cookie bei erheblichem Druck mit einem hörbaren Knackgeräusch in zwei Teile, ist der Tongehalt hoch. Zerfällt die Probe bei mässigem bis erheblichem Fingerdruck in einzelne Bruchstücke, darf ein magerer bis fast fetter Lehm angenommen werden. Bei zu magerem Lehm zerbröckelt die Probe ohne, beziehungsweise unter Anwendung von leichtem Fingerdruck in viele kleine Stücke.⁵⁶

- 7. Sedimentation: Der Lehm wird in einem Glas mit viel Wasser (Verhältnis Lehm/Wasser ca. 1/3) aufgeschlämmt. Das Gefäss sollte ebene und parallele Seiten aufweisen und im Minimum einen halben Liter fassen. Der Behälter wird geschüttelt bis sich alle Klumpen aufgelöst haben und anschließend mindestens 45 Minuten stehen gelassen. Dabei setzen sich die Kies- und Sandbestandteile sehr viel schneller als die feinen Schluff- und Tonpartikel am Boden des Glases ab. In der Regel werden mehrere Schichten optisch erkennbar; Auf dem Wasser schwimmen allfällige organische Stoffe, die oberste Schicht ist der Ton, die zweite ist Silt, die dritte Sand und ganz unten lagert sich Kies ab. Aus der Schichtung kann abgeschätzt werden, wieviel Fein- und Grobbestandteile im Lehm vorhanden sind. Einen Rückschluss auf die relative Verteilung der einzelnen Bestandteile kann damit jedoch nicht gemacht werden.⁵⁷

- 8. Trockenschwindmass: Das Trockenschwindverhalten gibt Aufschluss über den relativen Tongehalt der Mischung. Die Prüfung wird im Thema "Mörteltest" behandelt.

Nachfolgend werden die Lehme von vier verschiedenen Standorten in und um Isele mit Hilfe dieser Handprüfverfahren getestet und kommentiert. Ergänzend werden Informationen zur Entfernung zum Bauplatz, zum Wassertransport, sowie sozialen Komponenten gemacht.

52 vgl. Schroeder, 2010. S.52

53 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.35 [Manual] & Minke, 2012. S.19

54 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.35ff [Manual] & Minke, 2012. S.21

55 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.37 [Manual]

56 vgl. Schroeder, 2010. S.52 & vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.38 [Manual]

57 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.39 [Manual] & Minke, 2012. S.19 & SIA [Hrsg], 1994. S.19

Abb.13 Versuchsanordnung Zigarrentest: Durch die Abrisslänge der Zigarre kann die Bindekraft und gleichsam der Tongehalt der Probe abgeschätzt werden. Je länger das abebrochene Stück, desto höher der Tongehalt.

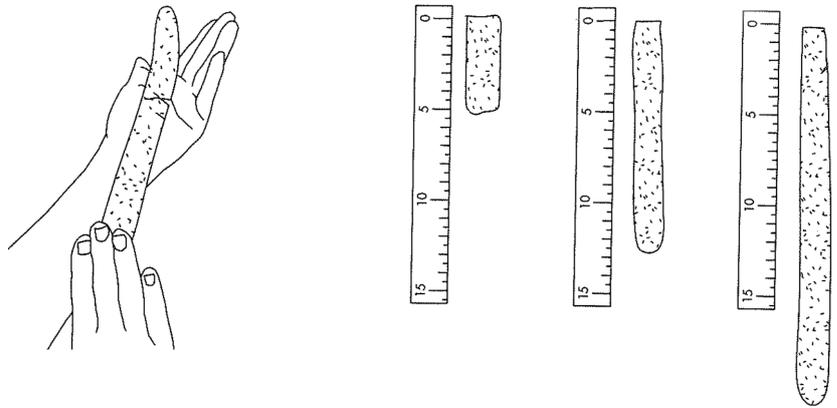
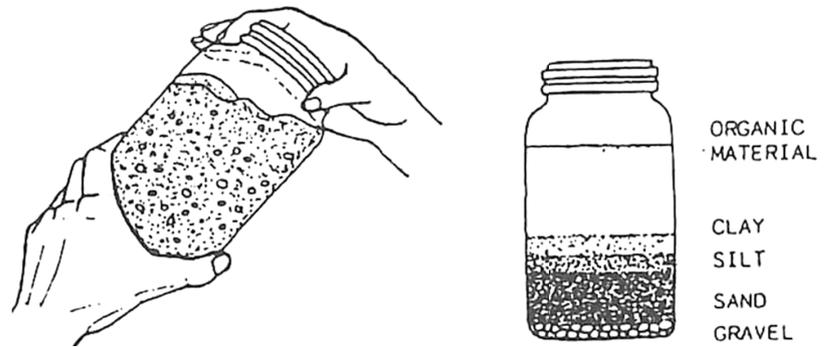


Abb.14 Sedimentation: Durch den Sedimentations-Test lassen sich die unterschiedlichen Bestandteile des Lehms unterscheiden. Einen Rückschluss auf die relative Verteilung der einzelnen Bestandteile kann damit jedoch nicht gemacht werden.



Testresultate Lehmproben

Lehm N°	1
Name	Lehmgrube Kikurue, Kilolo
Entfernung zum Bauplatz	13 km (davon 3.5 km auf Feldweg); Transportkosten
Erdfeuchtigkeit	trocken
Wassertransport	entfällt, da am Bach gelegen

Materialtest	Ergebnis	Auswertung
1.1 Visuelle Prüfung	Farbe Rotbraun/zimtbraun, weder organisches Material noch Kies sichtbar	Eisenhaltiger Ton
1.2 Riechprobe	kein wahrnehmbarer Geruch	kein Humus enthalten
2. Kugelfalltest	flachgedrückt ohne Risse	sehr fett
3.1 Schneidgefühl	sehr weich	wenig Sand/fett
3.2 Klingenerfläche	kein Sand	fett
3.3 Schnittfläche	mittel glänzig	fett
4.1 Gefühl auf Handballen	nicht körnig	fett
4.2 Reibeprobe	klebrig/seifig	fett
4.3 Waschtest	sehr langsames Auswaschen	fett
5. Zigarrentest	1.: 11.5cm 2.: 10.8cm 3.: 12 cm	1. ausgewogene Mischung 2. ausgewogene Mischung 3. ausgewogene Mischung
6.1 Cookie	grosser Unterschied	hoher Tonanteil
6.2 Bruchtest	fast unmöglich; nur mit Füssen oder Tools sowie mit hohem Kraftaufwand möglich	hoher Tonanteil
7. Sedimentation	wenig organisches Material Wasser viel Ton Silt wenige Sandkörner	kein Kies enthalten
8. Trockenschwindmass	9.53 % (vgl. Mörteltest)	sehr fett
Fazit über alles	<ul style="list-style-type: none"> - fett bis sehr fett - geeignet für Produktion von Adobe-Ziegel - mit grosser Sandzubabe für Produktion von Lehmörtel geeignet - sehr hohe Festigkeit 	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Humus ganz wegnehmen - Problem des Transportweges - Dorfbewohner (Chariman) & Verantwortliche von RDO vertrauen dem Lehm (sogar für Adobe) 	

Standort der Lehmgrube: Einerseits entfällt der Wassertransport für die Produktion, andererseits entsteht ein grosser Aufwand für den Transport der fertigen Ziegel auf die Baustelle.



Sedimentationstest in Isele: Das genügend grosse Testgefäss sollte parallele und glatte Oberflächen aufweisen; Die verwendete PET-Flasche entsprach diesen Anforderungen am nächsten. Der Test zeigt, dass wenig organisches Material, Ton, Silt, wenig Sand und kein Kies in der Mischung vorhanden ist.



Lehm N° 2
 Name Maisfeld, Isele
 Entfernung zum Bauplatz 50m; keine Transportkosten
 Erdfeuchtigkeit trocken
 Wassertransport aufwändig; steiler Pfad zu Tümpel (Wasser nicht rein)

Materialtest	Ergebnis	Auswertung
1.1 Visuelle Prüfung	Farbe dunkelbraun, einzelne Wurzeln sichtbar, kein Kies sichtbar	organische Bestandteile vorhanden (evtl zu wenig tief gegraben); evtl. Manganhaltiger Ton
1.2 Riechprobe	leicht modriger Geruch	Humus enthalten (evtl zu wenig tief geraben)
2. Kugelfalltest	Zerfall in mehrere grosse Stücke	mittel fett
3.1 Schneidgefühl	krümmelig/kratzig	Sand möglicherweise vorhanden
3.2 Klingenoberfläche	vorne Ablagerungen, hinten nichts	Sand
3.3 Schnittfläche	rau	mager
4.1 Gefühl auf Handballen	leicht körnig	Sand enthalten
4.2 Reibeprobe	ein bisschen seifig, feinkörnig	mittel fett
4.3 Waschtest	langsames Auswaschen, ohne Fleck	eher mager
5. Zigarrentest	1.: 9cm 2.: 14cm 3.: 10cm	1. ausgewogene Mischung 2. ausgewogene Mischung 3. ausgewogene Mischung
6.1 Cookie	sichtbares Schwinden	hoher Tonanteil
6.2 Bruchtest	brechbar, zwei Stücke, Geräusch wahrnehmbar	mittel fett
7. Sedimentation	wenig organisches Material Wasser Ton Silt sichtbare Sandschicht	kein Kies enthalten
8. Trockenschwindmass	7.13 % (vgl. Mörteltest)	sehr fett
Fazit über alles	<ul style="list-style-type: none"> - mittel fett (Sandanteile) - geeignet für Produktion von Adobe-Ziegel - mit (geringer) Sandzubabe für Produktion von Lehmörtel geeignet - mittelhohe Festigkeit 	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Dorfbewohner (Chariman) & Handwerker nicht überzeugt - kein Transportweg 	

Kugelfalltest: Durch den Kugelfalltest kann der Tongehalt des Lehms abgeschätzt werden; zerfällt der Ball in mehrere grosse Stücke, kann die Mischung als "mittel fett" eingestuft werden.



Wassertransport: Zur Herstellung von Adobeziegel wird viel Wasser benötigt. Da Isele noch über keine Wasserversorgung verfügt, muss von einem kleinen Tümpel Wasser über einen unwegsamen Pfad zum Bauplatz transportiert werden.



Lehm N° 3
 Name Primarschule, Isele
 Entfernung zum Bauplatz 50m; keine Transportkosten
 Erdfeuchtigkeit trocken
 Wassertransport aufwändig; steiler Pfad zu Tümpel (Wasser nicht rein)

Materialtest	Ergebnis	Auswertung
1.1 Visuelle Prüfung	Farbe rot, kein Kies sichtbar, wenig Wurzeln sichtbar	Eisenhaltiger Ton, wenig Humus enthalten
1.2 Riechprobe	sehr leichter Geruch von Fäulnis	wenig Humus enthalten
2. Kugelfalltest	mehrere kleinere Stücke	mager
3.1 Schneidgefühl	krümmelig/kratzig	Sand möglicherweise vorhanden
3.2 Klängenoberfläche	Ablagerungen	sand
3.3 Schnittfläche	porös, rau	mager
4.1 Gefühl auf Handballen	körnig	mager
4.2 Reibeprobe	körnig, nicht klebrig, bröckelt ab	mager
4.3 Waschtest	einfach & ohne Rückstände abwaschbar	eher mager
5. Zigarrentest	1.: 7 cm 2.: 5cm 3.: 4.5cm	ausgewogene Mischung ausgewogene Mischung mager
6.1 Cookie	sichtbares Schwinden	hoher Tonanteil
6.2 Bruchtest	sehr leicht brechbar, zwei Stücke, Geräusch gut wahrnehmbar	mittel fett
7. Sedimentation	wenig organisches Material Wasser Grenze von Ton & Silt unklar wenig Sand	kein Kies enthalten. vermutlich sehr geringer Tongehalt
8. Trockenschwindmass	nicht berechnet	
Fazit über alles	<ul style="list-style-type: none"> - magerer Lehm - für Adobeziegel ohne Zugabe von Ton vermutlich ungeeignet - mit (sehr geringer) Sandzubabe für Produktion von Lehmörtel vermutlich geeignet 	
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Testergebnisse widersprechen sich teilweise - grosse Skepsis aller Beteiligten (obwohl anfangs der vorgeschlagene Abbaustandort) 	

Cookie- und Bruchtest: Die vollständig getrockneten Cookies können mit geringem Kraftaufwand in kleinere Stücke zerbrochen werden. Dies ist ein Indikator für eine ausgeglichene Verteilung der Mineralien des Bodens.



Widerspruch: Obwohl die Tests den Boden als wenig geeignet für Adobe-Produktion bewerten, zeugen viele Abbaugruben von reger Produktion an diesem Ort.



Lehm N° 4
 Name Bauplatz, Isele
 Entfernung zum Bauplatz keine
 Erdfeuchtigkeit wenig Feuchtigkeit
 Wassertransport aufwändig; steiler Pfad zu Tümpel (Wasser nicht rein)

Materialtest	Ergebnis	Auswertung
1.1 Visuelle Prüfung	Farbe rot, kein Kies sichtbar	Eisenhaltiger Ton
1.2 Riechprobe	kein wahrnehmbarer Geruch	kein oder sehr wenig Humus
2. Kugelfalltest	ein Stück, diverse Risse	fett
3.1 Schneidgefühl	ein bisschen krümmelig	Sand vermutlich vorhanden
3.2 Klingenoberfläche	Ablagerungen	Sand
3.3 Schnittfläche	teils glatt, teils porös	ungleichmässige Mischung
4.1 Gefühl auf Handballen	leicht körnig	Sand vorhanden
4.2 Reibeprobe	klebrig/seifig	fett
4.3 Waschtest	eher langsames Abwaschen; Rückstände auf der Hand	mittel fett
5. Zigarrentest	1.: 6.5 cm 2.: 7 cm 3.: 8 cm	ausgewogene Mischung ausgewogene Mischung ausgewogene Mischung
6.1 Cookie	sichtbares Schwinden	hoher Tonanteil
6.2 Bruchtest	brechbar, zwei Stücke, Geräusch wahrnehmbar	mittel fett
7. Sedimentation	sehr wenig organisches Material Wasser Ton Silt sichtbare Sandschicht	kein Kies enthalten
8. Trockenschwindmass	9.21 % (vgl. Mörteltest)	sehr fett
Fazit über alles	<ul style="list-style-type: none"> - mittel fett (Sandanteile) - geeignet für Produktion von Adobe-Ziegel - mit Sandzubabe für Produktion von Lehm Mörtel geeignet - mittelhohe Festigkeit 	
Bemerkungen	- kein Transportweg; da am Bauplatz optimal für Mörtelproduktion	

Farbverlauf: Die Farbe des Lehms verändert sich je nach Abbautiefe. Der hier getestete Lehm stammt aus der unteren, roten, Lehmschicht.



Abbaustandort: Den Lehm direkt auf der Baustelle abzubauen bringt Vorteile im Bauprozess mit sich; Transportkosten und Emissionen entfallen.



Interpretation der Lehmproben

Die durchgeführten Handprüfverfahren ermöglichen einige qualitative Aussagen zur Konsistenz und Zusammensetzung der Baulehme. Jedoch fordert die Interpretation der Ergebnisse Erfahrung. Es hat sich gezeigt, dass mit der wiederholten Anwendung die Sensibilität - das Gespür für das Material - steigt. Im Optimalfall würden die Feldtests mit standardisierten Laborprüfungen verifiziert, bevor mit der Produktion von Testbauteilen begonnen wird.⁵⁸ Diese Möglichkeit stand im ruralen Kontext im südlichen Hochland von Tansania jedoch nicht zu Verfügung. In Dar es Salaam, dem wirtschaftlichen Zentrum Tansanias, bestünde mit dem "Tanzania Bureau of Standards", kurz "TBS", eine staatliche Prüfstelle, die vermutlich Labortests anbieten würde.⁵⁹ Ferner veröffentlichte das "Ministry of Works" in Zusammenarbeit mit dem "Central Materials Laboratory" und der "Norwegian Public Roads Administration" den Leitfaden "Laboratory Testing Manual 2000"⁶⁰, worin unter anderem Bodentestverfahren in englischer Sprache schrittweise beschrieben werden. Zur Durchführung dieser Tests wird aber Laborwerkzeug vorausgesetzt. Ein Labortest zur Bewertung von Lehmen bezüglich ihrer Eignung für den Lehmbau wäre die aus der Bodenmechanik stammende Ermittlung der Korngrößenverteilung mittels Sieb- und Schlämmanalyse, wobei das Ergebnis in einem Diagramm als Siebkurve (Abb.16) dargestellt wird.⁶¹ In Isele sind bereits Schaufel und Hämmer rar; deswegen stützt sich die Interpretation lediglich auf die vorangehenden Feldtests. Dabei kann die Berechnung des Trockenschwindmasses nicht in die Beurteilung miteinbezogen werden, weil sie aufgrund Ungenauigkeiten der Probekörper keine verlässliche Aussage zuzulassen scheint (Kap. Interpretation der Mörteltests).

Zunächst ist festzustellen, dass keiner der vier getesteten Lehme Kies enthält. Aus diesem Grund wäre eine Verwendung in Stampflehmtechnik, ohne grossen Zusatzaufwand in Form von Beimengen von Kies, nicht möglich. Die nebenstehende Grafik (Abb.15) visualisiert die Eignung von Baulehmen zur Verarbeitung in Abhängigkeit von Lehmbautechnik, Konsistenz und Korngrößen. Eine Verwendung für Adobe scheint - mit Ausnahme des äusserst mageren Lehm N°3 - möglich. Dabei muss die Mischung jedoch mit Wasser zu einer plastischen/breiigen Masse eingesumpft werden.

Lehm N°3 wird von der Beurteilung ausgeschlossen, da dieser für die Produktion von Adobe-Ziegel mit zusätzlichem Ton angereichert werden müsste. Ausserdem lassen die teils widersprüchlichen Testresultate keine präzise Aussage zu. Ferner ist auch die generelle Skepsis von Dorfbewohnern und Handwerkern als weiterer Negativpunkt zu bewerten. Die sozialen Komponenten gilt es bei der Beurteilung generell miteinzubeziehen: Einerseits weil die Leute den Boden vor Ort dank langjähriger Erfahrung bestens kennen, andererseits weil der Erfolg eines derartigen Projektes wesentlich an der Partizipation und der Unterstützung aller Beteiligten hängt. Würde nur dieser Faktor berücksichtigt, wäre Lehm N°1 favorisiert. Die Ziegel müssten jedoch von der 13km entfernten Lehmgrube bis zum Bauplatz transportiert werden. Der Transport ist ein Faktor, der in den Kapiteln Primärenergiegehalt und Baukosten genauer untersucht wird.

In der Zusammensetzung stellt der Tongehalt den Hauptunterschied der drei weiteren Lehme, N°1, N°2 und N°4, dar. Dabei ist Lehm N°2 wohl derjenige mit dem geringsten, Lehm N°1 mit dem höchsten Tonanteil. Ein hoher Tonanteil hat positive Auswirkungen auf die Bindekraft und die Festigkeit des Bauteils, jedoch ist das Schwindmass viel grösser als bei einer eher mageren Mischung. Ein magerer Lehm hätte Vorteile im Bezug eines minimalen Quell- und Schwindverhaltens. Eine optimale Kornverteilung gibt es nicht. Gemäss Minke würde eine günstige Kornverteilungslinie (Abb.16) für handgefertigte Lehmziegel sowohl genügend Grobsandbestandteile wie auch ausreichend Ton beinhalten.⁶²

In einem nächsten Schritt werden mit den Lehmen N°1 und N°2 Testbauteile hergestellt, welche wiederum auf ihre Eignung geprüft werden sollen.

58 vgl. Schroeder, 2010, S.50ff

59 vgl. <http://www.tbs.go.tz/index.php> [Zugriff:04.01.2017]

60 Broschüre: http://www.vegvesen.no/_attachment/336304/binary/585452 [Zugriff: 04.01.2017]

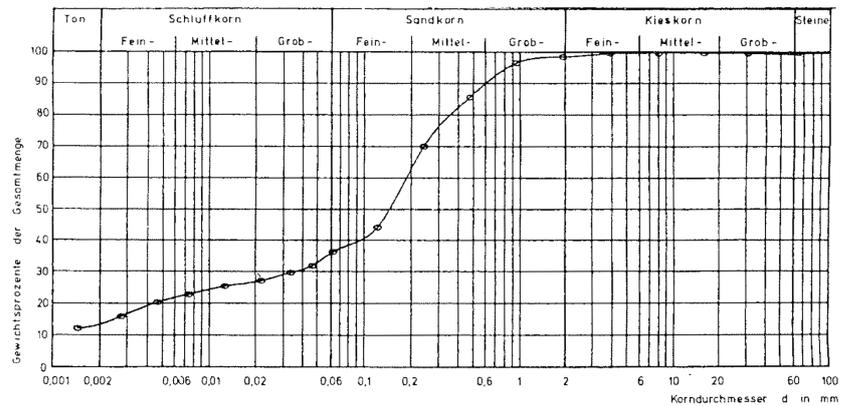
61 vgl. Röhlen; Ziegert, 2014. S.19ff & SIA [Hrsg], 1994, S.22 & Minke, 2012, S.19

62 vgl. Minke, 2012, S.75

Abb.15 Eignung von Baulehmen: Die Grafik aus der SIA Dokumentation D 0111 "Regeln zum Bauen mit Lehm" (1994) stellt die Einsatzmöglichkeiten von Baulehmen im Bezug auf Konsistenz und Korngrösse dar. Eine Siebanalyse sprengt jedoch den Rahmen von Handprüfverfahren bei weitem.

KONSISTENZ					KORN-GRÖSSEN
trocken	erdfeucht	plastisch	breiig	flüssig	
					organisch
					kiesig
					sandig
					siltig
					tonig

Abb.16 Günstige Konverteilungskurve für handgefertigte Lehmziegel nach Minke: "Die Gesteinspartikel von Lockergesteinen werden in ihrer Korngrösse in Fraktionen eingeteilt und nach ihrem prozentualen Anteil bestimmt. ... Die Siebanalyse liefert die Bestimmung der Korngrößenverteilung. Das Ergebnis wird in einem Diagramm als Siebkurve dargestellt."⁶³



3.3. Adobe

Adobe Ziegel sind an der Sonne getrocknete Lehmziegel, deren feuchte Mischung zuvor in eine Form gepresst oder gepatscht worden war. Die Bezeichnung Adobe ist ein Synonym für ungebrannte Ziegel und stammt aus dem Arabischen Wort „tôbe“ = Ziegel. Der Begriff wurde ins Spanische übernommen und gelangte so nach Süd- und Nordamerika, wo er wiederum dem Englischen einverleibt wurde.⁶⁴ Wie im einleitenden Text zur Geschichte des Lehmbaus erörtert, handelt es sich dabei um die älteste massive Lehmbauart. Als Massivlehm werden Lehmstoffe bezeichnet, die über keine Leichtzuschläge verfügen, eine Rohdichte von über 1600kg/m³ aufweisen und für den Bau von tragenden Wänden verwendet werden können.⁶⁵ Die nebenstehende Darstellung (Abb.17) zeigt die einzelnen Arbeitsschritte zur Herstellung von Adobeziegel im Alten Ägypten um 1500v.Chr.⁶⁶ Technische Neuerungen modifizierten die alte Technik im Verlaufe der Zeit. "So liess der kolumbianische Ingenieur Paul Ramirez 1957 die manuelle Presse "CINVA-RAM" patentieren und setzte sie beim Bau eines sozialen Wohnungsprojektes der CINVA ein. Mit Hilfe dieser einfachen Maschine konnte man schneller arbeiten und eine bessere Qualität von Lehmziegel herstellen, die der traditionellen, von Hand gemengten Ziegel überlegen ist."⁶⁷ Weiter wurden Maschinen entwickelt, die eine serienmässige Herstellung von Lehmziegel ermöglicht. (Abb.18) Trotzdem hat sich der Prozess, wie er im Alten Ägypten schon bekannt war, bis heute vielerorts nahezu unverändert gehalten. Dies ist vermutlich auf finanzielle und technische Möglichkeiten zurückzuführen. Wo die Mittel für sämtliche Bereiche des Lebens knapp sind und die Arbeit günstig ist, stellt auch eine einfache manuelle Presse eine unnötige Verschwendung dar. Auf die Region um Isele dürfte diese Aussage für die meisten Leute zutreffen. Werkzeug ist rar, importierte Güter teuer und die Arbeitskraft im Verhältnis zu Industrieprodukten günstig (Kap. Baukosten). Demnach werden Adobe von Hand hergestellt.

Herstellung von Hand

Der Produktionszyklus beginnt mit der Suche des Ausgangsmaterials und endet mit der Bereitstellung für die Anwendung am Bau. Dazwischen befinden sich mehrere Arbeitsschritte, die aufeinander abgestimmt werden müssen und im Optimalfall vor Arbeitsbeginn bereits alle klar sind. In Abb.19 wird der Prozess illustriert. Die Handwerker kannten sämtliche Schritte sehr gut und ihre Einschätzungen korrespondierten mit denjenigen der Literatur. Jedoch schienen Zusammenhänge teilweise fremd oder die Arbeitsgenauigkeit liess zu wünschen übrig.

Die Ausgangslage stellt eine funktionierende Baustellenorganisation dar, wobei insbesondere der Abbaustandort massgebend ist. Mittels vorhergehenden Materialtests kann eine Abschätzung zu den Materialeigenschaften getroffen werden und so eine geeignete Lehmgrube ausfindig gemacht werden. Diese Tests sind sinnvoll um einerseits Wissen über den Baustoff zu erlangen und andererseits umfangreiche Fehlproduktionen zu vermeiden. Weiter gilt es Fragen zur Wasserverfügbarkeit, zum vorhandenen Platz zum Trocknen und Lagern sowie zu einem allfälligen Transport zu klären. Generell sind kurze Distanzen und möglichst wenig zusätzliche Arbeitsschritte anzustreben.

Der Abbaustandort, der vorgängig vom humusreichen A-Horizont befreit werden muss, ist gleichsam Produktionsstätte. Im Abbauloch wird der Lehm aufgelockert, zu Krümmel zerkleinert und allenfalls mit Zuschlagstoffen gemischt. "Zuschlagstoffe verändern vor allem die physikalischen Eigenschaften der Lehmstoffe. Sie verringern das Schwinden beim Austrocknen und erhöhen die Zugfestigkeit sowie die Stabilität gegenüber Erosion. Leichtzuschläge verbessern die Wärmedämmung der aus diesen Lehmstoffen gefertigten Bauteile."⁶⁸ (Kap. Ziegeltests)

64 vgl. Dethier, 1982, S.12

65 vgl. SIA [Hrsg], 1994, S.9

66 vgl. Schroeder, 2010, S.6

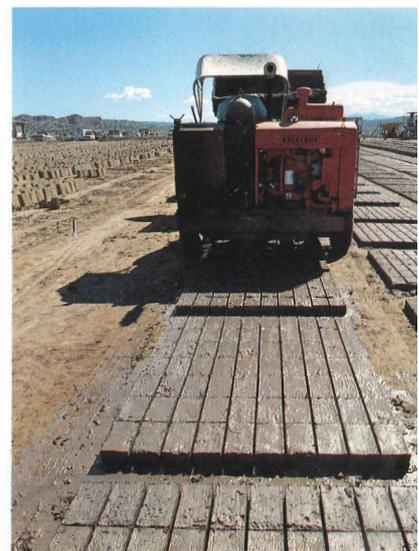
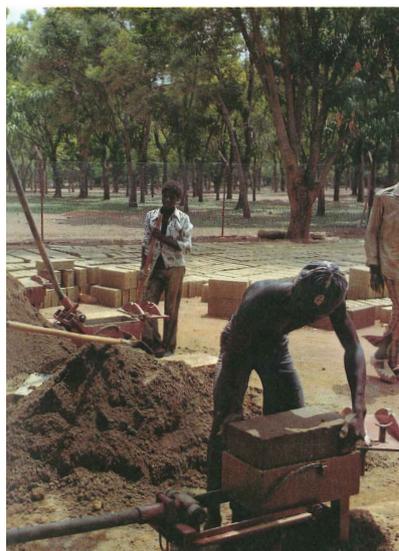
67 aus: Dethier, 1982, S.213

68 aus: Schroeder, 2010, S.94.

Abb.17 Adobeherstellung im Alten Ägypten: Die Darstellung im Grabmal des Grosswesiers Rehmire in Theben-West, zeigt die Adobeherstellung um ca 1500v.Chr.



Abb.18 Adobeherstellung mit modernen Mitteln: Links die Produktion mit Hilfe der manuellen Presse CINVA-RAM, rechts die serienmässige Herstellung mit einer Produktionsgruppe in New Mexico, USA, 1981.



Für die Adobeproduktion wird der Lehm dann mit Wasser gemischt (Abb.19 n°1). Die Zugabe des Wassers bewirkt, wie in den Abschnitten "Zusammensetzung" und "Materialeigenschaften" erläutert, ein Quellen und demnach während des Trocknungsprozesses ein Schwinden des Rohlings. Während im Stampflehmbau das Schwind-Phänomen negative Auswirkungen wie Risse nach sich zieht, kann es bei kleineren Bauteilen besser in die Planung miteinbezogen werden, da das Schwinden vor dem Einbau stattfindet. Das Trockenschwindmass gilt es jedoch bei der Bemessung der Schalung zwingend zu berücksichtigen, um das gewünschte Fertigmass der Ziegel zu erreichen.⁶⁹ Insbesondere beim Sicht- und Verbandmauerwerk könnten ansonsten Abweichungen entstehen.

Sowohl mit den Füßen wie auch mit Werkzeugen wird die Mischung zu einer plastischen Masse aufbereitet (Abb.19 n°2). Eine optimale Durchmischung verbessert die Bindekraft des Tons, denn durch das mechanische Kneten werden die Anziehungskräfte der einzelnen Tonplättchen verstärkt.⁷⁰ Lehm aus ein und derselben Mischung kann eine unterschiedliche Bindekraft aufweisen, je nachdem, wie gut er aufbereitet wurde.⁷¹ Zur Überprüfung des Wassergehalts und der Homogenität der Mischung kann der bei Materialtest beschriebene "Kugelfalltest" wiederholt angewendet werden.

Für die weiteren Schritte wird ein grossflächiger Platz benötigt. Vorbereitend sollte dieser geebnet werden. Grenzt die Fläche nicht unmittelbar an den Abbauort an, muss die Masse dahin transportiert werden (Abb.19 n°3). Um ein Trocknen frei von Zwängung zu ermöglichen, darf die Fläche nicht haftend sein. Eine Haftung kommt durch Verzahnung und/oder durch Kapillarkräfte zustande. Mit einer lockeren Bodenoberfläche aus Sand oder Erde wird dem entgegengewirkt.

Die zu einer weichen Konsistenz aufbereiteten Lehm Masse wird nun zum Ziegel geformt. Dabei wird sie mit der Hand schwingvoll in die am Boden liegende, gewaschene Schalung gepatzt und die Lagerfläche von Hand, mit einem Holz oder einem Draht abgezogen. (Abb.19 n°4) "Je kraftvoller die Lehmklumpen in die Formen geworfen werden, um so besser ist die Verdichtung und die Festigkeit des Steins nach der Ausrocknung."⁷² "Durch die Impulsverdichtung richten sich die Tonmineralplättchen normal zur Richtung des Impulseintrags aus."⁷³ Beim Vermauern der fertigen Adobeziegel wird die Richtung des Produktionsvorgangs wieder berücksichtigt (Kap. Mauern mit Adobe).

Die verwendete Schalung besteht aus zwei Elementen; einer Grundplatte mit Fussleisten und einer Form. Letztere besteht aus vier stabil miteinander verbundenen Seiten die Läufer- und Stirnflächen der Ziegel bilden, wobei die Stirnseiten mittig mit Haltegriffen versehen sind. Traditionell bestehen die Adobe-Schalungen aus Holz und werden in einfachster Art mit Nägel hergestellt. Obwohl eine derartige Schalung einfach reproduzierbar ist, weist sie Nachteile auf: Die raue Oberfläche des Holzes zeichnet sich in derjenigen der Ziegel ab, die Kanten sind teilweise unscharf, die Holzform quillt und verfälscht die Form und letztlich weist sie nur eine beschränkte Lebensdauer auf. Aus diesen Gründen entwarfen wir eine Stahlschalung, die in mehrfacher Ausführung produziert wurde. Neben der höheren Formgenauigkeit verringert sich dadurch auch der Aufwand zum Waschen der Schalung, was vor jedem neuen Ziegel gemacht werden muss, um Materialreste zu entfernen und die Entformung zu vereinfachen.

Die gefüllte Schalung wird auf der vorbereiteten Ebene gestürzt, die Oberfläche mit der Grundplatte der Schalung sorgfältig glattgestrichen und die Ziegel durch Hochziehen der Stahlschalung entformt (Abb.19 n°5). Dabei gilt es Verformungen zu vermeiden, da das Materialgefüge beim Austrocknen diese wieder annehmen könnte.

In dieser Position beginnt die erste Austrocknungsphase (Abb.19 n°6). Um ein gleichmässiges Trocknen zu ermöglichen und ungleichmässige Verformungen, wie aufstehende Ecken und Schwindrisse vorzubeugen werden die Ziegel vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt. Dies kann mit Heu oder Bauplanen geschehen. Gleichzeitig sollte aber auch auf eine gute Belüftung geachtet werden. Denn bei hoher Luftfeuchte und geringer Luftbewegung ist

Abb.19 Produktion: Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte der Adobe-Herstellung (nach der Suche eines geeigneten Lehms)

- 1 Aufgelockerter und zu Krümmel zerkleinerter Lehm mit (Zuschlagstoffen und) Wasser mischen; kann direkt im Abbauloch stattfinden
- 2 Aufbereitung zu einer plastischen Masse; mischen mittels Füßen und Werkzeugen
- 3 Transport zum "Patzort" (optionaler Arbeitsschritt; Schritt 4 kann auch direkt am Ort der Aufbereitung erfolgen)
- 4 Patzen der Lehmklumpen in die zuvor mit Wasser gewaschene Schalung
- 5 Stürzen der Schalung auf ausgeebneter Fläche, Abziehen der Oberfläche & sorgfältiges Entfernen der Schalung.
- 6 Austrocknen während mehreren Tagen; vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt (zB. Bedecken mit Heu)
- 7 Entfernen der Abdeckung & Drehen auf die Stirnseite (Schritt erst mit formstabilen/ teilweise trockenen Ziegeln)
- 8 Aufstapeln der komplett ausgetrockneten Ziegel (Dauer ca. 2-3 Wochen); vor Witterung geschützt

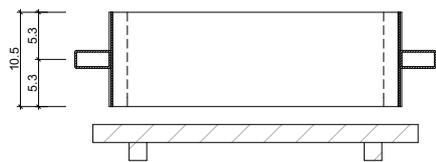
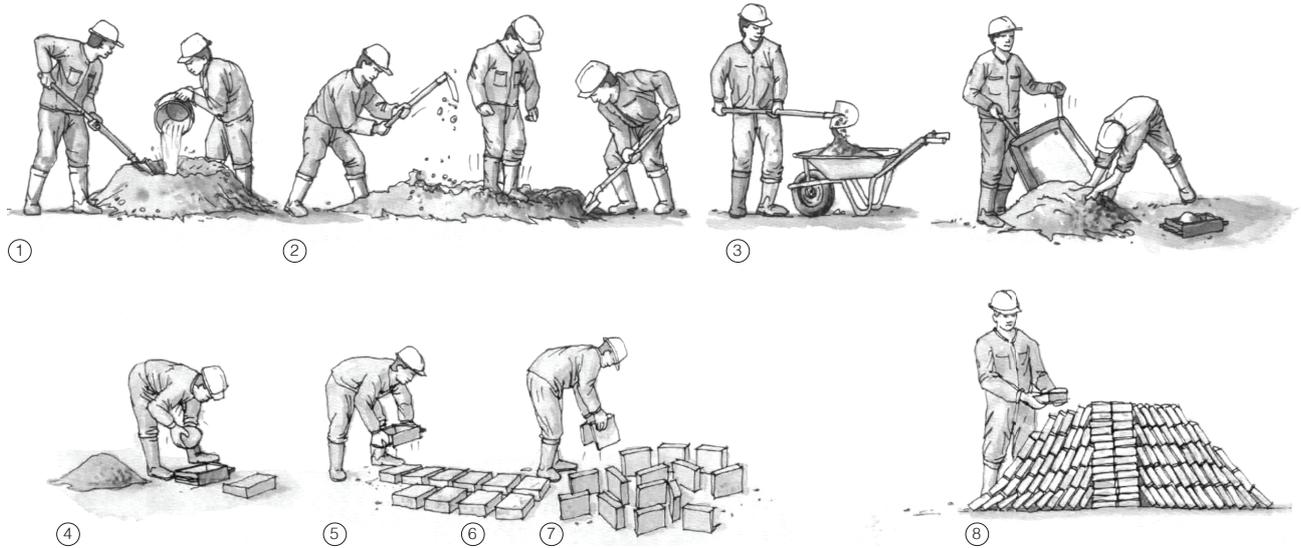
69 vgl. SIA [Hrsg], 1994, S.29

70 vgl. SIA [Hrsg], 1994, S.17

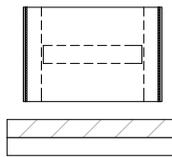
71 vgl. Minke, 2012, S.44

72 aus: Minke, 2012, S.72

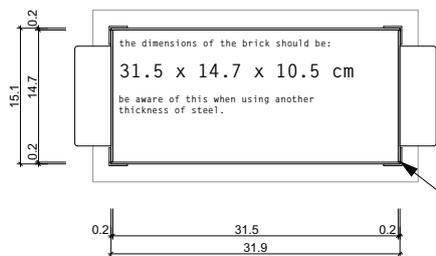
73 aus: Schroeder, 2010, S 101



section

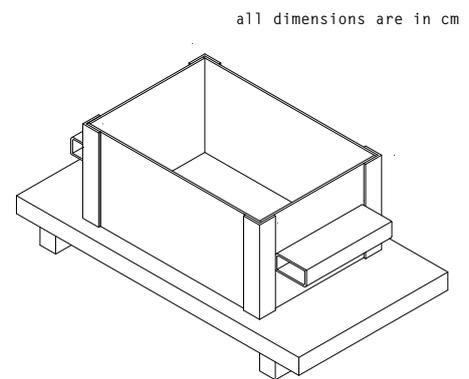


cross section



top view

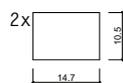
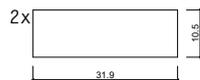
weld from outside:
to get sharp edges in the mould



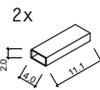
isometric view

parts:

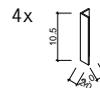
brick mold
2mm steel



20 x 40mm steeltube



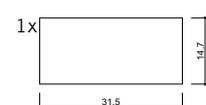
20 x 20mm L-profil



wooden base
20mm pine wood



wooden flattener (optional)
20mm pine wood



single brick mould

scale 1:5, 17.07.2016, rf

Schalung: Revidierter Plan der entworfenen Stahlschalung. Neben den Vorgaben des Sicht-Verbandmauerwerks wurde das Schwindverhalten des Lehms sowie der Herstellungsablauf der Ziegel im Entwurf miteinbezogen.

der Wassertransport aus dem Innern des Lehmbauteils sehr niedrig, was insbesondere bei Lehmbaustoffen mit organischen Faserzuschlägen zu Schimmelpilzbildungen führen kann.⁷⁴

Zum endgültigen Trocknen (Abb. 19 n°7) werden die noch feuchten, jedoch formstabilen Ziegel auf die Stirnseite gedreht. Je nach Sonnenintensität kann die Abdeckung entfernt oder schrittweise vermindert werden. "Die Trocknungsgeschwindigkeit des feuchten Lehmbauteiles ist abhängig von einer Reihe von Faktoren: dem Anfangswassergehalt, der Bauteildicke, der vorherrschenden Witterung und den lokalen Bedingungen für die natürliche Austrocknung sowie der Art der Wasserbindung an die mineralische Substanz des Lehmbaustoffes mit ihrer jeweiligen Tonmineralstruktur. Durchschnittswerte für Trocknungszeiten von Lehmbaustoffen und Lehmbauteilen kann man deshalb auch nur in relativ grob geschätzten Zeiträumen angeben."⁷⁴ Verläuft der Austrocknungsprozess ideal, müssen in den Sommermonaten in Isele ungefähr zwei bis drei Wochen eingeplant werden.

Die komplett ausgetrockneten Adobeziegel werden auf der Baustelle aufgestapelt und für die Anwendung am Bau bereitgestellt (Abb. 19 n°8). Die produzierten Ziegel müssen vor Wetter und mechanischer Beschädigung geschützt gelagert werden.

Gebrannte Tonbodenplatten

Lehmbauteile, die direkt der Witterung oder grosser mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind, müssen entweder geschützt oder modifiziert werden. Für den Bodenbelag der öffentlich zugänglichen Zwischenräume wurden deshalb gebrannte Tonplatten entwickelt.

Das Verfahren der Aufbereitung, Formgebung und Trocknung ist dabei mit obenstehendem der Adobe nahezu identisch. Die Sichtfläche des noch nicht vollständig durchgehärteten Rohlings wird zusätzlich einer Oberflächenveredelung unterzogen; Mit den Händen wird sie erst glatt gestrichen und dann mit einem Esslöffel von Hand poliert. Die Poren lassen sich dabei schliessen und die Oberfläche erhält einen leichten Glanz. Während des Poliervorgangs können ferner Unebenheiten mit Schlicker desselben Ausgangsmaterials ausgefüllt werden. Dieser Veredelungsprozess ist äusserst arbeitsaufwändig.

Nach Abschluss des Trocknungsprozesses werden die Rohlinge - in der industriellen Fertigung "Grünlinge" genannt - gebrannt und dadurch wasserfest.⁷⁶ Für den Brennvorgang werden die Rohlinge systematisch zu einem Brennofen - vergleichbar mit einem Kohlenmeiler - aufgestapelt. Die Hauptseite der Platten ist dabei stets zum Zentrum gerichtet und der Verlauf der Fugen wechselt in jeder Schicht ihre Richtung. Im untersten Bereich des Ofens werden Feuerräume freigehalten. Die Anzahl dieser Feuerräume wird anhand der Menge zu brennenden Platten abgeschätzt und ihre Lage nach der Hauptwindrichtung ausgerichtet.

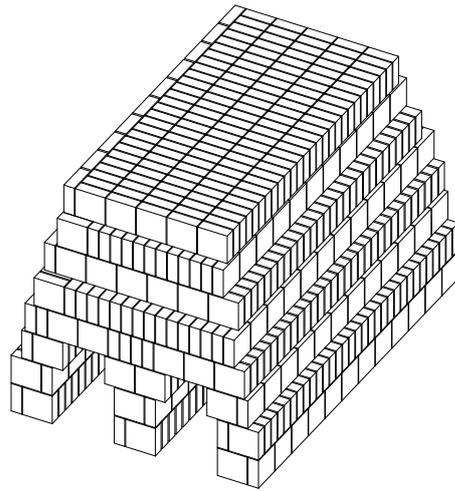
Vor dem Brennprozess wird der gesamte Ofen bis auf die Öffnungen an einer Seite mit Lehm umhüllt; die Rissen werden so vermindert und die Hitze entweicht langsamer. Nach einem Tag intensiven Feuerns werden auch die offen gelassenen Öffnungen verschlossen und die Glut im Innern sich selbst überlassen. Nach zwei bis drei Tagen ist der Ofen ausgekühlt und die fertigen Produkte können am Bau eingesetzt werden. Im Vergleich zu Lehmbaustoffen steht hier am Ende ein gebrannter Ziegel, der nicht mehr wasserlöslich ist und durch eine edle Oberfläche ausgezeichnet ist, jedoch einen höheren Energieaufwand für das Brennen erfordert und nicht ins Ausgangsmaterial zurückverwandelt werden kann.

Die Herstellungsart bleibt dennoch interessant, da sie komplett auf lokalen Materialien basiert und auf keine Importe angewiesen ist. So könnte ein modifiziertes Verfahren in der Dachkonstruktion, in Form gebrannter Dachziegel, Anwendung finden. Das zusätzliche Gewicht dürfte zwar Schwierigkeiten mit sich bringen, doch wäre es eine Prüfung durchaus wert.

74 vgl. Schroeder, 2010, S 110ff

75 aus: Schroeder, 2010, S 110ff

76 vgl. Schroeder, 2010, S 100



Isometrie Ofen: Die getrockneten und veredelten Platten (1266 Stk) werden systematisch zu einem Brennofen aufgestapelt.



Placierung: Der Ofen wird nach Hauptwindrichtung nahe am Bauplatz aufgebaut und ausgerichtet. Vor dem Brennprozess wird der Ofen mit Lehm umhüllt, um die Rissen zu vermindern und somit die Hitze langsamer entweichen zu lassen.

3.4. Ziegeltests

Die hergestellten Adobeziegel werden auf ihre Einsatzfähigkeit geprüft. Die Verfahren müssen vor einer Massenerzeugung und der Anwendung am Bau durchgeführt werden, um Einschätzungen zur Leistungsfähigkeit im Bezug auf die am Bauteil einwirkenden Kräfte, wie Druck, mechanischer Abnutzung und Regen frühzeitig zuzulassen.

Zugunsten qualitativer Vergleiche ist eine umfangreiche Versuchsmenge vorteilhaft. Verschiedene Zusammensetzungen können zeitgleich experimentell geprüft und zueinander abgewogen werden. Basierend auf den mittels Handprüfverfahren erarbeiteten Materialkenntnissen (Kap. Materialtest), können unterschiedliche Mischungen ausprobiert werden. Dabei steht neben der Wahl des Ausgangsmaterials das Beifügen von Additiven im Zentrum (Abb.20). "Die nachteiligen Eigenschaften des Lehms als Baumaterial, wie Trockenschwindung, relativ geringe Druckfestigkeit, Wasserempfindlichkeit und ungenügende Wärmedämmung, können mittels Zuschlagstoffen und/oder Zusätzen verbessert werden. Eine solche Veränderung des Lehm-Baustoffs wird auch Stabilisation genannt, der Lehm wird stabilisiert. Im Hinblick auf mögliche Veränderungen der Materialeigenschaften als Ganzes und aus ökonomischen Überlegungen müssen die Vor- und Nachteile einer solchen Massnahme jedoch gut überlegt werden.

Zuschlagstoffe werden nach ihrem mineralischen (z.B. Sand, Kies, Trass, Ziegelmehl) oder organischen Charakter (z.B. Stroh, Holz, Kork) unterschieden. Zuschlagstoffe können die statische Festigkeit des Lehms verbessern und sein Schwindmass verringern. Mit organischen Zuschlägen wird die Wärmedämmung erhöht, die Druckfestigkeit und die Feuerbeständigkeit jedoch verringert. Faserige Zuschläge wirken als Armierung."⁷⁷

"Zusätze, die man ebenfalls in mineralische und organische unterteilt, verändern die chemische Struktur der Tonminerale des Lehms und können damit ungünstige Eigenschaften, z.B. das Schwinden und Quellen, vermindern. Sie erhöhen darüber hinaus die Druck- und Abriebfestigkeit sowie die Witterungsstabilität der Lehm-Bauteile. Beispiele für organische Zusätze sind Pflanzensäfte, tierische Exkremente u.a."⁷⁸ Gerade bei Verwendung letzterer gilt es nicht nur die bautechnischen Eigenschaften, sondern auch den Arbeitsaufwand und kulturelle Komponente in der Entscheidung miteinzubeziehen.

Die Suche nach einer passenden Mischung und die Durchführung der Testverfahren ist zeitintensiv und muss inklusive der nötigen Austrocknungsdauer der Testziegel im Zeitplan mitberücksichtigt werden. Das Verfahren scheint trotzdem äusserst relevant, da die Folgen einer Anwendung eines leistungsschwachen und somit ungeeigneten Bauteils schwerwiegende Konsequenzen für das Bauwerk haben könnte. Mögliche Folgen reichen von optischen Mängeln, über Kurzlebigkeit durch Abschlämmen oder Verschleiss bis zum unmittelbaren statischen Versagen. Erst mit dem Nachweis ihrer Gebrauchstauglichkeit können Lehm-Baustoffe zu Bauteilen und Konstruktionen verarbeitet werden.

Die nachfolgenden Testverfahren sind, analog der Materialtests, äusserst elementar und basieren auf den vor Ort vorhandenen, wenigen Hilfsmitteln.

- 1. Schwindrisse: Während und nach dem Trocknungsprozess werden die Probeziegel visuell auf Schwindrisse untersucht. Sind bereits am frisch hergestellten Rohling Risse wahrnehmbar, eignet sich dieser nicht und die Mischung muss überarbeitet werden. Weist der komplett ausgetrocknete Adobeziegel breite-, oder auch nur Haarrisser auf, ist er zu modifizieren.⁷⁹ Einerseits gilt es optimale Austrocknungsbedingungen - geschützt vor direkter Sonneneinstrahlung bei gleichzeitig guter Belüftung - herzustellen und allfällige Zuschlagstoffe zu optimieren.
- 2. Kantenfestigkeit: "Die Kantenfestigkeit ist ein Maß für die Stabilität vorstehender Kanten an Tür- oder Wandöffnungen ... bei mechanischer Beanspruchung im Gebrauchszustand."⁸⁰ "Bei der Verwendung von Lehmsteinen und Lehmplatten ist deren geringe Kantenfestigkeit häufig ein Problem. Schon

77 aus: SIA [Hrsg.], 1994, S.35

78 aus: Schroeder, 2010, S.94ff

79 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.57ff [Manual]

80 aus: Schroeder, 2010, S.165

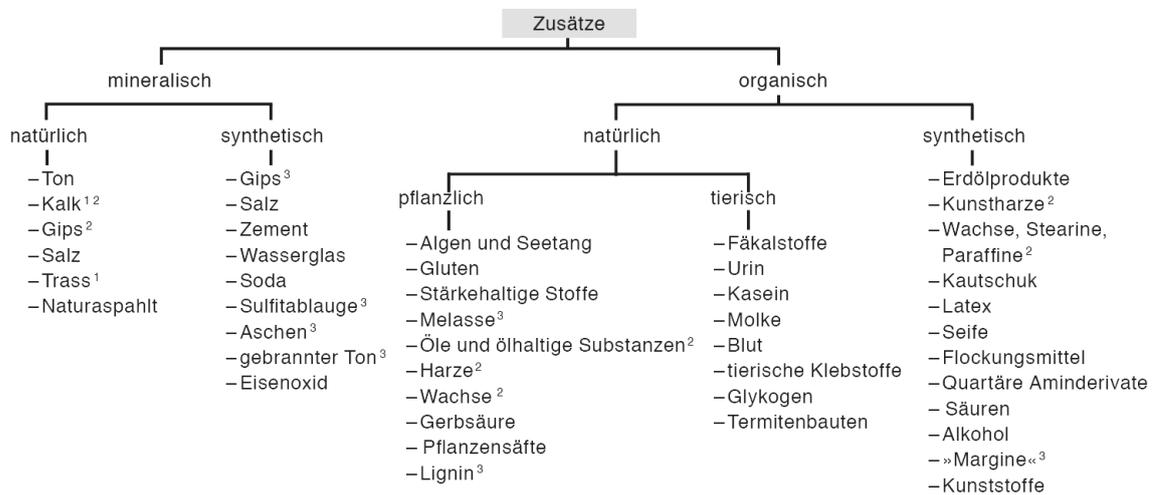
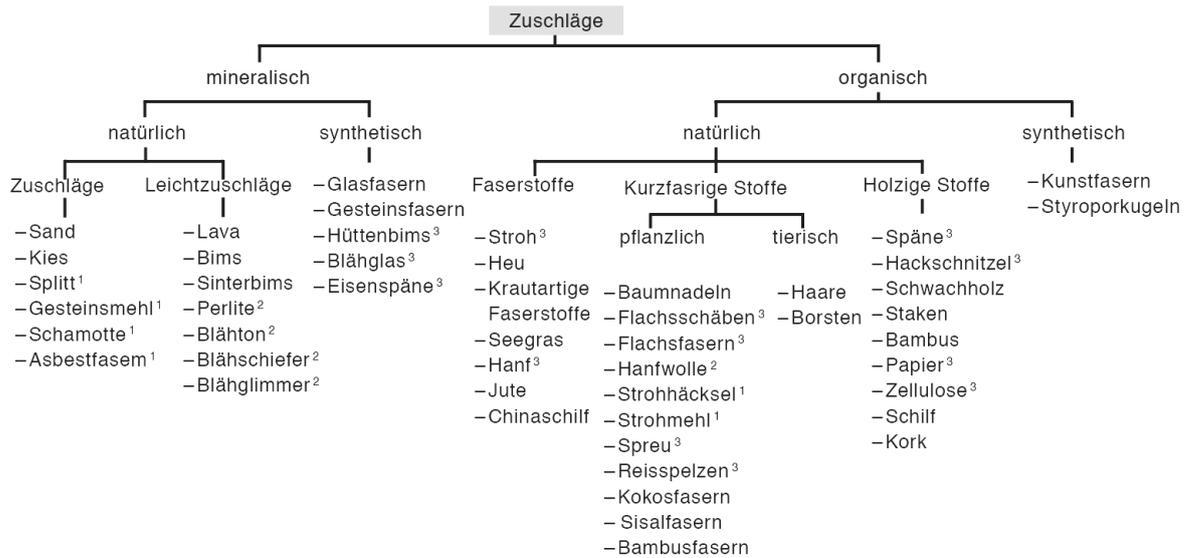


Abb.20 Zuschlag- und Zusatzstoffe: Übersicht zu möglichen Additiven in der Lehmischung.

¹ mechanisch aufbereitet
² thermisch aufbereitet
³ Neben- oder Abfallprodukt

beim Abladen und Hantieren auf der Baustelle kann es passieren, dass Kanten beschädigt werden.⁸¹ Ohne Hilfsmittel kann die Kantenfestigkeit lediglich visuell und von Hand abgeschätzt werden. Sind die Kanten scharf und schwierig abzubrechern weist dies auf eine hohe Bindekraft des Lehms und eine entsprechend hohe Kantenfestigkeit hin. Bei geringer Kantenfestigkeit - sichtbar durch unförmige Kanten und spürbar durch einfaches Abbrechen - muss der Ziegel ausgeschlossen werden.⁸²

- 3. Oberflächentextur: Neben den Schwindrissen wird die Oberfläche auf ihre Haptik untersucht. Eine raue Oberfläche deutet auf eine zu magere, eine fast glänzende auf eine zu fette Mischung hin. Ist die Textur der Oberfläche glatt, scheint die Mischung geeignet.⁸²

- 4. Aufschlammbarkeit (Tauchen): Die qualitative Bewertung der Beständigkeit von Lehmbaustoffen gegenüber Wasser wird Aufschlammbarkeit genannt. Dabei wird ein Probekörper teilweise in ein Gefäß mit Wasser gehängt und sein Aussehen nach 10 Minuten visuell beurteilt. (Abb.21) Ist der Massenverlust kleiner als 5% (visuell bewertet oder anhand der im Gefäß überbleibenden Teile gemessen), kann der Adobeziegel als geeignet eingestuft werden.⁸³

Nach "...DIN 18952-2 wird das Aussehen nach 45 und 60 min visuell beurteilt. Ist der untere Teil des Prüfkörpers nach 45 min bereits vollständig abgetrennt, handelt es sich um wenig dauerbeständigen Lehm. Nach mehr als 60 min ist er entsprechend schwer aufschlammbar, gut wasserbeständig und damit als Lehmbaustoff geeignet."⁸⁴ Jedoch sollte ein Lehmbauteil generell nie im Wasser stehen, weshalb der Test nur bedingt hilfreich ist; Relevanter scheint der Test zur Abschlammbarkeit (Schlagregen).

- 5. Kontakt: Der Test simuliert die Wirkung einer 1.5 cm starken Mörtelschicht. Ein mit Wasser durchtränktes, absorbierendes Tuch wird auf eine Oberfläche des Adobeziegels gelegt. Erscheinen dabei Risse im Ziegel oder verformt sich dieser, kann er nicht mit Mörtel eingesetzt werden.⁸⁵

- 6. Kapillarität: "Die Eigenschaft, Wasser in einer bestimmten Zeit aufzunehmen, ist bei den verschiedenen Lehmen sehr unterschiedlich ausgeprägt: ... In fetten Lehmen und Tonen reicht der Kapillartransport der Feuchte wegen der kleineren Poren im Vergleich zu mageren Lehmen weiter. Wegen der stärkeren Quellverformungen der fetten Lehme und Tone ist er jedoch im Vergleichszeitraum effektiv kürzer, denn die quellenden Tonminerale behindern ein weiteres Vordringen der Feuchte."⁸⁶ Um den Kapillartransport zu testen, wird ein Probekörper während 3-24 Stunden auf eine nasse Stoffunterlage gelegt und anschließend beobachtet. Entstehen aufgrund der Kapillarwirkung Risse, muss der Ziegel ausgeschlossen werden.⁸⁷

- 7. Fallenlassen: Der Probekörper wird aus ungefähr 1.5m Höhe auf den harten Boden fallen gelassen. So wird der Widerstand eines Bauteiles gegen Schlag- und Stoßbeanspruchung abgeschätzt. Je mehr Energie beim Test angewendet werden kann, umso zäher ist der Probekörper. Die Größe und Art der Abplatzungen können ähnlich des Kugelfalltests (Kap. Materialtest) interpretiert werden.

- 8. Abschlammbarkeit (Schlagregen 30min): Wenn Regenwasser konzentriert über Lehmbauteile abläuft, werden dabei Lehmpartikel abgeschwemmt. Dies kann während des Bauprozesses bei falscher Abdeckung oder am Gebäude bei geringem konstruktiven Schutz vorkommen.⁸⁸ Um die Empfindlichkeit bei Schlagregen zu simulieren, bastelten wir eine improvisierte Versuchsanordnung.⁸⁹ Ein Wasserstrahl mit einer Intensität von 1.2 Liter pro Min. prallt während 30 Minuten im 45° Winkel auf die Lehmoberfläche. Die Abschlammrillen werden anschließend optisch verglichen und beurteilt. Je geringer das Ausmass der Erosion, desto resistenter ist der Adobeziegel bei Schlagregen. Generell zeigt magerer Lehm wenig Widerstand, fetter Lehm ist bei Rissfreiheit nahezu regenfest.⁸⁸

Nachfolgend werden Adobeziegel unterschiedlicher Zusammensetzungen geprüft. Die getesteten Adobeziegel werden mit Nummern versehen; dabei steht die erste Zahl für die Lehmgrube (Kap. Testresultate Lehmproben), die zweistellige Zahl nach dem Punkt für die verwendete Mischung.

81 aus: Minke, 2012, S.36

82 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.58ff [Manual]

83 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.59 [Manual] & Minke, 2012, S.26

84 aus: Schroeder, 2010, S.167

85 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.59 [Manual]

86 aus: Schroeder, 2010, S.167ff

87 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.60 [Manual]

88 vgl. Minke, 2012, S.26ff

89 basierend auf einer Versuchsanordnung des Forschungslabors für Experimentelles Bauen der Universität Kassel. > vgl. Minke, 2012, S.26ff

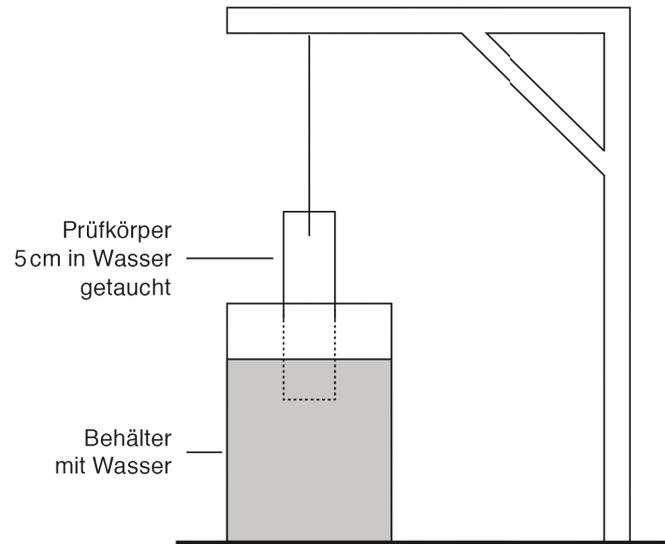
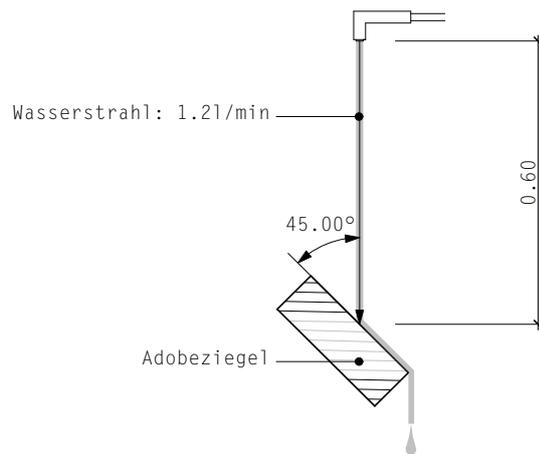


Abb.21 Aufschlammbarkeit: Die Versuchsanordnung ermöglicht eine qualitative Bewertung der Wasserbeständigkeit von Lehmstoffen.



Abschlammbarkeit: Die improvisierte Versuchsanordnung, abgeleitet von einem Test des Forschungslabors für Experimentelles Bauen der Universität Kassel, simuliert Schlagregen.

Testresultate Ziegeigenschaften

Ziegel_N° 1.01
 Lehm N°1; Kikurue
 Zuschlag kein

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	Sehr fest	hohe Festigkeit (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	glatt, teilw. Lufteinschlüsse	Mischung teilw. unregelmässig
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion	gute Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	zwei Risse	erhöhte Kapilarwirkung
7. Fallenlassen	keine Abplatzung/kein Bruch	hohe Festigkeit
8. Abschlammbarkeit	leichte Erosion	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	- Verformungen aufgrund des unebenen Geländes	
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - für das Bauen geeignet; tendenziell zu fett - relativer Tongehalt mit Zuschlägen verringern - keine Verbesserung der bestehenden Adobe-Technik 	

Ziegel_N° 1.02
 Lehm N°1; Kikurue
 Zuschlag Piniennadel, ungehackt

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	ja	zu wenig lang abgedeckt bei Austrocknung
2. Kantenfestigkeit	Sehr fest	hohe Festigkeit (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	glatt, teilw. Lufteinschlüsse	Mischung teilw. unregelmässig
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion	gute Feuchteresistenz
5. Kontakt	unklar, da zuvor Risse	nicht bewertbar
6. Kapillarität	unklar, da zuvor Risse	nicht bewertbar
7. Fallenlassen	keine Abplatzung/kein Bruch	hohe Festigkeit
8. Abschlammbarkeit	geringe Erosion	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Ecken verformen sich nach oben > zu wenig lang abgedeckt bei Austrocknung - Nester von Piniennadeln da unsorgfältig gemischt - Piniennadeln müssten vor der Beimischung zerhackt werden (max. Länge des Zuschlagstoffes soll Dimension des Bauteiles nicht überschreiten⁹⁰) - Bei einem reziproken Mischungsverhältnis (Lehm lediglich als Bindemittel) kann die Mischung als Dämmung (zB. Decke) eingesetzt werden. 	
Fazit	- da die Testreihe mit zu wenig Sorgfalt hergestellt wurde, kann kein qualitatives Fazit gezogen werden	

Verformung: Das geneigte Terrain hinterlässt Spuren an den Ziegel. Perfekte Exemplare sind rar.



Ungleichmässige Verteilung: Da die beigegeben Piniennadeln unsorgfältig in die Lehmmasse eingearbeitet wurden, sind die Ziegel von unregelmässigen Ansammlungen geprägt. Solche "Nester", wo der Zuschlag nur unvollständig von Lehm umhüllt ist, dürfen gilt es zu vermeiden.⁹¹



91 vgl. Minke, 2012, S.51

Ziegel_N° 1.03
 Lehm Lehm N°1; Kikurue
 Zuschlag Sisal-Fasern

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	Sehr fest	hohe Festigkeit (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	eher glatt	ausgewogene Mischung
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion	gute Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	keine Risse	geringe Kapillarität
7. Fallenlassen	keine Abplatzung/kein Bruch	hohe Festigkeit
8. Abschlammbarkeit	Erosion kaum wahrnehmbar	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	- die Gewinnung und die Beimischung der Fasern ist mit übermässigem Aufwand verbunden. Eine Nachahmung ist nicht realistisch.	
Fazit	- der Ziegel wäre für den Bau geeignet, jedoch ist die Produktion zu aufwändig	

Ziegel_N° 1.04
 Lehm Lehm N°1; Kikurue
 Zusatz Kuhdung

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	Sehr fest	hohe Festigkeit (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	eher glatt	ausgewogene Mischung
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion	gute Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	keine Risse	geringe Kapillarität
7. Fallenlassen	keine Abplatzung/kein Bruch	hohe Festigkeit
8. Abschlammbarkeit	Erosion kaum wahrnehmbar	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	- "Bei Zusatz von Mist sollte die nasse Mischung je nach Temperatur 1 bis 4 Tage lagern, bis ein teilweiser Fermentierungsprozess eingetreten ist..." ⁹² - Die Beimischung von Kuhdung scheint kulturell nicht akzeptiert. Eine Nachahmung ist unwahrscheinlich.	
Fazit	- Die erwünschte Wasserfestigkeit des im Kuhdungs enthaltenen Kaseins kann mittels den erstellten Testexemplaren nicht eruiert werden. Ein Test grösseren Massstabs, zB eine Wand, müsste über eine längere Zeitspanne erprobt werden.	

Zuschlag Sisal: Aus den Blättern des Sisals werden in mehreren Arbeitsschritten Fasern gewonnen.



Zuschlag Kuhdung:⁹³ Durch das im Kuhdung enthaltene Kasein wird eine bessere Wasserbeständigkeit des Ziegels angestrebt.



93 vgl. Minke 2006, S.39

Ziegel_N° 1.05
 Lehm Lehm N°1; Kikurue; Ziegel gebrannt
 Zuschlag kein

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	brechbar	mittelfest (weniger stark als Adobe)
3. Oberflächentextur	glatt, leicht sandig, keine sichtbaren Poren	ausgewogene Mischung
4. Aufschlammbarkeit	keine Erosion wahrnehmbar	optimale Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	keine Risse	geringe Kapillarität
7. Fallenlassen	viele Stücke	spröde
8. Abschlammbarkeit	keine Erosion wahrnehmbar	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Die Farbe und Festigkeit der gebrannten Ziegel variiert je nach Position im Brennofen/stapel stark. - Eine Wiederverwendung des Rohmaterials ist nach dem Brennvorgang nicht möglich. - Der Kern des Ziegels ist jeweils nur beschränkt gebrannt. 	
Fazit	- Die gebrannten Ziegel könnten für exponierte Stellen eingesetzt werden.	

Ziegel_N° 1.06
 Lehm Lehm N°1; Kikurue; polierte Oberfläche
 Zuschlag kein

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	Sehr fest	hohe Festigkeit (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	glatt	ausgewogene Mischung
4 - 8	-	nicht getestet
Bemerkungen	- Die Oberfläche wird vor kompletter Austrocknung erst mit den Händen glatt gestrichen, danach mit einem Löffel poliert.	
Fazit	- Die Poren in der Oberfläche lassen sich durch den Poliervorgang gut schliessen. Eine Anwendung dieser Art der Veredelung für Wandziegel ist wegen des Arbeitsaufwandes unverhältnismässig; für Sonderteile jedoch möglich.	

Brennofen: Die komplett ausgetrockneten Adobe-Ziegel werden zu einem Ofen aufgestapelt. Nach dem eintägigen Brennvorgang müssen sie einige Tage auskühlen, bevor sie am Bau verwendet werden können.



Polierte Oberfläche: Wird die Oberfläche des Adobe-Ziegels vor kompletter Austrocknung mit Händen glatt gestrichen und mit Löffel poliert, können die Poren geschlossen werden.



Ziegel_N° 2.01
 Lehm Lehm N°2; Maisfeld
 Zuschlag kein

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	brechbar	mittelfest (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	glatt, leicht sandig, keine sichtbaren Poren	ausgewogene Mischung
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion, merkliches Aufweichen	mittlere Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	keine Risse	geringe Kapillarität
7. Fallenlassen	grossvolumige Abplatzung	mittelhohe Festigkeit.
8. Abschlammbarkeit	leichte Erosion, merkliches Aufweichen	für Aussenwand beschränkt geeignet
Bemerkungen	- keine Verformungen der Produktion wahrnehmbar	
Fazit	- für das Bauen beschränkt geeignet - der Boden könnte (fast) unverändert für die Ziegelproduktion verwendet werden - Handwerker & Dorfbevölkerung nicht überzeugt	

Ziegel_N° 2.02
 Lehm Lehm N°2; Maisfeld
 Zuschlag Piniennadeln, ungehackt

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	kleine Schwindrisse sichtbar	Piniennadeln zu lang
2. Kantenfestigkeit	brechbar	mittelfest (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	glatt, leicht sandig, keine sichtbaren Poren	ausgewogene Mischung
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion, merkliches Aufweichen	mittlere Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	keine Risse	geringe Kapillarität
7. Fallenlassen	grossvolumige Abplatzung	mittelhohe Festigkeit.
8. Abschlammbarkeit	leichte Erosion	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	- keine Verformungen der Produktion wahrnehmbar - Piniennadeln müssten vor der Beimischung zerhackt werden (max. Länge des Zuschlagstoffes soll Dimension des Bauteiles nicht überschreiten ⁹⁴)	
Fazit	- für das Bauen beschränkt geeignet - Handwerker & Dorfbevölkerung nicht überzeugt	

Simulation Schlagregen: Im improvisierten Testlabor wird der Adobe-Ziegel während 30 Minuten einem Wasserstrahl ausgesetzt. Damit wird die Abschlämbarkeit bei Schlagregen getestet.



Schwindrisse: Die Oberflächen der Testziegel mit unzerhackten Piniennadeln weisen viele kleine Schwindrisse auf.



Ziegel_N° 2.03
 Lehm Lehm N°2; Maisfeld
 Zuschlag Piniennadeln, gehackt, ca. 3-4cm

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	brechbar	mittelfest (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	glatt, leicht sandig, keine sichtbaren Poren	ausgewogene Mischung
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion, merkliches Aufweichen	mittlere Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	keine Risse	geringe Kapillarität
7. Fallenlassen	grossvolumige Abplatzung	mittelhohe Festigkeit.
8. Abschlammbarkeit	leichte Erosion	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	- keine Verformungen der Produktion wahrnehmbar	
Fazit	- für das Bauen gut geeignet - Handwerker & Dorfbevölkerung nicht überzeugt	

Ziegel_N° 2.04
 Lehm Lehm N°2; Maisfeld
 Zusatz Kuhdung

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	brechbar	mittelfest (vgl: Bruchtest Lehm)
3. Oberflächentextur	glatt, leicht sandig, keine sichtbaren Poren	ausgewogene Mischung
4. Aufschlammbarkeit	geringe Erosion, merkliches Aufweichen	mittlere Feuchteresistenz
5. Kontakt	keine Risse, keine wahrnehmbare Verformung	geeignet zusammen mit Mörtel
6. Kapillarität	keine Risse	geringe Kapillarität
7. Fallenlassen	grossvolumige Abplatzung	mittelhohe Festigkeit.
8. Abschlammbarkeit	leichte Erosion	für Aussenwand geeignet
Bemerkungen	- Die Beimischung von Kuhdung scheint kulturell nicht akzeptiert. Eine Nachahmung ist unwahrscheinlich.	
Fazit	- Die erwünschte Wasserfestigkeit des im Kuhdungs enthaltenen Kaseins kann mittels den erstellten Testexemplaren nicht eruiert werden. Ein Test grösseren Massstabs, zB eine Wand, müsste über eine längere Zeitspanne erprobt werden.	

Kapillarität: Während 24 Stunden wird der Adobe-Ziegel auf einem nassen Tuch plaziert. Entstehen dabei Risse, ist dem Ziegel eine erhöhte Kapillarität zu attestieren.



Aufschlammbarkeit: Während 10 Minuten wird der Adobe-Ziegel partiell in Wasser getaucht und anschließend der Verlust der Masse festgestellt. Der Test dient zur Abschätzung der Widerstandsfähigkeit gegen Wasser.



Ziegel_N° 2.05
 Lehm Lehm N°2; Maisfeld
 Zuschlag Sägemehl

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	leicht brechbar	geringe Festigkeit
3. Oberflächentextur	rauh	mager
4 - 8	-	nicht getestet
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Sägemehl kann für die Dämmung (zB Decke) verwendet werden; der Lehm dient lediglich als Bindemittel - Das Mischungsverhältnis kann sehr mager ausfallen. 	
Fazit	- Die Kombination von Lehm und Sägemehl/Hobelspänen scheint sich für die Dämmung zu eignen.	

Ziegel_N° 4.01
 Lehm Lehm N°4; Bauplatz Isele; polierte Oberfläche
 Zuschlag kein

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	viele kleine Schwindrisse	zu wenig lang abgedeckt bei Austrocknung
2. Kantenfestigkeit	brechbar	mittlere Festigkeit
3. Oberflächentextur	glatt	ausgewogene Mischung
4 - 8	-	nicht getestet
Bemerkungen	- Die Oberfläche wird vor kompletter Austrocknung erst mit den Händen glatt gestrichen, danach mit einem Löffel poliert.	
Fazit	- Da der Lehm zu sandig ist, lassen sich die Poren in der Oberfläche durch den Poliervorgang nur beschränkt gut schliessen. Der Lehm müsste angereichert (fetter gemacht) werden (vgl. Ziegel N° 1.6)	

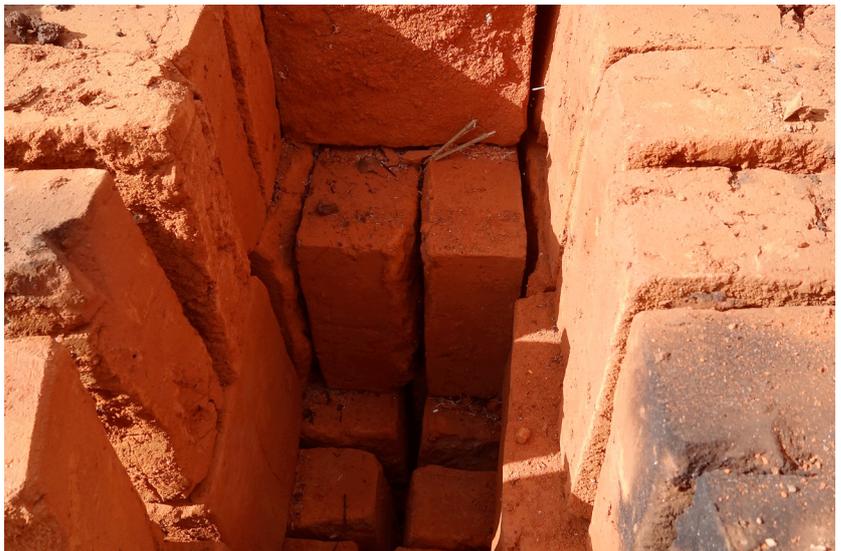
Ziegel_N° 14.01
 Lehm Mischung Lehm N°1 + Lehm N°4 im Verhältnis 1:1; polierte Oberfläche; gebrannt
 Zuschlag kein

Ziegeltest	Ergebnis	Auswertung
1. Schwindrisse	keine	gleichmässiges Schwinden
2. Kantenfestigkeit	brechbar	mittlere Festigkeit
3. Oberflächentextur	glatt	ausgewogene Mischung
4 - 8	-	nicht getestet
Bemerkungen	- Die Oberfläche wird vor kompletter Austrocknung erst mit den Händen glatt gestrichen, danach mit einem Löffel poliert.	
Fazit	- Die Poren in der Oberfläche lassen sich durch den Poliervorgang gut schliessen. Eine Anwendung dieser Art der Veredelung für Wandziegel ist wegen des Arbeitsaufwandes unverhältnismässig; für Sonderteile jedoch möglich.	

Sägemehl und Hobelspäne: Die Abfallstoffe der Fenster- Türen- und Sitzbankproduktion können als Dämmmaterial wieder verwertet werden.



Brand: Durch den Brennvorgang ändert sich die Farbe der Tonplatten markant.



Interpretation der Ziegeltests

Die Durchführung der simplen Ziegeltests zeigt klar die Spannweite der Möglichkeiten von Adobe auf. Gleichzeitig werden auch die Herausforderung beim Arbeiten mit dem nicht standardisierten Produkt augenfällig; Jeder Arbeitsschritt kann die Eigenschaften des jeweiligen Bauteils massgebend beeinflussen.

Wie in den Lehmtests festgestellt, sind die auf dem Lehm N°1 basierenden Adobeziegel aufgrund ihres höheren Tongehalts resistenter bei Druckbelastung sowie bei Wassereinwirkung. Ihr Trockenschwindmass ist dagegen wesentlich grösser; somit steigt die Sensibilität auf Schwindrisse und Verformungen bei zu frühem Abdecken während des Trocknungsprozesses. Produkte basierend auf Lehm N°2 weisen durchwegs ein besseres, regelmässigeres Schwindverhalten auf. Jedoch wird die Oberfläche bei den Tests zu Auf- und Abschlämmbarkeit merklich weicher, auch wenn keine grössere Erosion sichtbar ist.

Mit Zuschlag- und Zusatzstoffen wurde versucht, die Eigenschaften zu modifizieren. Interessant erscheint die Beimischung von Kuhdung, da das enthaltene Kasein eine bessere Wasserbeständigkeit des Ziegels erwirken dürfte. Jedoch wird eine derartige Beimischung kulturell vermutlich nicht akzeptiert und eine Nachahmung wäre deshalb unwahrscheinlich. Ausserdem war bei den Tests keine explizite Wirksamkeit erkennbar. Erfolgsversprechend wird dagegen der Einsatz zerhackter Piniennadeln bewertet; Die Schwindung verlief regelmässig und rissfrei und durch die "Armierung" darf mit einer höheren Zugfestigkeit gerechnet werden.

Als Lösung erachteten wir demnach die Kombination des fetten Lehms unter Beimischung von Piniennadeln (Ziegel N°1.02). Der Zuschlag sollte den relativen Tongehalt senken und somit die Schwindung verringern, sowie den Lehmziegel armieren. Jedoch scheiterte dieser Versuch an der unsorgfältigen, vermutlich hastigen und unmotivierten Herstellung des Lehmgrubenbesitzers. Mutmasslich sah er dabei keinen Mehrwert und nur Mehraufwand. Zur Sicherstellung der gewünschten Qualität hätten wir permanent die Produktion beaufsichtigen müssen, was aufgrund unserer eigenen Ressourcen nicht möglich war. So wählten wir Ziegel N°1.01, ein Produkt aus fettem Lehm ohne Zuschlagstoffe, für sämtliche Aussenwände. Ein wesentlicher Faktor für diesen Kompromiss war auch die klare Präferenz der Dorfbevölkerung. Deren Repräsentanten lobbyierten sehr früh im Prozess für den Einsatz des fetten Lehms. Ein Ignorieren unsererseits hätte den Verlust des Rückhaltes der Bevölkerung bedeutet. Dies zeigt, dass nicht nur messbare Aspekte eine Entscheidung prägen.

Wir konzentrierten uns darum auf die Erforschung der Möglichkeiten beim Mauern; beispielsweise mit einer perforierten Wand und einem gemauerten Bogen. Für die Innenwände, welche statisch irrelevant sind und nicht durch Regen belastet werden, verwendeten wir Ziegel N°2.03, welche zusammen mit den Handwerksschüler nahe an der Baustelle produziert wurden.

Zwei weitere Ziegelarten wurden als Sonderteile am Bau verwendet: Beim Kamin wurden gebrannte Ziegel (N°1.05), für den Bodenbelag des öffentlichen Zwischenraumes polierte Tonbodenplatten (N°14.01) eingesetzt.

Obwohl die Tests wesentliche Erkenntnisse zu den Leistungsfähigkeiten der Adobeziegel lieferten, wäre eine umfangreichere Untersuchung vor Baubeginn vorteilhaft. Insbesondere weil die Adobeziegel bei der Verwendung als tragendes Bauteil hohen Anforderungen im Bezug auf Stabilität, Langlebigkeit und Schadensfreiheit gerecht werden müssen. Interessant wären langfristig angelegte Tests; Wenn beispielsweise Probewände unterschiedlicher Mischungen während einem Jahr dem Klima (insb. dem monsunartigen Regen) exponiert wären, könnten präzisere Schlussfolgerungen zur Abschlämmbarkeit gezogen werden. Das Potenzial von Zuschlägen wie Pflanzensäfte oder tierischen Exkrementen, welche die Witterungsstabilität der Lehmteile positiv beeinflussen, könnte also über einen Langzeitversuch geklärt werden. Für grössere, sprich zwei- oder mehrgeschossige Gebäude, erscheint ferner ein Probezeitraum weit vor Baubeginn als optimale Vorgehensweise. Letzte Unklarheiten könnten in der Dauer behoben, beziehungsweise Fakten mittels Labortests verifiziert werden.



Langzeittest: Probewände, die während eines langen Zeitraums dem Klima exponiert sind, liessen weitere Aussagen zur Leistungsfähigkeit des Baustoffes zu. Beispiel eines Stampflehm-Mokups in Mbabulo ca. ein Jahr nach dessen Herstellung.

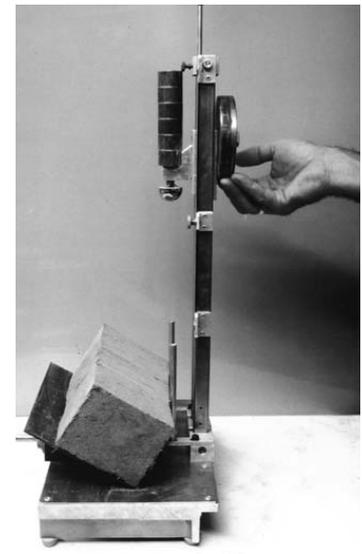
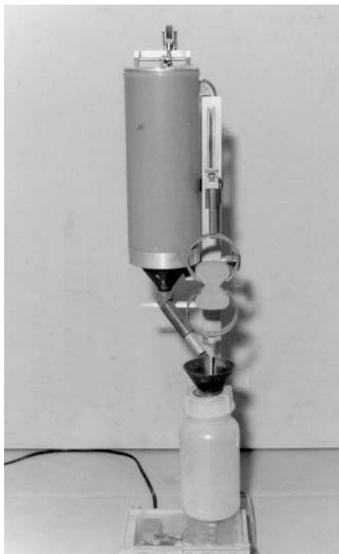


Abb.22 Laborprüfverfahren: Mit technischen Hilfsmittel könnten im Labor weitere Fakten bestimmt werden. Beispiel von Prüfgeräten zur Ermittlung der Bindekraft (links) und der Kantenfestigkeit (rechts).

Labortests

Während des Prozesses in Tansania versuchten wir die Eigenschaften des Materials sowie der hergestellten Ziegel mit einfachen Feldversuchen zu prüfen, was jedoch einerseits relativ ungenau und andererseits nur beschränkt vergleichbar ist. Anhand simpler Laborversuchen soll festgestellt werden, in wie fern die Resultate der Handprüfverfahren mit den effektiven Werten korrespondieren und wie sich die Ziegel mit industriell hergestellten Produkten vergleichen lassen. Zu diesem Zweck wurden einige Ziegel in die Schweiz importiert. Leider konnten nur kleine Mengen, ungefähr 3-4 Exemplare jeder Ziegelart, mitgebracht werden. Eine umfangreiche Testserie ist also nicht möglich. Weiter muss berücksichtigt werden, dass die Ziegel nicht unter Normbedingungen hergestellt wurden und dass der Transport die Eigenschaften der Ziegel ebenso verändert haben könnte. Ebenfalls ist anzumerken, dass die Prüfkörper im Optimalfall direkt hergestellt und nicht vor der Prüfung noch mechanisch bearbeitet würden. Die Aussagekraft der Tests bewegt sich deshalb vor allem innerhalb der eigenen Testreihen.

Die Feststellung der Druckfestigkeit stellt das Hauptinteresse dar. Dies einerseits aufgrund der Wichtigkeit im Bezug auf die Stabilität des Gebäudes, andererseits zur Verifikation der einfachen Handprüfverfahren. "Die Druckfestigkeit eines Lehmbaustoffes β_D wird allgemein als die Spannung angegeben, die durch eine senkrecht zum belasteten Querschnitt A wirkende Auflast F zu dessen Bruch führt ($\beta_D = \max.F/A[N/mm^2]$)."⁹⁵ "Baulehne weisen in der Regel eine Druckfestigkeit zwischen 2 und 5 N/mm² (20 und 50 kg/cm²) auf."⁹⁷ "Sie ist vor allem abhängig von der Menge und Art des Tons, aber auch von der Grösse und Menge der Schluff-, Sand- und Kieskörner sowie von der Art und dem Mass der Aufbereitung und Verdichtung."⁹⁵ Gemäss der SIA Empfehlung D 0111 hat die Druckfestigkeit von tragenden Lehmbausteinen 2 N/mm² zu betragen.⁹⁸ Das Testverfahren wird mittels einer "Universal testing machine UTM" durchgeführt. Probewürfel mit der Kantenlänge von 50mm, welche vorgängig aus dem Adobeziegel geschnitten und planparallel abgeglichen wurden, werden in der UTM plziert. Auf den Probekörper wird bis zu dessen Versagen eine ansteigende Kraft ausgeübt. Dabei werden die einwirkende Kraft und die Verformung des Bauteils dokumentiert. Auf den zwei nachfolgenden Doppelseiten sind die Werte dreier Testreihen nummerisch und grafisch aufbereitet. Mit jeweils 8-10 Probewürfeln wurden folgende Bauteile getestet:

- Ziegel N°1.01; die an sämtlichen Aussenwänden verbauten Adobeziegel aus fettem Lehm ohne Beimischung von Zuschlägen (in den Grafiken blau)
- Ziegel N°2.03; die an den Innenwänden eingesetzten Adobeziegel aus magerem Lehm unter Beigabe zerhackten Piniennadeln (in den Grafiken grün)
- Ziegel N°1.05; die für den Kamin produzierten gebrannten Ziegel aus fettem Lehm (in den Grafiken rot)

Die Druckspannung der Adobe aus dem fetten Lehm (blau) zeichnen sich durch konstant hohe Werte, diejenigen aus dem mageren Lehm (grün) durch konstant niedrige Werte aus. Beide Mittelwerte (1.87 N/mm², bzw. 0.97 N/mm²) wären nach SIA D 0111 nicht zulässig. Die Leistungsfähigkeit der gebrannten Probekörper (rot) fluktuieren innerhalb einer grossen Spannweite. Daraus kann auf eine Heterogenität des Materials der Probekörper geschlossen werden.

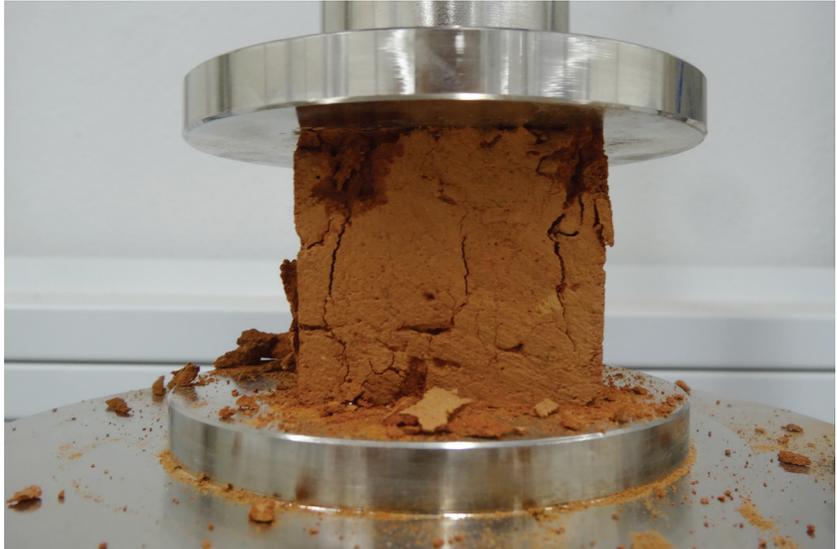
Neben der maximalen Widerstandsfähigkeit ist auch die Verformung im Bezug zur Kräfteeinwirkung interessant. Dabei sind ebenso grosse Unterschiede zwischen den drei Baustoffen festzustellen: Die steile (rote) Kurve der gebrannten Ziegel zeigt, dass vor dem plötzlichen Materialversagen nur wenig Verformung stattfindet. Ein Kollaps wäre also nicht frühzeitig anhand Deformationen erkennbar. Der mit Piniennadeln armierte Adobeziegel (grün) verhält sich plastisch und ist somit bei Horizontallasten, zB. Erdbeben, länger beanspruchbar. Die Plastizität ist anhand der langgezogenen Kurve und dem daran gekoppelten hohen Verformungswert bis zum Materialversagen abzulesen. Die Adobeziegel ohne Zuschläge (blau) verhalten sich ähnlich zu den gebrannten Ziegel, sind jedoch minimal plastischer.

95 aus: Schroeder, 2010, S.146

96 aus: Minke, 2012, S.33

97 aus: Minke, 2012, S.45

98 vgl. SIA [Hrsg.], 1994, S.36



Trockendruckfestigkeit: Mittels einer "Universal testing machine UTM" werden die Probewürfel mit Kantenlänge 50mm auf ihre Trockendruckfestigkeit untersucht.

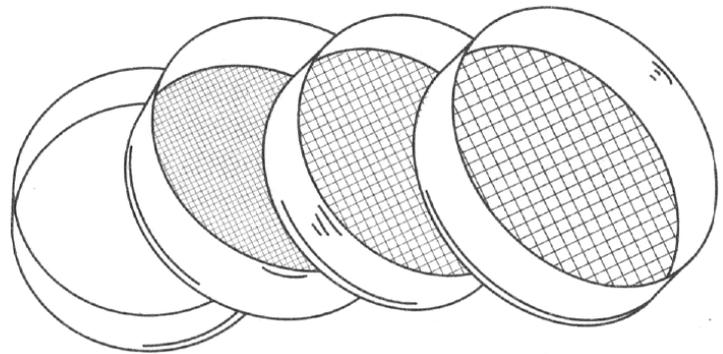


Abb.23 Sieb-Schlammanalyse: Der Lehm wird durch Siebe mit spezifischer Maschengrößen (1.25mm/>630Mic/630-63Mic/<63Mic) in seine Bestandteile aufgeschlüsselt.

Der Druckfestigkeitstest bestätigt zunächst die Annahmen zur Unterschiedlichkeit der beiden Lehme. Weiter wird aufgezeigt, dass eine "Armierung" in Form von pflanzlichen Fasern eindeutige Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Bauteils haben kann. Eine derartige Modifizierung wäre zugunsten einer höheren Stabilität bei Horizontallasten also eine bautechnische Verbesserung. Abschliessend darf festgestellt werden, dass die am Bau bei sämtlichen Aussenwänden eingesetzten Ziegel, auch wenn der normative Wert knapp nicht erreicht wird, im Bezug auf die Druckfestigkeit für den eingeschossigen Bau geeignet sein dürften.

Mit den hergestellten Probewürfel wird ergänzend die Rohdichte ermittelt. "Die Trockenrohddichte ρ_d wird nach DIN 18125-1 bestimmt aus dem Verhältniswert der Trockenmasse m_d einer Lehmstoffprobe zu deren Volumen V ."⁹⁹ Es wird festgestellt, dass die gebrannten Ziegel eine niedrigere Rohdichte als die aus dem selben Lehm hergestellten Adobe aufweisen. Die mit Zuschlägen versetzten Adobe liegen ungefähr zwischen den beiden anderen Werten. Alle Werte liegen klar oberhalb der Grenze von 1.2 g/cm³, unterhalb welcher die Bauteile als Leichtbauziegel, nicht mehr als Massivlehm, klassifiziert würden.¹⁰⁰

Der letzte Labortest fokussiert auf die Korngrößenverteilung der verwendeten Lehmmischungen. "Für die kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse werden durch Einweichen der Probe in Wasser zunächst die Tonminerale verursachten "Verkittungsstrukturen" aufgelöst. Bei der nachfolgenden Nasssiebung wird die Probe in ihre Kornfraktionen zerlegt, danach werden die getrockneten Siebrückstände gewogen. Die Auffangschale ist dazu mit einem Abfluss für das Spülwasser ausgerüstet, aus dem die Feinerde < 0,063 mm aufgefangen wird. Nach Rücktrocknung und Auswiegen der Feinerde wird die Verteilung der Teilchengrößen durch eine Schlämmanalyse ermittelt und an die Sieblinie (Kap. Interpretation der Lehmproben) grafisch angeglichen."¹⁰¹ Vom umfangreichen Test wurde lediglich der erste Teilschritt durchgeführt. Das Nasssieben lieferte zwar keine messbaren Werte, doch konnten die Mengen der Kornfraktionen optisch beurteilt werden. Dabei wurde einerseits klar ersichtlich, dass beide Lehme kein Kies enthalten sowie nur über wenig Grobbestandteile verfügen, andererseits wurde die Vermutung bestätigt, dass Lehm N°1 einen wesentlich höheren Ton- und Schluffanteil besitzt als Lehm N°2.

Als abschliessendes Fazit wird festgehalten, dass die einfachen Feldversuche durchwegs als präzise Indikatoren eingestuft werden können und gute Annäherungen an die effektiven Materialeigenschaften liefern.

Vergleich zu Industrieprodukten

Selbst hergestellte Bauteile aus Erde leiden unter der Schwierigkeit einer Normierung. Generell sind Bau- oder Produktnormen im Lehmabau noch wenig ausgereift und die Prüfprozeduren basieren meist auf anderen Baustoffen.¹⁰² Gerade weil Lehm kein geregelter Baustoff ist, sind Vergleichbarkeit und Konkurrenzfähigkeit mit Industrieprodukten schwierig. Eine systematische Forschung und eine Erarbeitung eines Normenwerks würde dem entgegenwirken. Die 1994 vom SIA herausgegebene Empfehlung "Regeln zum Bauen mit Lehm (D 0111)" müsste dem aktuellen Stand der Forschung angepasst werden.

Vergleichen wir trotzdem mutwillig die Druckfestigkeit unserer Adobe mit einem Schweizer Industriebackstein, resultiert ein Faktor von 3.74, um welcher unser Adobe schwächer ist als die Mindestanforderung für das Standardmauerwerk. Gemessen an der technischen Leistungsfähigkeit können die selbst hergestellten Lehmteile längst nicht mit industriellen Produkten mithalten, auch weil die stets unterschiedliche Zusammensetzung individuelle Lösungen bedingt und kein reproduzierbaren Herstellungsprozess zulässt. Qualitätsschwankungen sind somit in Kauf zu nehmen. Bei grosser Sorgfalt in der Herstellung können jedoch qualitativ hochwertige Bauteile hergestellt werden. Aufgrund des geringen Energieverbrauchs in Produktion, Transport und Entsorgung sowie der Nutzung einer frei verfügbaren und wiederverwendbaren Ressource weisen sie klare ökonomische wie ökologische Mehrwerte gegenüber Industrieprodukten auf.

Industrieller Backstein:

Die Mindestanforderungen für die Mauerwerksdruckfestigkeit für das Standardmauerwerk beträgt gemäss Swissbrick 7 N/mm² (SIA Norm 266)¹⁰³
7 N/mm² : 1.87 N/mm² = 3.74

99 aus: Schroeder, 2010, S.133

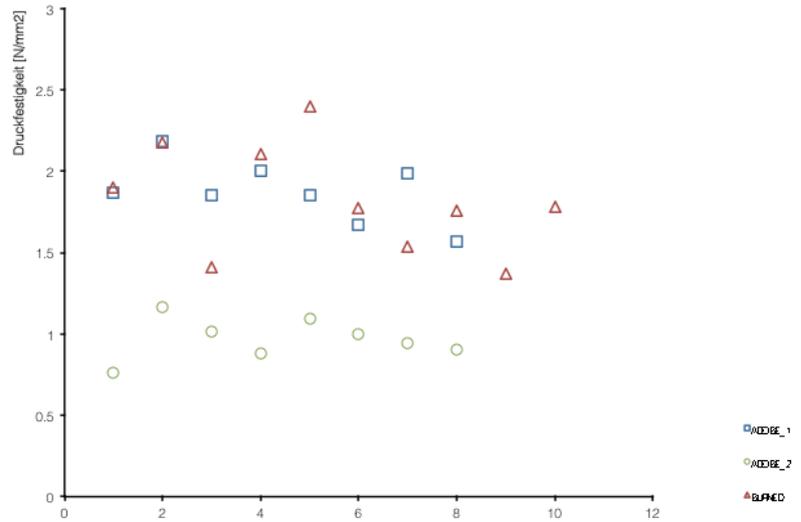
100 vgl. Schroeder, 2010, S.125

101 aus: Schroeder, 2010, S.54

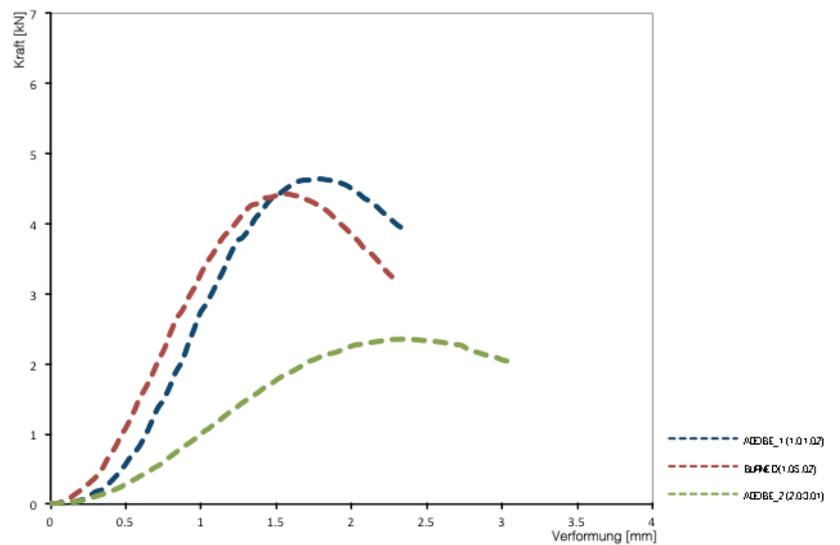
102 vgl. Schroeder, 2010, S.21

103 vgl. Mauerwerkshandbuch Swissbrick. S. 9+47:
http://www.swissbrick.ch/images/stories/webautor-data/neue_pdf/mwh_inhalt_web.pdf 1 [Zugriff: 27.01.2017]

Trockendruckfestigkeit: Errechnete Druckspannung $[N/mm^2]=[Mpa]$ sämtlicher Prüfkörper. Die Werte der Adobeziegel aus dem fetten Lehm (blau) zeichnen sich durch konstant hohe Werte, diejenigen aus dem mageren Lehm (grün) durch konstant niedrige Werte aus. Die gebrannten Probekörper (rot) fluktuieren innerhalb einer grossen Streuung.



Krafteinwirkung und Verformung: Grafische Darstellung der Krafteinwirkung im Bezug zur Verformung der Durchschnittswerte der drei Testreihen. Am Zenit der Kurve tritt das Materialversagen ein. Die steile (rote) Kurve der gebrannten Ziegel zeigt, dass vor dem plötzlichen Materialversagen nur wenig Verformung stattfindet. Der mit Piniennadeln armierte Adobeziegel (grün) verhält sich plastisch und ist somit bei Horizontallasten, zB. Erdbeben, länger beanspruchbar. Die Adobeziegel ohne Zuschläge (blau) verhalten sich ähnlich zu den gebrannten Ziegeln.



Testserie: 1.01.02.03 - 1.01.02.10
 Bemerkungen: Adobeziegel ohne Zuschlagstoffe; Produziert von Kikurue
 Datum: 13.01.17
 UNI EN 196-1
 Dimension Prüfkörper: 50/50/50mm; A=2500mm²; V=125cm³

Prüfkörper* N°	Gewicht [g]	Trockenrohddichte [g/cm ³]	Max. Krafteinwirkung [kN]	Trockendruckfestigkeit [N/mm ²]=[Mpa]
1.01.02.03	185.2	1.482	4.668	1.867
1.01.02.04	189.0	1.512	5.454	2.182
1.01.02.05	189.4	1.515	4.631	1.852
1.01.02.06	186.6	1.493	5.007	2.003
1.01.02.07	185.4	1.483	4.635	1.854
1.01.02.08	185.1	1.481	4.185	1.674
1.01.02.09	185.3	1.482	4.975	1.990
1.01.02.10	187.6	1.501	3.927	1.571
Durchschnitt	186.7	1.494	4.685	1.874

Testserie: 2.03.01.01 - 2.03.01.08
 Bemerkungen: Adobeziegel aus Lehm "Maisfeld" unter Beimischung von zerhackten Piniennadeln
 Datum: 13.01.17
 UNI EN 196-1
 Dimension Prüfkörper: 50/50/50mm; A=2500mm²; V=125cm³

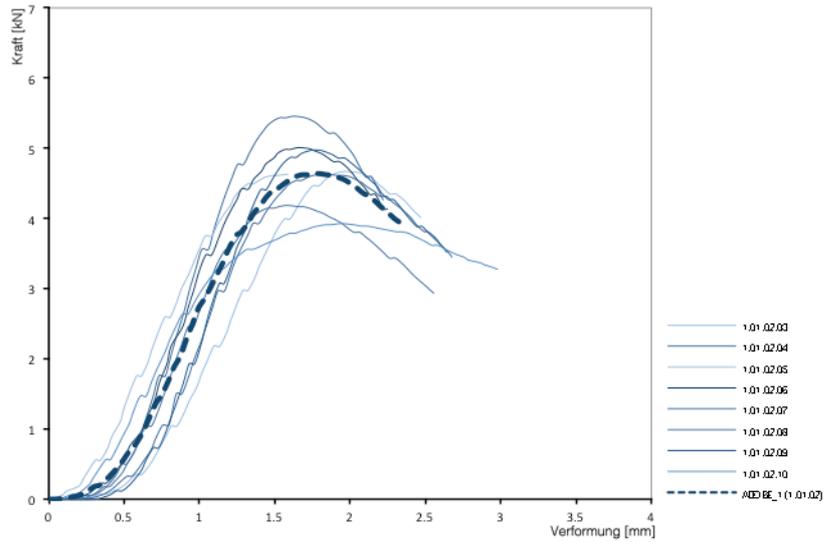
Prüfkörper* N°	Gewicht [g]	Trockenrohddichte [g/cm ³]	Max. Krafteinwirkung [kN]	Trockendruckfestigkeit [N/mm ²]=[Mpa]
2.03.01.01	178.3	1.426	1.907	0.763
2.03.01.02	187.8	1.502	2.907	1.163
2.03.01.03	183.7	1.470	2.533	1.013
2.03.01.04	180.7	1.446	2.198	0.879
2.03.01.05	184.7	1.478	2.745	1.098
2.03.01.06	182.9	1.463	2.490	0.996
2.03.01.07	179.1	1.433	2.356	0.943
2.03.01.08	184.2	1.474	2.258	0.903
Durchschnitt	182.7	1.461	2.424	0.970

Testserie: 1.05.02.01-1.05.02.10
 Bemerkungen: Gebrannte Ziegel; Produziert von Kikurue
 Datum: 13.01.17
 UNI EN 196-1
 Dimension Prüfkörper: 50/50/50mm; A=2500mm²; V=125cm³

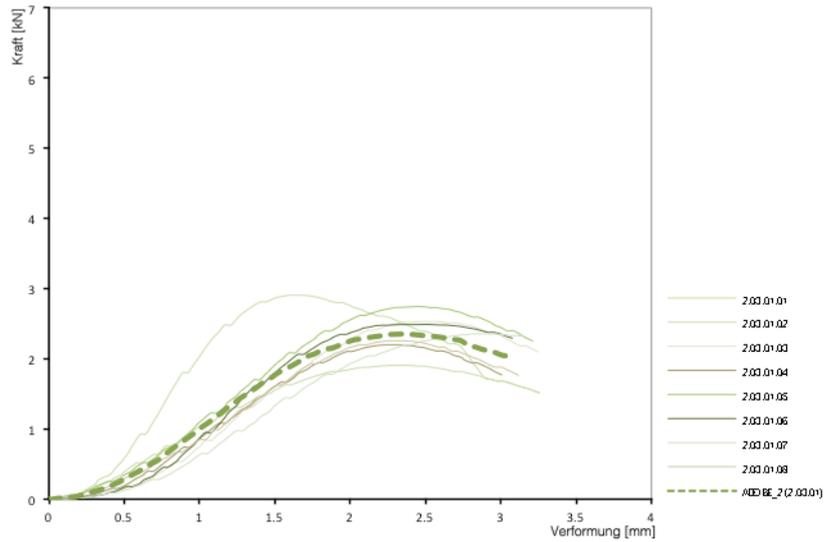
Prüfkörper* N°	Gewicht [g]	Trockenrohddichte [g/cm ³]	Max. Krafteinwirkung [kN]	Trockendruckfestigkeit [N/mm ²]=[Mpa]
1.05.02.01	187.6	1.501	4.743	1.897
1.05.02.02	175.3	1.402	5.449	2.180
1.05.02.03	178.5	1.428	3.524	1.409
1.05.02.04	180.0	1.440	5.272	2.109
1.05.02.05	177.5	1.420	6.003	2.401
1.05.02.06	179.7	1.438	4.434	1.774
1.05.02.07	181.1	1.449	3.847	1.539
1.05.02.08	177.6	1.421	4.404	1.762
1.05.02.09	178.0	1.424	3.432	1.373
1.05.02.10	180.2	1.442	4.449	1.780
Durchschnitt	179.5	1.436	4.568	1.827

* Die Prüfnummer setzt sich zusammen aus: Art des Lehms / Mischung / Nummer des mitgebrachten Ziegels / Nummer des Probekörpers

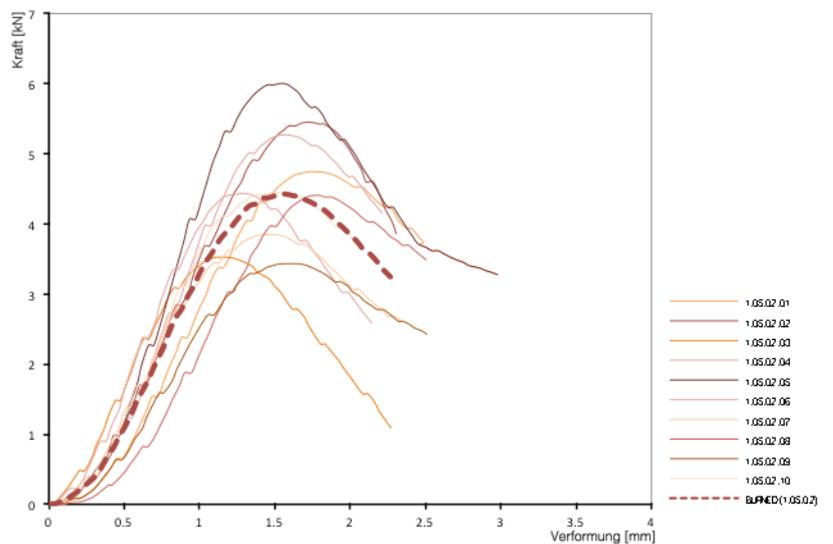
Adobeziegel ohne Zuschlagstoffe: Grafische Darstellung der Krafteinwirkung im Bezug zur Verformung sämtlicher Prüfkörper der Testreihe 1.01.02.03-1.01.02.10 und deren Durchschnitt. Die am Bau bei sämtlichen Aussenwänden eingesetzten Ziegel sind in ihrer Druckfestigkeit für den Bau geeignet.



Adobeziegel mit Piniennadeln: Grafische Darstellung der Krafteinwirkung im Bezug zur Verformung sämtlicher Prüfkörper der Testreihe 2.03.01.01-2.03.01.08 und deren Durchschnitt. Die plastische, flache Kurve widerspiegelt die Auswirkung der Piniennadeln als "Armierung". Die geringe Belastbarkeit bestätigt die Annahme aus den Feldtests.



Gebrannte Ziegel: Grafische Darstellung der Krafteinwirkung im Bezug zur Verformung sämtlicher Prüfkörper der Testreihe 1.05.02.01-1.05.02.10 und deren Durchschnitt. Die grosse Spannweite der einzelnen Proben lässt eine Heterogenität des Materials der Probekörper schliessen.



3.5. Mauern mit Adobe

"Mit Lehmsteinbau oder Adobetechnik wird das Vermauern von Bausteinen oder Blöcken aus Lehm zu tragfähigen Bauteilen bezeichnet. Bei Anwendung der Mauerwerkstechnik entsteht ein Bauteil in zwei Schritten. Zuerst wird das aufbereitete Material zu Steinen oder Blöcken - in der Regel ohne Lochung - geformt und getrocknet (Kap. Herstellung von Hand). In einem zweiten Schritt werden diese mit Mörtel aufgemauert."¹⁰⁴

Die Adobe müssen beim Vermauern komplett ausgetrocknet sein, damit ein Schwinden im Bauteil ausgeschlossen werden kann. Zum Vermauern empfiehlt sich die Verwendung von abgemagertem Lehmörtel (Kap. Lehmörtel), wobei die Fugen vollfugig und so dünn wie möglich auszubilden sind. "Gestampfte und gepresste Lehmbausteine sind so zu vermauern, dass die Wandlast in der Stampf- bzw. Pressrichtung wirkt."¹⁰⁵ Bei den selbst hergestellten Adobe ist diese an den Resten des Bodens, an den Lagerflächen haftenden Gräser und Sand, zu erkennen. Diese müssen demnach beim Vermauern nach oben gerichtet sein.

Zugunsten einer grösseren Stabilität und Wärmespeicherfähigkeit, einer Winddichtigkeit durch Anschläge und zugunsten einer grösseren Resistenz bei mechanischen Verletzungen, scheint ein Mauern im Verband angebracht. Die Adobe "...werden wie gebrannte Ziegel nach Verbandsregeln des Mauerwerksbaus zu Lehmstein-Mauerwerk verarbeitet. Der Verband erhöht die Tragfähigkeit bei Druck- und Schubbeanspruchung, wodurch auch Horizontalkräfte durch Haftung und/oder Reibung zwischen Lehmstein und Fugenmörtel übertragen werden können. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Lehmsteine vollfugig verarbeitet werden."¹⁰⁷ "Zu beachten ist, dass Lehm-Mauermörtel mehr Zeit zum Erhärten benötigt als Kalk- oder Zementmörtel. Damit der noch plastische Mörtel nicht aus den untersten Lagerfugen herausquillt, sollen 2m Mauerwerkshöhe ... nicht überschritten werden."¹⁰⁸ Der für das Projekt in Isele gewählten Blockverband erzielte neben den genannten technischen auch optische Mehrwerte, da er den Sichtfassaden ein wiedererkennbares Gesicht verleiht. Die dafür benötigten Halb- und Dreiviertelziegel können mit einer groben Baumsäge oder mit einem Maurerhammer einfach aus Vollziegel vorbereitet werden.¹⁰⁶

Die Eigenschaften des Lehms (Kap. Materialeigenschaften) erfordern bautechnischen Schutz gegen Feuchtigkeit, um Schäden an den Lehmteilen vorzubeugen. In der nebenstehenden Grafik (Abb.24) sind verschiedene Feuchte-Einwirkungen dargestellt. Eine Belastung kann zum Abschlämmen und somit zu einem Versagen des Bauteils führen. Bereits nach der Produktion der Adobe sowie während der Bauausführung sind Lehmstoffe- und bauteile durch geeignete Abdeckungen vor Witterung zu schützen. Als Grundregel gilt, dass ein Lehmgebäude "gute Stiefel und einen breiten Hut" - also ein sicheres Fundament mit einem Spritzwassersockel und einen weiten Dachüberstand - besitzen muss.¹⁰⁹ So ist die Ausarbeitung der konstruktiven Details dieser Bauteile ein wesentlicher Bestandteil des Entwurfes beim Einsatz von Adobe.

"Erdberührte Bauteile wie Fundamente ... sollen grundsätzlich nicht aus Lehmstoffen, sondern aus wasserunempfindlichen Materialien (Beton, gebrannte Ziegel, Naturstein) ausgeführt werden. Auf den Fundamenten ... wird bis mindestens 50cm über Geländeoberkante ein Spritzwassersockel aus wasserunempfindlichen Baustoffen aufgeführt, der gegebenenfalls auf der Außenseite zusätzlich mit einem wasserabweisenden Putz beziehungsweise Anstrich zu versehen ist. Die Fuge Sockel – aufgehende Lehmwand ist mit einer Horizontalsperre gegen aufsteigende Feuchte abzudichten. Vorspringende Sockel sind zu vermeiden, da sich sonst das ablaufende Niederschlagswasser am Fußpunkt der aufgehenden Lehmwände staut und diesen Bereich durchfeuchtet."¹¹⁰

Den genannten bautechnischen Grundregeln wurden bei der Erarbeitung der Ausführungs- und Detailplänen (Kap. Projekt) zugunsten Bauschadensfreiheit und Lebenserwartung grösste Aufmerksamkeit geschenkt.

104 aus: SIA [Hrsg], 1994, S.46

105 aus: SIA [Hrsg], 1994, S.47

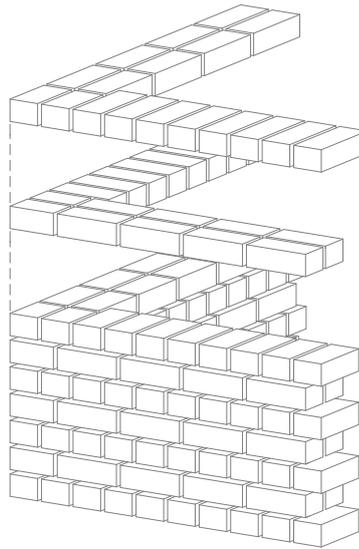
106 vgl. Minke, 2012, S.76

107 aus: Schroeder, 2010, S.196f

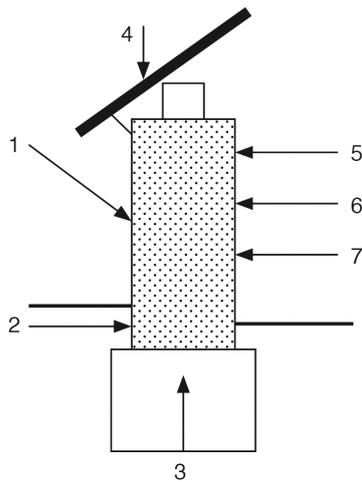
108 aus: Schroeder, 2010, S.212

109 vgl. Minke, 2012, S.124ff

110 aus: Schroeder, 2010, S.190ff



Blockverband: Die grössere Wandstärke durch das Mauern im Verband erhöht die Stabilität und die Wärmespeicherfähigkeit und kompensiert allfällige mechanische Beschädigungen. Ferner tragen die optischen Aspekte zur Veredelung der Fassade bei.



Flüssig:

- 1 Erosion durch Regenwasser
- 2 Sickerwasser Boden
- 3 aufsteigende Feuchte
- 4 Eindringen von Sickerwasser durch geschädigte Dachhaut

Wasserdampf:

- 5 Kapillarkondensation
- 6 hygroskopisch
- 7 Kondensation

Abb.24 Einwirkung von Feuchtigkeit: Baukonstruktionen aus Lehmbaustoffen gilt es gegen unterschiedliche äussere Einwirkungen zu schützen.

Lehmmörtel

Ein zentrales Element beim Vermauern von Lehmziegel stellt der Lehm-Mauermörtel dar. Als Verbindungsmittel ergänzt er die Ziegel zu einer Wand, muss Druck- und Scherspannungen im Bauteil übertragen, Toleranzen infolge Maßabweichungen der Baustoffe ausgleichen sowie die Fugen des Mauerwerks winddicht verschliessen.¹¹²

Der Problematik des Schwindens gebührt besondere Aufmerksamkeit: Im Gegensatz zu den Adobeziegel, welche erst nach Abschluss der Volumenverminderung vermauert werden, wird Lehmmörtel feucht verbaut und muss unter Zwängung trocknen.¹¹³ "Damit beim Austrocknen nicht so grosse Schwindrisse entstehen, sollte der Lehmmörtel stark mit Grobsand gemagert sein. Ein Tongehalt von 10% ist ausreichend."¹¹⁴ Wie im Kapitel Materialeigenschaften in Wort und Bild dargelegt, kann das Trockenschwindmass durch Untermischen von Sand markant reduziert werden. "Die Rissbildung im Mörtel lässt sich weiterhin dadurch verringern, dass die Lagerfugen dünner als bei üblichem Ziegelmauerwerk ausgebildet werden."¹¹⁴

Gegenüber Kalk- oder Zementmörtel weist Lehmmörtel den Vorteil einer angenehmen und hautschonenden Verarbeitbarkeit auf. Weiter kann der Mörtel wiederverwendet werden. Überreste und Abbruchbauteile können gesammelt, mit Wasser wieder in eine verarbeitungsfähige Konsistenz überführt und recycelt werden.¹¹⁵

Die Zusammensetzung von Lehmmörtel besteht aus geeignetem Baulehm, mineralischen und/oder organischen Zuschlagstoffen sowie Wasser.¹¹⁵ Vorbereitend wird die Mischung erstellt. Dabei sollte eine maximale Korngrösse von 2mm nicht überschritten werden. Wenn kein Sieb zu Verfügung steht, muss die Feinheit abgeschätzt werden. Anschliessend werden die Bestandteile im geplanten Verhältnis mit einem Eimer abgemessen, gemischt und mit Wasser aufbereitet.¹¹⁶ "Der Mörtel sollte stets etwas dünner angerührt sein als es bei gebrannten Ziegeln üblich ist, da die Lehmsteine dem Mörtel sehr schnell Feuchtigkeit entziehen."¹¹⁴ Als Faustregel kann eine Wassermenge von 25-30% der Gesamtmischung angenommen werden.¹¹⁶

"Die Eigenschaften von Lehmmörteln können durch Zugabe mineralischer und/oder organischer Zuschläge und Zusätze entsprechend ihrer vorgesehenen Verwendung gezielt beeinflusst werden, Als mineralische Zuschläge kommen vor allem Sand, als organische geeignete pflanzliche Faserstoffe, aber auch Tierhaare zur Anwendung. Darüber hinaus gibt es eine breite Palette chemisch wirkender natürlicher Zusätze, die regional bestimmt sind und heute noch im traditionellen Lehmbau Verwendung finden oder in der Bausanierung wieder Bedeutung erlangen."¹¹⁷ Das Mischverhältnis von Lehm zu Sand hängt vom Tongehalts des Lehms ab. Es kann von einem Teil Lehm zu einem Teil Sand bei mageren Lehmen bis einem Teil Lehm zu sechs Teilen Sand bei sehr fetten Lehmen betragen.¹¹⁸ Im Optimalfall wird die Mischung ein Tag vor deren Verwendung vorbereitet und mit einem Plastik abgedeckt.¹¹⁶

111 vgl. Schroeder, 2010. S.275

112 vgl. Schroeder, 2010. S.122

113 vgl. Röhlen; Ziegert, 2014. S.225

114 aus: Minke, 2012. S.76

115 vgl. Schroeder, 2010. S.120

116 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.63ff [Manual]

117 aus: Schroeder, 2010. S.120

118 vgl. SIA [Hrsg.], 1994, S.62



Gerissene Fugen: Bei den meisten Gebäude in und um Isele sind die Fugen von Rissen gekennzeichnet. Zurückzuführen ist dies auf das Schwindmass des Lehmörtels, der unter Zwängung zwischen den Ziegel trocknen muss.

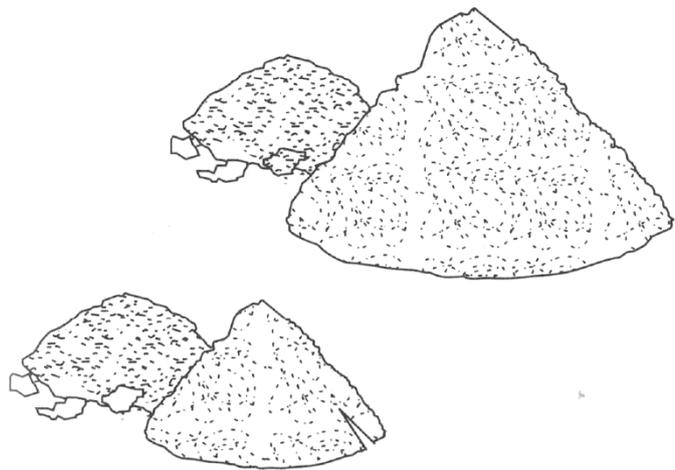


Abb.26 Annäherung Mischverhältnis: Durch die Beimischung von Sand kann das Schwindmass verringert werden. Auf einen Teil Lehm sind bei fettem Lehm bis 6 Teile Sand, bei magerem Lehm ein Teil Sand notwendig.

3.6. Mörteltests

Die wesentlichen Anforderungen an den Mörtel werden vor dessen Anwendung am Bau getestet. Die im Kapitel "Lehmproben" erarbeiteten Grundlagen zu den Materialeigenschaften bilden die Basis der hier beschriebenen, und nachfolgend durchgeführten, Testverfahren.

- **Trockenschwindmass:** Eine minimiertes Schwinden trägt wesentlich zur Rissfreiheit des Mörtels bei. "Um das Trockenschwindverhalten von Lehm-mischungen vergleichen zu können, müssen die Mischungen entweder den gleichen Wassergehalt oder die gleiche Plastizität (Formbarkeit, Steife) aufweisen. Da der zur Verarbeitung von Lehm notwendige Wassergehalt jedoch sehr stark vom Tongehalt abhängt, erscheint es sinnvoll, von einer vergleichbaren Konsistenz des Lehmes auszugehen."¹¹⁹ Diese sollte jener eines normalen Zementmörtels - weder zu flüssig noch zu trocken - entsprechen.¹²⁰ Um das Fließen klein zu halten wird für die Prüfung eine plastische/breiige Masse verwendet, analog jener zur Adobe Produktion. Auf die vorgängige Herstellung der nach DIN 18952 geforderten Normsteife wird verzichtet.¹²¹ Die aufbereitete Mörtelmasse wird in eine Schalung gepatzt und umgehend ausgeschalt. Die Dimensionen der komplett ausgetrockneten Proben werden mit denjenigen der Schalung abgeglichen. "Das Mass der Trockenschwindung ergibt sich aus einem Mittelwert von mindestens drei Proben desselben Lehms. Es kann auch zur Definition von Lehmen beigezogen werden."¹²² (Die errechneten Werte werden daher im Thema Lehmproben eingesetzt.) Schwindet die Probe mehr als 4% wird der Lehm als fett, bei 2-4% als mittelfett und unter 2% als mager eingestuft.¹²³
- **Fugentest:** Zwei Adobeziegel werden mit einer ca. 1cm dicken Mörtelfuge verbunden. Nach dem Austrocknen wird die Fuge visuell auf Risse und Schwindung untersucht. Sind Risse sichtbar, muss der Mörtel weiter gemagert werden.¹²⁴

Die Prüfung der Rohdichte und der Druckfestigkeit wären zwei optimale Ergänzungen der beschriebenen Verfahren. Die fehlende Infrastruktur in Isele lässt diese Tests aber nicht zu. Die Annäherungen durch die Materialtestverfahren - Kugelfalltest und Bruchtest für die Druckfestigkeit - müssen zwangsläufig ausreichen.

Es werden drei Testreihen durchgeführt, welche jeweils, analog der Lehmproben, auf einem verschiedenen Grundmaterial basieren. Jede Probe ist durch eine mehrziffrige Nummer (zB. B_2.3) erkennbar; dabei steht der Buchstabe für die Testreihe und somit für den verwendeten Lehm, die erste Zahl für den Anteil Sand und die zweite Zahl für den Probekörper innerhalb dieser Mischung.

119 aus: Minke, 2012. S.22

120 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.62ff [Manual]

121 vgl. Minke, 2012. S.22

122 aus: SIA [Hrsg], 1994, S.29

123 vgl. SIA [Hrsg], 1994, S.29

124 vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.65 [Manual]

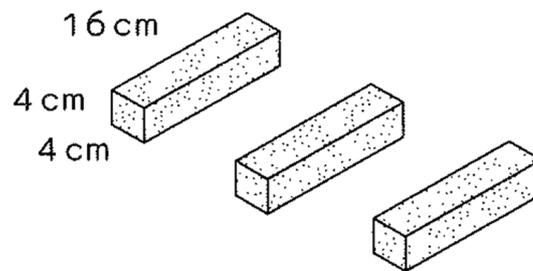


Abb.26 Trockenschwindmass: Die Abmessungen der komplett ausgetrockneten Proben werden mit denjenigen der Schalung abgeglichen. Ein Mittelwert von mindestens drei Proben ergibt das Trockenschwindmass.

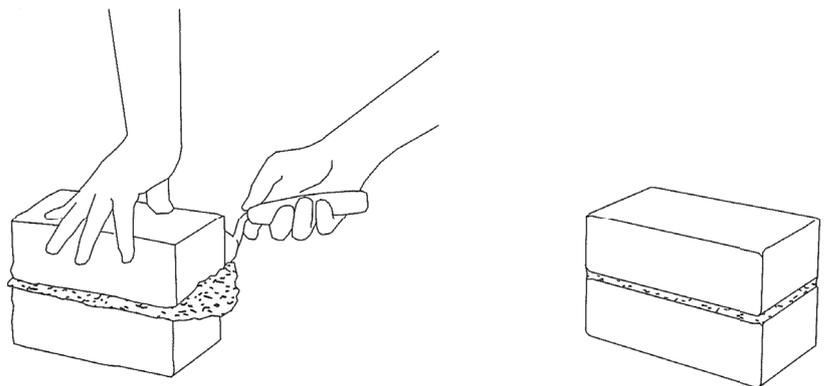


Abb.27 Fugentest: Zwei Adobe-Ziegel werden mit dem Lehmörtel verbunden. Nach dem Austrocknen wird der Mörtel auf Schwundrisse untersucht.

Testresultate Mörtel

Mörtel-Testreihe A
 Lehm N°1; Kikurue
 Masse der Schalung [l/b/h]: 15/4.4/4.8cm

N°	Verhältnis Lehm/Sand	Abmessungen nach Austrocknung l/b/h [cm]			relatives Schwindmass (Maximalwert)	Kommentar
A_0.1	1/0	14.1	4	4.3	10.42%	regelmässig
A_0.2	1/0	13.8	4	4.5	9.09%	regelmässig
A_0.3	1/0	14	3.9	4.2	12.50%	sehr unregelmässig geflossen
A_0.4	1/0	13.7	4	4.5	9.09%	regelmässig
A_0.5	1/0	14	3.8	3.8	20.83%	sehr unregelmässig geflossen
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					9.53%	10.42%
Fugentest					- viele grosse Risse wahrnehmbar - für Mörtel ungeeignet	
A_1.1	1/1	14.1	4.1	4.5	6.82%	regelmässig
A_1.2	1/1	14.1	4.1	4.5	6.82%	regelmässig
A_1.3	1/1	14.3	4.2	4.3	10.42%	leicht geflossen
A_1.4	1/1	14.2	4.1	4.5	6.82%	regelmässig
A_1.5	1/1	14.2	4.1	4.5	6.82%	regelmässig
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					6.82%	6.82%
Fugentest					- viele Risse wahrnehmbar - für Mörtel ungeeignet	
A_2.1	1/2	14.2	4.2	4.6	5.33%	regelmässig
A_2.2	1/2	14.3	4.2	4.6	4.67%	leicht verbogen
A_2.3	1/2	14.3	4.3	4.5	6.25%	regelmässig
A_2.4	1/2	14.2	4.2	4.6	5.33%	regelmässig
A_2.5	1/2	14.4	4.3	4.5	6.25%	verbogen
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					5.64%	6.25%
Fugentest					- Risse wahrnehmbar - für Mörtel teilweise geeignet	
A_3.1	1/3	14.8	4.3	4.7	2.27%	leicht geflossen
A_3.2	1/3	14.5	4.3	4.6	4.17%	leicht geflossen
A_3.3	1/3	14.7	4.4	4.7	2.08%	leicht geflossen
A_3.4	1/3	14.9	4.4	4.6	4.17%	regelmässig
A_3.5	1/3	14.6	4.4	4.7	2.67%	regelmässig
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					2.28%	4.17%
Fugentest					- vereinzelt kleine Risse wahrnehmbar - für Mörtel teilweise geeignet	
A_4.1	1/4	14.9	4.3	4.7	2.27%	unregelmässig
A_4.2	1/4	15	4.4	4.8	0.00%	regelmässig
A_4.3	1/4	14.8	4.3	4.6	4.17%	stark verbogen
A_4.4	1/4	14.9	4.3	4.8	2.27%	verbogen
A_4.5	1/4	14.8	4.4	4.8	1.33%	regelmässig
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					0.67%	1.33%
Fugentest					- keine Risse wahrnehmbar - für Mörtel geeignet	

Fazit:

Der fette Lehm aus der Lehmgrube Kikurue muss mit vier Teilen Sand abgemagert werden, um als Mörtel eingesetzt werden zu können. Die Material- und Transportkosten des Sandes müssen in die Betrachtung einbezogen werden. Da Ziegel und Mörtel demselben Grundmaterial entstammen, entsteht optisch eine homogene Wand.

Schwindmass: Mit fünf Testblöcken wird das Schwindmass errechnet. (A_1.1 bis A_1.5)



Fugentest: Die Fuge der Mischung mit dem Verhältnis Lehm-Sand 1-1 weist nach dem Trocknen viele kleine Schwindrisse auf.



Mörtel-Testreihe B
 Lehm N°2; Maisfeld
 Masse der Schalung [l/b/h]: 15/4.4/4.8cm

N°	Verhältnis Lehm/Sand	Abmessungen nach Aus- trocknung l/b/h [cm]			relatives Schwindmass (Maximalwert)	Kommentar
B_0.1	1/0	14.3	4.2	4.5	6.25%	leicht verkrümmt
B_0.2	1/0	14.3	4.1	4.5	6.82%	regelmässig
B_0.3	1/0	14.2	4.2	4.5	6.25%	regelmässig
B_0.4	1/0	14.3	4.2	4.4	8.33%	regelmässig
B_0.5	1/0	14.1	4.2	4.5	6.25%	stark verbogen
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					7.13%	8.33%
Fugentest					- viele Risse wahrnehmbar - für Mörtel ungeeignet	
B_1.1	1/1	14.8	4.3	4.5	6.25%	leicht vetrümmt
B_1.2	1/1	14.8	4.3	4.7	2.27%	regelmässig
B_1.3	1/1	14.7	4.4	4.4	8.33%	verkrümmt
B_1.4	1/1	14.8	4.3	4.6	4.17%	regelmässig
B_1.5	1/1	14.7	4.3	4.6	4.17%	regelmässig
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					3.54%	4.17%
Fugentest					- kleine Risse wahrnehmbar - für Mörtel teilweise geeignet	
B_2.1	1/2	14.8	4.4	4.2	12.50%	verkrümmt
B_2.2	1/2	15	4.4	4.6	4.17%	leicht verkrümmt
B_2.3	1/2	15	4.4	4.7	2.08%	regelmässig
B_2.4	1/2	15	4.3	4.6	4.17%	leicht geflossen
B_2.5	1/2	15	4.3	4.7	2.27%	regelmässig
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					2.18%	2.27%
Fugentest					- keine Risse wahrnehmbar - für Mörtel geeignet	

Fazit:

Bei einer Zugabe von zwei Teilen Sand zu einem Teil Lehm schwindet der Mörtel nur marginal und rissfrei. Somit ist diese Mischung für den Bau geeignet. Farblich setzt sich der Mörtel markant von den Adobe-Ziegel ab, was eine sorgfältige Behandlung der Fugen und des Fugenbildes voraussetzt.

Schalung: Für die Testblöcke wurde eine kleine Holzschalung gebaut.



Farbe und Körnung: Je nach verwendeter Lehmart variiert die Farbe des Mörtels. Der zugegebene Sand ändert neben dem Schwindmass auch die Oberfläche des Mörtels.



Mörtel-Testreihe C
 Lehm N°4; Bauplatz, Isele
 Masse der Schalung [l/b/h]: 15/4.4/4.8cm

N°	Verhältnis Lehm/Sand	Abmessungen nach Austrocknung l/b/h [cm]			relatives Schwindmass (Maximalwert)	Kommentar
C_0.1	1/0	13.9	4.1	4.5	7.33%	regelmässig
C_0.2	1/0	13.7	4.1	4.4	8.67%	regelmässig
C_0.3	1/0	13.7	4	4.3	10.42%	regelmässig
C_0.4	1/0	13.8	4	4.3	10.42%	regelmässig
C_0.5	1/0	13.8	4	4.3	10.42%	stark verbogen
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					9.21%	10.42%
Fugentest					- viele Risse wahrnehmbar - für Mörtel ungeeignet	
C_1.1	1/1	14.3	4.3	4.5	6.25%	regelmässig
C_1.2	1/1	14.3	4.3	4.5	6.25%	regelmässig
C_1.3	1/1	14.5	4.3	4.4	8.33%	leicht vetrkrümmt
C_1.4	1/1	14.5	4.3	4.4	8.33%	regelmässig
C_1.5	1/1	14.2	4.2	4.5	6.25%	verkrümmt
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					6.94%	8.33%
Fugentest					- kleine Risse wahrnehmbar - für Mörtel teilweise geeignet	
C_2.1	1/2	14.7	4.4	4.6	4.17%	regelmässig
C_2.2	1/2	14.9	4.3	4.7	2.27%	regelmässig
C_2.3	1/2	15	4.3	4.6	4.17%	regelmässig
C_2.4	1/2	15	4.4	4.4	8.33%	verkrümmt
C_2.5	1/2	14.8	4.3	4	16.67%	sehr unregelmässig geflossen
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					3.54%	4.17%
Fugentest					- keine Risse wahrnehmbar - für Mörtel geeignet	
C_3.1	1/3	15	4.4	4.7	2.08%	regelmässig
C_3.2	1/3	14.9	4.4	4.8	0.67%	leicht geflossen
C_3.3	1/3	15	4.4	4.8	0.00%	regelmässig
C_3.4	1/3	15	4.3	4.7	2.27%	leicht geflossen
C_3.5	1/3	15	4.3	4.7	2.27%	regelmässig
Mittleres / Maximales Schwindmass der regelmässigen Blöcke					1.45%	2.27%
Fugentest					- keine Risse wahrnehmbar - für Mörtel geeignet	

Fazit:

Bei einer Zugabe von zwei bis drei Teilen Sand zu einem Teil Lehm schwindet der Mörtel nur marginal und rissfrei. Somit ist diese Mischung für den Bau geeignet. Farblich setzt sich der Mörtel markant von den Adobe-Ziegel ab, was eine sorgfältige Behandlung der Fugen und des Fugenbildes voraussetzt.

C 3.1-C 3.5: Bei einer Zugabe von zwei bis drei Teilen Sand zu einem Teil Lehm schwindet der Mörtel nur marginal und rissfrei.



Verbandmauerwerk mit Lehmfugen: Die Mörtelmischung C_3 wurde am Bau eingesetzt. Auch nach Austrocknung sind die Fugen voll ausgefüllt und frei von Rissen.



Interpretation der Mörteltests

Die Auswirkungen des Abmagerns des Lehms mit Sand zeigt sich in sämtlichen Testreihen eindrücklich. Die enorme Verringerung des Schwindmasses bei einem hohen relativen Sandgehalt verbessert demnach die Qualität der Fugen aufgrund mehrheitlicher Rissfreiheit massgeblich. Es ist ein Gegenbeispiel zu den meisten Gebäude in Isele, wo die Fugen von Rissen gekennzeichnet sind. Für die Verwendung eines sandhaltigen Mörtels am Bau spricht demnach kein bautechnisches Argument, solange der Mörtel beim Darüberstreichen nicht aus der Fuge rieselt. Ökonomische und ökologische Nachteile, die auch von der Bauherrschaft geäußert worden waren, werden durch die mutmasslich längere Lebensdauer kompensiert.

Obwohl von jeder Mischung fünf Testkörper hergestellt wurden, konnten einige Exemplare wegen grossen Verformungen nicht verwendet werden. Auch ist die arithmetische Bestimmung des Trockenschwindmasses eher ungenau, da ein exaktes Messen aufgrund Verkrümmungen oder Fliessens nur annähernd möglich war. Eine präzisere Abschätzung des Trockenschwindmasses könnte durch eine formgenaue Schalung und eine ebene Trocknungsfläche, beispielsweise einer Schaltafel, erreicht werden. Ferner müsste gemäss SIA-Dokumentation D 0111 "Regeln zum Bauen mit Lehm" das Trockenschwindmass an Probekörpern von mindestens 20 Zentimeter Länge (Abb.28) bestimmt werden.¹²⁵ Dadurch wäre auch die Abschätzung der Zusammensetzung (mager - mittelfett - fett), welche bereits zur Interpretation der Lehmproben hätte herangezogen werden sollen, aussagekräftiger.

Trotzdem lassen sich anhand der Proben zwei wesentliche Fakten feststellen: Erstens variiert das Trockenschwindmass der verschiedenen Ausgangsmaterialien. Dies bestätigt die generelle Aussage, dass an jedem Standort eine unterschiedliche Zusammensetzung des Lehms zu erwarten ist. Zweitens zeigen die Testreihen, dass für die Herstellung rissfreien Mörtels eine grosse Quantität Sand benötigt wird. Die Menge, beziehungsweise das Verhältnis Lehm-Sand, steht in direkter Abhängigkeit zur Zusammensetzung des eingesetzten Lehms. Je kleiner der Tongehalt des Lehms, desto niedriger der benötigte Sandanteil der Mörtelmischung. Bei der Verwendung des sehr fetten Lehms aus der Lehmgrube Kikurue (Lehm N°1/Testreihe A) müsste demnach ein Teil Lehm mit vier Teilen Sand gemischt werden. Die Verwendung desselben Ausgangsmaterial wie für die Ziegel wäre zwar aufgrund derselben Rohdichte und Druckfestigkeit¹²⁶, sowie des homogenen Ausdrucks durch die identische Farbe interessant, jedoch stehen die Kosten des Sandes sowie die Kosten und Emissionen des Transports des Lehms von der Lehmgrube zur Baustelle im Widerspruch zur Grundidee einer möglichst umweltfreundlichen, kosteneffizienten und reproduzierbaren Bauart. (Kap. Primärenergiegehalt)

Bei Lehm N°4 (Testreihe C) beschränkt sich der Transportaufwand auf denjenigen des Sandes. Der Abbau direkt auf der Baustelle hat weiter den logistischen Vorteil, unabhängig Dritter zu sein. Anhand der Testversuche schwindet der Mörtel bei einer Zugabe von zwei bis drei Teilen Sand zu einem Teil Lehm nur noch marginal und rissfrei. Der Mörtel setzt sich farblich aber markant von den Adobe-Ziegel ab. Dies bedingt beim Sichtmauerwerk in der Planung wie in der Ausführung eine sorgfältige Behandlung der Fugen und des Fugenbildes. Die nötige Sorgfalt zieht einen grösseren Arbeitsaufwand mit sich, doch wird gleichsam eine Veredelung der Fassade erreicht. Diese macht das Gebäude visuell wertvoller und stärkt damit die Reputation des lokal abbaubaren und frei verfügbaren Baustoffes.

Die Entscheidung zur Mörtelzusammensetzung fällt zugunsten der Mischung C_3, ein Teil des auf der Baustelle gewonnenen Lehms unter Beimengung zwei bis drei Teilen Sand, aus.

¹²⁵ vgl. SIA [Hrsg.], 1994, S.29

¹²⁶ vgl. Hebel ; Moges ; Gray, 2015 S.62 [Manual]

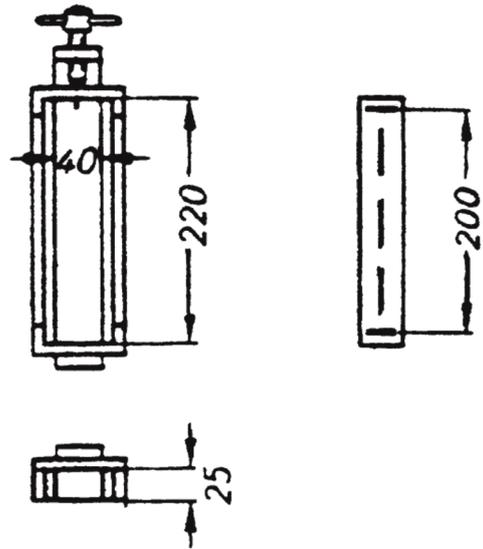


Abb.28 Trockenschwindmass: Die Versuchsanlage zur Ermittlung des Trockenschwindmasses gemäss DIN 18952 entspricht auch der SIA Dokumentation D 0111 "Regeln zum Bauen mit Lehm", 1994. Eine präzisere Einschätzung des Schwindverhaltens wäre demnach möglich.



Mörtelpräparation: Auf der Baustelle wird die Mörtelmischung hergestellt; mit der Schubkarre das Verhältnis der Teile abgemessen. Die grosse Menge des benötigten Sands ist aufgrund des Farbunterschied zum dunklen Lehm augenfällig.

Mauern ohne Mörtel

Der Sand stellt einerseits ein wichtiger Bestandteil des Lehmörtels zugunsten der Bauschadensfreiheit, andererseits ein für die Wand grosser Kosten- und Energiefaktor dar. Könnte die Quantität des Sandes verringert werden ohne Risse in Kauf zu nehmen, wäre die Konstruktion ökologisch wie ökonomisch optimiert. Dies wäre sicherlich möglich, wenn sich am Bauplatz ein sehr magerer Baulehm finden würde, der nicht oder nur unwesentlich abgemagert werden müsste. Alternativ könnte der relative Tongehalt mit pflanzlichen Fasern gesenkt werden.¹²⁷ Die Zuschlagstoffe dürften in ihrer Dimension diejenige des Bauteils - sprich: die Fugendicke - nicht übersteigen.¹²⁸ Das Zerkleinern der Piniennadeln in 1cm kleine Häcksel stellt einen Aufwand dar, den vermutlich nicht nachgeahmt werden dürfte. Interessant wäre jedoch ein gänzlicher Verzicht auf Mörtel.

Mit formgenauen Ziegel lässt sich eine Lehmwand auch ohne Mörtel errichten, wenn diese vor dem Vermauern kurz in einem Wasserbad lagern, so dass die Oberflächen weich werden. Die angeweichten Lehmsteine werden dann im Verband verlegt und fest aneinander gedrückt, so dass sie nach dem Austrocknen miteinander verbunden sind. Diese Methode erfordert bei grösseren Wandflächen jedoch eine sehr grosse Übung und Geschicklichkeit, da es schwierig ist, die Steine exakt im Verband zu verlegen. Anders als beim üblichen Mauerwerk, bei dem die dicken Mörtelfugen genügend Möglichkeiten bieten, Masstoleranzen auszugleichen, ist dies bei den schmalen Fugen, die durch die aufgeweichten Oberflächen entstehen nur im geringen Mass möglich. Aus diesem Grunde ist diese Technik bei handgefertigten Lehmsteinen nicht sinnvoll, da die Formate zu ungleich und die Oberflächen zu uneben sind.¹²⁹ Eignen würden sich dafür bestimmt industriell hergestellte Grünlinge. "Grünlinge sind zum Brennen bestimmte "grüne" Steine aus der Ziegelproduktion, die ungebrannt verwendet werden."¹³⁰

Im Rahmen eines kleinen Testobjekts wäre ein Versuch mit handgefertigten Adobe-Ziegel ohne Mörtel zu mauern trotzdem interessant. Dabei müsste insbesondere auf die Präzision der Ziegelherstellung fokussiert werden. Die bereits an diesem Projekt entwickelte, exakte Stahlschalung stellt den ersten Schritt dar. Der zweite ist eine horizontale, glatte, dichte, harte und nicht haftende Fläche, worauf die Adobe gestürzt werden. Eine Möglichkeit dazu wäre die Verwendung von Kunststoff, Stahl oder einer Schaltafel. Da dies ein relevanter Kostenpunkt darstellen könnte, müsste die Adobe Produktion vermutlich schrittweise, über eine längere Zeitdauer, erfolgen. Erst nachdem die Ziegel formstabil sind, könnte die Schaltafel für die nächste Tranche benutzt werden. Die produzierten Ziegel müssen vor Wetter und mechanischer Beschädigung geschützt gelagert werden.

Ein Mauerwerksverband erscheint dabei adäquat. Eine ausreichende Stabilität sowie Wärmespeicherkapazität der Wand dürfen angenommen und kleine Ungenauigkeiten der Ziegel könnten kompensiert werden. Während den Mauerarbeiten könnten allfällige Überstände auf den Ziegeloberflächen durch Schneiden oder Schleifen geglättet werden. Da im südlichen Hochland von Tansania keine Frostgefahr besteht, wären auch kleine Ritzen konstruktiv unproblematisch. Ein Fassadenputz würde diese gar eliminieren. Die bautechnischen Regeln zum Schutze der Lehmkonstruktion (Kap. Mauern mit Adobe) dürften keinesfalls vernachlässigt werden. Kritisch müssten das Quell- und Schwindverhalten während des feuchten Einbaus sowie die Belastbarkeit auf Schub betrachtet werden. Als erste Annäherung wird hier ein Modell im Massstab 1:5 eingesetzt. Dabei stellt die Zeitdauer des Aufweichens eine Schwierigkeit dar. In einem nächsten Schritt müsste die Bauweise an einer Testwand angewendet werden, um Möglichkeiten und Probleme zu verifizieren und das effektive Potenzial des Mörtel-freien Mauerns experimentell zu testen.

Generell steht fest, dass ein Prototyp arbeitsaufwändiger wäre als die am behandelten Projekt angewandte Bauweise. Auch würde sie von den Partizipierenden Geduld wie Geschick abverlangen. Der minimierte Einsatz von Sand hätte jedoch positive Auswirkungen auf die, im Verhältnis zur Arbeit hohen, Materialkosten und die Emissionen. Das Experiment erscheint darum lohnenswert.

127 vgl. Minke, 2012, S.41

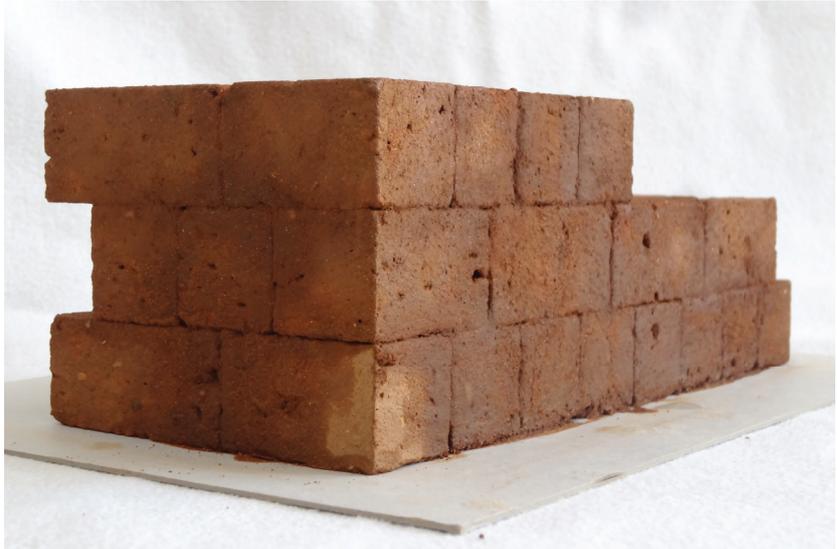
128 vgl. Minke, 2012, S.51

129 aus: Minke, 2012, S.76

130 aus: Schroeder, 2010, S.125

Modell: Der beschriebene Vorgang des Mauerns ohne Mörtel wird im Modell (MST 1:5) getestet. Die kleinen Ziegel wurden formgenau aus einem von Tansania mitgebrachten Adobeziegel (N° 1.01) zugeschnitten und fugenlos in einem Blockverband vermauert.

Neben der Schwierigkeit zur formgenauen Ziegelerstellung dürfte die Eigenschaft des Quellens und Schwindens des Lehms eine grosse Herausforderung beim Mauern ohne Mörtel darstellen.



Herstellung: Vor dem Vermauern werden die Modell-Lehmziegel im Wasserbad angeweicht. Die dafür benötigte Zeitdauer muss empirisch gesucht werden.



3.7. Schlussfolgerungen

Schlüsselpunkte des Kapitels Bautechnik werden hier noch einmal kurz diskutiert. Die Bilanz fokussiert auf Aspekte der Bautechnik, während übergeordnete Zusammenhänge später (Kap. Analyse) gezogen werden.

Die Einblicke in materialwissenschaftliche Themenbereiche, wie sie im Kapitel wiederholt gestreift wurden, sind für die Praxis eines Architekturstudenten ungewohnt. Doch erscheinen gerade die Basiskenntnisse zum Material als unumgängliche Notwendigkeit im Entwurf wie in der Analyse. Denn der Lehm determiniert mit seinen negativen wie positiven Eigenschaften den Ausdruck und die Konstruktion des Gebäudes massgeblich. Die Materialeigenschaften zu verstehen hilft, um daraus Potenzial zu schöpfen; dies nicht nur in bautechnischer, sondern ebenso in ökonomischer und ökologischer Hinsicht (Kap. Bauökonomie & Kap. Ressourcenmanagement). Beispielsweise können ungebrauchte Lehmteile, Mörtelresten oder gar zerfallene Häuser aufgrund ihrer meist negativ konnotierten Wasserlöslichkeit wiederverwendet und in neue Produkte umgewandelt werden (Abb.29). Dieses Potenzial - gekoppelt an das Wissen zu den Materialeigenschaften - gilt es zu nutzen, zu erweitern und zu verbreiten damit die Bauqualität ansteigt ohne die kulturelle Identität zu untergraben.

Parallel zu den Materialkenntnissen gilt es diejenigen der Baukonstruktion weiter zu entwickeln. Beim Bauen mit Lehm sind insbesondere die Detaillösungen zu Dach und Sockel entscheidend im Bezug auf Bauschadensfreiheit.

Das notwendige Wissen muss dabei nicht zwingendermassen sehr umfangreich sein. Einfache Testverfahren liefern bereits Anhaltspunkte, ohne dass man den universitären Hintergrund eines Materialwissenschaftlers hat und ein Labor benutzen darf. Wichtiger sind ein intaktes Interesse für die Sache sowie anschauliche Testanordnungen. Mit letzteren kann das Problem - und bestenfalls gleich die Lösung - verständlich visualisiert werden. Diese Vorgehensweise hilft einerseits dem eigenen Verständnis, andererseits können weitere Leute, wie in unserem Fall Handwerker und Handwerksschüler, in den Diskurs integriert werden.

Drei Tests werden exemplarisch herangezogen: Als ersten wichtigen Test wird derjenige zur Ermittlung des Trockenschwindmasses aufgeführt. Obwohl arithmetisch nicht aussagekräftig, konnte mit dem Versuch dargelegt werden, wie sich das Material je nach Abbauort und Mischverhältnis verhält. Der Vergleich der Probekörper mit der Schalung war augenfällig und konnte einfach verstanden werden. Die Resultate dienen der Abschätzung des Tongehalts sowie der Zusammenstellung des Mischverhältnisses beim Mörtel. Ebenso hilfreich kann der Cookie-/Bruchtest eingestuft werden. Die schnell hergestellten Probekörper liefern Hinweise zur Widerstandsfähigkeit des geprüften Lehms, da das Zerschlagen einfach beurteilt und interpretiert werden kann. Für weitere Schlussfolgerungen - wie zu den Folgen eines hohen oder niedrigen Tongehalts, bzw. Bindekraft - ist jedoch das oben beschriebene Basiswissen zu den Materialeigenschaften notwendig. Drittens ist der simple Geruchstest ein effektiver Indikator, um Lehm mit Humus schnell auszuschliessen und die Qualität des verwendeten Material hochzuhalten.

Methodisches Arbeiten scheint für das Bauen mit Lehm relevant. Da das Material nicht im Baumarkt gekauft werden kann und je nach Abbauort unterschiedliche Eigenschaften aufweist, muss es stets neu beurteilt und getestet werden. Es muss ausprobiert und beobachtet werden, bevor beurteilt und bewertet werden kann. Dies ist zwar mühsam und arbeitsaufwändig, doch hilft eine objektive Meinungsbildung, Entscheidungen herzuleiten. Eine strukturierte wie präzise Arbeitsweise ist dazu unerlässlich.

Eine hohe Genauigkeit ist auch bei der Herstellung der Produkten sowie beim Vermauern derselben vorteilhaft. Exakte Adobeziegel erleichtern die Maurerarbeiten und stärken Konstruktion und Ausdruck. Ein sorgfältiges Vermauern (Abb.30) trägt ebenso zur Aufwertung der Fassade bei. Das Gebäude wird dadurch wertvoller, was sich wiederum im Stolz der partizipierenden Handwerker und der Nutzer widerspiegeln dürfte.

Schlüsselpunkte Bautechnik:

1. Materialkenntnisse ermöglichen Potenziale
[Wasserlöslichkeit/Schwindverhalten]
2. Bauschadensfreiheit dank konstruktivem Wissen
[Sockel & Dach]
3. anschauliche Testanordnungen
[Trockenschwindmass/Cookie/Geruchstest]
4. Methodik ermöglicht Meinungsbildung
[ausprobieren-beobachten-beurteilen-bewerten]
5. Genauigkeit in Herstellung von Baustoff & Bauteil
[exakte Adobeziegel/sorgfältiges Vermauern]

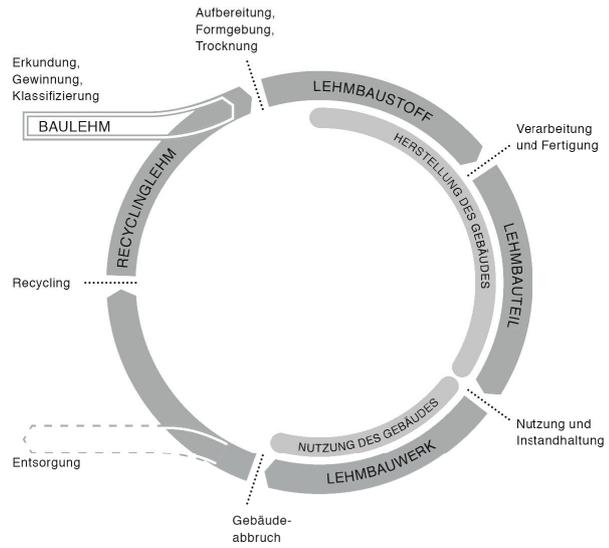


Abb.29 Stoffkreislauf des Baustoffes Lehm: Elementare Materialkenntnisse ermöglichen eine Ausschöpfung von Potenzialen; Ein solches stellt die Wiederverwendung von Recyclelehm in neue Bauteile dar.

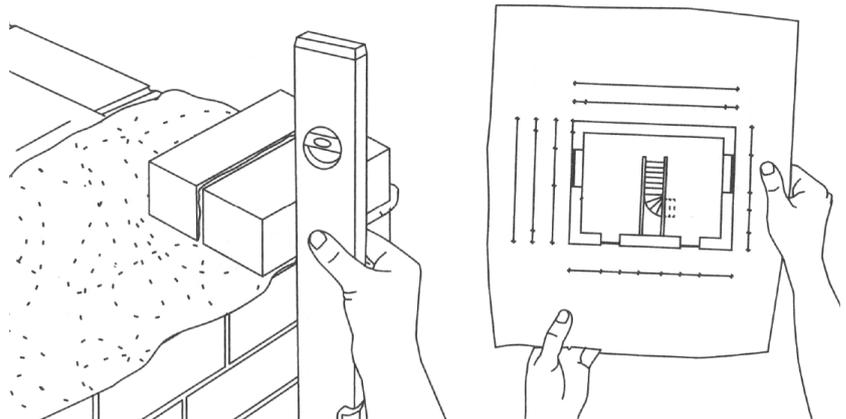


Abb.30 Maurerarbeiten: Präzise Produkte und deren sorgfältige Anwendung am Bau tragen zu einer konstruktiven und visuellen Aufwertung des Bauwerkes bei.



4. RESSOURCENMANAGEMENT

In unserer Grundidee ¹³¹ haben wir uns einer ressourcenschonenden Bauweise verpflichtet. Der Einsatz von Materialien, die dem natürlichen oder zumindest dem technischen Ressourcenkreislauf entnommen und wieder zugeführt werden stehen dabei im Vordergrund und die benötigte Energie soll minimiert werden.

Im folgenden Kapitel soll eruiert werden inwiefern die Frage des Energie- und Ressourcenverbrauchs, in Anbetracht der geringen Bautätigkeit, im ländlichen Tansania eine Relevanz haben. Der Bau selbst soll anhand einer Berechnung in den Bereichen Materialverbrauch, Herkunft, Güterkreislauf und Primärenergiebedarf überprüft und mit einem Vergleichsprojekt konfrontiert werden.

Als Grundlage dient uns das Baujournal sowie die Kostenzusammenstellung. Darin haben wir sämtliche Baumaterialien, die auf der Baustelle eintrafen, dokumentiert. Bei den Eigenproduktionen kann der Arbeitsprozess und die Herkunft nachvollzogen werden, bei den eingekauften Produkten versuchen wir über die Hersteller die Herkunft zu eruieren. Als Referenz rechnen wir ein Gebäude mit identischem Raumprogramm, gleicher Grösse und einer Konstruktion, die vom RDO typischerweise verwendet wird. Dies entspricht der Bauweise, die auch unsere Handwerker erwartet und erhofft haben.

Der Primärenergiebedarf wird in der Regel auf die Lebenszykluskosten gerechnet. Unser Gebäude dient als Prototyp, die erwartete Lebenserwartung ist auf Grund vieler unbekannter Faktoren nicht vorhersehbar. Somit rechnen wir die Lebenszykluskosten nicht ein und gewichten diese gegenüber dem Reverenzprojekt nicht. Dies obwohl wir uns auf Grund der sorgfältigen Konstruktion, der Partizipation der Bevölkerung und des architektonischen Ausdrucks eine Steigerung der Lebensdauer gegenüber heutigen Bauten erhoffen. Ähnlich verhält es sich mit der "sozialen Nachhaltigkeit"; die Wichtigkeit dieses Aspektes ist uns bewusst, wir haben in sämtlichen Phasen versucht darauf zu reagieren. Mit dem heutigen Informationsstand ist dazu noch kein qualitatives Fazit möglich.

Das Kapitel untersucht die Auswirkungen unserer Entscheidungen in ökologischer Hinsicht. Durch die Berechnung des Energieverbrauchs und die Konfrontation mit dem Vergleichsprojekt suchen wir eine Antwort auf die These "Eine natürliche Bauweise trägt zur Lösung der globalen Klimaproblematik bei". Durch einen vergleichbaren Aufbau der Themen Ressourcenmanagement und Bauökonomie schaffen wir eine Grundlage zur Beurteilung der These "Lokal ist die Synthese von Ökologie und Ökonomie".

¹³¹ vgl. Dorzentrum für Isele, FS16, Grundidee, S.10&11,

links - Bodenplatten brennen: Die getrockneten Bodenplatten werden auf dem Bauplatz zu einem Ofen aufgetürmt und gebrannt.

4.1. Relevanz des Ressourcenmanagement

"Architektur hat Macht. Sie ist ein Werkzeug, das Lebensbedingungen wesentlich verbessern kann. Ihre Ästhetik stärkt das individuelle und kollektive Selbstbewusstsein. Ihr Bedarf an Ressourcen beeinflusst die Gesellschaft unseres Planeten. Architektur kann Arbeitsplätze schaffen und wirtschaftliche Entwicklungen unterstützen. Durch die Wahl der Bauart und des Bauprozesses kann die Geldflüsse dirigieren und zur sozialen wie wirtschaftlichen Gerechtigkeit beitragen.

Sind wir Planer und Architekten uns dieser Macht bewusst? Die Eitelkeit in uns hört diese Frage gern, doch wie gehen wir mit dieser Macht um? Macht bedeutet Verantwortung. Wie würde es das Baugeschehen beeinflussen, wenn sich jede(r) PlanerIn bei jeder Bauaufgabe bewusst die Frage stellte: "Wie würde die Welt aussehen, wenn sieben Milliarden Menschen genauso planen und bauen wie ich?" Ist der Einsatz der Ressourcen maßvoll, gerechtfertigt, oder verwehrt mein Anspruch anderen den Zugang? Die Welt hat nicht genug Ressourcen, um für alle Menschen Gebäude etwa aus Beton und Stahl bauen zu können. Beides sind wertvolle Materialien, die gebraucht werden, zum Beispiel für Fundamente oder zum Brückenbau. Es kommt auf den verantwortungsvollen Einsatz dieser Materialien an. Dies gilt auch in Hinblick auf die Rückführung der Rohstoffe in die natürlichen Kreisläufe.

Kompostierbare Architektur: Wenn von einem Gebäude nichts übrig bleibt als das Wissen und Können, es besser wieder aufzubauen, dann ist das echte Nachhaltigkeit. Das klingt radikal, schließlich ist der Verfall ähnlich dem Tod ein Tabuthema. Doch wo liegt das Problem, wenn Bambus verrotet, wenn es nur drei Jahre dauert, bis das neue Baumaterial wieder herangewachsen ist? Wenn ein Lehmgebäude erodiert, das mit Wasser und menschlicher Arbeitskraft ohne jeglichen Qualitätsverlust wieder aufgebaut werden kann? Ein Haus soll so lange Bestand haben, wie es gebraucht wird und den Bewohnern zum Nutzen dient. Sicherlich bedarf es der Wartung. Setzt die Wartung aus, weil der Aufwand dem Wert des Gebäudes nicht mehr entspricht, so muss es ohne Belastung in die Wasserkreisläufe, die Atmosphäre, den Boden zurückkehren oder ohne Energie- und Qualitätsverlust recycelt werden können." ¹³²

Eine Einheitliche Betrachtung der Architektur in Tansania ist auf Grund ihrer Heterogenität ⁷⁷ schwierig, trotzdem können einheitliche Entwicklungen in den Urbanen Zentren so wie auf dem Land beobachtet werden. Wie im Kapitel „Bautechnik“ beschrieben, werden westliche Baumaterialien zunehmend wichtige Statussymbole. Insbesondere in den urbanen Zentren ist dabei zu beobachten, dass Konstruktionen verwendet werden, welche den klimatischen Bedingungen nicht gerecht werden und in der Herstellung und dem Betrieb mit hohem Energieverbrauch verbunden sind. Die Konstruktionen erinnern stark an westliche Vorbilder, Beton, Stahl und Glas prägen die neuen Quartiere.

Unser Betrachtungsperimeter bezieht sich primär auf die ruralen Gebiete, in denen der grossteil der Bevölkerung lebt. Während vor einigen Jahrzehnten Flechtwerke mit Lehmewurf noch viele Dorfbilder prägten, hat sich unterdessen der gebrannte und ungebrannte Lehmstein als meistverbreitete Technik durchgesetzt.¹³⁴ Noch schneller hat sich das Wellblech als beliebteste Dachabdeckung etabliert. Diese Entwicklungen zeigen, dass rasche Wandel in der ruralen Baukultur möglich sind, obwohl wir die Bewohner eher als konservativ kennen gelernt haben. Dieser schnelle Wandel wird durch die Kurzlebigkeit der Gebäude erst ermöglicht.

In welche Richtung sich die Baukultur wandeln wird lässt sich schwierig einschätzen: Gespräche mit den Handwerkern lassen jedoch keinen Zweifel daran, welches Baumaterial den höchsten Stellenwert hat: Zement. Nur auf Grund des hohen Preises wird dieser nicht in viel grösseren Mengen verbaut.

¹³² aus Heringer, 2013, S.1

¹³³ vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.26, FS16

¹³⁴ vgl. Lwamayanga, 2008, S. 192

Kapuziener Kloster, Mahenge, zentrales Hochland von Tansania. Die Architektursprache aus der Inner-schweiz, mit gemauertem Fundament, Ziegelmauerwerk, Zementputz und Biberschwanziegel, wird von den Missionaren mit nach Tansania gebracht. Ein Bezug zur lokalen Architektur wird dabei nicht gesucht.



Schulanlage, Ifakara: ein kubanisches Entwicklungsprojekt mit Betonskelet, verputztem Mauerwerk und Flachdach. Ein erhöhtes, freies Erdgeschoss hebt das Gebäude aus der Hochwasserzone.



Die eigene Baukultur genießt kaum Anerkennung und verliert immer stärker an Bedeutung.¹³⁵

"Im Laufe der Jahrhunderte ist in vielen Teilen der Welt das Wissen um historische Lehmbautechniken verloren gegangen. »Moderne« Baustoffe wie Beton und Zement beginnen den Lehm auch in den ärmsten Entwicklungsländern zu verdrängen oder haben es bereits getan. Lehm wird hier oft mit Armut gleichgesetzt. Wer es sich leisten kann, baut besonders in städtischen Gebieten mit Beton oder gebrannten Ziegeln. Dennoch hat Lehm als Baustoff in der täglichen Baupraxis vor allem der ländlichen Regionen der Entwicklungsländer bis heute überdauert."¹³⁶

Einen wichtigen Einfluss sehe ich hier bei den diversen NGO's die seit Jahrzehnten im ganzen Land tätig sind und zahlreiche Bauprojekte durchführen. In der Hoffnung, eine bessere Qualität und eine längere Lebensdauer zu erreichen, werden dabei neu Konstruktionen eingesetzt und Baumaterialien importiert. (Abb. Schulanlage Ifakara, vorherige Seite) Dabei agieren sie mit Budgets, die für lokale Personen nicht zur Verfügung stehen. Dadurch werden neue Ideale in der Architektur geschaffen, bestehende, kulturell verankerte Techniken in Frage gestellt und darüber hinaus der Wertschöpfungsprozess verschoben (Kap. Wertschöpfung). In einigen Fällen unterstelle ich ihnen dabei einen mutwilligen Ablehnung der lokalen Architektur. Anstelle davon wird die eigene Architektursprache als Teil und Ausdruck der eigenen Ideologie importiert. (Abb. Kapuziner Kloster, Mahenge)

Afrika ist der ärmste Kontinent der Welt und im Durchschnitt ärmer als vor 25 Jahren. Selbst in diesem Kontext ist Tansania eines der schwächsten und verwundbarsten Länder, verfügt kaum über Industrie, wenig Tourismus und eine kaum produktive Landwirtschaft. Über 33% des Staatshaushaltes machen Strukturanpassungen und Entwicklungshilfe von aussen aus. Die sozialistischen Strukturen des wirtschaftlichen Ausgleichs und der Umverteilung, welche stark zur Stabilität beitragen das Land jedoch ökonomisch schwächt, sind bis heute spürbar.¹³⁷ (Kap. Grundlagen Bauökonomie) Während neben Südamerika auch China, Indien sowie kleine asiatische Länder wie Vietnam rasant wachsen, scheint Afrika zu stagnieren. Seit einigen Jahren scheint sich dieser Trend jedoch zu ändern, die Mehrheit der Staaten Afrikas verzeichnet ein wirtschaftliches Wachstum, niedrige Inflation sowie sinkende Haushalts- und Handelsdefizite.¹³⁸ Auch im wirtschaftlich langsamen Tansania ist das Handelsdefizit in den letzten 25 Jahren deutlich gesunken (-25% 1990; -10% - 2014).¹³⁹

Mit der Jahrtausendwende begann für Afrika eine Zeit anhaltenden und beeindruckenden Wachstums. Einige seiner Länder waren unter den am schnellsten wachsenden Volkswirtschaften weltweit. Trotz überraschender Widerstandsfähigkeit hat sich die Haushaltssituation in der Finanzkrise wieder verschlechtert. Gemäss den Vorhersagen von IWF und Weltbank bleibt Subsahara-Afrika eine der am schnellsten wachsenden Regionen der Welt, auch wenn es unter den negativen Auswirkungen von fallenden Rohstoffpreisen und weniger günstigen weltweiten Finanzbedingungen leidet.¹⁴⁰

Gemäss „The World Factbook“, welches von der CIA herausgegeben wird, wächst die Bevölkerung von Tansania pro Jahr um 2.79%.¹⁴¹ (Abb. Geburtenraten nach Länder) Die Gesamtbevölkerung hat sich in den letzten zwanzig Jahren auf über 51 Millionen Personen praktisch verdoppelt, wobei der Altersdurchschnitt bei 17.5 Jahren liegt. Zusätzlich findet innerhalb des Landes eine rasante Urbanisierung statt.¹⁴¹

135 vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.26 & 30, FS16

136 aus: Schroeder, Lehm, S.23

137 vgl. Plenk, 2014, S.77-80

138 vgl. Vielhaber, Anlagechancen, S.159

139 vgl. http://de.theglobaleconomy.com/Tanzania/Trade_balance/, Zugriff 20.01.2017

140 vgl. Zamfir, Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments

141 vgl. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tz.html>, Zugriff 12.12.2016

142 vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.12, FS16

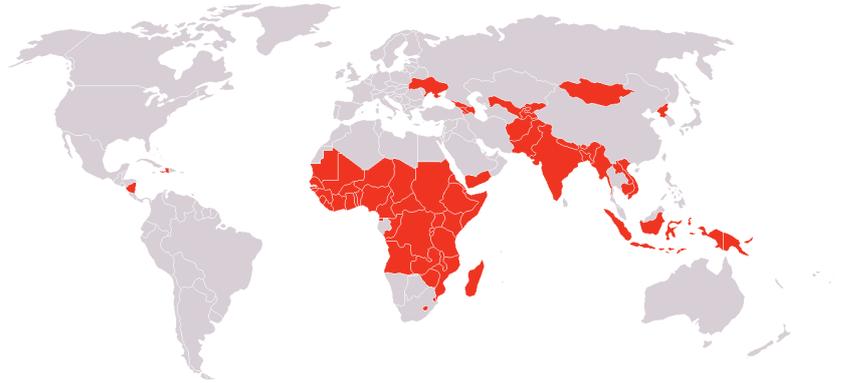


Abb.31 die ärmsten Länder der Welt: nebst einigen asiatischen und mittelamerikanischen Ländern ist die Armut in Zentralafrika am höchsten. Sämtliche Länder subsahara Afrikas zählen dazu.

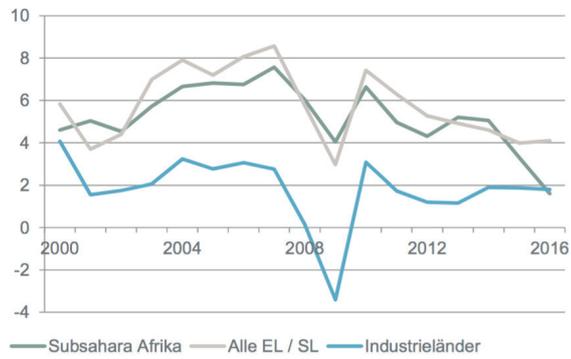


Abb.32 BIP-Wachstumsprognose IWF 2016: Prognose das realen BIP Wachstum von subsahara Afrika im Vergleich zum Durchschnitt der Schwellen-, Entwicklungs- und Industrieländer.

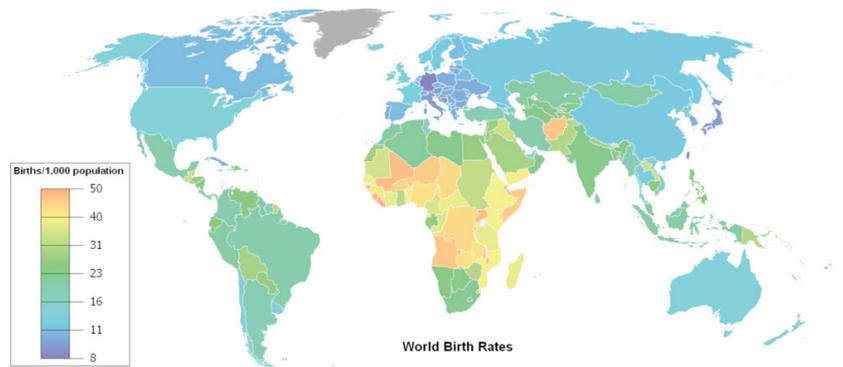


Abb.33 Geburtenraten: die Länder mit den höchsten Geburtenraten sind zu einem hohen Anteil kongruent mit den ärmsten Ländern der Welt (Abb. 23) Auch hier belegen die Länder von subsahara Afrika die vorderen Plätze.

Kumulieren sich diese Faktoren von rasantem Bevölkerungswachstum, Erhöhung der Kaufkraft auf Grund des Wirtschaftswachstums, kurzer Lebensdauer von Bauten und erhöhter Einsatz von energieaufwändigen Baumaterialien, könnten auch in suburbanen Gebieten Tansanias, so wie in ganz Subsahara Afrika, die Thematik von Ressourcen & Energie schnell zu einem wichtigen Thema werden.

Der wirtschaftliche Aufstieg vieler Schwellenländer in den letzten Jahrzehnten ist mit einem enormen Anstieg des Energie- und Ressourcenverbrauch verbunden. Eine schnelle wirtschaftliche Entwicklung Tansanias und ganz Subsahara Afrikas ist aus unserer Perspektive wünschenswert. Geschieht dies jedoch unter einem ähnlichen Anstieg des Verbrauchs fossiler Energie und Ressourcen wie in den oben genannten Beispielen, muss man sich bewusst sein, dass selbst die ambitionslosesten Klimaziele unerreichbar bleiben. Als grösster Klimasünder und Profiteur der Industrialisierung sehe ich uns in der Pflicht, den afrikanischen Kontinent bei einem nachhaltigen wirtschaftlichen Aufschwung zu unterstützen. Im Wissen, dass die Erde kein erneutes Wirtschaftswunder auf Kosten fossiler Energie erträgt.

Es gibt verschiedene Strategien um dieses Dilemma zu lösen, wobei wir davon ausgehen, dass nicht eine Massnahme alleine die Richtige sein kann. Eine Prognose des WWF (Abb. Prognose Zementverwendung) geht von einem rasanten Anstieg des Zementverbrauchs in den Entwicklungsländern aus, welche mit einem massiven Anstieg des Energiebedarfs verbunden ist. Wir versuchen in diesem Kapitel aufzuzeigen, wie die Verwendung von natürlichen und lokalen Materialien, mit einem geringen Primärenergiebedarf, einen Beitrag zur Lösung der Energieproblematik beisteuern kann.

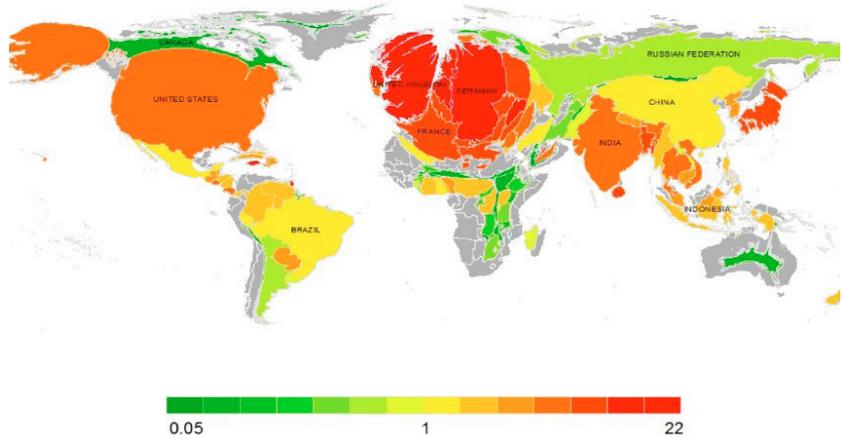


Abb.34 Einfluss auf den Klimawandel: betrachtet man den Einfluss der verschiedenen Länder auf den Klimawandel schneidet Europa auf Grund der frühen Industrialisierung am schlechtesten ab. Das oft kritisierte China schneidet in diesem Vergleich immer noch deutlich besser ab. Die afrikanischen Länder haben bisher kaum zum Klimawandel beigetragen.

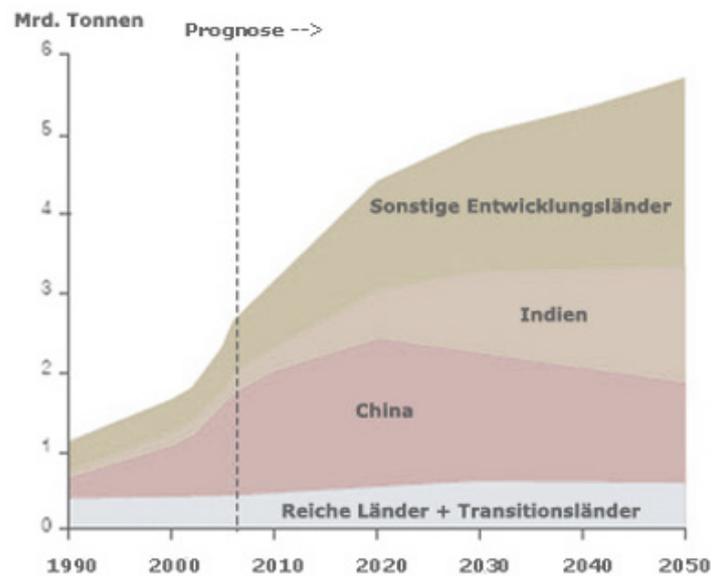


Abb.35 Prognose Zementproduktion bis 2050: Die WWF prognostiziert eine Rückgang des Zementverbrauchs von China ab 2020, welches zur Zeit auf Grund riesiger Infrastrukturprojekte den Weltweit höchsten Verbrauch aufweist. Für Indien und sonstige Entwicklungsländer wird jedoch ein massiver Anstieg prognostiziert, so dass der weltweite Verbrauch nochmals massiv ansteigt und sich im Vergleich zu 1990 mehr als verdreifacht. Die Zementproduktion ist zu einem hohen Teil am weltweiten Energiebedarf und Klimawandel mitverantwortlich.

4.2. Ressourcenverbrauch

Als Ausgangslage dieser Untersuchung dient das erstellte Gebäude in Isele und damit verbunden die dafür aufgewendeten Materialien. Diese sind in der nachfolgenden Liste zusammengetragen. Grundlagen dafür sind unser Baujournal sowie eine Materialliste. Die Materialien werden in unterschiedlichsten Mengenangaben gehandelt was einen direkten Vergleich unmöglich macht. Während Sand, Kies und Steine in Ladungen von Kleinlastwagen angegeben werden, müssen Gläser nach Inch, Hölzer, Adobe Ziegel und Metalle nach Stück und Nägel in Kilogramm angegeben werden. Erschwerend kommt dazu, dass wir Lehm direkt auf der Baustelle abgebaut haben. Unser subjektives Empfinden auf der Baustelle ist mit den Materialmengen eines Bauprozesses überfordert. Um eine Vergleichbarkeit zu erreichen haben wir die Materialien in eine Gewichtsangabe [t] umgerechnet und mittels Balken- und Kreisdiagramm dargestellt.

Betrachtet man das fertig erstellte Gebäude treten sowohl die Lehmwand als auch das Wellblechdach optisch markant in Erscheinung. Die dafür eingesetzten Materialmengen könnten unterschiedlicher jedoch kaum sein. Während die massiven Lehmbauteile, Hauptverbraucher dafür ist die Wand, mit 134.8t oder 57.7% den Grossteil des gesamten Gebäudes ausmachen, verkommt das dünne Wellblech mit 0.48t im Kreisdiagramm zu einer nicht darstellbaren Nebensächlichkeit von 0.21%. Erst die Kombination mit diesem dünnen Industrieprodukt sorgt dafür, dass die wasserlösliche Lehmwand den Regenzeiten trotzen kann. Diese zuverlässige Schutzfunktion und die damit verbundene Langlebigkeit der Lehmwand war das ausschlaggebende Argument für dessen Einsatz. Lokale, natürliche Alternativen aus Gras oder Stroh stehen grundsätzlich zu Verfügung, erhöhen jedoch das Risiko für Wasserschäden massiv.¹⁴³ Die eingesetzten Mengen an Metall sind im gesamten Materialverbrauch verschwindend klein, übernehmen jedoch eine der zentralen Aufgaben des Gebäudes mit grosser Zuverlässigkeit.

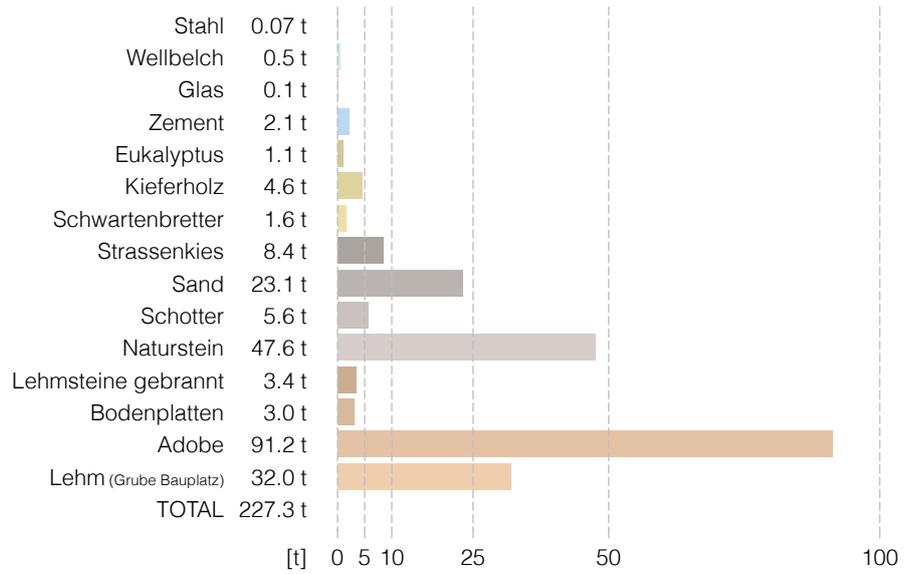
Nebst den Lehmprodukten sind vor allem Steine, Kies und Sand in grossen Mengen verbaut. Die Steine für das Fundament machen mit 21.2% oder 47.6t den zweitgrössten Materialaufwand aus. Diese treten im fertigen Gebäude jedoch nicht so stark in Erscheinung, da sie zur Hälfte unter Terrain verbaut sind. Sand, Kies und Schotter für Lehm- und Zementmörtel, Bodenaufbauten und Hinterfüllungen schlagen zusätzlich stark zu buche. Lehm, Stein, Kies und Sand machen zusammen 95.5% der verbrauchten Materialien unseres Gebäudes aus. Der von uns oft verwendete Ausdruck "Lehmhaus" müsste somit korrekter auf "Lehm- und Steinhaus" korrigiert werden.

In meiner subjektiven Wahrnehmung war der Holzverbrauch durch Dachstuhl, Fenster, Bänke und Decken höher als es die Zahlen belegen. Die Dichte von Holz ist im Vergleich zu Lehm und Stein gering, würde die Berechnungen auf dem Volumen statt dem Gewicht beruhen, würde sich dieser Unterschied etwas relativieren. Die massiven Wände, Fundamente und Böden stehen aber auch Volumetrisch in einem krassen Kontrast zum filigranen Dachaufbau.

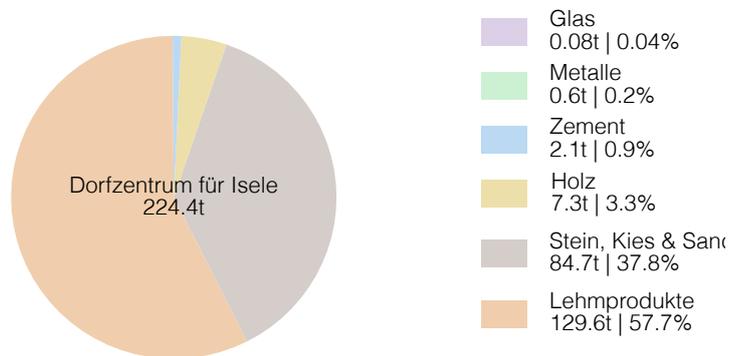
Ein weiterer wichtiger Baustoff, der in unseren Berechnungen keine Berücksichtigung findet ist Wasser. Ein Wasseranschluss besteht in Isele nicht, Dorfbewohner und Schüler haben das benötigte Wasser mit Eimern auf die Baustelle getragen. Die Anlieferungen geschahen unregelmässig und ohne Protokollierung, die verbrauchten Mengen können nicht nachvollzogen werden und werden deshalb von dieser Betrachtung ausgeschlossen.

143 vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.98-100, FS16

verbaute Materialien: Das fertig erstellte Gebäude erreicht ein Gewicht von 223.3t. Auffallend sind die hohen Mengen von ungebranntem Lehm (Adobe & Lehm vom Bauplatz) so wie die Natursteine für das Fundament.



prozentuale Aufteilung der Materialien: Das Gebäude besteht zu 94.6% aus Lehm- und Steinprodukten. Daneben sind nur noch Holz und Zement in darstellbaren Mengen vertreten.



Materialliste Dorfzentrum für Isele

Materialliste	Anzahl	Volumen	Rohdichte	Gewicht	Prozent
Lehmprodukte ungebrannt				123.2 t	54.91 %
Adobe-Steine	15200 Steine		6 kg/St	91.2 t	40.65 %
Lehm (Mörtel, Boden, Zabur; Lehmputz) *				32 t	14.26 %
Lehmprodukte gebrannt				6.42 t	2.86 %
gebrannte Steine	570 Steine		6 kg/St	3.42 t	
Bodenplatten gebrannt	1200 Steine		2.5 kg/St	3 t	
Holz				7.30613 t	3.26 %
Eukalyptus				1.1113526 t	0.50 %
Stückholz 0.05/0.15/3.96m	50 Stück	1.02193 m3	750 kg/m3	0.7664501 t	
Stückholz 0.05/0.10/3.96	30 Stück	0.45987 m3	750 kg/m3	0.3449025 t	
Kiefer "pinus khasya Royale"				4.5567759 t	2.03 %
Stückholz 0.05/0.15/3.96m	85 Stück	2.60593 m3	520 kg/m3	1.3550837 t	
Stückholz 0.05/0.10/3.96	135 Stück	2.75922 m3	520 kg/m3	1.4347945 t	
Zwischenwand 2.9/2.5/0.04		0.29 m3	520 kg/m3	0.1508 t	
Türblätter Kiefer 2.1/4.8/0.04		0.4032 m3	520 kg/m3	0.209664 t	
Bodenbretter 0.02/0.1/3.96	214 Stück	1.69488 m3	520 kg/m3	0.8813376 t	
Kanthölzer Boden 0.05/0.15/3.96	34 Stück	1.0098 m4	520 kg/m3	0.525096 t	
Schwartenbretter**	200 Stück	3.15 m3	520 kg/m3	1.638 t	0.73 %
Stein, Sand & Kies				84.6938 t	37.75 %
Natursteine	17 Canter		2.8 t/C	47.6 t	21.22 %
Sand	6.5 Canter	4.9 ****	2.8 t/C	23.09375 t	10.29 %
Schotter	2 Canter		2.8 t/C	5.6 t	2.50 %
Strassenkiess	3 Canter		2.8 t/C	8.4 t	3.74 %
Metalle				0.554 t	0.25 %
Nägels				0.035 t	
Armierungsstahl				0.03 t	
Draht				0.004 t	
Scharniere, Armaturen, etc ***				0.005 t	
Wellblech				0.48 t	
Zement				2.1 t	0.94 %
Zementsäcke	36 Säcke		50 kg/St	1.8 t	
Zementsäcke Wasserrinne ***	6 Säcke		50 kg/St	0.3 t	
Glas				0.083 t	0.04 %
Flachglas				0.083 t	
Baumaterialien Total				224.357 t	100.00 %

* Schätzung des Lehmverbrauchs auf Basis der Grubenabmessung & Berechnung für Lehmputz

** Schätzung der Durchschnittlichen Abmessung (0.15/0.03/3.5), Menge als Hochrechnung aus erstem Teil

*** Schätzung auf Basis der Abmessung, da nach unserer Abreise

**** Schätzung auf Basis der Stückzahl

**** Berechnung Lehmputz	72.5 m1	3.625 m3	1800 kg/m3	6.525 t
Lehm	25 %			1.63125 t
sand	75 %			4.89375 t

Baumaterialien auf der Baustelle: Trotz grosser Anstrengungen mussten so wohl die Adobe Ziegel wie auch die Natursteine für das Fundament auf die Baustelle geliefert werden.



Kleintransporter: Ein Kleintransporter des RDO stand uns an einigen Tagen für die Transporte zur Verfügung. Er dient dabei auch als Masseinheit für Steine, Kies und Sand.



4.3. Herkunft der Baumaterialien

Eines unserer zentralen Anliegen war es mit lokalen Materialien zu bauen, dafür gibt es unterschiedlichste Gründe: Wir versuchen an der vernakuläre Architektur anzuknüpfen, welche aus diesen Materialien entwickelt wurde. Transportwege sollen auf Grund der Kosten und ökologischer Überlegungen (vgl. Primärenergiebedarf) verhindert werden. Einige Materialien stehen auf dem Bauplatz oder der unmittelbaren Umgebung gratis zur Verfügung. (vgl. Bauökonomie) Werden sie von lokalen Produzenten gekauft bleibt die Wertschöpfung zu einem grossen Teil vor Ort (vgl. Wertschöpfung).

Importprodukte 0.55 t | 0.25 %

Für einige Baustoffe stehen keine inländischen Produkte zur Verfügung. In der Planung haben wir eine Minimierung importierter Baustoffe angestrebt; einige Ausnahmen sind wir jedoch in Form von Metallprodukten auf Grund des hohen Nutzens und Zuverlässigkeit eingegangen.¹⁴⁴ Es handelt sich primär um die Wellblechabdeckung (0.48t), Nägel, Draht, Armierungsstahl sowie Scharniere und Fensterbeschläge.

Diese müssen aus dem Ausland importiert werden. Die Hauptimporte stammen hierbei aus den Ländern Indien und China.¹⁴⁵ (vgl. Relevanz der ökonomischen Betrachtung) Sie werden über den wichtigsten Handelshafen Ostafrikas, Dar es Salaam, importiert. Die genaue Herkunft der Materialien lässt sich dabei für uns nicht zurückverfolgen. Sowohl Indien als auch China kommen als Produktionsländer in Frage. Ab Dar es Salaam werden die Güter mittels LKW über den Tanzania Zambia Highway nach Iringa transportiert und in die umliegenden Dörfer, wie Kilolo, verteilt.

- Metalle

Tansanische Industrieprodukte: 2.18 t | 0.95 %

Produkte, die eine komplexere Produktionskette erfordern werden primär rund um die wirtschaftlichen Metropolen produziert; allen voran Dar es Salaam. Mehrere Zementfabriken haben sich hier angesiedelt und beliefern einen Grossteil des Landes. Unser Zement stammt von der Marke Rhino Cement welche in Dar es Salaam und Tanga produziert und zur kenyanischen Firma ARM Cement Ltd gehört.¹⁴⁶ Glasprodukte werden ebenfalls in der Region um Dar es Salaam hergestellt.

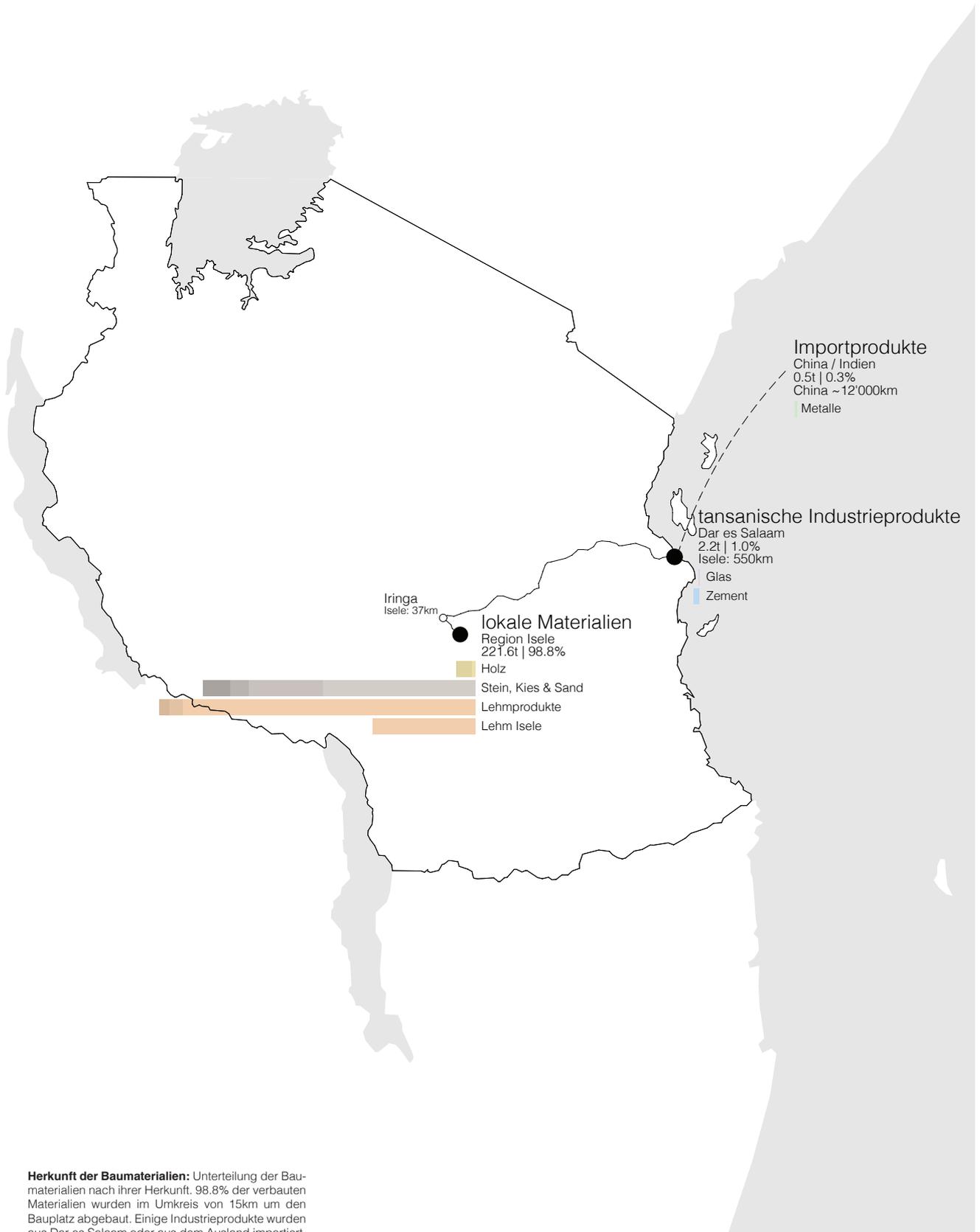
Der Transportweg von Dar es Salaam nach Isele, auf der oben beschriebenen Route auf dem Tanzania-Zambia Highway, umfasst ca. 550km.

- Zement
- Glas

¹⁴⁴ vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.98, FS16

¹⁴⁵ vgl. <http://atlas.media.mit.edu/de/visualize/stacked/hs92/import/tza/show/all/1995.2014/>, Zugriff 27.01.2017

¹⁴⁶ vgl. <http://www.armcement.com>, Zugriff 27.01.2017



Herkunft der Baumaterialien: Unterteilung der Baumaterialien nach ihrer Herkunft. 98.8% der verbauten Materialien wurden im Umkreis von 15km um den Bauplatz abgebaut. Einige Industrieprodukte wurden aus Dar es Salaam oder aus dem Ausland importiert.

lokal abgebaute und produzierte Materialien: 221.6t t | 98.8 %

Materialien, die in einem Radius von 15km um den Bauplatz abgebaut werden, machen mit 186t oder 98.8% den grössten Anteil des Gebäudes aus. Dabei ist zu beobachten, dass es sich vorwiegend um Materialien handelt, die einen geringen Produktionsprozess aufweisen wie Holz, Lehm und Sand oder direkt im vorgefundenen Zustand verbaut werden wie Natursteine. Bei der Beschaffung dieser Baustoffe mussten wir uns auf die Kenntnisse der lokalen Bevölkerung verlassen.

Wir waren überzeugt, dass es sinnvoll ist, direkt neben dem Gebäude eine Grube zu erstellen, aus deren Aushub das Gebäude wächst. Eine Produktionskette vom Rohstoff bis zur gemauerten Adobe Wand sollte direkt auf dem Bauplatz und ohne jeglichen Transportaufwand entstehen. Dieses Vorgehen ist am Widerstand der Bevölkerung gescheitert, mit der Begründung der Lehmböden auf der Baustelle habe nicht die benötigte Qualität. (vgl. Ziegeltests) Die 17'500 Adobe Steine wurden somit von Kikurue (Abb. lokale Baumaterialien), einem erfahrenen Produzenten mit geeigneter Lehmgrube, produziert und mit Kleintransportern über eine Distanz von 13km transportiert. Neben unserem Gebäude ist im Verlauf des Bauprozesses trotzdem ein beachtliches Loch entstanden, aus welchem Lehm für den Mörtel, die Stampflehböden, Bodenplatten und die Zabur-Decke verwendet wurde. Gemäss unserer Schätzung, basierend auf der Grösse der Grube, konnten wir somit über 30t bzw. 13% des benötigten Materials für das ganze Gebäude direkt aus dem Boden unseres Bauplatzes entnehmen.

Die Steine für das Fundament waren auf dem Bauplatz nicht vorhanden. So mussten diese an einem bekannten Ort (Abb. lokale Baumaterialien) auf Kleintransporter geladen und zur Baustelle gefahren werden.

Bei den Holzprodukten kommt uns entgegen, dass im Hochland um Isele eine grosse Holzwirtschaft entwickelt wurde. So wohl Kiefer "pinus khasya Royale" so wie Eukalyptus¹⁴⁷ wird im nahen Umfeld aufgeforstet, geschlagen und direkt vor Ort geschnitten. Die verwendeten Schwartenbretter für die Deckenkonstruktion wurden teilweise von den Schülern gesammelt und zur Baustelle getragen oder aus den nahen Holzschlagstellen herangefahren. Für den Zuschnitt mussten wir diese ins RDO Zentrum (Abb. lokale Baumaterialien) transportieren, um sie später wieder zur Baustelle in Isele zu fahren.

Ein Wasseranschluss besteht in Isele nicht, Dorfbewohner und Schüler haben das benötigte Wasser mit Eimern auf die Baustelle getragen. Die Anlieferungen geschahen unregelmässig und ohne Protokollierung, die verbrauchten Mengen können deshalb nicht nachvollzogen werden.

- Lehmprodukte
- Holz
- Stein, Kies & Sand
- Wasser (Quantität nicht dokumentiert & berücksichtigt)

Baustellentransporte

Unser Anfahrtsweg vom RDO Zentrum bis zur Baustelle in Isele beträgt ca. 10km. (Abb. lokale Baumaterialien) Im Sinne einer Fahrgemeinschaft drängten wir uns täglich mit den Studenten, Handwerkern und einigen Baumaterialien auf einen Toyota Hilux. Vereinzelt fuhren Handwerker oder Teammitglieder mit einem Motorrad auf die Baustelle.

¹⁴⁷ vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.55, FS16



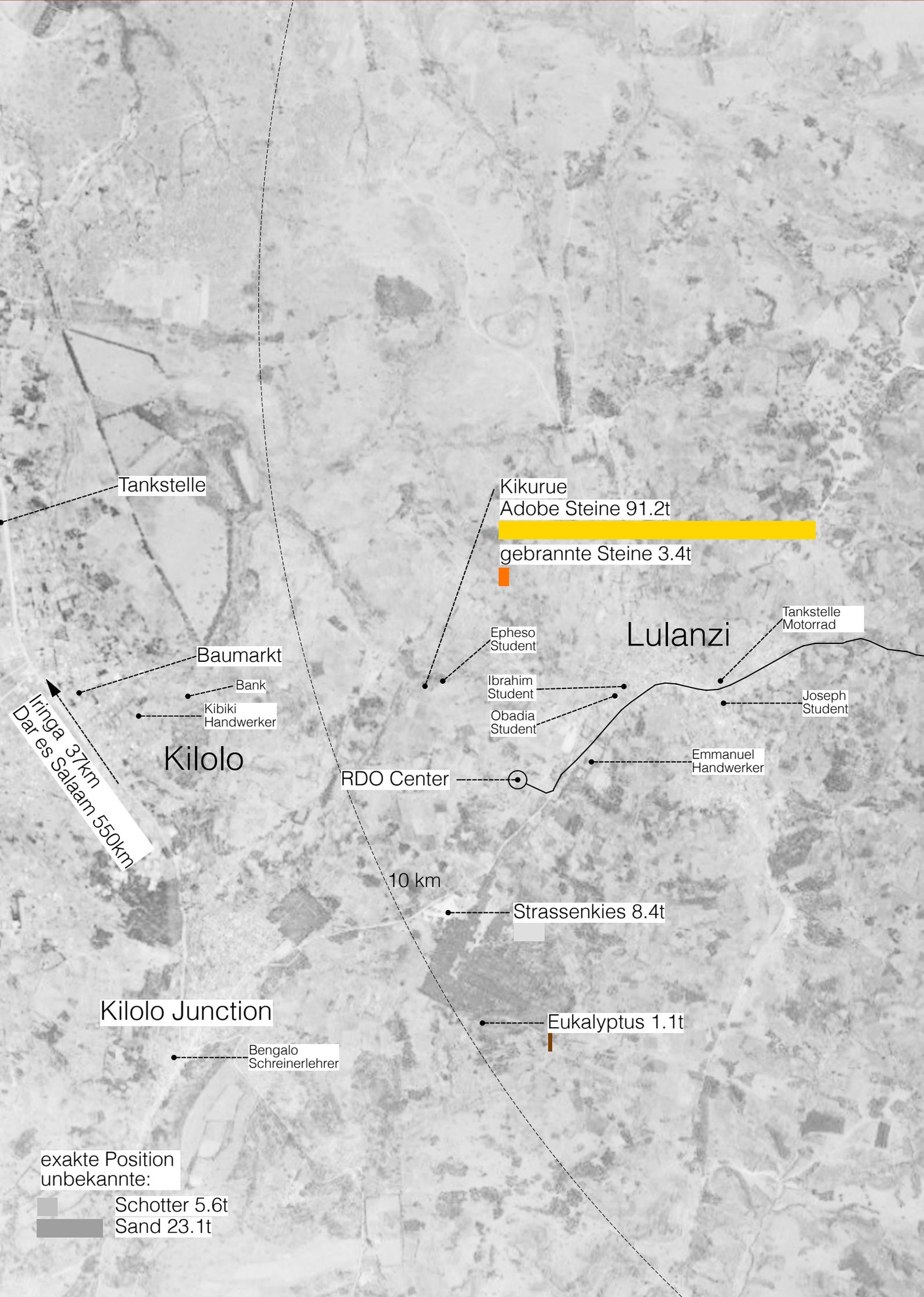
Lehmgrube auf dem Bauplatz

Direkt in der Grube wird Lehm mit Holzspänen, welche für die Zabur-Decke gemischt.



Eukalyptusholz: direkt neben der Holzschlagstelle werden die Hölzer zugeschnitten, gelagert und weiter verkauft.

nächste Doppelseite - lokale Baumaterialien: ein Orthofoto der Region zeigt den Bauplatz sowie die Herkunft und Quantität der lokal abgebauten oder produzierten Baumaterialien. Zusätzlich sind einige relevanten Orte, der Arbeitsweg und die Wohnorte einiger am Bau beteiligten Personen markiert.



Tankstelle

Kikurue
Adobe Steine 91.2t

gebrannte Steine 3.4t

Baumarkt

Bank

Kibiki
Handwerker

Kilolo

Epheso
Student

Ibrahim
Student

Obadia
Student

Lulanzi

Tankstelle
Motorrad

Joseph
Student

Emmanuel
Handwerker

RDO Center

Iringa 37km
Dar es Salaam 550km

10 km

Strassenkies 8.4t

Kilolo Junction

Bengalo
Schreinerlehrer

Eukalyptus 1.1t

exakte Position
unbekannte:

Schotter 5.6t
Sand 23.1t

Natursteine 47.6t



Kieferholz 4.6t



Schwarten 1.6t



Lehm 32t



Bodenplatten 3t



Bauplatz Isele

Wasserstelle

Isele

Kassian
Handwerker

Aclay
Student

1km

Barabara mbili

5 km

Arbeitsweg 10km

0

1km



4.4. Güterkreislauf & Rückstände

Im ruralen Tansania haben Gebäude in der Regel eine kurze Lebensdauer. Die Gebäude werden selten erweitert, Saniert oder Renoviert wie dies bei uns der Fall ist. Hat ein Gebäude seine Lebensdauer erreicht oder soll das Eigenheim erweitert werden, wird ein neues Gebäude daneben errichtet. Das alte Gebäude wird so lange wie möglich mitgenutzt, oder die wertvollen Materialien werden direkt für den Neubau wieder eingesetzt. Besonders Industrieerzeugnisse wie Wellblech finden auf diesem Weg wieder eine Anwendung. Durch die kurze Lebensdauer der Gebäude und dem Fehlen eines kontrollierten Rückbaus kommt der Rückführbarkeit der Materialien in den biologischen und technischen Kreislauf eine hohe Bedeutung zu.¹⁴⁸ Gebäude sollten als temporäre Materialsammlungen betrachtet werden, wobei ein Großteil der benötigten Baustoffe aus der Wiederverwertung oder dem Recycling kommen soll. Eine sinnvolle Konfiguration des Gesamtgebäudes soll so konzipiert werden, dass Umnutzung, Wiederverwendung und Recycling des gesamten Bauwerks und seiner Bestandteile ermöglicht werden. Hierzu gehört üblicherweise eine Beschränkung der Zahl der verwendeten Materialien so wie die Möglichkeit der einfachen Trennung von Materialien. Eine fach- und sachkundige Materialauswahl ist wesentlich für einen am gesamten Lebenszyklus orientierten Entwurfsstrategie.¹⁴⁹

"Im Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa wird für den Bausektor bis 2020 eine Recyclingquote von 70% für alle nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle angestrebt. Wiederverwendung und Recycling bedingt einen möglichst zerstörungsfreien Ausbau von Bauteilen und eine saubere Trennung von Baumaterialien beim Abbruch, am besten schon auf der Baustelle. Idealerweise müsste daher die Zerlegbarkeit und Trennbarkeit schon bei der Entwicklung von Komponenten und der Planung von Gebäuden berücksichtigt werden. Dies erfordert neue Konstruktionsweisen und Fügeverfahren bzw. den Rückgriff auf längst vergessene Technologien. Wie wurden Bauteile vor dem Zeitalter des Klebens und Schäumens zusammengefügt. Weitergehende Konzepte wie z.B. die Cradle-to-cradle-Philosophie - von der Wiege zur Wiege - streben eine perfekte Kreislaufwirtschaft an, in der es keine Abfälle mehr gibt. Die Entwickler des Konzeptes, Michael Braungart und William McDonough, unterscheiden dabei zwischen biologischen und technischen Kreisläufen. Materialien aus natürlichen Rohstoffen, die ohne chemische Stoffe verarbeitet werden, können nach ihrer Nutzung wieder in den natürlichen Kreislauf eingebracht werden, z.B. unbehandeltes Holz, Lehm, kompostierbare Textilien. Produkte, bei denen eine Wiederaufnahme in den natürlichen Kreislauf nicht möglich ist, wären in technischen Kreisläufen immer wieder zu verwenden."¹⁵⁰ Diese in Europa bis 2020 angestrebte Recyclingquote übertreffen wir mit unserem Gebäude, mit einer Recyclingquote von 92% deutlich. Dies vor allem durch den Einsatz grosser Mengen an natürlicher Materialien. Das Bindemittel Lehm eignet sich durch seine Wasserlöslichkeit besonders, im Gegensatz zum Zement, welcher die Zuschlagstoffe auch nach dem Rückbau bindet. Unser Ziel, ein Gebäude zu erstellen, welches ohne Rückstände in den natürlichen - und technischen Kreislauf zurück geführt wird, haben wir verpasst, sind diesem jedoch nahe gekommen. Der eingesetzte Zement bindet viel Sand, die gebrannten Lehmsteine sind durch eine chemische Reaktion nicht in den biologischen Kreislauf zurückzuführen, so dass eine beachtliche Menge Baumaterialien auf dem Bauplatz zurück bleibt. Insbesondere im Fundament haben wir mehr Zement eingesetzt als ursprünglich geplant, hier gibt es sicherlich Verbesserungspotential. Ein kompletter Verzicht auf Materialien mit chemischer Reaktion wie Zement und gebrannten Steinen ist kaum zu erreichen: das Fundament benötigt einen wasserdichten Abschluss um die wasseranfalligen Lehmsteine vor Feuchtigkeit zu schützen, für einen Ofen sind Adobe nicht geeignet, spätestens beim ersten Feuer werden diese unkontrolliert gebrannt und eine chemische Reaktion ausgelöst. Ein möglichst kontrollierter Brennprozess vor dem Einsatz ist diesem vorzuziehen.

148 vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.10 & S.11, FS16

149 vgl. Bechtold, Kane, King, 2015, S.57

150 aus Kleemaier-Wettl, 2015, S.183

Anhand der eingesetzten Materialien und der Verarbeitung eruieren wir was mit unserem Gebäude nach der Nutzungsphase geschieht:

biologischer Güterkreislauf 158.1 t | 70.5 %

Folgende Materialien werden durch Erosion, Kompostierung oder direkter Rückführung in den biologischen Kreislauf aufgenommen. Dazu zählen auch Materialien, welche durch ein wasserlösliches Bindemittel wie Lehm gebunden sind. Bei gutem Zustand ist auch eine weiterer Verwendung der Materialien denkbar, bevor sie in den biologischen Kreislauf zurück gehen.

Sand	14.7t
Schotter & Kies	14.0t
Lehmprodukte ungebrannt	123.2t
Holz unbehandelt	6.2t

Weiterverwendung max. 48.2 t | 21.5 %

ein technischer Güterkreislauf in unserem Verständnis von Recycling ist in Tansania nicht etabliert. Viel ausgeprägter ist dafür die Weiterverwendung von Baumaterialien, auch wenn diese bereits Gebrauchsspuren oder Schäden aufweisen. So finden auch kleine Reststücke von Wellblechdächern immer weiter Verwendung. Ob und in welchen Mengen die Materialien effektiv weiter verwendet werden, kann nur Vermutet werden, die angegebenen Mengen beziffern das maximale Potential. Bei Beschädigung oder Nichtverwendung müssen die Materialien ebenfalls den Rückständen (Metall & Glas) oder dem natürlichen Kreislauf (Natursteine) zugerechnet werden, die 48.2t sind somit als theoretischer Idealfall zu verstehen.

- Natursteine ≤ 47.6 t
- Metallteile ≤ 0.524 t
- Glas ≤ 0.083 t

Rückstände min. 18.0 t | 8.0 %

Diese Materialien bleiben als Rückstände auf der Parzelle zurück. Sie finden voraussichtlich keine weitere Verwendung, werden nicht in den Güterkreislauf zurückgeführt und können nur langsam oder gar nicht in den natürlichen Kreislauf aufgenommen werden. Dazu gehören auch Zuschlagstoffe und Armierungen die mit einem nicht wasserlöslichen Bindemittel, wie Zement, gebunden sind. Das Brennen von Lehmprodukten führt zu einer chemischen Reaktion, dadurch wird eine Rückführung in den biologischen Kreislauf verhindert. Bei gutem Zustand der gebrannten Ziegel könnte ein Teil davon für ein weiteres Gebäude eingesetzt werden. Lackiertes Holz kann nicht komplett in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden. Durch die Verbindung von Lack und Holz entsteht ein Verbundstoff welcher nicht dem natürlichen Kreislauf angehört. Nicht weiter verwendete oder beschädigte Materialien der Kategorie "Weiterverwendung" können diese Liste erweitern. Es handelt sich somit um einen theoretischen Idealfall.

- Lehmprodukte gebrannt 6.4t
- Zement 2.1t
- Sand 8.4t
- Armierungsstahl 0.03t
- Holz lackiert 1.1t

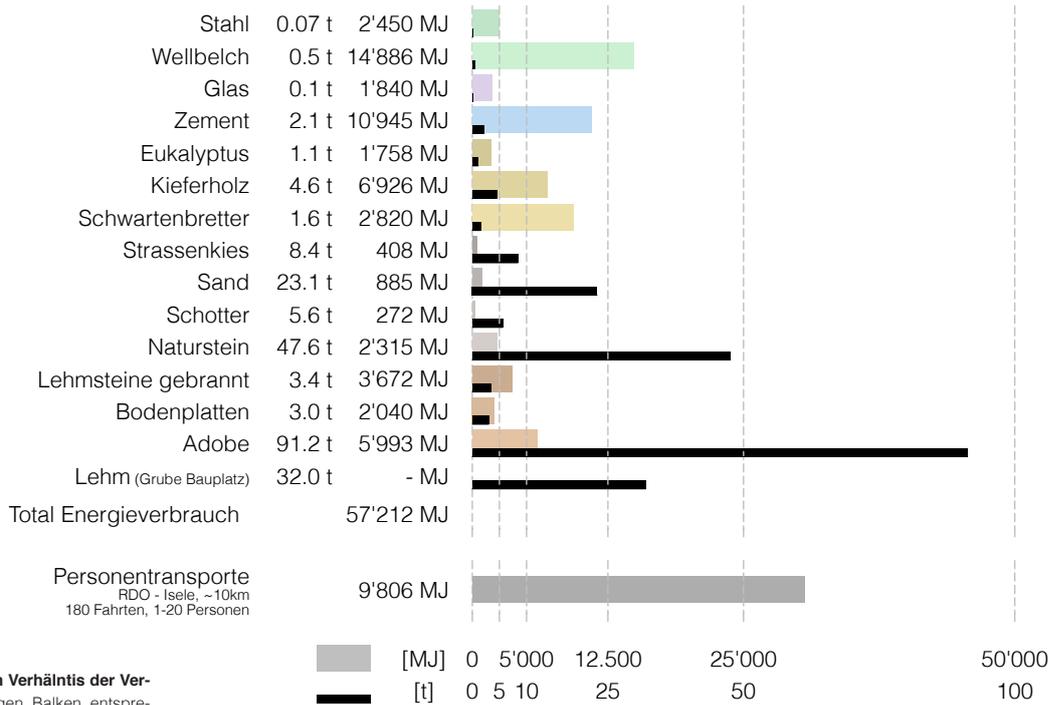
4.5. Primärenergiegehalt

"Die Energie, die zur Herstellung eines Baustoffes oder Bauteils benötigt wird, wird als sein Primärenergiegehalt bezeichnet. Dabei werden alle Transport- und Herstellungsprozesse bis zum fertigen Produkt berücksichtigt. Natürliche Baustoffe haben einen sehr niedrigen, industrialisierte einen hohen PEI-Wert. Dieser wird meist in Kilowattstunden oder Megajoul pro Tonne oder Kubikmeter angegeben.¹⁵¹ In der schweizer Baubranche ist anstelle des Primärenergiegehalts mehrheitlich die Graue Energie gebräuchlich. Diese definiert sich als die gesammte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse so wie für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transport und Hilfsmittel, erforderlich ist.¹⁵² Wir konzentrieren uns in diesem Kapitel aus folgenden Gründen auf den Primärenergiegehalt: Die Entsorgung der Bauteile ist in Tansania nicht geregelt, ein Recycling oder Entsorgung in unserem Verständnis findet nicht statt. (vgl. Güterkreislauf & Rückstände) Somit wird dafür keine oder kaum Energie aufgewendet, für eine Aussage fehlen uns die Grundlagen. Die Unterscheidung zwischen erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie macht in der Betrachtung im Bezug auf die Nachhaltigkeit von Schweizer Architektur Sinn, ist für uns jedoch nicht zielführend. Für viele lokal produzierte Materialien, wie z.B. gebrannte Lehmsteine, wird Holz als Energieträger verwendet. Die Menge dieser benötigten Energie mit industriellen Produkten zu vergleichen ist Teil dieser Betrachtung. Zusätzlich ist die Holzproduktion rund um Isele weit von einer nachhaltigen Holzwirtschaft entfernt. Für die Berechnung der Grauen Energie wird in einem ersten Schritt die Masse der Bauteilfläche berechnet, daraus die benötigte Energie dieser Fläche eruiert und in einem letzten Schritt die benötigte Graue Energie pro Bauteilfläche und Jahr bestimmt. Von diesem Vorgehen entfernen wir uns auf zwei Ebenen: Wir betrachten die benötigte Energie für alle einzelnen Materialien. Dies ist im Verfahren einfacher, da es auf unseren gesammelten Daten basiert und die Konstruktionen einfach aufgebaut sind. Die gesuchten Rückschlüsse, welches Material wie hohen Anteil am Primärenergieaufwand hat, lässt sich damit eruiieren. Der Einbezug der Lebensdauer basiert in der Schweiz auf Erfahrungswerten. Diese stehen uns in Tansania nicht zur Verfügung, eine Statistik über die durchschnittliche Lebensdauer tansanischer Gebäude ist uns nicht bekannt, unser Gebäude ist ein Prototyp über den noch keine Erfahrungswerte existieren. Eine Aussage ist hier nicht möglich. Für Lehmprodukte gibt es grosse Differenzen zwischen industriell gefertigten Produkten mit künstlicher Trocknung und handwerklich gefertigten Produkten mit Trocknung an der Luft. Luftgetrocknete Grünlinge benötigen vermutlich weniger als 10% des Wertes, handgefertigte, luftgetrocknete, also Adobe, noch weniger.¹⁵³

151 aus Minke, 2012, S.38

152 vgl. Gassmann, 2014, S.6

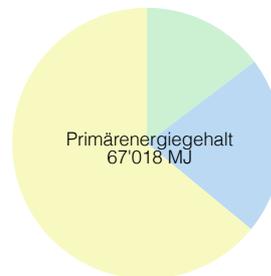
153 vgl. Minke, 2012, S.38



verbrauchte Graue Energie im Verhältnis der Verbauten Materialien: die farbigen Balken entsprechen der berechneten Menge Energie [MJ] für die schwarz dargestellte Menge Güter des bezeichneten Materials in [t]

prozentuale Verteilung des Energieverbrauchs: Die Güterproduktion ist mit 64.2% für den Grossteil des Energieverbrauchs verantwortlich. Der Transport der Baumaterialien vom Abbau- oder Herstellungsort folgt mit 21.2%. Sämtliche am Bau beteiligten Handwerker und Schüler leben in der Nähe der Baustelle, ihr täglicher Anfahrtsweg macht demnach nur 14.6% des Energieverbrauchs aus.

- Personentransport
9'806 MJ | 14.6 %
- Transport Baumaterialien
14'205 MJ | 21.2 %
- Produktion Baumaterialien
43'007 MJ | 64.2 %



Der grösste Energieverbrauch geht auf Kosten der Industrieprodukte Zement und Wellblech, obwohl diese einen relativ kleinen Anteil der Baumaterialien ausmachen. Trotz langer Transportwege ist dies primär auf die Produktionsenergie zurückzuführen. Der benötigte Wert von 25.9 MJ/kg für das Wellblech werden nur von Armierungsstahl mit 28MJ/kg übertroffen. Auf Grund des höheren Materialverbrauchs wirken sich auch die 4.9 MJ/kg Zement stark auf das Endergebnis aus.¹⁵⁴

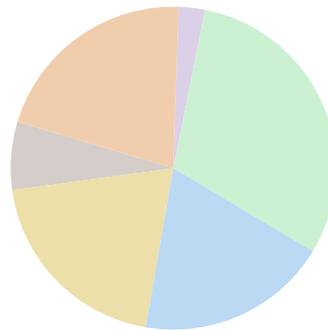
Im Gegensatz dazu benötigt der Lehm, der direkt auf dem Bauplatz von Hand ausgegraben wird, keine Primärenergie. Die Adobe müssen über eine Distanz von 13km transportiert werden, auf Grund der hohen Materialmengen wirkt sich dies ebenfalls stark auf die Primärenergiebilanz aus.

Die ungebrannten Lehmprodukte so wie Stein, Kies und Sand machen über 90% unseres Materialverbrauchs aus. Durch die handfertigung und Lufttrocknung beziehungsweise den Abbau von Hand wird dafür jedoch keine Produktionsenergie aufgewendet. Einzig der Transport auf den Bauplatz trägt zur Primärenergiebilanz bei. Die Produktion der restlichen knapp 10% der Güter sorgt jedoch dafür, dass der Primärenergiebedarf durch die Produktion diejenigen des Transports übersteigt. Die Produktion der wenigen industriell gefertigten Güter bestimmt zu einem grossen Teil den Primärenergiebedarf (64.2%), der Transport der Güter (21.2%) so wie der Anfahrtsweg der Arbeitskräfte (14.6%) fallen weniger stark ins Gewicht. Ein exemplarisches Beispiel dafür ist das Wellblech. Obwohl es mit 0.48t nur gerade 0.2% des Materialverbrauchs ausmacht, benötigt es 18.6% der gesamten eingesetzten Primärenergie. Von den 12'432 MJ ist der grösste Anteil auf die Produktion (12'432MJ | 83.5%), deutlich weniger für den Überseetransport (2'304MJ | 15.5%) und nur ein sehr kleiner Anteil für den Inlandtransport von Dar es Salaam auf den Bauplatz in Isele (150MJ | 1%) zurückzuführen.

Die tägliche Fahrt von 10km Distanz zwischen unserer Unterkunft im RDO Zentrum und der Baustelle und damit verbunden auch der Transport der Handwerker und Schüler so wie einigen Baumaterialien, trägt mit 9'808MJ oder 14.8% zum Gesamtenergieverbrauch bei. Dieser Wert zeigt, dass mit dem Einbezug von lokalen Handwerkern ein grosser Beitrag im Energiebereich möglich ist. Nur durch eine hohe Belegung des Autos mit bis zu 20 Personen konnte dieser Wert überhaupt auf diesem tiefen Niveau gehalten werden. Hätten wir uns hier an das in Tansania geltende Recht gehalten, nachdem jede Person einen eigenen Sicherheitsgurt benötigt, würde diese Zahl markant ansteigen.

Als Initiatoren des Projekts ist unser Team von sieben Personen nach Tansania geflogen um sich am Bauprozess zu beteiligen. Diese Flüge sind in diesem Sinne auch als Teil des Gebäudes zu verstehen. Die benötigte Energie dieser Flüge übersteigt diejenige des gesamten Gebäudes bei weitem. 162'771 MJ benötigten unsere Reisen von 6740km für sieben Personen in einem Airbus Ind. A330-300; dies entspricht 2.4 Dorfzentren. Dieser Vergleich zeigt deutlich: das Projekt kann nur dann energieeffizient sein, wenn so wohl die Materialien als auch die am Projekt beteiligten Personen aus der Region stammen. Und eine Flugdistanz dieser Grössenordnung lässt sich mit einer ökologischen Gewissen nicht vereinen.

Aufteilung des Primärenergiegehalt: die benötigte Energie verteilt sich primär auf die Metalle (30.3%), Zement (19.1%), Lehmprodukte (16.9%) und Holz (16.9%).



- Glas
1'840 MJ | 3.2 %
- Metalle
17'336 MJ | 30.3 %
- Zement
10'945 MJ | 19.1 %
- Holz
11'504 MJ | 20.1 %
- Stein, Kies & Sand
3881.7 MJ | 6.8 %
- Lehmprodukte
11'705 MJ | 20.5 %

Vergleich des Energieverbrauchs: der Energieverbrauch des Dorfzentrum für Isele, ausgeführt von lokalen Handwerkern, wird mit unseren Flügen (Zürich - Dar es Salaam, 7 Personen Hin- und Rückflug in einem Aribus Ind. A330-300.) verglichen.

Dorfzentrum für Isele
nur lokale Handwerker
67'018 MJ

Flüge Team Schweiz
14 Flüge, ZRH - DAR
162'771 MJ

Berechnung Primärenergiegehalt

		Menge	Herkunft	Energieträger	
Zement	Produktion	2100 kg	Dar es Salaam		unbekannt
	Transport LKW	550 km		LKW	Diesel
Bruchsteine	Abbau von Hand	17 Canter	Region Isele		
	Transport Canter	15 km		Canter	Diesel
Sand	Abbau von Hand	6.5 Canter	Region Isele		
	Transport Canter	15 km		Canter	Diesel
Schotter	Abbau von Hand	2 Canter	Region Isele		
	Transport Canter	15 km		Canter	Diesel
Strassenkies	Abbau von Hand	3 Canter	Region Isele		
	Transport Canter	15 km		Canter	Diesel
Adobe-Steine	Produktion von Hand	15200 Steine			Holz
	Transport Canter	15 km	Lulanzi	Canter	Diesel
gebrannte Steine 2 Fahrten	Produktion von Hand	570 Steine	Lulanzi		Holz
	Transport Canter	15 km	Lulanzi	Canter	Diesel
	Brennen	500 kg	Lulanzi	zu Fuss	Holz
Bodenplatten	Produktion (vor Ort)	1200 Steine			
	Brennen	300 kg	Isele	zu Fuss	Holz
Holz Eukalyptus 1 fahrt	Verarbeitung	1.1 kg			
	Transport	10 km	Region Isele	Canter	Diesel
Kiefer "pinus khasya Rc" 6 fahrt	Verarbeitung	4557 kg			
	Transport	10 km	Region Isele	Canter	Diesel
Schwartenbretter 2 fahrten	Verarbeitung	1638 kg			
	Transport	20 km	Region Isele	Canter	Diesel
Glas	Produktion	83 kg	Dar es Salaam		unbekannt
	Transport LKW	550 km		LKW	Diesel
Stahl Einbruchschutz Fenster Nägel, bending wire	Produktion	74 kg	Übersee		
	Transport LKW	550 km		LKW	Diesel
	Transport Übersee	12000 km		Schiff	Schweröl

* Holz wird direkt an der Schlagstelle zugesägt und ist nicht mit unseren Produktionsprozessen vergleichbar.

Kennwerte	Datenquelle	Energieverbrauch		
4.9 MJ / kg 2270 MJ/100km/40t	Energiekennzahlen BMG eurotransport.de	10290 MJ 655.463 MJ	10945 MJ	19.71 %
908 MJ/100km	Mitsubishi & Angebotene t	2315.4 MJ	2315.4 MJ	4.17 %
908 MJ/100km	Mitsubishi & Angebotene t	885.3 MJ	885.3 MJ	1.59 %
908 MJ/100km	Mitsubishi & Angebotene t	272.4 MJ	272.4 MJ	0.49 %
908 MJ/100km	Mitsubishi & Angebotene t	408.6 MJ	408.6 MJ	0.74 %
908 MJ/100km	Mitsubishi Homepage	5992.8 MJ	5992.8 MJ	10.79 %
908 MJ/100km 6.8 MJ/kg	Mitsubishi Homepage Wikipedia	272.4 MJ 3400 MJ	3672.4 MJ	6.61 %
6.8 MJ/kg	Wikipedia	2040 MJ	2040 MJ	3.67 %
1.5 MJ/kg 908 MJ/100km	Energiekennzahlen BMG Mitsubishi Homepage	1.65 MJ 90.8 MJ	92.45 MJ	0.17 %
1.5 MJ/kg 908 MJ/100km	Energiekennzahlen BMG Mitsubishi Homepage	6835.16 MJ 90.8 MJ	6926 MJ	12.47 %
1.5 MJ/kg 908 MJ/100km	Energiekennzahlen BMG Mitsubishi Homepage	2457 MJ 363.2 MJ	2820.2 MJ	5.08 %
21.85 Mj/kg 2270 MJ/100km/40t	Energiekennzahl BMG eurotransport.de	1813.55 MJ 25.9064 MJ	1839.5 MJ	3.31 %
28 MJ/kg 2270 MJ/100km/40t 40 Mj/100km/t	Energiekennzahl BMG eurotransport.de energie-lexikon	2072 MJ 23.0973 MJ 355.2 MJ	2450.3 MJ	4.41 %

Total Gütertransport							14205 MJ	25.57 %
Total Güterproduktion							41341 MJ	74.43 %
Total Baumaterialien, exkl Personentransporte							55547 MJ	100 %

Baustellentransport	Hilux 1-20 Personen	180 Fahrten						
Schüler & Arbeiter		10 km	Lulanzi	Hilux	Diesel	544.8 MJ/100km	9806.4 MJ	

Total Baustellentransport							9806.4 MJ	15.01 %
Total Gütertransport							14205 MJ	21.74 %
Total Güterproduktion							41341 MJ	63.26 %
Gebäude mit lokalen Handwerkern							65353 MJ	100 %

Flugreisen	Airbus Ind. A330-300	14 Flüge	ZH-DAR					
		6740 km		A330-300 Kerosin		172.5 MJ/Person/100km	162771 MJ	

Total Fahrten Arbeiter							9806.4 MJ	4.299 %
Total Güter							55547 MJ	24.35 %
Total Flüge Team-CH							162771 MJ	71.35 %
Gebäude inkl. 6 Personen aus der Schweiz							228124 MJ	100 %

Datenquellen

Energiekennzahlen BMG		Energie-Kennzahlen, Sammlung der BMG Engineering AG, 2009, Zugriff 1.12.2016
LKW 40t Verbrauch	50l/100km	http://www.eurotransport.de/news/lkw-verbrauchswerte-von-1966-bis-2014-immer-abwaerts-6550678.html , Zugriff 1.12.2016
Mitsubishi Canter 7.5	20l/100km	Deutschland 1960: 50-60l/100km, 2010: 35l/100km - LKW Qualität in Tansania tief und starke Variation, Verwende 50l/100km
Toyota Hilux	12l/100km	Mischwert aus verschiedenen älteren Canter Modellen & schlechter Strassenqualität;
Waldfrisches Holz	6.8MJ/kg	https://de.wikipedia.org/wiki/Toyota_Hilux , Zugriff 1.12.2016
		https://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert , Zugriff 1.12.2016
Umrechnung Energie		
1 Liter Diesel	45.4 MJ	https://www.energie-lexikon.info/diesekraftstoff.html , Zugriff 1.12.2016
1 Liter Kerosin	34.5 MJ	https://www.energie-lexikon.info/kerosin.html , Zugriff 1.12.2016
1 Liter Schweröl	40 MJ	https://www.energie-lexikon.info/schweruel.html , Zugriff 1.12.2016
Dichte	Rohdichte	Trockenrohddichte
Kieferholz	520kg/m ³	https://de.wikipedia.org/wiki/Kiefernholz , Zugriff 1.12.2016
Eukalyptus	750 kg/m ³	https://de.wikipedia.org/wiki/Kiefernholz , Zugriff 1.12.2016
Lehmputz	1800kg/m ³	Claytec, Arbeitsblätter über Lehmputze, S. 16
Zementmörtel	2200kg/m ³	http://www.schulungsstelle-traunstein.de/Energieberatung/background/53040296650836f01/53040296660c4517a/index.html
Stahl	7856 kg/m ³	https://de.wikipedia.org/wiki/Baustahl , Zugriff 5.1.2017
Harte Faserplatte	800 kg/m ³	https://de.wikipedia.org/wiki/Harte_Faserplatte , Zugriff 5.1.2017

4.6. Vergleichsprojekt

Ein Vergleichsprojekt hilft uns dabei, unsere Berechnungen einzugliedern und zu verstehen. Um eine gute Vergleichbarkeit zu erreichen gehen wir von dem selben Gebäude aus, dabei wird die Konstruktion jedoch nach folgenden Kriterien gewählt:

- Wünsche der Handwerker werden berücksichtigt
- unserer Konstruktion ebenbürtig
- für ein Öffentliches Gebäude angemessen
- in Tansania gebräuchlich und ausführbar

Die Konstruktion ist insbesondere in bauphysikalischer Hinsicht der unseren unterlegen. Dies primär auf Grund der dünneren Aussenwandkonstruktion, die nicht im Verband gemauert wird, und der fehlenden Masse im Deckenaufbau. Daneben verliert die Lehmwand durch den Brennvorgang ihre feuchtigkeitsregulierende Wirkung

Folgenden Bauteile haben wir angepasst:

Fundament: Die Natursteine sind oft nicht in der benötigten Mengen und lokal vorhanden. Den lokalen Alternativen, wie gebrannte Lehmsteine, stehen wir auf Grund der Kruzlebigkeit skeptisch gegenüber.¹⁵⁵ Für viele öffentliche Bauten wird für das Fundament auf lokal hergestellte Zementsteine zurückgegriffen, die mit einem hohen Sand- und Kiesanteil hergestellt werden. Gemauert wird mit Zementmörtel. (Abb. Zementsteinfundament)

Boden: Der Zementüberzug hat sich in Tansania als einfacher und widerstandsfähiger Boden etabliert. Die Streifenfundamente werden mit Geröll, Abbruchmaterial oder dergleichen hinterfüllt und verdichtet. Eine PE-Folie wird als Trennung eingefügt, ein dünnes Armierungsgitter soll die Rissbildung verhindern. Die anschließende Zementschicht wird mit einer Dicke von ca. 50mm ausgeführt. (Abb. Bodenaufbau und Ringbeam, Ifakara)

Wand: Gebrannte Lehmsteine werden vorzugsweise mit Zementmörtel vermauert. Durch die Ungleichheit der Steine entsteht ein sehr hoher Mörtelanteil (Abb. Verhältnis Ziegel & Mörtel) Durch den Einsatz einer Stahlschalung, wie bei unseren Adobesteinen, kann die Präzision erhöht und der Fugenanteil verkleinert werden. Wir gehen für unsere Berechnungen von einem Fugenanteil von 30% aus.

Ringbeam: Üblicherweise wird ein armierter Ringbeam von ca. 20 x 25cm als Wandabschluss betoniert. Nebst seiner statischen Funktion dient dieser wie bei unserem Projekt als Fenster- und Türsturz. (Abb. Bodenaufbau und Ringbeam, Ifakara)

Decke: Sogenannte "Gipsonboards" erfreuen sich in Tansania hoher Beliebtheit. Diese sind vergleichbar mit einer Hartfaserplatte, welche an eine horizontale Holzkonstruktion befestigt wird. Die Untersicht wird weiss gestrichen, eine zusätzliche Füllung, ähnlich der Ziburkonstruktion, ist nicht üblich. Die Dicke beträgt ca. 4mm.

Während für unser Projekt die Zahlen auf den effektiv verbrauchten Materialien beruhen, müssen wir für das Vergleichsprojekt eine Mischrechnung machen. Einerseits werden die identischen Konstruktionen aus den effektiv verbrauchten Materialien abgeleitet, ergänzt werden sie mit den abweichenden Konstruktionen. Mittels Volumenausügen aus den CAD-Dateien werden die Volumina berechnet; damit lassen sich die benötigten Materialien bestimmen. Die Zahlen weisen somit nicht die selbe Präzision auf, die für uns notwendigen Rückschlüsse lassen sich daraus trotzdem ziehen.

¹⁵⁵ vgl. Wahlfacharbeit "Dorfzentrum für Isele", S.64, FS16

Fundament, Ifakara: gemauertes Zementsteinfundament mit lokal gefertigten Steinen. St. Francis Hospital, Ifakara



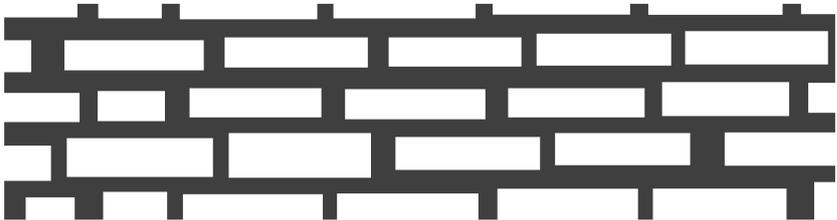
Bodenaufbau und Ringbeam, Ifakara: ArbeiterInnen beim Errichten eines typischen Bodenaufbaus mit PE-Folie und Armierungsgitter. Abschluss der Wand mit betoniertem Ringbeam. St. Francis Hospital, Ifakara

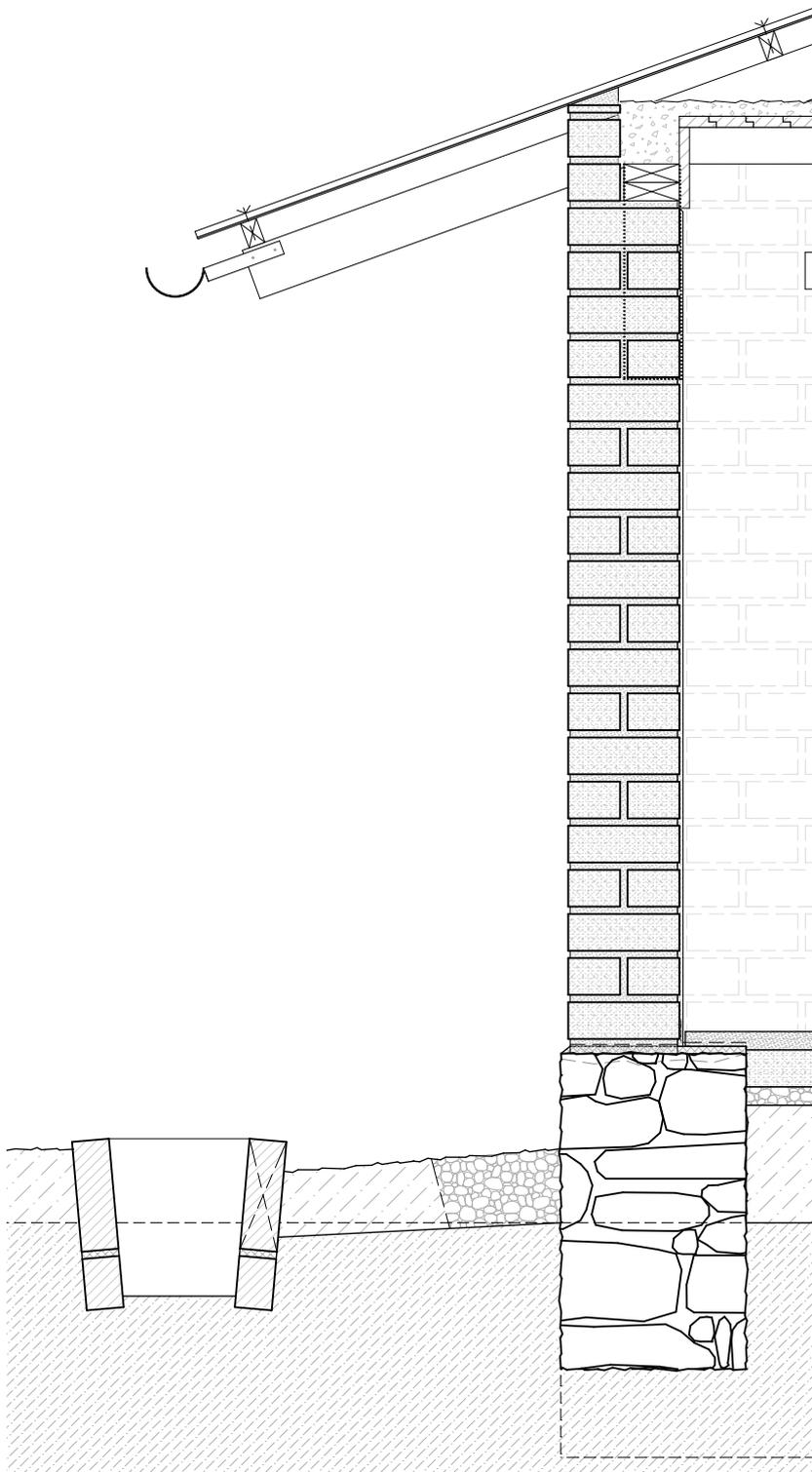


gebrannte Lehmziegel, Lugala: Sichtmauerwerk aus gebrannten Ziegeln und Zementmörtel, Lugala lutheran Hospital



Verhältnis von Ziegel und Mörtel:
55% gebrannte Lehmsteine
45% Zementmörtel





Dorfzentrum für Isele:

Decke: Schwartenbretter, Zabur-Decke (Lehm & Sägespänen)

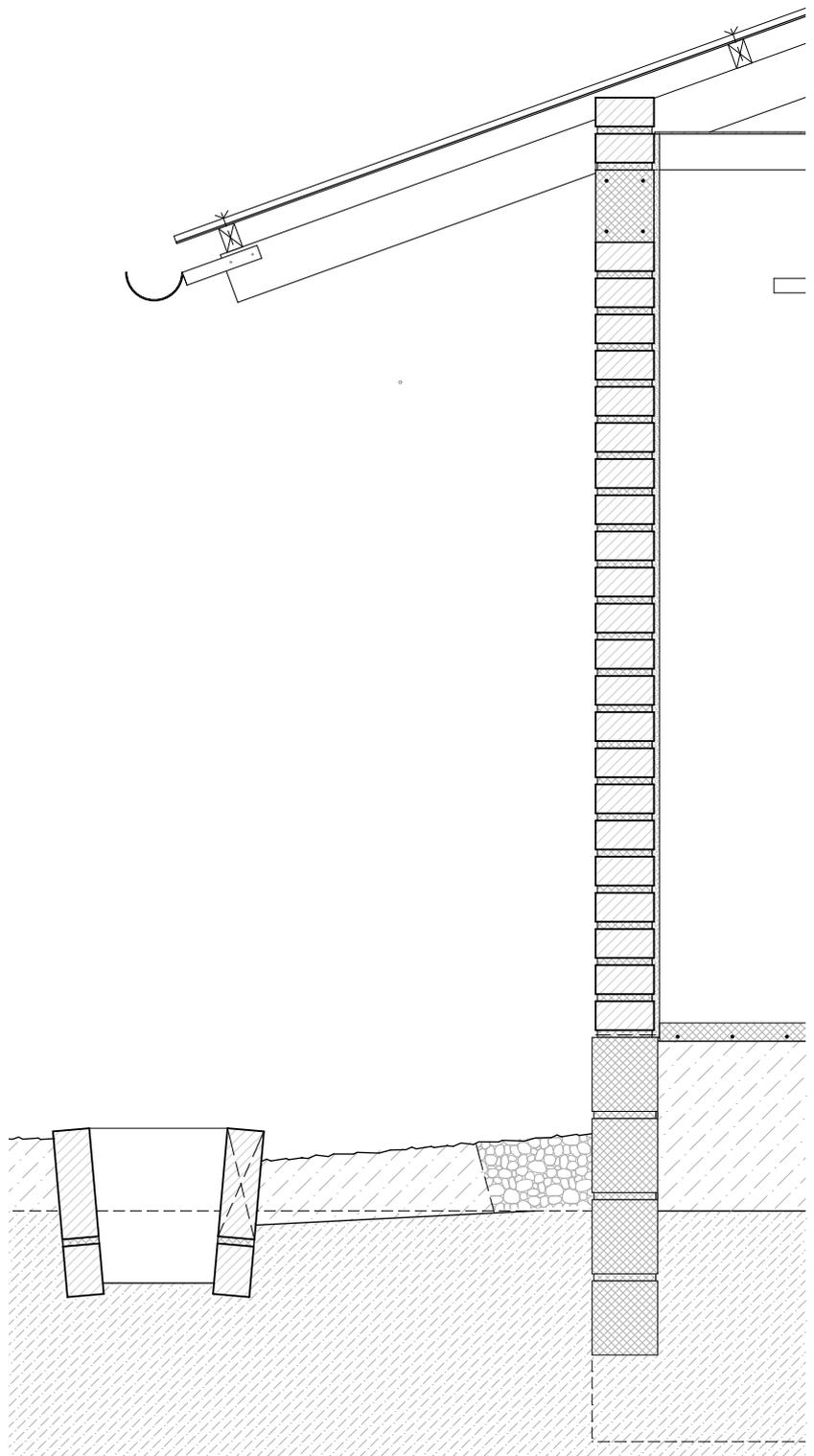
Ringbeam: Kiefernholz, 2-lagig

Wand: Adobe Ziegel im Verband vermauert, Lehm-mörtel mit hohem Sandanteil, d:30cm, Lehmputz innen

Bodenaufbau: Hinterfüllung mit Lehm, kapilarbrechende Schicht aus Schotter und Stampflehm

Fundament: Natursteine trocken vermauert, punktuelle Verstärkung mit Zement, d:60cm





Vergleichsprojekt:

Decke: Hartfaserplatten, Unterkonstruktion mit Kieferholz
 Rignbeam: Beton, 20x14cm, armiert
 Wand: gebrannte Lehmziegel im Läuferverband, Zementmörtel, d:14cm, Zementputz innen
 Bodenaufbau: Hinterfüllung mit Lehm & Geröll, PE-Folie, armierter Zementüberzug
 Fundament: lokal hergestellte Zementsteine, Zementmörtel, d:18cm

0 0.1 0.5 1m

Berechnung abweichende Konstruktion - Vergleichsprojekt

Fundament	Abmessung			Volumen	(Trocken)Rohdicht	Gewicht
	0.2	0.8	70			
Fundament				10.1088 m3		12.737088
Zemensteine & Zementmörtel						
Zementsteine	80 %			8.08704 m3	1200 kg/m3	9.704448 t
Sand / Kies	89					8.6369587 t
Zement	11					1.0674893 t
Mörtel	20 %			2.02176 m3	1500 kg/m3	3.03264 t
Sand	80					2.426112 t
Zement	20					0.606528 t
Wand				31.55 m3		45.7349 t
gebrannte Steine & Zementmörtel						
gebrannte Steine	70 %			22.085 m3	1428 kg/m3	31.5374 t
gebrannte Steine *	30 %					9.46121 t
Zementmörtel	30 %			9.465 m3	1500 kg/m3	14.1975 t
Sand	80					11.358 t
Zement	20					2.8395 t
Ringbeam				2.4 m3	1500 kg/m3	3.6 t
Zement	20					0.72 t
Sand/Kies	80					2.88 t
Armierungsstahl	∅	0	0	0.0021 m1	7856 kg/m3	0.0165 t
Bodenaufbau						8.27354 t
Zementüberzug		108 m2	0.1	5.39 m3	1500 kg/m3	8.085 t
Sand / Kies	80 %					6.468 t
Zement	20 %					1.617 t
PE-Folie				107.8 m2		
Armierungsgitter ∅3mm, Absta		108 m2		0.024 m3	7856 kg/m3	0.18854 t
Deckenaufbau						0.46189
Hartfaserplatte d4mm		71 m2	0	0.282 m3	800 kg/m3	0.2256 t
Kieferholz 5x5cm	4m1/m2	71 m2		0.4544 m3	520 kg/m3	0.23629 t
Zementputz				3.625 m3	1500 kg/m3	5.4375 t
Zement	20 %					1.0875 t
Sand	80 %					4.35 t
Total der abweichenden Konstruktion						76.2614 t
Sand / Kies						36.1191 t
Zement						7.93802 t
Armierungsstahl						0.20504 t
Hartfaserplatten						0.2256 t
Kieferholz						0.23629 t
gebrannte Lehmsteine						31.5374 t
PE-Folie						107.8 m2

* Steine die durch den Transport oder Verarbeitung zerstört wurden oder Abschnitte bei Eck- und Anschlagsteine
Schätzung basierend auf Erfahrung mit Adobe Steinen, 25%

Materialliste - Vergleichsprojekt

Materialliste	Anzahl	Volumen	Rohdichte	Gewicht	Prozent
Lehmprodukte gebrannt				40.9986 t	36.96 %
gebrannte Steine	6833.1	22 m3	1428 kg/m3	40.998594 t	
Holz				4.72358 t	4.26 %
Eukalyptus				1.1113526	
Kiefer "pinus khasya Royale"				3.1503423	
Unterkonstruktion Decke		0.4544 m3	520 kg/m3	0.236288	
Hartfaserplatten				0.2256	
Stein, Sand & Kies				55.0128 t	49.59 %
Sand & Kies	14.647 Canter	2.8 t		41.012821 t	
Schotter	2 Canter	2.8 t		5.6 t	%
Strassenkiess	3 Canter	2.8 t		8.4 t	%
Metalle				0.72904 t	0.66 %
Nägel				0.035 t	
Armierungsstahl				0.2050416 t	
Draht				0.004 t	
Scharniere, Armaturen, etc ***				0.005 t	
Wellblech				0.48 t	
Zement				9.38802 t	8.46 %
Zementsäcke	23 Stück	50 kg		1.15 t	
Zementsäcke Wasserrinne ***	6 Stück	50 kg		0.3 t	
Zement aus abweichender Konstruktion				7.9380173 t	
Glas				0.083 t	0.07 %
Flachglas				0.083 t	
Baumaterialien Total				110.935 t	100.00 %

* Schätzung des Lehmverbrauchs auf Basis der Grubenabmessung

** Schätzung der Durchschnittlichen Abmessung, Menge als Hochrechnung aus erstem Teil

*** Schätzung auf Basis der Abmessung, da nach unserer Abreise

*** Schätzung auf Basis der Stückzahl

Berechnung Graue Energie - Vergleichsprojekt

		Menge	Herkunft	Energieträg
Zement	Produktion	9388 kg	Dar es Salaam	unbekannt
	Transport LKW	550 km		LKW Diesel
Sand	Abbau von Hand	14.65 Canter	Region Isele	
	Transport Canter	15 km		Canter Diesel
Schotter	Abbau von Hand	2 Canter	Region Isele	
	Transport Canter	15 km		Canter Diesel
Strassenkies	Abbau von Hand	3 Canter	Region Isele	
	Transport Canter	15 km		Canter Diesel
gebrannte Steine 17 fahrten	Produktion von Hand	6833 Steine	Lulanzi	Holz
	Transport Canter	15 km	Lulanzi	Canter Diesel
	Brennen	5994 kg	Lulanzi	zu Fuss Holz
Holz Eukalyptus 1 fahrt	Verarbeitung	1111 kg		
	Transport	10 km	Region Isele	Canter Diesel
Kiefer 5 fahrten	Verarbeitung	3387 kg		
	Transport	10 km	Region Isele	Canter Diesel
Hartfaserplatten	Produktion	225.6 kg		
	Transport	550 km	Dar es Salaam	LKW Diesel
Glas	Produktion	83 kg	Dar es Salaam	unbekannt
	Transport LKW	550 km		LKW Diesel
Stahl Armierungsstahl Nägel, Draht, etc	Produktion	244 kg	Übersee *	
	Transport LKW	550 km		LKW Diesel
	Transport Übersee	12000 km		Schiff Schweröl
Wellblech	Produktion	480 kg	Übersee *	
	Transport LKW	550 km		LKW Diesel
	Transport Übersee	12000 km		Schiff Schweröl
Total Gütertransport				
Total Güterproduktion				
Total Güter				
Baustellentransport Schüler & Arbeiter	Hilux 1-20 Personen	180 Fahrten		
		10 km	Lulanzi	Hilux Diesel
Total Baustellentransport				
Total Güter				
Gebäude mit lokalen Handwerkern				
Flugreisen	Airbus Ind. A330-300	14 Flüge	ZH-DAR	
		6740 km		A330-3C Kerosin
Total Fahrten Arbeiter				
Total Güter				
Total Flüge Team-CH				
Gebäude inkl. 6 Personen aus der Schweiz				

Kennwerte	Datenquelle	Energieverbrauch		
4.9 MJ / kg 2270 MJ/100km/40t	Energiekennzahlen BMG eurotransport.de	46001.3 MJ 2930.23 MJ	46001 MJ	35.31 %
908 MJ/100km/40t	Mitsubishi & Angebotene O	1994.98 MJ	1995 MJ	1.53 %
908 MJ/100km/40t	Mitsubishi & Angebotene O	272.4 MJ	272.4 MJ	0.21 %
908 MJ/100km/40t	Mitsubishi & Angebotene O	408.6 MJ	408.6 MJ	0.31 %
908 MJ/100km/40t 6.8 MJ/kg	Mitsubishi Homepage Wikipedia	2315.4 MJ 40758.8 MJ	43074 MJ	33.06 %
1.5 MJ/kg 908 MJ/100km	Energiekennzahlen BMG Mitsubishi	1667.03 MJ 90.8 MJ	1757.8 MJ	1.35 %
1.5 MJ/kg 908 MJ/100km	Energiekennzahlen BMG Mitsubishi	5079.95 MJ 454 MJ	5533.9 MJ	4.25 %
15.2 MJ/kg 2270 MJ/100km/40t	Energiekennzahlen BMG eurotransport.de	3429.12 MJ 70.4154 MJ	3499.5 MJ	2.69 %
21.85 Mj/kg 2270 MJ/100km/40t	Energiekennzahl BMG eurotransport.de	1813.55 MJ 25.9064 MJ	1839.5 MJ	1.41 %
28 MJ/kg 2270 MJ/100km/40t 40 Mj/100km/t	Energiekennzahl BMG eurotransport.de energie-lexikon	6832 MJ 76.1585 MJ 1171.2 MJ	8079.4 MJ	6.20 %
25.9 MJ/kg 2270 MJ/100km/40t 40 Mj/100km/t	Energiekennzahl BMG eurotransport.de energie-lexikon	12432 MJ 149.82 MJ 2304 MJ	14886 MJ	11.43 %
		12263.9 MJ 118014 MJ 130278 MJ		9.414 % 90.59 % 100 %
544.8 MJ/100km		9806.4 MJ	9806.4 MJ	
		9806.4 MJ 130278 MJ 149890 MJ		6.5424 % 86.915 % 100 %
172.5 MJ/Person/100km		162771 MJ	162771 MJ	
		9806.4 MJ 130278 MJ 162771 MJ 302855 MJ		3.238 % 43.017 % 53.746 % 100 %

* Wir gehen von China aus, Indien ist ebenfalls denkbar, eine Eindeutige Aussage ist nicht möglich.
Datengrundlagen & Quellen siehe Berechnung Graue Energie - Dorfzentrum für Isele

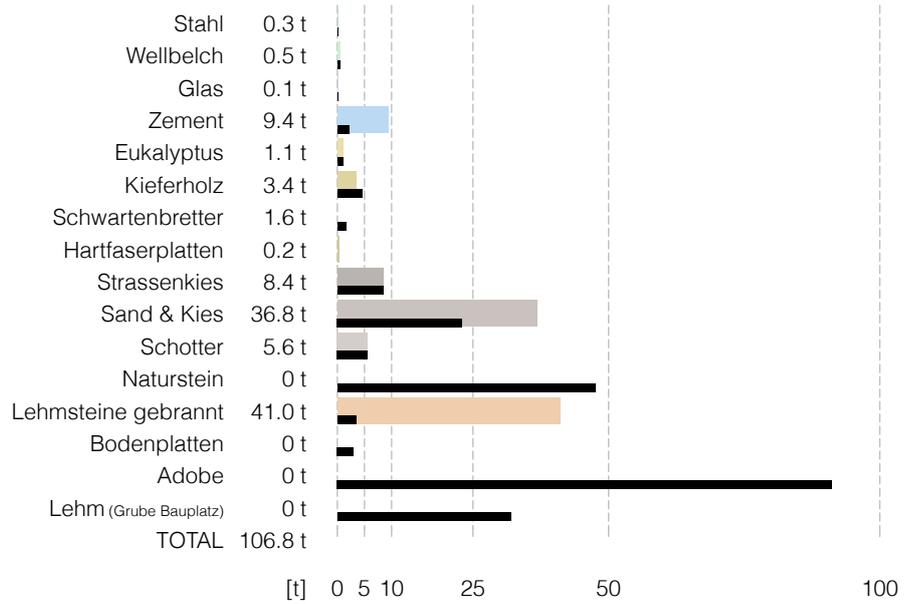
Ressourcenverbrauch und Herkunft der Baumaterialien

Das Vergleichsprojekt wird mit den dünneren Fundamenten, dem Verzicht auf ein Verbandmauerwerk so wie dem Verzicht auf die Zabur-Decke bedeutend leichter. Das Ausmass dieser Gewichtsreduktion war für mich im ersten Moment überraschend: Es wiegt nur 106.8t oder 47.6% des Ursprünglichen Projekts (224.4t). Sicherlich ist dieser Gewichtsverlust in der Aussenwand und vor allem in der Decke mit einer bauphysikalischen Qualitätseinbusse verbunden. Trotzdem stellt sich die Frage ob dieser hohe Materialverbrauch in unserem Projekt gerechtfertigt ist. Obwohl das Vergleichsprojekt deutlich leichter ist, steigt der Verbrauch von Zement, Sand und gebrannten Lehmsteinen deutlich an. Dagegen entfallen die Adobe Ziegel so wie vor Ort entnommene Lehmprodukte komplett. Diese hatten mit 123.2t im Dorfzentrum für Isele mehr Gewicht als das gesamte Vergleichsprojekt und machten 54.9% des Materialverbrauchs aus. Ebenfalls nicht mehr benötigt werden die Natursteine für das Fundament, welche sich in der Beschaffung als schwierig herausgestellt haben.

Die Zusammensetzung des Materialverbrauchs relativiert den grossen Gewichtsunterschied der Projekte: Während unser Projekt vor allem aus lokalen Lehmprodukten und Steinen besteht, muss beim Vergleichsprojekt eher von einem Sand denn einem Lehmgebäude gesprochen werden.

Der geringere Materialverbrauch des Vergleichsprojekt (VP) gegenüber dem Dorfzentrum für Isele (Dfl) wird durch grössere Transportwege von industriell hergestellten Materialien erkaufte. Während die Importprodukte beim Vergleichsprojekt nur durch den leicht erhöhten Armierungsstahlverbrauch steigt, ist vor allem bei den inländischen Industrieprodukten ein enormer Anstieg von 334%, bzw. 7.29t zu erkennen. Dieser ist alleine auf den höheren Zementverbrauch zurückzuführen. Der Verbrauch von lokalen Materialien nimmt markant ab: Natursteine, Adobe Ziegel und Lehm, aus der Grube neben dem Gebäude entnommen, entfällt komplett, dagegen nimmt der Verbrauch von Sand stark zu.

	Dfl	VP
Importprodukte +32%	0.55 t	0.73 t
Metalle		
tansanische Industrieprodukte +334%	2.18 t	9.47 t
Glas, Zement		
lokale Materialien -120%	221.6 t	100.7 t
Lehmprodukte, Stein, Schotter, Sand, Holz		



Vergleich Materialverbrauch, die farbigen Balken zeigen den Materialverbrauch im Vergleichsprojekt, als Vergleich zeigen die schwarzen Balken den Verbrauch für das Dorfzentrum für Isele.



Materialverbrauch Dorfzentrum für Isele: Das Gebäude ist mit 224.4t Gewicht deutlich schwerer als das Vergleichsprojekt. Es besteht zum grössten Teil aus Lehm (57.3t) und Stein, Kies und Sand (zusammen 37.3%).



Materialverbrauch Vergleichsprojekt: das Gebäude ist mit 106.8t deutlich leichter. Hauptverbraucher ist Sand (zusammen mit Kies 47.6t) so wie Lehm (38.4t). Deutlich höher ist der Anteil an Zement (8.8%)

Güterkreislauf & Rückstände

	Dfl	VP
biologischer Güterkreislauf	158.1t 70.5%	21.0 t 18.9 %
• Sand	14.7 t	3.4 t
• Schotter & Kies	14.0 t	14.0 t
• Lehmprodukte ungebrannt	123.0 t	-
• Holz unbehandelt	6.2 t	3.6 t
Weiterverwendung max.	48.2t 21.5%	0.6 t 0.1 %
• Natursteine	≤ 47.6 t	-
• Metallteile	≤ 0.52 t	≤ 0.52 t
• Glas	≤ 0.08 t	≤ 0.08 t
Rückstände min.	18.0 t 8.0 %	89.3 t 80.5 %
• Lehmprodukte gebrannt	6.4 t	41.0 t
• Zement	2.1 t	9.4 t
• Sand	8.4 t	37.6 t
• Armierungsstahl	0.03 t	0.2 t
• Holz lackiert	1.1t	1.1t

Während beim Dorfzentrum für Isele (Dfl) der grösste Teil der Materialien in den biologischen Kreislauf zurück gehen (158.1t | 70.5%), ist es beim Vergleichsprojekt nur ein kleiner Teil. (21.0t | 18.9%) Die Menge an erosionsfähiger Materialien beim Dorfzentrum für Isele übersteigt die gesammte Materialmenge, welche für das Vergleichsprojekt eingesetzt wird. Durch den Wegfall des Natursteinfundaments sinkt auch die Quote von weiter verwendbaren Materialien deutlich: von 48.2t oder 21.5% sinkt dieser beim Vergleichsprojekt auf lediglich 0.6t oder 0.1%. Diese Menge entspricht den eingesetzten Mengen an Glas und weiter verwendbaren Metallen. Die nicht abbaubaren Rückstände auf der Baustelle steigen dagegen markant an. Dafür gibt es zwei Hauptfaktoren: Die grössere Menge Zement (9.4t) verursacht auch eine grosse Menge an chemisch gebundenen Zuschlagstoffen in Form von Sand. Während bei Dorfzentrum für Isele der eingesetzte Sand primär durch wasserlöslichen Lehm gebunden wird und somit in den biologischen Kreislauf zurück geführt werden kann werden hier 37.6t oder 35.2% des gesamten Materials in form von Zuschlagstoffen chemisch gebunden. Zusätzlich werden in der Aussenwand gebrannte Ziegel anstelle von Adobe Ziegeln verwendet. Das brennen führt zu einer unumkehrbaren chemischen Reaktion im Lehm, eine Rückführung in den biologischen Kreislauf wird dadurch verunmöglicht. Der Anteil an gebrannten Steinen ist im Dorfzentrum für Isele klein, da diese nur für das Chminée und den Safe verwendet wurden (6.4t), beim Vergleichsprojekt steigt dieser Verbrauch markant an (41.0t).

Die deutlich kleinere Menge an Materialverbrauch des Vergleichsprojekts lässt sich in dieser Betrachtung nicht rechtfertigen, da sie mit einer Verschiebung aus den beiden Kreislaufsystemen in ein lineares System erkaufte werden. Der Einsatz von chemischen Bindemittel oder Oberflächenbehandlungen ist in dieser Bilanz fatal. Der grösste Teil an nicht rückführbaren Materialien sind ursprünglich natürliche Materialien, welche durch die Behandlung oder Bindung an eine kleinere Menge chemischer Produkte oder durch das brennen aus dem Güterkreislauf in einen linearen Metabolismus verschoben werden.

verwendete Materialmenge: Das Dorfzentrum für Isele ist deutlich massiver gebaut als das Vergleichsprojekt



biologischer Güterkreislauf: Die Materialmenge, die beim Dorfzentrum für Isele zurück in den biologischen Kreislauf geht, ist grösser als die gesamte Menge Material des Vergleichsprojekt. Bei diesem ist der Anteil im biologischen Kreislauf mit 18.9% deutlich kleiner.



Wiederverwendung: Auch bei den Materialien die eine weitere Verwendung bekommen schneidet das Dorfzentrum für Isele deutlich besser ab, als das Vergleichsprojekt. Hauptgrund dafür ist das Natursteinfundament.



Rückstände: Der Anteil der Rückstände steigt von 8.0% auf 80.5% an. Der Grund dafür liegt im Einsatz von Zement, der viel Sand chemisch bindet so wie beim Brennen der Lehmsteine.



Primärenergiebedarf

Die Diagramme zeigen eine Verschiebung von grossen Mengen energiearmer Materialien zu einer geringeren Menge an Materialien mit hohem Energieverbrauch. Die ungebrannten Lehmprodukte entfallen komplett, was eine massive Reduktion des Materialverbrauchs mit sich bringt, diese enthalten jedoch nahezu keine Primärenergie. Der Ersatz der ungebrannten Adobe Ziegel durch gebrannte Lehmziegel führt trotz Halbierung der Wanddicke zu einem Anstieg des Primärenergiebedarfs um 580%. Der zweite relevante Faktor für den massiven Anstieg des Primärenergiebedarfs ist auf den erhöhten Einsatz von Zement zurückzuführen. Anstelle der 2.1t Zement für das Dorfzentrum für Isele werden beim Vergleichsprojekt 9.4t Zement benötigt. Insbesondere die Produktion des Zements ist mit einem hohen Energieaufwand verbunden, der benötigte Primärenergiegehalt nimmt proportional mit dem Materialverbrauch von 10'945MJ auf 46'110MJ zu.

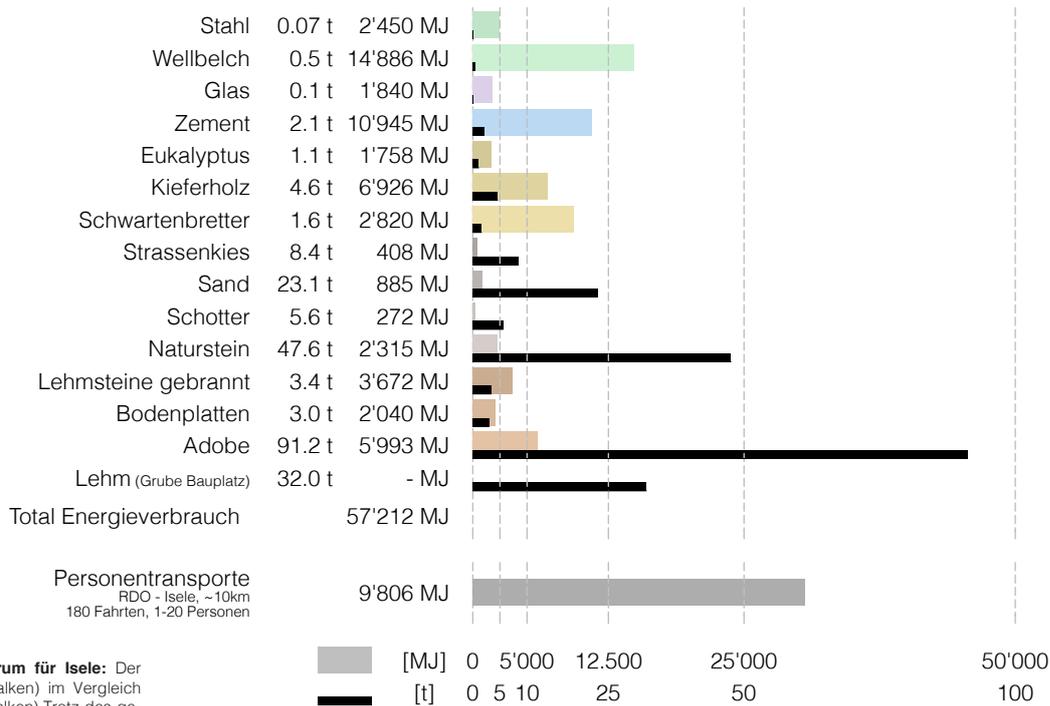
Diese Erkenntnisse widerspiegeln sich deutlich im Kreisdiagramm. Neben dem allgemein grösseren Primärenergieaufwand für das Vergleichsprojekt findet vor allem eine Verschiebung der dafür verantwortlichen Materialien statt. Während beim Dorfzentrum für Isele die Anteile auf die Materialien Lehm (20.5%), Zement (19.1), Holz (20.1%) und Metall (30.3%) verteilt sind, im Vergleichsprojekt die gebrannten Lehmprodukte (33.1%) und der Zement (35.4%) Hauptverursacher. Der Verbrauch an Metall ist im Vergleichsprojekt leicht angestiegen, auf Grund des höheren Gesamtverbrauchs sinkt der prozentuale Anteil jedoch von 30.3% auf 17.6%. Ähnlich verhält es sich beim Holz, welches bei einem minimal kleineren Verbrauch statt 20.1% nur noch für 8.3% des Primärenergieverbrauchs verantwortlich ist.

Es lässt sich auch beim Thema Energie zusammenfassen, dass sich der geringere Materialeinsatz nicht lohnt, da dieser mit energieaufwendigen Materialien und höheren Energiekosten im Transport erkauft wird. Trotz massiver Gewichtsreduktion verdoppelt sich der Primärenergiegehalt fast (194%).

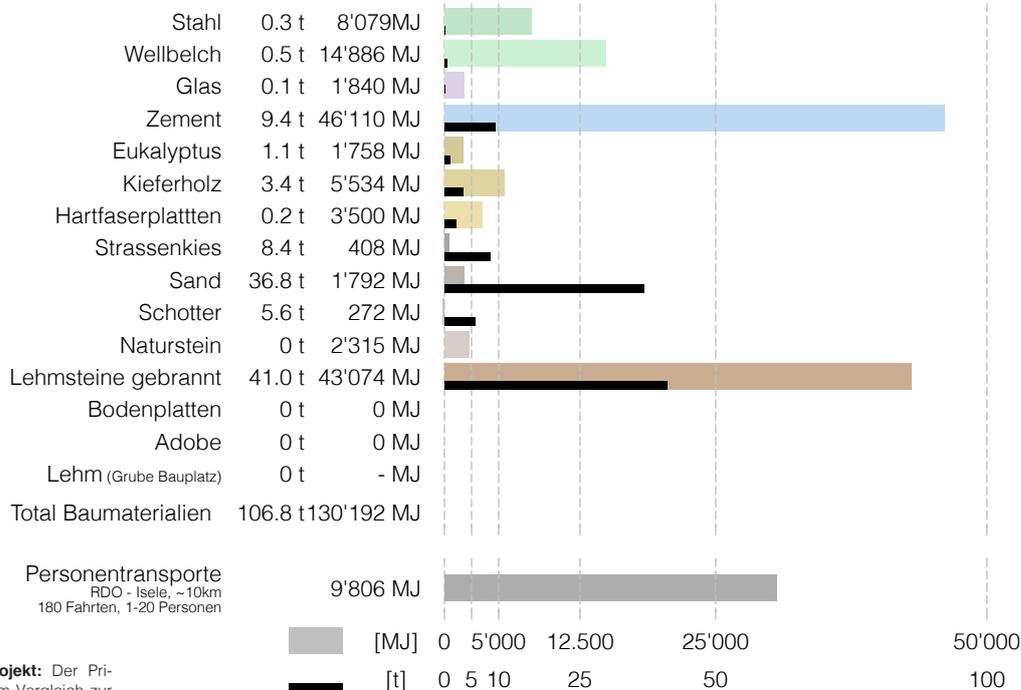
Wiederum lässt sich dieser höhere Verbrauch etwas relativieren, wenn unsere sieben Flüge von Zürich nach Dar es Salaam als Vergleich verwendet werden. Mit der verbrauchten Energie der Flüge (162'771MJ) lassen sich 2.4 Dorfzentren für Isele (67'018MJ) oder 1.1 mal das Vergleichsprojekt realisieren (149'890MJ). Rechnet man nun nach, wie oft ein Gebäude der Grössenordnung des Dorfzentrums für Isele in unserer Konstruktion, anstelle derjenigen des Vergleichsprojekts, gebaut werden müsste, bis die Energiebilanz trotz der Flüge positiv ausfällt, erhält man folgende Gleichung:

$$\begin{aligned} X \cdot \text{Dfl} + \text{Flüge} &= X \cdot \text{VP} \\ X \cdot 67'018[\text{MJ}] + 162'771 [\text{MJ}] &= X \cdot 149'890[\text{MJ}] \\ X &= 1.96 \end{aligned}$$

Würde also bereits ein zweites Gebäude in unserer Konstruktion gebaut sind unsere Flüge, auf Grund des massiv höheren Primärenergiebedarfs des Vergleichsprojekts, kompensiert. Wir gehen davon aus, dass mindestens das Ökonomiegebäude, dessen Fundament von uns bereits erstellt wurde, in dieser Technik fortgesetzt wird. Die Grösse entspricht zwar nicht derjenigen des Verwaltungsgebäudes, trotzdem könnten unsere Flüge damit zu einem grossen Teil kompensiert werden. Falls das RDO unsere Anliegen auch in Zukunft in ihre Projekte einfließen lässt, hat sich die Reise auch energetisch gelohnt.



Primärenergiebedarf Dorzentrum für Isele: Der Primärenergiebedarf (farbige Balken) im Vergleich zur Materialmenge (schwarze Balken). Trotz des geringen Materialverbrauchs benötigt das Wellblech am meisten Energie, gefolgt vom Zement. Trotz des grossen Materialaufwandes der Adobe Ziegel benötigen diese nur eine geringe Transportenergie, jedoch keine Produktionsenergie.



Primärenergiebedarf Vergleichsprojekt: Der Primärenergiebedarf (farbige Balken) im Vergleich zur Materialmenge (schwarze Balken). Der erhöhte Einsatz von Zement führt zu einem massiven Anstieg des Primärenergiebedarfs. Auch der Wechsel von Adobe Ziegeln zu gebrannten Lehmsteinen führt zu einem massiven Anstieg des Energiebedarfs.



Brennen der Bodenplatten: die Bodenplatten werden zu einem Ofen aufgestapelt, die Fugen mit Lehm abgedichtet. Während einem ganzen Tag wird der Ofen mit Holz befeuert.



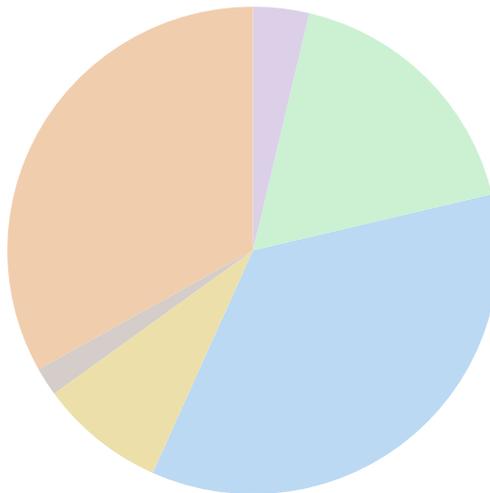
Hauptverursacher des Primärenergiebedarfs: das Wellblech so wie der Zement sind die Hauptverursacher für den Primärenergiebedarf. Hier als Schutz gegen aufsteigende Feuchtigkeit.

Primärenergiebedarf Dorfzentrum für Isele 57'212MJ: Der gesamte Primärenergiebedarf ist deutlich tiefer als im Vergleichsprojekt. Die Verteilung verläuft regelmässiger als im Vergleichsprojekt auf die Hauptverursacher Metall, Zement, Holz und Lehm.



- Glas
1'840 MJ | 3.2 %
- Metalle
17'336 MJ | 30.3 %
- Zement
10'945 MJ | 19.1 %
- Holz
11'504 MJ | 20.1 %
- Stein, Kies & Sand
3881.7 MJ | 6.8 %
- Lehmprodukte
11'705 MJ | 20.5 %

Primärenergiebedarf Vergleichsprojekt 130'192MJ: Hauptverursacher des hohen Primärenergiebedarfs ist der erhöhte Zementverbrauch so wie die gebrannten Lehmsteine.



- Glas
1'840 MJ | 3.2 %
- Metalle
22'965 MJ | 17.6 %
- Zement
46'110 MJ | 35.4 %
- Holz
10'791 MJ | 8.3 %
- Stein, Kies & Sand
2474 MJ | 1.9 %
- Lehmprodukte
43'074 MJ | 33.1 %

4.7. Schlussfolgerungen

Die tansanische Baukultur hat in der Vergangenheit bewiesen, dass sie zu einem Wandel in der Lage ist. Die Prognosen zu der wirtschaftlichen Entwicklung fallen unterschiedlich aus, die Bevölkerung wird aber sicherlich weiterhin schnell wachsen und die urbanen Zentren, allen voran Dar es Salaam, gehören zu den schnellst wachsenden Städten der Welt. Es gibt ein grosses Bedürfnis nach neuen und verbesserten Gebäuden und grosse Infrastrukturprojekte sind dringend nötig. Die WWF geht davon aus, dass bereits in wenigen Jahren die Entwicklungsländer zum grössten Verbraucher von Zement werden und das der weltweite Verbrauch stark ansteigt. Gemäss dem Weltklimarat ist bereits heute Zement für ca. 5% des weltweiten CO₂ Ausstosses verantwortlich. Die Art und Weise wie in den Entwicklungsländern gebaut wird, könnte demnach schnell eine grosse Relevanz in der globalen Klimadebate erhalten.

Unsere Absicht, ein Gebäude aus lokalen, natürlichen Materialien zu bauen, konnten wir zu einem grossen Teil erfüllen, mussten in gewissen Bereichen jedoch Kompromisse eingehen. Bereits in der Planungsphase haben wir uns für eine Dacheindeckung in Wellblech entschieden. Vergleicht man die immensen Mengen an lokalen und natürlichen Lehmprodukten (134.8t) welche durch eine kleine Menge Wellblech (0.48t) zuverlässig und langfristig vor Erosion geschützt werden, scheint dieser Einsatz gerechtfertigt. Wir mussten die Adobe Ziegel auf die Baustelle transportieren, für weiterführende Projekte ist jedoch eine Produktion auf der Baustelle denkbar. Eine Problemstelle im Projekt ist das Fundament: Steine sind nicht auf dem Bauplatz vorhanden, 47.6t Steine mussten auf die Baustelle transportiert werden. Andererseits konnte beim Mauern nicht wie gewünscht auf Zement verzichtet werden. Mit mehr Erfahrung im Trockenbau wäre ein Fundament ohne Zement denkbar, die Technik wird jedoch kaum Nachahmer finden: die Steine sind nicht in den benötigten Mengen vorhanden, der Transportaufwand sehr gross. Ein hohes technisches Wissen und Erfahrung sind notwendig und die Arbeiten sehr zeitintensiv. Das Thema Bauökonomie belegt zusätzlich einen hohen Kostenpunkt. Hier muss nach weiteren Alternativen gesucht werden.

Das Vergleichsprojekt zeigt, dass es möglich ist, die Menge an Baumaterialien massiv zu reduzieren; dabei findet jedoch eine Verschiebung von lokalen Lehmprodukten zu transportierten Industrieprodukten statt. Sand als Zuschlagstoff wird in hohen Mengen benötigt, während der Lehmanteil des Gebäudes sinkt.

Nach der Nutzungsphase lassen sich 92% der Materialien unseres Gebäudes in einen Kreislauf zurückführen, 18t oder 8% der eingesetzten Materialien bleiben als Rückstände zurück. Das eine Gebäude nicht ganz ohne diese auskommt, war uns bewusst, Verbesserungspotential ist hier trotzdem vorhanden. Die Differenz zum Vergleichsprojekt ist hier besonders gross: Durch den erhöhten Einsatz von Zement wird viel Sand chemisch gebunden und durch das Brennen des Lehm wird dieser aus dem biologischen Kreislauf entfernt.

Grösster Energieverbraucher des Projekts sind die Metalle: obwohl sie nur gerade 0.25% des Materialverbrauchs ausmachen, verursachen sie 30.3% des gesamten Primärenergiebedarfs. Spannend ist die Konfrontation mit dem Vergleichsprojekt: obwohl es weniger als die Hälfte unseres Projektes wiegt, hat es einen deutlich höheren Primärenergiebedarf. Der grössere Einsatz von Industrieprodukten, vor allem Zement, so wie das Brennen der Lehmsteine führt zu diesem Anstieg. Der Einsatz von lokalen, natürlichen Materialien zahlt sich aus. Zusätzlich kann angemerkt werden, dass der Produktionsprozess der Baumaterialien deutlich mehr zum Primärenergiebedarf beiträgt als deren Transport.

Das Vergleichsprojekt zeigt deutlich: eine Verringerung des Materialverbrauchs ist möglich, wird jedoch erkaufte durch grosse Transportdistanzen, eine Verschiebung von natürlichen zu industriell gefertigten Materialien, einem linearen Metabolismus anstelle einer Kreislaufwirtschaft und einem Anstieg des Primärenergiegehalts.



5. BAUÖKONOMIE

Das Kapitel Bauökonomie fokussiert auf die Baukosten und des Kostenmanagement. Mit unserem Projekt versuchten wir auf verschiedenen Ebenen eine Verbesserung der Situation der Bevölkerung von Isele zu erreichen. Die Betrachtung lag dabei auf den drei Schwerpunkten: Sinnvolles und nachhaltiges Ressourcenmanagement, Bekämpfung der Landflucht sowie die Akzeptanz des Projektes durch die Bevölkerung.¹⁵⁶ Obwohl dabei die Baukosten nicht explizit erwähnt wurden, spielen sie eine ebenso entscheidende Rolle bei der Verwirklichung des Projektes. Zu hohe Kosten würden das Projekt verhindern oder im Bau stoppen. Wie das gebaute Gebäude zeigt, ist die Kostenplanung aufgegangen. Jetzt stellt sich die Frage: Welcher Preis hat das Gebäude? Dabei ist nicht nur die letzte Zahl auf der Endabrechnung interessant. Die Frage nach dem Preis im übertragenen Sinne stellt sich auf verschiedenen Ebenen. Welche Ideale, welche Vorstellungen, welche Kompromisse haben Einfluss auf den Preis. Es soll überprüft werden, ob unser erarbeitetes Wissen über Konstruktion und Baumaterialien neben den Anforderungen an die Qualität auch dem Anspruch gegenüber kostengünstigem Bauen gerecht wird. Die These, dass die lokalen Materialien ökologisch und ökonomisch sind scheint klar zu sein, dagegen spricht die qualitative Sicherheit von Industrieprodukten. Was bedeute dies in der Ausführung? Wo ist der knappe Einsatz industrieller Produkte finanziell gesehen ein Vorteil und würden die Baukosten gar reduzieren. Zusätzlich bietet die Überprüfung des Geldflusses wichtige Aspekte der Projektanalyse: Für welche Baustoffe haben wir das meiste Geld ausgegeben? Entspricht dies der Wichtigkeit des Materials am Gebäude? Wohin ist das Geld geflossen? Wer hat an der Baustelle verdient?

Die Daten für das Kapitel wurden während der Bauphase akribisch gesammelt. Dazu führten wir eine Kostenschätzung, die laufend aktualisiert wurde, das Baujournal, das täglich ergänzt wurde, sowie eine Liste aller Ausgaben. Das Kapitel wird mit einer allgemeinen Einleitung zu den ökonomischen Verhältnissen in Tansania eröffnet. Die Tansanische Währung wird kurz vorgestellt und es werden einige Preisbeispiele zum besseren Verständnis der Situation gelistet. Die Angaben stammen aus Fachliteratur, Zeitungsartikeln und persönlichen Erfahrungen. Ergänzt wird die Einführung mit einem Einblick zur Verhandlungstradition in Tansania. Die Umgangsformen unterscheiden sich stark zur Schweiz. Um Geschäfte abzuschliessen, Probleme zu diskutieren oder Menschen von seiner Meinung zu überzeugen sind Kenntnisse dieser Tradition sehr hilfreich. Im zweiten Unterkapitel wird unsere Projektorganisation erklärt. Als Grundlage dienen Besprechungsprotokolle der Sitzungen mit der Bauherrschaft und das Baujournal. Mit Diagrammen werden die Organisationsformen gezeigt und mit Schweizer Organisationsmodellen verglichen. Zusätzlich wird ein kurzer Gesamtüberblick von der Baustelle gegeben; Dieser kann auch als Leitfaden für das folgende Unterkapitel verwendet werden. Im dritten Teil werden die eigentlichen Baukosten betrachtet. Zuerst werden die Verhältnisse vor Ort beschrieben, wobei persönliche Erfahrungen als Grundlage dienen. Dann werden die Gesamtkosten des Verwaltungsbaus mittels Grafik, Tabelle und Text analysiert und erklärt. Aus der nachgeführten Kostenschätzung stammen die Angaben. Anschliessend werden Vier Bauteile: Fundament, Wand, Dachkonstruktion und die Fenster, Türen und Einbauten präziser betrachtete. Ihr Anteil an den gesamten Baukosten über die Bauzeit wird mit einem Diagramm gezeigt. Die einzelnen Teile werden fein aufgeschlüsselt und ihre jeweilige Besonderheit für das Projekt wird erläutert. Anschliessend zu der Kostenanalyse werden die Lohnkosten separat erläutert. Die bezahlten Stunden werden in Relation zu der gratis geleisteten Arbeit gestellt. Im vierten Teil wird der Geldfluss untersucht. Die Wertschöpfung, wer an unserem Projekt verdient hat, wird aufgezeigt. Zur Besseren Einordnung wird das Projekt dem gleichen Vergleichsprojekt wie im Kapitel Ressourcenmanagement ökonomisch gegenübergestellt. Eine kurze Schlussfolgerung fasst die erforschten Punkte knapp zusammen.

links - Versammlung: Das weitere Vorgehen wird direkt auf der Baustelle mit allen Beteiligten besprochen.

¹⁵⁶ Wahlfacharbeit: Dorfzentrum für Isele, Kap. 1.1 Grundidee, S.10.

5.1. Relevanz der ökonomischen Betrachtung

Die wirtschaftlichen Verhältnisse in Tansania unterscheiden sich stark vom europäischen Umfeld. Dazu einige Grundlagen um eine allgemeine Übersicht zu erhalten um die nachfolgenden Bauspezifischen Werte und Daten besser einordnen zu können: Das wirtschaftliche Gefälle zwischen der Schweiz und Isele ist so gross, dass man dazu neigt die Wichtigkeit von häuslichem Umgang mit Kosten zu vernachlässigen. Für unsere Verhältnisse sind die Baumaterialien sehr günstig und der Lohn eines Arbeiters verschwindend klein. Die teuerste Option zu wählen, ist immer noch günstig. Die Qualität der Materialien und Arbeiten spielen dabei natürlich eine wichtige Rolle. Schlecht zu bauen nur weil es günstig ist, steht ausser Frage. Wir als Architekten stehen in der Verantwortung gegenüber der Bauherrschaft, treuhändischen Umgang mit finanziellen Mitteln zu gewährleisten. Baut man für ein Hilfswerk, wird diese Verantwortung zusätzlich erhöht. Die vorhandenen Mittel sind Spendengelder. Das Hilfswerk verpflichtet sich gegenüber seinen Geldgebern, die gespendeten Gelder richtig und effizient einzusetzen. Dazu kommt, dass die vorhandenen Mittel die nötigen Mittel für alle geplanten Projekte bei weitem nicht erreichen. Im Umkehrschluss bedeutet das: Um so günstiger ein Projekt ist, desto mehr Projekte können durch das NGO realisiert werden. Ein weiterer Aspekt, der für eine günstige Bauweise spricht, ist die Vorbildfunktion des Gebäudes. Würden wir nur teure, importierte Baustoffe verwenden, kann die Konstruktion nicht durch die einfache Bevölkerung imitiert werden. Noch schlimmer: Es würde die Vorstellung eines gutes Hauses weiter in Richtung eines unerreichbaren, doch unpassenden westlichen Vorbilds verschieben und die lokale, überaus dienliche Baukultur weiter entwerten. Dieses Problem ist zum Teil von der postkolonialen Entwicklungshilfe Architektur abzuleiten, die auf westlichen Architekturen mit importierten Materialien basiert.¹⁵⁷

Zieht man die Aspekte der Ökologie bei, verringert die Verwendung von lokalen Baustoffen nicht nur die Umweltbelastung (Kap. Ressourcenmanagement). Die lokal produzierten Materialien halten die Wertschöpfung am Ort. Die einheimischen Kleinunternehmern verdienen direkt am Bau des Gebäudes. Das bezahlte Geld bleibt in der Region um Isele, es fließt nicht auf das Konto eines multinationalen Industriekonzerns aus Übersee. Der komplette Verzicht von importierten Baustoffen haben wir nicht erreicht. Doch werden diese Baustoffe vor Ort gekauft, leisten sie dennoch einen kleinen Beitrag an die lokale Wirtschaft. Der Verkäufer sowie die Zwischenhändlerkette besteht aus tansanischen Unternehmern. Kauft das NGO direkt in Dar es Salaam ein, verlieren diese Menschen ihr Geschäft.

Um die Bedingungen in Tansania besser zu verstehen, ist ein Überblick über die jüngere Geschichte hilfreich. Nach seiner Unabhängigkeit 1963 führte Julius Nyerere Tansania als sozialistische Planwirtschaft. Das Einparteiensystem kontrollierte das politische und gesellschaftliche Leben. Die Planwirtschaft führte zum wirtschaftlichen Niedergang des Landes und hemmte die Entwicklung. Das höchste Ziel Nyereres galt dem Zusammenhalt der jungen Nation. Die Dorfgemeinschaft stand als Vorbild für das Gesellschaftsmodell. Aus den vielen Volksgruppen und Stämmen wollte er ein neues Land formen. Diese Bemühungen waren erstaunlich erfolgreich. Im Vergleich zu anderen afrikanischen Ländern ist der Zusammenhalt in der Bevölkerung sehr hoch und der „Nation-Building Prozess“ ist weit fortgeschritten. Nicht zuletzt hat das weit verbreitete Swahili einen enormen Einfluss auf ein gemeinsames Nationalgefühl. Tansania ist heute das demokratischste und das freiste Land im Vergleich zu den andern EAC (East african community: Burundi, Kenia, Ruanda, Südsudan, Tansania und Uganada) Ländern. 1995 fanden die ersten Demokratischen Wahlen seit den 1970er Jahren statt; die etablierte Partei Nyereres CCM (Chama Cha Mapinduzi, Suaheli für "Partei der Veränderung") blieb jedoch bis heute an der Macht. Die stabile, friedliche doch uniforme Zivilgesellschaft wird durch die kontrollierte Demokratie und die Nachwirkungen

157 vgl. Hebel, Moges, Gray, 2015, S.5



Markt in Iringa: Verkauft wird, was auf den eignen Feldern wächst.

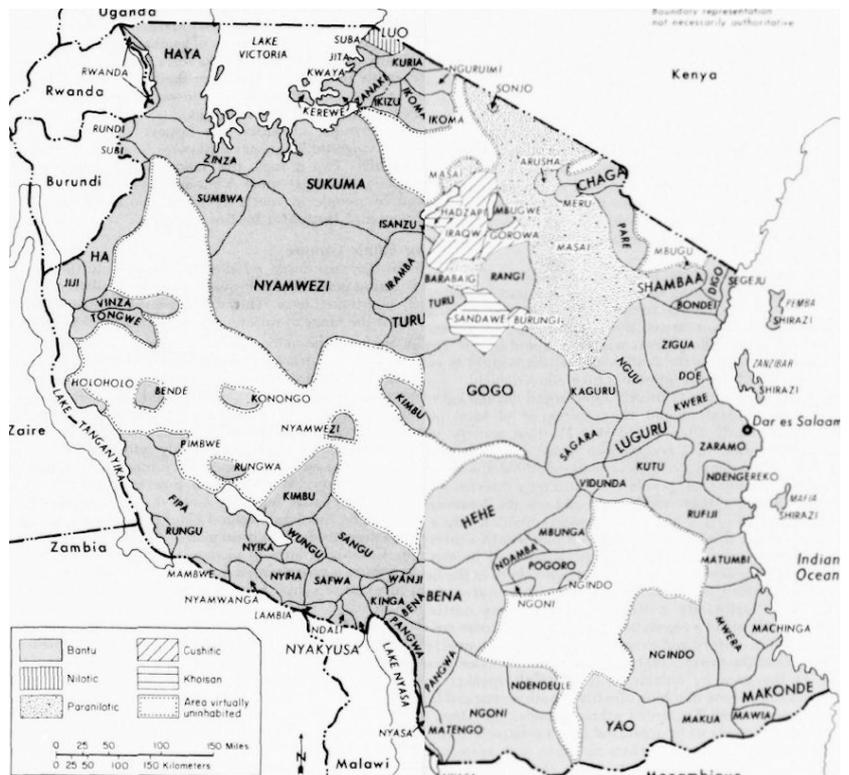


Abb.36 Die verschieden Stämme Tansanias: Es gibt über 120 unterschiedliche Volksgruppen die zusammen die Bevölkerung Tansanias sind.

des Sozialismus geformt. Viele Tansaner setzten grosse Hoffnungen in den seit November 2015 eher zufällig an die Macht gekommenen Präsidenten. John Pombe Magufuli, der Bulldozer, hat mit einigen populistischen Aktionen für Furore gesorgt. Bei Überraschungsbesuchen in Regierungsämtern entlässt er alle untentschuldigt Abwesenden. Um Kosten zu sparen streicht er teure Staatsbankete und zahlt das Geld an bedürftige Spitäler. Wie gross sein Einfluss wirklich ist und wie lange er gegen den korrupten Machtapparat antreten kann, ohne dabei selber den Verlockungen zu verfallen, wird sich zeigen.¹⁵⁸ Wirtschaftlich gesegen steht Tansania Im Gegensatz zu den anderen EAC Ländern eher schlecht da. Es gibt nicht viel Tourismus, sehr wenig Industrie und eine eher unproduktive, empfindliche Landwirtschaft. Das wirtschaftliche Potential ist in Tansania noch stark ausbaufähig, was langsam auch passiert.¹⁵⁹ Die steigende Unzufriedenheit in der Bevölkerung und die Korruption sind die grössten Hindernisse,¹⁶⁰ sie sind ohne Unterstützung schwer lösbar. Trotz einem Wirtschaftswachstum von bis zu 7% in den letzten Jahren erhält Tansania, der Darling der Geber, viel Hilfe. Über 33% des Staathaushaltes machen Strukturanpassungen und Entwicklungshilfe aus dem Ausland aus.¹⁶¹ Diese Hilfe wird unter anderem benötigt um die immer älter werdende Infrastruktur, insbesondere die Eisenbahn und Hafenanlagen, die für den Handel sehr wichtig sind, zu erneuern. Die Landwirtschaft hat immer noch einen sehr grossen Stellenwert; ihr Anteil am BIP beträgt über einen viertel, sie macht 85% der Exporte aus und beschäftigt rund 80% der Bevölkerung im Land¹⁶². Wie der Blick auf das nebenstehende Diagramm (Abb.37) zeigt, verfügt Tansania über eine negative Handelsbilanz. Es werden mehr Güter importiert als exportiert. Im Jahr 2014 betrug das Defizit 7.07 Milliarden Dollar. Dabei ist zu erkennen, dass sowohl der Import als auch der Export in den letzten Jahren stark angestiegen sind. Der Einfluss der Weltwirtschaftskrise vom Jahr 2008 ist deutlich zu sehen, wenn die Krise auch erstaunlich wenig Einfluss hatte. Die Abhängigkeit vom Import spürt man selbst in den entlegene Regionen wie um Isele. Alles was neu oder von den Menschen als erstrebenswert angesehen ist, ist importiert. Im Jahr 2014 hat Tansania für 13.5 Milliarden Dollar Güter importiert, seit 2009 ist der Import um rund 15% pro Jahr gestiegen. Die steigenden Schulden gegenüber dem Ausland erhöhen den Bedarf an ausländischer Währung und werten den Schilling weiter ab. Der mögliche Handelsbilanzausgleich durch steigende Exporte funktioniert bis jetzt nicht. Der grösste Anteil am Import haben raffinierte Erdölprodukte mit rund 25.4%, darauf folgt Palmöl mit 2.63%. Der grösste Anteil der Importe stammt aus Indien (2.55 Mia. \$), China (2.32 Mia. \$), Vereinigte Arabische Emirate (1.12 Mia. \$) und der Schweiz (839 Mio. \$).(Abb.39) Dagegen steht im Jahr 2014 ein Export von 6.5 Mia. \$ an Gütern. Den grössten Anteil hat Gold 21.5% gefolgt von Rohtabak 6.28%. Am meisten Güter werden nach Indien (1.09 Mia. \$), Südafrika (754 Mio. \$) und China (530 \$ Mio. \$) exportiert. (Abb.38) Während hochwertig verarbeitete Güter importiert werden, sind die meisten exportierten Güter Rohstoffe. Erst in den Käuferländer werden die Rohstoffe zu Endprodukten verarbeitet, somit findet der Kapitalgewinn ausserhalb Tansanias statt.

158 <http://www.bbc.com/news/world-afri-ca-37822740>, [Zugriff 25.01.2017]

159 vgl. Plenk, 2014, S. 77

160 vgl. Eiletz-Kaube, 2014, S.117

161 <https://www.nzz.ch/international/afrika/der-darling-der-geber-1.18565776> [Zugriff: 20.01.2017]

162 <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tz.html> [Zugriff 20.01.2017]

Abb.37 Handelsbilanz

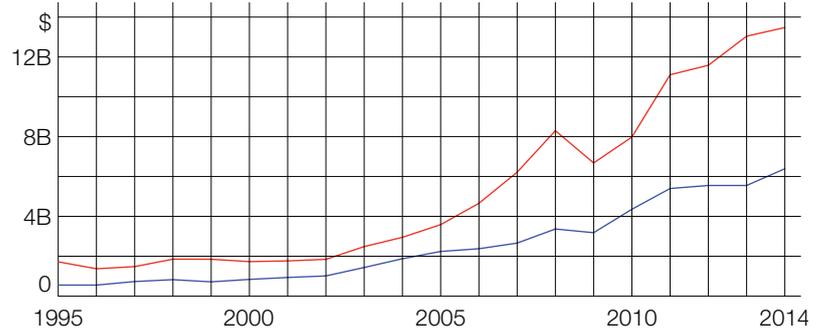


Abb.38 Exporte: Die Farben stehen für den jeweiligen Kontinent. Die abgedunkelten Bereich repräsentieren die Länder Südafrika, China, Indien und die Schweiz in absteigender Reihenfolge.

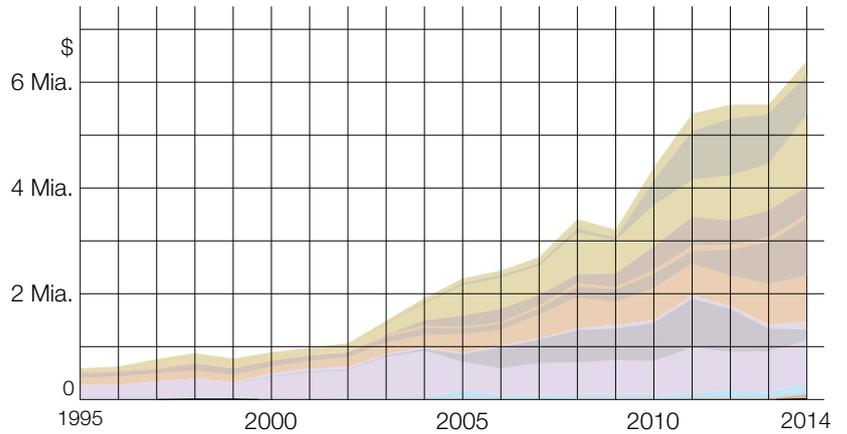
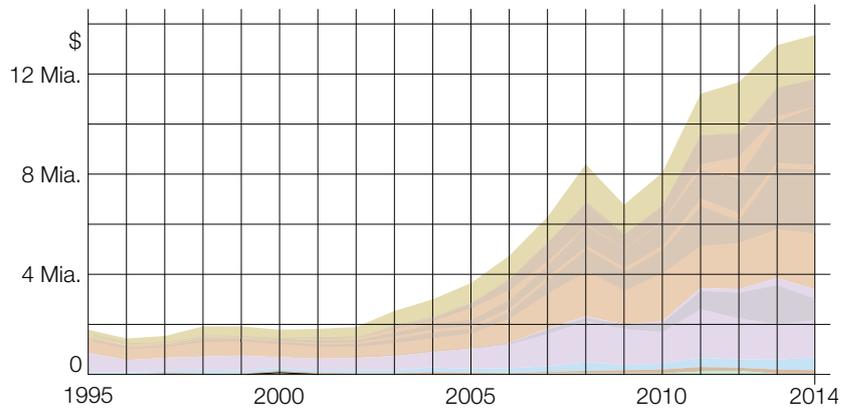


Abb.39 Importe: Die Farben stehen für den jeweiligen Kontinent. Die abgedunkelten Bereich repräsentieren die Länder Südafrika, China, Indien und die Schweiz in absteigender Reihenfolge.



— Exporte	— Importe
■ Afrika 15.4 Mia. \$ 29.8%	■ Afrika 17.5 Mia. \$ 16.5%
■ Asien 16.6 Mia. \$ 32.1%	■ Asien 56.3 Mia. \$ 53.2%
■ Europa 17.58 Mia. \$ 34.0%	■ Europa 25.4 Mia. \$ 24.0%
■ Nordamerika 1.37 Mia. \$ 2.6%	■ Nordamerika 4.05 Mia. \$ 3.8%
■ Ozeanien 240 Mio. \$ 0.5%	■ Ozeanien 1.6 Mia. \$ 1.5%
■ Südamerika 501 Mio. \$ 1.0%	■ Südamerika 1.04 Mia. \$ 1.0%

Lokale Währung

Die Landeswährung von Tansania ist seit der Unabhängigkeit 1963 der Tansania-Schilling (Tsh). Ein Schilling ist in hundert Senti aufgeteilt. Im Umlauf befinden sich vor allem Banknoten, da der Wert von Münzen sehr gering ist. In den größeren Städten ist es kein Problem Geld am Automaten zu beziehen. In der Stadt Iringa gibt es zur Zeit rund zehn Banken. In Kilolo hat im Jahr 2016 die erste Bank mit Bankomat eröffnet. Viele Tansaner nutzen die Möglichkeit Geld über das Mobiltelefon zu senden. „M-Pesa“ (M für mobil, Pesa ist Suaheli für Geld) wurde im Jahr 2007 in Kenia entwickelt. In Kenia wird rund ein Drittel der Wirtschaftsleistung über M-Pesa abgewickelt. In Tansania versenden über fünf Millionen Menschen über 800 Millionen Dollar pro Jahr.¹⁶³ Der Dienst ermöglicht es, Geld über ein normales Mobiltelefon auf ein eigenes Konto zu laden, an andere Teilnehmer oder via einer der zahlreichen lokalen Verkaufsstellen an Leute ohne eigenes Konto zu versenden. Für viele Menschen ist dieses „mobile Konto“ die einzige Möglichkeit Bargeld sicher zu verwahren, da sie kein Bankkonto besitzen und es zudem die nötige Infrastruktur wie Bankfilialen oder Geldautomaten in ihrem Handlungsraum bis heute nicht gibt. Die Preise auf dem Markt oder in einem der zahlreichen Mini-Markets sind nicht fix. Sie bewegen sich aber meist im selben Rahmen. Wer gut handeln kann, erhält ein besseres Angebot. Die Buden haben in der Regel ein ähnliches Sortiment. Um Isele führen sie Süssgetränke, Fritierol und Gemüse vom Feld. In Kilolo gibt es neben den Lebensmittelläden; Coiffeurgeschafte, Stoff oder Kleiderläden, Reparaturservice für Motorräder und Mobiltelefone, einfache Copyshops, Eisenwarenhandlungen, kleine Baumrarkte, Bars, Restaurants und viele winzige Imbissstandte. Die nebenstehende Grafik (Abb) zeigt die Entwicklung des Schillings im Vergleich zum Dollar in den letzten zehn Jahren. Der Schilling hat in den letzten Jahren kontinuierlich an Wert verloren. Seit 2008 hat sich sein Wert ca. halbiert. Da die tansanische Währung sehr schwach ist, dient der Dollar an touristischen Orten als inoffizielle Parallelwährung. Dabei liegt das Interesse vor allem auf grossen Dollar Noten. Für einen 50 Dollarschein erhält man an der Wechselstube des Flughafens in Dar es Salaam einen Kurs nahe am offiziellen Wechselkurs. Für alle kleineren Noten halbiert sich der Kurs.

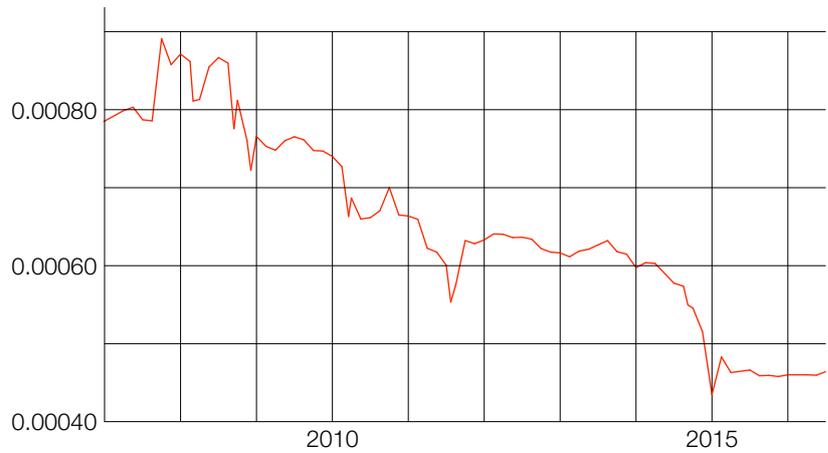
Preisvergleiche

Um einen Überblick über die finanziellen Verhältnisse vor Ort zu gewinnen, finden sich nebenstehend einige alltägliche Preisbeispiele. Die Preise beziehen sich auf die ländliche Region um Isele, sofern nicht anders angegeben. Je nach Region variiert das Preisniveau sehr stark. Die Lebenserhaltungskosten sind in der grössten Stadt Dar es Salaam im Vergleich mit dem Leben auf dem Land sehr hoch. Dagegen steigt der Preis von Gütern, die aus den Zentren aufs Land transportiert werden müssen mit jedem Kilometer Transport an. Die meisten Menschen auf dem Land verfügen über eigene Anbauflächen, um einen Teil ihrer Bedürfnisse selber zu decken. Viele Industrieprodukte, besonders technisch anspruchsvolle, müssen importiert werden, was den Preis auf das gleiche oder sogar höheres Niveau als im Ursprungsland hebt.

¹⁶³ <https://www.welt.de/politik/deutschland/article127700237/Das-Handy-wird-weltweit-zum-Entwicklungshelfer.html> [Zugriff: 20.01.2017]

Abb.40 Tansanischer Schilling zum Dollar: Der Schilling hat seit der Weltwirtschaftskrise 2008 beinahe die Hälfte an Wert verloren. Der Einbruch 2015 wurde unter anderem durch den tiefen Goldpreis und die politische Unsicherheit der anstehenden Wahlen verursacht.¹⁶⁴

Der Wechselkurs des Schilling zum Schweizer Franken betrug am 20.06.2016:
 1 CHF = 2.282,3320 Tsh
 1 Tsh = 0,000438 CHF



Essen und Trinken

1 Portion Reis mit Bohnen	500 Tsh
1 Portion Chipsi Mayai (Omelette mit Kartoffeln)	2'000Tsh
1 Ananas (nicht Saison)	1'000 - 4'000 Tsh
1.5 l Wasserflasche	1'000- 2'000 Tsh
5 dl Cola (PET)	1'000 Tsh
5 dl Bier (Safari Lager)	2'5000 Tsh

Verkehr

Busticket von Dar es Salaam nach Iringa (10h Fahrt)	20'000 Tsh
1 Velo (6 Gang, chinesische Qualität)	150'000 Tsh
1 Motorrad	2'000'000 Tsh
1 Baja (Tuk Tuk) NP in Dar aus Indien Importiert	6'000'000 Tsh
Bestechung für Geschwindigkeitsübertretung	10'000 Tsh
Offizielle Busse für Geschwindigkeitsübertretung	30'000 Tsh

Baumaterialien

1 Sack Zement (50kg)	14'000 Tsh
1 Stück Wellblech (1 x 3m)	14' - 17'000 Tsh
1 Holzbalken (2 x 4 Inch, 12 feet)	4'5000 Tsh
1 Holzbalken (2 x 6 Inch, 12 feet)	6'5000 Tsh

Baustellenlöhne

1 Tageslohn untrainierter Arbeiter	5 - 10'000 Tsh
1 Tageslohn trainierter Arbeiter	10' - 20'000 Tsh
1 Monatslohn Lehrer Handwerkschule	190'000 Tsh

Preisbeispiele für die Region um Isele

¹⁶⁴ <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tz.html> [Zugriff 20.01.2017]

Palaver- Die Kunst eine Verhandlung zu führen

Im Gegensatz zur Schweiz laufen die geschäftlichen Beziehungen auf dem Land in Tansania sehr unbürokratisch, dafür umso direkter, ab. Dabei spielen die traditionellen Umgangsformen sowie die gesellschaftlichen Verhältnisse bis heute eine grosse Rolle. Wenn auch einige Geschäftsleute diese Traditionen mehr und mehr gegen windige Geschäftspraktiken tauschen; was unter Betrachtung der fehlenden Geschäftssicherheit auf dem Land, der eigenen harten Lebenssituation im Vergleich zu den Möglichkeiten eines NGOs und der hohen Korruption im Lande nicht ganz verwunderlich ist. Mit der Zeit wurde unser Wissen über die korrekte Vorgehensweise bei Versammlungen und Zusammentreffen immer grösser, dass wir uns immer geschickter den Vorgängen anpassen konnten und weniger überrascht wurden.

Der Begriff Palaver wurde durch die portugiesischen Händler und Seefahrer im 15. / 16. Jh. geprägt. Sie bezeichneten damit die langwierigen Verhandlungen mit ihren afrikanischen Geschäftspartnern. Von den Afrikaner in ihren Sprachgebrauch übernommen, wurde der Ausdruck während der Kolonialzeit wieder zurück nach Europa „importiert“. Die kulturellen Unterschiede zeigen sich hier schon in der Konnotation des Wortes selber. Während im deutschen Sprachgebrauch das Wort eher negativ behaftet ist und für ein oberflächliches langwieriges Gespräch steht (Duden: endloses wortreiches, meist überflüssiges Gerede; nicht enden wollendes Verhandeln, Hin-und-her-Gerede), steht Palaver im afrikanischen Kontext für wichtige Gespräche zum lösen eines Problems. Dazu zwei Ausschnitte aus dem Buch *Afrikanische Renaissance und traditionelle Konfliktlösung: das Beispiel der Duala in Kamerun*:

„Auf der Grundlage von Ubuntu ist jedes Mitglied einer Gemeinschaft mit den Konfliktparteien verbunden – sei es mit dem Opfer oder mit dem Täter. Daraus folgt, dass sich jedes Mitglied entweder in einer gewissen Weise selbst als Opfer betrachtet oder eine gewisse Verantwortung für die Tat, die begangen wurde, empfindet. Aus diesem Grund fühlt sich auch jedes Mitglied der Gemeinschaft angesprochen, sich an der Lösung des Konflikts zu beteiligen. Die gesamte Gemeinschaft (oder Bevölkerung) ist in den Konfliktlösungsprozess integriert. Führt die Mitarbeit der gesamten Gemeinschaft zu einer Lösung des Konflikts oder des Problems, wird diese als Konsens bezeichnet, was bedeutet, dass die Gruppe zu einem gemeinsamen Ergebnis gelangt ist, mit dem jedes Mitglied der entsprechenden Gemeinschaft übereinstimmt. ...“¹⁶⁵

Neben dieser Identifikation aller Gemeinschaftsmitgliedern mit dem Problem gehört der gemeinsame Konsens zum höchsten Ziel des Palavers.

„..., dass Konsens keine vollkommene Identität „moralischer oder kognitiver Meinung“ bedeutet, dass aber alle Mitglieder der Gemeinschaft das Gefühl vermittelt bekämen, ihre Sichtweise sie bezüglich eines „vorgeschlagenen Plans zukünftigen Handelns oder Zusammenlebens in angemessener Weise“ berücksichtigt worden. Doch auch wenn Konsens von Wiredu nicht als die vollkommene Identität der Meinungen verstanden wird, muss die hinter dem Konsensgedanken stehende Idee von dem Mehrheitsgedanken abgrenzt werden, denn die Herstellung eines Konsens erfordert die Zustimmung aller Beteiligten und verhindert, dass Minderheiten von der Entscheidungsfindung ausgeschlossen werden.

Einen Konsens zu finden erfordert oft einen langen Prozess des gegenseitigen Überzeugens, der in der traditionellen afrikanischen Politik in Form eines Palavers stattfindet, weshalb Bénédet-Bujo die Kwasi Wiredu beschriebene, Konsensethik als Palaverethik bezeichnet. Das Ziel dieser palaver ist jedoch nicht die Durchsetzung der Interessen einer Partei oder Gruppe, sondern, um es in den Begriffen der Ubuntu-Philosophie auszudrücken, die Versöhnung der Gemeinschaft und der aufgetretene gegensätzlichen Interessen durch einen von allen Mitgliedern der Gemeinschaft erzielten Konsens....“¹⁶⁶

165 aus: Helfrich, 2005, S. 65-66

166 aus: Helfrich, 2005, S. 69-70

Besprechung auf der Baustelle: Wichtige Entscheidungen werden von den lokalen Würdenträgern und weiteren Beteiligten besprochen.



Ende der Dorfversammlung: Im Hintergrund beraten die wichtigen Männer weiter während die Frauen und Kinder die Reste des Essen wegräumen und warten. Rechts im Bild trägt ein Junge die Stühle des Sitzkreise zurück ins Dorf.



5.2. Kostenplanung und Organisationsform

Nachfolgend wird die Kostenplanung sowie Organisationsform aufgezeigt und erläutert. Dabei wird das Projekt in zwei Phasen geteilt. Die reine Planung in der Schweiz, was in etwa einer Planung bis und mit Vorprojekt entspricht und der Zeit in Tansania, die die restlichen Phasen abdeckt.

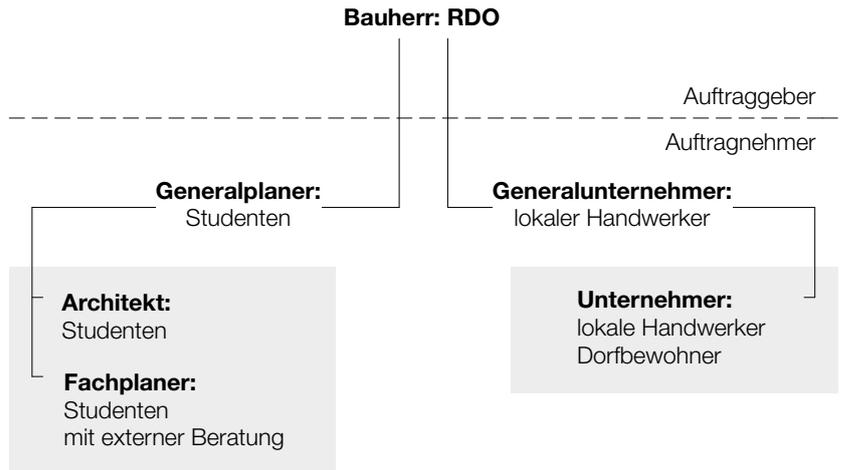
Planungsphase in der Schweiz

Während der Planung der Projekte wird das Thema der Baukosten mehrmals aufgeworfen und bei Sitzungen mit RDO besprochen. Dies jedoch immer nur auf einer sehr oberflächlichen Ebene. Das Hilfswerk versicherte ein Kostenguthaben von 20'000 Euro für das Projekt (siehe Sitzungsprotokoll vom 11.05.20016 im Anhang). Dieser Wert wurde zugleich als Kostendach des gesamten Projektes bestimmt. Dabei wurde von Seite des Bauherrn zunächst nicht weiter definiert was alles zum Bau gehört. In weiteren Besprechungen wurden die Anforderungen an die zwei Gebäude betreffend ihrer Funktion und Konstruktion gemeinsam präzisiert. Dabei wurde nicht definiert welche zusätzliche Kosten zu den Baukosten gerechnet werden. Kostenpunkte wie der tägliche Transport der Arbeiter zur Baustelle, die Löhne der RDO Mitarbeiter und Lehrer wurden nie besprochen. Bis zum Abschluss der Phase in der Schweiz blieb eine grosse Unsicherheit gegenüber der Kostengarantie von unserer Seite. Wir konnten zu diesem Zeitpunkt keine verlässliche Kostenschätzung für die Baukosten der Gebäude abliefern, da uns schlicht die nötigen Materialpreise und Löhne fehlten. Die Versuche via Emailverkehr mit dem Leiter des NGO in Tansania an die nötigen Werte zu gelangen blieben dabei ohne Erfolg. Als mögliche Hilfe und Absicherung für uns, versuchten wir die zwei Bauwerke in Plan und Text möglichst genau zu beschreiben und so gegen mögliche Überraschungen vorbereitet zu sein.

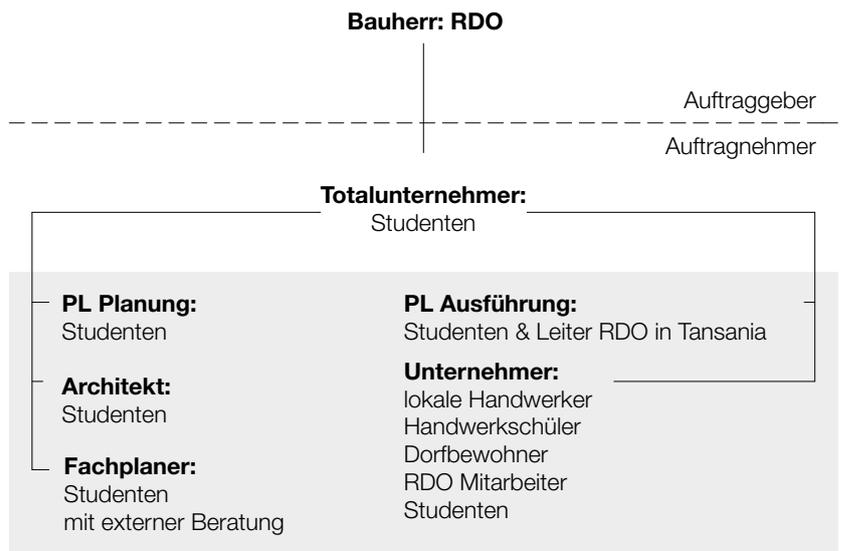
Das die Kosten ausschlaggebend für das Gelingen des Projektes sein würden, wurde zusätzlich verstärkt durch unser Wissen über zuvor gescheiterte Projekte des NGO. Sollten wir die Kosten überschreiten, würde unsere Baustelle gestoppt werden, was wir natürlich unbedingt vermeiden wollten. Trotzdem verliessen wir uns bei der Abreise auf das Vertrauen und die Erfahrung des NGO.

Bei der letzten Sitzung in Österreich definierten wir zusammen die Organisationsform der Baustelle. Um beide Gebäude in dieser kurzen Zeit zu verwirklichen war eine wohlüberlegte Vorgehensweise zwingend nötig. Das Ökonomiegebäude sollte einem Handwerker in Auftrag gegeben werden wobei wir als gestalterische Bauleitung vor Ort präsent sein werden. Das Verwaltungsgebäude sollte durch uns zusammen mit den Handwerkschülern und einem lokalen Arbeiter gebaut werden. Dieser Entscheid fiel auf Grund des einfacheren Schwierigkeitsgrades bei der Ausführung des kleineren Gebäudes. Das Organigramm der Baustelle des Ökonomiegebäudes kann so am ehesten mit einem Generalunternehmermodell mit Generalplaner verglichen werden (Organigramm auf der rechten Seite oben). Die Vorgehensweise beim Verwaltungsbau beschreibt uns als Totalunternehmer, der den gesamten Planungs und Bauprozess leitet (Organigramm auf der rechten Seite unten).

Ökonomiegebäude: Das geplante Organisationsmodell des Ökonomiegebäudes. Um den Bau zu kontrollieren sollen wir (Studenten) die gestalterische Bauleitung vor Ort übernehmen.



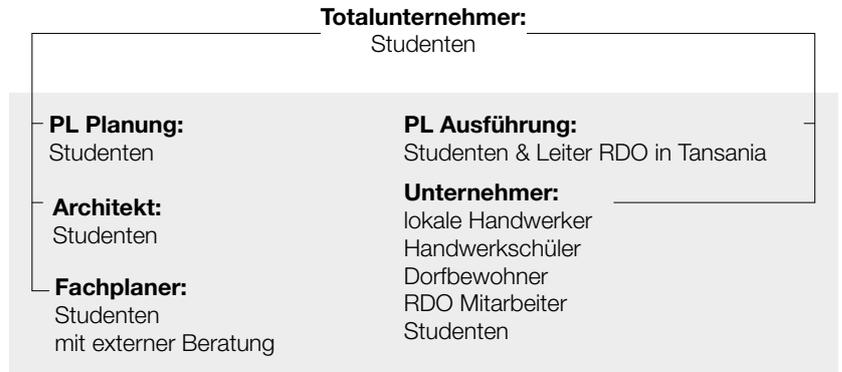
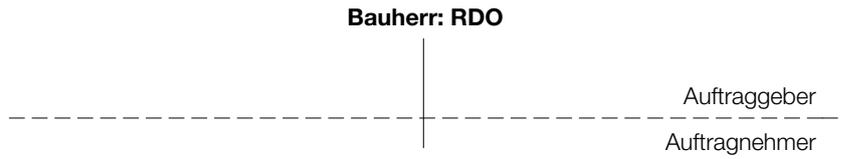
Verwaltungsgebäude: Von der ersten Skizze zum letzten Pinselstrich. Wir (Studenten) leiten den gesamten Prozess und können bei jedem Arbeitsschritt mitarbeiten.



Planung und Bau in Tansania

Neben der Präsentation des Projektes vor der lokale Bevölkerung war die genaue Schätzung der Baukosten und die Abgleichung des Terminplanes mit den Handwerkern die wichtigste Pendezenz nach unserer Ankunft. Zusammen mit dem Leiter des NGO und einer Gruppe ausgewählter Handwerker schätzten wir die zu erwartenden Baukosten und Erstellungszeit für die beiden Bauten (Abb. Abgebotsrunde). Die Kosten überstiegen dabei das Gesamtbudget, deshalb einigten wir uns mit dem Hilfswerk in Österreich, dass nur das Ökonomiegebäude zusammen mit den Studenten gebaut wird. Die Handwerker schätzten unseren Zeitplan als realistisch, wenn auch ambitioniert ein. Die anfänglichen Turbulenzen aufgrund der zu hohen Baukosten führten zur ersten Verzögerung (Kap. Fundament). Während dem Bau des Fundaments zeigte sich immer mehr die Abneigung der lokalen Bevölkerung gegenüber auf der Baustelle produzierten Adobeziegel (siehe Kap. Wand). Die Produktion und vor allem die Trocknungszeit der gewünschten Adobeziegel verzögerte den Bauprozess so lange, dass wir in der Zwischenzeit das Fundament des Verwaltungsgebäudes bauen konnten. Dies wurde möglich, da die ursprüngliche Schätzung der Baukosten des Fundaments viel zu hoch war. Nachdem gemeinsam der Entscheid gefällt wurde, dass wir nur ein Gebäude fertig bauen würden, konzentrierten wir uns auf den Bau des Verwaltungsgebäudes. Ab da verlief die Baustelle einigermaßen gergelt. Der Konflikt mit dem Adobeproduzent (Kap. Wand) forderte eine Änderung bei den Mauerarbeiten. Um den Baustopp durch fehlende Adobesteine zu verhindern beschlossen wir den kleineren Gebäudekörper bis zur Ringbeamhöhe aufzumauern, dass wir dort bereits am Dachstuhl arbeiten konnten (Kap. Dach). Die Inbetriebnahme der Holzwerkstatt zögerte sich länger heraus als gedacht (siehe Kap. Fenster, Türen & Einbauten), deshalb blieb für die Schreinerarbeiten nur wenig Zeit. Die Produktion der Bodenplatten, besonders die aufwändigen Polierarbeiten, wurde vor allem von uns selber durchgeführt. Bis zu unserer Abreise konnten wir das Gebäude nicht fertig stellen (Kap. Beschrieb). Gleichzeitig zum laufenden Bauprozess präzisierten wir die Kostenschätzung und führten eine Liste mit allen Ausgaben. Was uns immer grössere Sicherheit gegenüber dem NGO gibt. Der lokale Leiter des NGOs zeigte sich beeindruckt von unserer Tabelle. Es scheint, dass diese vorausdenkende Betrachtung der Baukosten für ihn nicht üblich ist. Zum besseren Verständnis des zeitlichen Ablaufs ist ein Zeitstrahl im ersten Kapitel eingefügt (Kap. Projekt).

Durch die Reduktion auf ein Gebäude bei der Ausführung erübrigte sich die Aufteilung der zwei Bauten auf verschiedene Arbeitertrupps. Die gewählte Organisationsform für das ausgeführte Gebäude entspricht in der Schweiz einem Totalunternehmermodell. Wir agierten darin als Totalunternehmer, Architekten, Fachplaner, Bauleitung und Bauarbeiter (Organigramm auf der rechten Seite). Wir hatten direkten Einfluss an jeder Stellen und in allen Phasen des Projektes. Von der ersten Idee am Planungstisch bis zu den verschiedensten Arbeiten auf der Baustelle waren wir involviert. Der Prozess funktionierte dabei in beide Richtungen. Stiessen wir beim Bau auf ungeplante Details, wurden diese direkt auf der Baustelle besprochen und am Abend in die Pläne eingetragen.



Verwaltungsgebäude: Die definitive Organisationsform entspricht einem TU - Modell. Wir sind an jedem Planungs und Arbeitsschritt beteiligt.



Abgebotsrunde: Nach der Projektpräsentation vor der Bevölkerung werden die Handwerker aus der Region für eine erste Kostenschätzung der zwei Bauten befragt; viel zu hohe Kosten sind das Resultat.

5.3. Baukosten

In diesem Kapitel werden die Baukosten über die einzelnen Bauteile analysiert. Als Einleitung wird eine kurze Übersicht über die lokalen Bedingungen gegeben. Als Grundlage für die Schätzung der Baukosten dienten die Angaben des Hilfswerks. Insbesondere der Leiter des RDO in Tansania, Fidelis Filippatali, der die Bauprojekte des NGO leitet, lieferte uns Angaben. Da er normalerweise in der Region um Mbabulo arbeitet, erhielt er Unterstützung durch den Vorsteher von der Ortsgruppe Kilolo. Die beiden Orte sind jedoch gut vergleichbar, da sie über eine ähnliche Infrastruktur verfügen, in der selben Region liegen und etwa die gleiche Distanz zu Iringa, der nächsten Stadt, aufweisen. Daher entsprachen seine Angaben ziemlich genau den Marktbedingungen. Eine präzise Beschreibung des Bauplatzes findet sich in der Einleitung beim Projektbeschreibung (Kap. Kontext). Die zum Bau nötigen Materialmengen haben wir anhand unserer Pläne ausgezogen. Dabei stellte sich das Problem, dass nur die Stückzahlen von Gütern präzise geliefert werden konnten. Lastwagen werden nach der Erfahrung des Fahrers beladen, die Ladung wird nicht wie in der Schweiz nach Gewicht abgemessen. Sobald eine nicht zählbare Menge, wie Kies oder Steine, benötigt wurden, musste die erste Ladung geschätzt und damit die fehlende Anzahl berechnet werden. Wir wurden von dem NGO darauf aufmerksam gemacht, dass hier grosse Gefahr für Betrug bestünde und man die Lieferungen immer genau kontrollieren müsse. Diese Gefahr hat sich nach unseren Erfahrungen als unbegründet herausgestellt. Die Art sowie Höhe der Kosten sind sehr stark mit dem Kontext verbunden. Es gibt keine bindenden Kostenvorgaben oder Preislisten von grossen Unternehmen. Die Preispolitik basiert auf Mund zu Mund Verbreitung. Die Güter werden entweder vor Ort von kleinen einfachen Betrieben direkt abgebaut und produziert oder sie werden von unabhängigen Zwischenhändlern in die Region geliefert. Will man ein lokales Produkt kaufen, trifft man sich mit dem Produzenten direkt auf der Abbaustelle oder im Produktionsbetrieb und bespricht das Vorgehen. Es ist sehr wichtig die Qualität der Produkte genau zu begutachten, jeder Produzent arbeitet nach seinen eigenen Vorstellungen. Um unsere Ziel der Verbesserung der Bautechnik zu erreichen, stellten wir gewisse Anforderungen an Baumaterialien, wie zum Beispiel an den Adobeziegel (Kap. Ziegeltests). Der Adobehersteller wollte unsere Wünsche nur sehr ungern erfüllen, da sie ihn zu genauerem Arbeiten gezwungen hätten. Nach einigen Versuchen den Stein zu verbessern mussten wir enttäuscht resignieren.

Durch seine im Vergleich zu den einfachen Landbewohner grossen finanziellen Mitteln kann sich das NGO Industrieprodukte als Massenbestellung in Dar es Salaam organisieren. In regelmässigen Abständen ordern sie eine Lastwagen mit Zement, Wellblech, Leitungsteilen oder Eisenwaren direkt ab der Stadt. Neben den günstigeren Preisen ist vor allem das grössere Angebot an qualitativ hochwertigen Produkten ausschlaggebend. Auf dem Land sind die aufwendig zu produzierende Kleinteile meist nur in schlechter Qualität erhältlich. Leider werden durch den direkten Einkauf die tansanischen Zwischenhändler und lokalen Verkaufsstellen von ihrem Geschäft ausgeschlossen.

In der nebenstehenden Tabelle sind die gesamten Baukosten ersichtlich. Sie beinhalten die von uns erfassten oder geschätzten Punkte. Die Liste wurde nach unserer Rückkehr mit den zusätzlich gesammelten Daten abgeglichen. Die Liste berücksichtigt die meisten Punkte. Vor allem die grossen, für die Kosten entscheidenden Beträge sind korrekt erfasst. Die Angaben dienen als Grundlage für die folgenden Unterkapitel.

Bauteil	Posten	Preis (Tsh)	Anzahl			
Vorbereitung	provisorisches WC	150'000	1	150'000		
	Wassertank auffüllen	5'000	40	200'000		
				350'000	2.1 %	
Fundament	LKW Steine	185'000	14	2'590'000		
	Transport	30'000	3	90'000		
	Zementsäcke (50kg)	14'000	26	364'000		
	LKW Sand	180'000	2	360'000		
	Steine für Treppe	180'000	1	180'000		
	Zement für Treppe	14'000	10	140'000		
				3'724'000	22.0 %	
Bodenplatten	Platten	75	778	58'349		
	Schotter	185'000	1	185'000		
	Transport	60'000	1	38'899		
			282'248	1.7 %		
Holzboden	Dielen	3'500	214	749'000		
	Balken	4'800	34	163'200		
			912'200	5.4 %		
Wände	Adobelehmziegel	70	19'000	1'330'000		
	gebrannte Ziegel	100	1'000	100'000		
	Transport	30'000	47	1'407'407		
	Sand für Mörtel	180'000	3	450'000		
	Sand für Innenputz	180'000	1	180'000		
			3'467'407	20.5 %		
Fenster, Türen und Einbauten	Eukalyptusholz	228'000	24	292'500		
	Scharniere Fenster	600	20	12'000		
	Riegel Fenster	1'000	12	12'000		
	Glas	175'222	1	175'222		
	Einbruchsschutz	15'000	4	60'000		
	Scharniere Türen	1'000	15	15'000		
	Riegel Türen	1'500	6	9'000		
				575'722	3.4 %	
Holzwand	Balken	4'800	5	24'000		
	Bretter	6'000	20	120'000		
	Nägel	5'000	1	5'000		
			149'000	0.9 %		
Dachstuhl & Decke	Wellblech	17'000	88	1'496'000		
	Dachabschluss	5'000	20	100'000		
	Nägel	3'000	167	501'000		
	Balken (2x6 Inch)	6'000	85	510'000		
	Balken (2x4Inch)	4'500	135	607'500		
	Schwarten	1'000	100	100'000		
	Metalldraht	10'000	4	40'000		
	Dachrinnen	15'000	8	125'000		
			3'479'500	20.5 %		
Elektro	Elektro	200'000	1	200'000		
			200'000	1.2 %		
Arbeit	Emanuel	25'000	47	1'162'500		
	Mr. Kibiki	25'000	45	1'125'000		
	Zacharias	25'000	2	50'000		
	Mr. Kassian 1	10'000	11	105'000		
	Mr. Kassian 2	25'000	24	600'000		
	Fertigstellung	250'000	3	750'000		
			3'792'500	22.4 %		
Total				16'932'578	100.0 %	

8'466 Euro

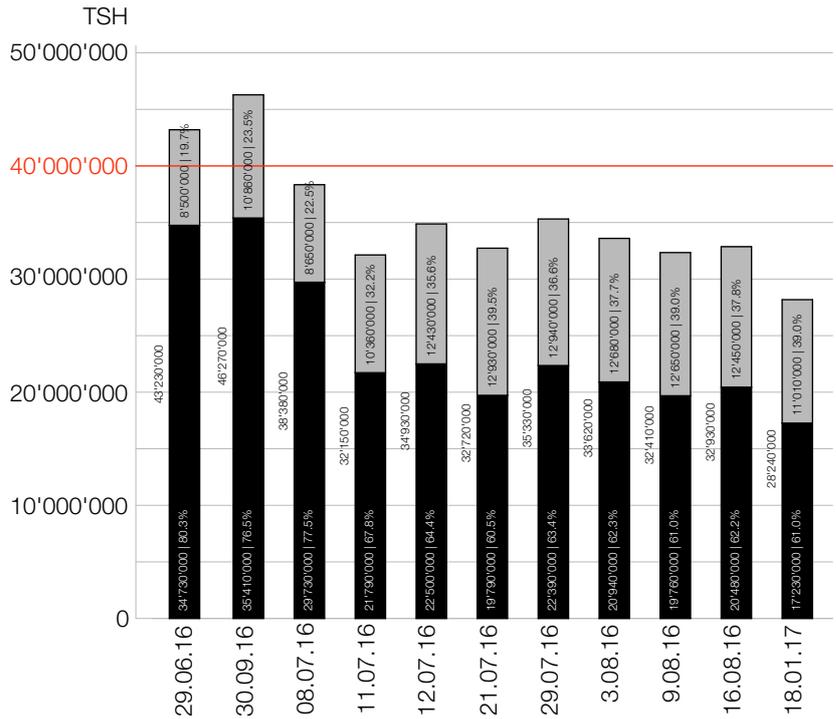
Schätzung	2'676'200	15.8 %
Isele	8'531'956	50.4 %
Regional	5'146'399	30.4 %
Tansania	679'222	4.0 %
International	2'575'000	15.2 %

Baukosten: Die gesammelten Kosten nach der Überarbeitung am 18.01.2017.

Gesamtkosten

Im Nebenstehende Balkendiagramm (rechte Seite oben) erkennt man die Schätzungen der gesamten Baukosten über die Zeit. Die einzelnen Daten richten sich dabei nach den gemachten Zwischenständen. Die Kostenschätzung haben wir präzisiert sobald neue Daten vorhanden waren oder wir unseren Zwischenstand dem Bauherrn präsentierten. Die Berechnungen der einzelnen Schätzungen sind im Anhang der Arbeit ersichtlich. Der Stand vom 18.01.2017 stellt die Nachbearbeitung in der Schweiz dar. Der schwarze Teil des Balkens steht für den Verwaltungsbau, der graue für das Ökonomiegebäude. Die geschätzten Kosten des Ökonomiegebäudes bewegen sich zwischen 17.9% und 39.5% von den Gesamtkosten. Die Unterschiede der Baukosten der zwei Gebäuden kommen aus dem grösseren Bauvolumen des Verwaltungsgebäudes und der zusätzlichen komplexeren Detaillierung ebendiesem bei der Ausführung. Die rote Linie bei 40'000'000 Tsh steht für das maximale Budget. Dabei wird von dem idealisierten Euro zu Schillingkurs von 1:2000 ausgegangen, dieser diente uns als Grundlage für alle Berechnungen. Die künstliche Verschlechterung des Schillings nutzten wir als zusätzliche Sicherheit und es vereinfachte schnelle Überschlagsrechnungen im Alltag (Kap. Relevanz der Ökonomischen Betrachtung). Die ersten zwei Zwischenstände reichen über die rote Linie, im folgende Unterkapitel Fundament wird die Ursache der Budgetüberschreitung genauer aufgezeigt. Die restlichen Zwischenstände bleiben immer im Rahmen des Budgets. Über die Zeit ergibt sich eine fallende Tendenz, die sich mit der Einrechnung von genügend Sicherheit aufgrund der unklaren Ausgangslage erklären lässt. Der letzte Stand ist rund knapp zwei drittel von der ersten Schätzung.

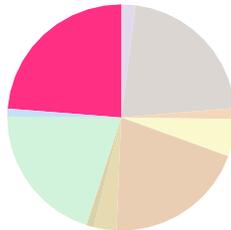
Im Kreisdiagramm (rechte Seite unten) sind die einzelnen Bauteile der Kostenschätzung vom 18.01.2017 dargestellt. Die Zusammenstellung enthält nur die Kosten des Verwaltungsgebäudes. Das Ökonomiegebäude ist nicht feiner aufgelistet als im Balkendiagramm dargestellt. In den weiteren Unterkapitel wird dies ebenso gehandhabt, da es sich bei den Zahlen bis zum Schluss um Schätzwerte handelt. Die Kosten der Arbeit machen mit fast einem Viertel (23.7%) den grössten Anteil an den Gesamtkosten aus. Im Kapitel Löhne sind diese erläutert. Das Fundament mit 21,6% macht den zweitgrössten Posten aus, danach folgen die Ausgaben für den Dachstuhl (20.2%) und die Wand (20.1%). Die restlichen Posten sind für den Gesamtpreis nicht entscheidend. Den vier erwähnten Bauteilen sowie den Fenster, Türen und Einbauten ist je ein nachfolgendes Unterkapitel gewidmet.



Entwicklung der Gesamtkosten: Der schwarze Balken zeigt die Kosten des Verwaltungsgebäudes und der graue die Kosten des Ökonomiegebäudes in Relation zu den Gesamtkosten.

Kreisdiagramm Gesamtkosten
Verwaltungsgebäude 18.01.2017

Gesamtkosten: 17'230'000 Tsh



- Vorbereitungsarbeiten
350'000 Tsh | 2.0 %
- Fundament
3'724'000 Tsh | 21.6 %
- Bodenplatten
282'000 Tsh | 1.6 %
- Holzboden
912'000 Tsh | 5.3 %
- Wand
3'4670'000 Tsh | 20.1 %
- Fenster, Türen & Einbauten
576'000 Tsh | 3.3 %
- Holz wand
149'000 Tsh | 0.9 %
- Dachstuhl
3'480'000 Tsh | 20.2 %
- Elektro
200'000 Tsh | 1.2 %
- Arbeit
4'093'000 | 23.7 %



Verwaltungsgebäude: Das Foto zeigt den Stand der Arbeiten bei unserem letzten Tag auf der Baustelle.

Fundament

Das Fundament enthält die Aushubarbeiten, das erstellen des Schnurgerüsts, das Aufmauern des Natursteinsockels und der abschliessende Überzug aus Zement. Dem Fundament wurde von Beginn der Planung ein hoher Stellenwert zugesprochen. Die Befürchtung, dass wir nicht genügend Steine sammeln können und die restlichen teuer kaufen müssen, hat sich als richtig erwiesen. Zudem schätzten wir, dass wir zum Erstellen des Fundamentes bis Ende Juli benötigen und somit alle anderen Arbeiten gut vorbereitet sein müssen, dass sie zügig ausgeführt werden können. Obwohl die anfänglichen Turbulenzen den gesamten Terminplan auf den Kopf gestellt hatten, erwies sich diese Einschätzung als ziemlich richtig (Kap. Projekt)

Der Aushub wurde von den Dorfbewohnern an ihrem Gemeindefesttag gratis geleistet. Die benötigten Werkzeuge; Hacken und Schaufeln wurden vom RDO bereitgestellt oder von ihnen selber mitgebracht. Das Schnurgerüst wurde von uns unter Hilfe von RDO-Mitarbeitern und ein paar Dorfbewohnern unentgeltlich erstellt. Das benötigte Holz für die Lattenkonstruktion wurde aus Resten zusammengetragen, die Schnur in Iringa im Handwerksladen gekauft. Die Steine für den Sockel wurden zu einem grossen Teil gekauft, ein Teil davon wurde von den Dorfbewohnern in Fronarbeit gesammelt. Ein Unternehmen aus Mafinga lieferte die Steine mit ihren Lastwagen auf die Baustelle. Das Füllen der Fundamentgräben wurde mit Mitarbeitern des RDO, den Handwerksschülern, unseren Arbeitern und uns zusammen erstellt. Das Aufmauern der Fundamentwand sowie das Aufbringen der Ausgleichsschicht wurde durch die Schüler, die Handwerker und uns ausgeführt. Der benötigte Zement für die Ausgleichsschicht wurde vom RDO in Dar es Salaam gekauft und per Lastwagen nach Kilolo transportiert. Das zum Bau nötige Wasser wurde von lokalen Frauen gegen Bezahlung vom Wasserloch zur Baustelle getragen. Der als Feuchtigkeitssperre eingelegte Plastik stammt aus dem Lager des RDO in Kilolo.

In der Kostenentwicklung erkennt man, dass der Preis für das Fundament zu Beginn extrem hoch war. Bei den ersten zwei Schätzungen der Baukosten wird das vorgegebene Budget überschritten. Diese Fehlschätzung kommt von der Überschätzung der Menge an benötigten Steinen. Die Handwerker schätzen an der ersten Preisrunde, dass wir ca. 75 bis 100 Lastwagenfahrten Steine zum Bau des Fundamentes benötigen. Da uns zu diesem Zeitpunkt weder die Art des Lastwagens noch die Menge der beladenen Steinen bekannt war, vertrauten wir auf ihre Einschätzung. Dieser Umstand führte zur ersten grossen Hürde am Projekt, solange das Budget überschritten war, wollten wir nicht mit dem Bau beginnen. Bei Überschreitung war ein Baustop durch die Österreicherischen Geldgeber unausweichlich. Nach Absprache starteten wir am 07.07.2016 mit den Arbeiten am Fundament für das Ökonomiegebäude. Nach den ersten Lieferungen stellte sich heraus, dass die Schätzung der Handwerker viel zu hoch war und wir das Budget einhalten würden (Berechnung Fehlkalkulation der Steinmenge).

Im Kreisdiagramm sind die einzelnen Bestandteile der Fundamentkosten für das Verwaltungsgebäude erkennbar. Mit einem Anteil über der Hälfte (56.6%) schlägt sich der Preis der gekauften Steine am stärksten auf die Kosten nieder. Die Kosten für die Arbeit sind mit 18.6 % der zweitgrösste Posten in der Berechnung. Hier wird der langsame Baufortschritt erkennbar und dass der Einsatz von kräftigen Handwerkern unumgänglich war. Zement und Sand fallen kostentechnisch nicht ins Gewicht, da ihr Anteil am Gesamtvolumen sehr gering ist. Die Kosten der Treppe sind separat aufgelistet, da sie zum Zeitpunkt unserer Abreise nicht gebaut war, die Materialmengen nur geschätzt sind.

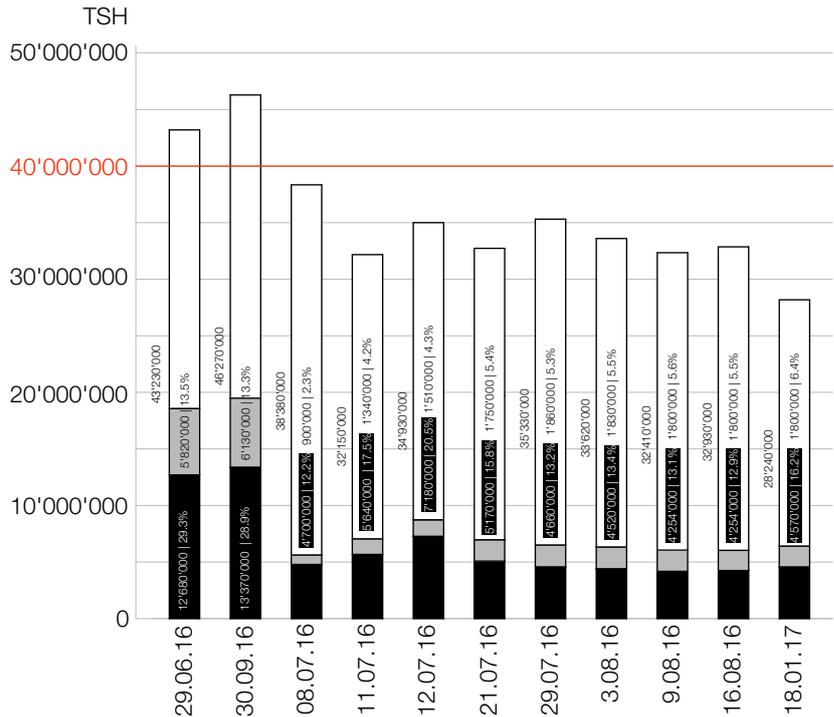
Fehlkalkulation der Steinmenge

Die Handwerker schätzen die Anzahl der benötigten Lastwagen auf 75 bis 100. Eine Fuhre kostete 185'000 Tsh.

Geschätzte Kosten:
 $100 * 185'000.- = 18'500'000$ Tsh
ca. 9'250 Euro, die Hälfte des Budgets

Effektiv wurden 20 bezahlte und 9 von den Dorfbewohnern gesammelte Fuhren benötigt.

Effektive Kosten der Steine:
 $20 * 185'000$ Tsh = 3'700'000 Tsh
ca. 1850 Euro



Kostenentwicklung Fundament: Der schwarze Balken zeigt die Fundamentkosten des Verwaltungsgebäudes und der graue die Kosten des Ökonomiegebäudes in Relation zu den Gesamtkosten.

Kreisdiagramm Fundament
Verwaltungsgebäude 18.01.2017

Gesamtkosten:

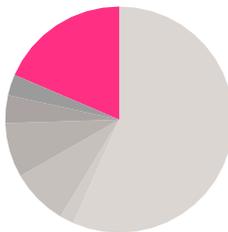
Material:	3'720'000 Tsh
Arbeit:	850'000 Tsh
Total:	4'570'000 Tsh

Einzelpreise:

1 LKW Steine:	185'000 Tsh
1 LKW Sand:	180'000 Tsh
1 Transport mir RDO LKW:	30'000 Tsh
1 Sack Zement (50 kg)	14'000 Tsh

Gratis Material:

- Feuchtigkeitssperre (RDO Lager)
- Rohr für die Einlage des Elektrokabel (Abfall)
- Auffüllmaterial (Aushub)
- Holz für das Schnurgerüst (Brennholzstapel)



- LKW Steine
2'590'000 | Tsh 56.6%
- Transport RDO
90'000 Tsh | 2.0%
- Zementsäcke
364'000 | Tsh 8.0%
- LKW Sand
360'000 Tsh | 7.9%
- Steine für Treppe
180'000 | Tsh 3.9%
- Zement für Treppe
140'000 Tsh | 18.6%
- Arbeit
850'000 Tsh | 18.6%

Fundamentarbeiten: Die Trockenmauerarbeiten sind abgeschlossen. Im Hintergrund wird die Ausgleichsschicht aus Zement eingebaut. Der blaue Plastik dient als Feuchtigkeitssperre gegen die aufsteigenden Feuchtigkeit.



Wand

Der Untergrund für die Wand besteht aus dem fertigen Zementüberzug des Fundaments. Die Arbeiten für die Wand beinhalten das Aufmauern der Wände im Verband, das Setzen der Stürze, das Aufmauern des Cheminées und dem dazugehörenden Kamin. Die eigentliche Idee, die Adobeziegel selber auf der Parzelle zu produzieren erwies sich als unmöglich. Es scheiterte dabei nicht an der technischen Möglichkeiten oder Arbeitskapazitäten. Die unüberwindbare Schwierigkeit waren die Vorbehalte der Bewohner von Isele gegenüber lokal produzierten Adobe (Kap. Ziegeltests). Ihr Vertrauen in die Qualität der Adobe war zu gering, sie wünschten sich ein Gebäude aus gebrannten Ziegeln. Wie sehr diese Lösung von einzelnen Personen mit mehr Einfluss bestimmt wurde, ist sehr schwer abzuschätzen. Der Lehm Boden auf unserer Parzelle wurde von den Bauarbeitern zuerst als geeignet eingeschätzt, einige Tage später hatten sie alle ihre Meinung komplett geändert. Als Kompromisslösung einigten wir uns auf die Wahl des sehr tonhaltigen Lehms von der Lehmgrube des Herrn Kikurue. Die von uns angedachte Einkommensmöglichkeit, dass Dorfbewohner Adobe für unsere Baustelle gegen Bezahlung produzieren können, wurde von den Dorfbewohner somit ausgeschlagen. Die ausführlichen Diskussionen zu den gewünschten Mauersteinen verzögerte den Bauprozess. Jede Variante wirkte sich anders auf die Kosten aus, die Überschlagsrechnung zu den einzelnen Varianten steht rechts in der Spalte. Am 23.07.2016 besucht Hannes Rauch und Fidelis die Baustelle und wir einigen uns auf die Verwendung der Adobe von Kikurue für das Verwaltungsgebäude.

Die fertigen Adobeziegel wurden mit einem kleinen Lastwagen (3.5t) auf die Baustelle geliefert. Für den Mörtel verwendeten wir Lehm und Sand, der Lehm wurde direkt auf der Baustelle gratis abgebaut, den Sand kauften wir Lastwagenweise vom selben Lieferanten wie die Fundamentsteine für 180'000 Tsh. Das Preisangebot wurde uns durch den Koordinator des NGO mitgeteilt. Das Angebot war für uns schlecht einschätzbar. Da wir im Verhältnis zu den Steinladungen jedoch nur sehr wenig Sand benötigten, stimmten wir zu. Die eigentliche Lieferung fand aber immer mit einem kleineren Lastwagen (3.5t) als der Steintransport (7.5t) statt. Als Kompromiss zählten zwei Ladungen des kleinen Lastwagens als eine Ladung des grösseren. Die Stürze produzierten wir aus Eukalyptusholz in der eigenen Werkstatt in Kilolo. Sie sind zusammen mit den Fenster, Türen und Einbauten erfasst, da wir das Holz zusammen gekauft hatten und Teilstücke der Balken für Stütze sowohl auch Fenster verwendet hatten.

In der Kostenentwicklung erkennt man, dass sich der Anteil der Wandkosten zwischen 11.8% und 23.3% bewegte. Ihr Anteil an den Gesamtkosten ist im Verhältnis zu ihrer Wichtigkeit für den Bau eher gering. Vergleicht man die erste (5'110'00 Tsh) und letzte Zahl (4'800'000 Tsh), erkennt man, dass unsere Annahme zu Beginn ziemlich präzise war. Die Preiserhöhung am 08.07.2016 stammt von der Einrechnung des Sandes für den Mörtel, der zuvor nicht berücksichtigt wurde. Die technische Notwendigkeit des Sandes wurde uns erst durch die Testverfahren bewusst (Kap. Mörteltest). Die Reduktion der Kosten am 3.08.16 erklärt sich durch die günstigere Kalkulierung bei den Transportkosten, welche zuvor mit 60'000 Tsh pro Transport und danach mit 30'000 Tsh angeschlagen wurden. Im Kreisdiagramm lässt sich herauslesen, dass die Arbeit mit 29.7% der grösste Faktor der Wandkosten ist. Während dem Mauern hatten wir für die meiste Zeit drei Handwerker angestellt. Die Produktion der Adobe (27.3%) und ihr Transport (28.7%) zur Baustelle sind separat gelistet, da die Arbeiten von unterschiedlichen Leuten ausgeführt wurden. Rechnet man die zwei Posten zusammen, kommt man auf ca. 2'700'000 Tsh (rund 55%). Die Überschlagsrechnung zeigt, dass die Kosten für die gekauften Adobe rund 3.6 mal so gross sind als die auf der Parzelle produzierten Adobe kosten würden.

Überschlagsrechnungen der unterschiedlichen Varianten für die Wand (ohne Mörtel):

Adobeproduktion auf der Parzelle:

Anzahl benötigte Adobe:	20'000
Preis pro Adobe:	30 - 40 Tsh
Totale Kosten:	600'000 – 800'000 Tsh

Gebrannte Ziegel (im Verband gemauert):

Anzahl benötigte Ziegel:	20'000
Preis pro Ziegel:	100 Tsh
Totale Kosten Ziegel:	2'000'000.- Tsh

Preis pro Transport:	30'000 Tsh
Anzahl Transporte:	20'000 / 410 = 49
Kosten Transport:	1'470'000 Tsh

Totale Kosten gebrannte Ziegel	3'470'000 Tsh
--------------------------------	---------------

Gebrannte Ziegel (einschichtig gemauert):

Anzahl benötigter Ziegel:	10'000 Tsh
Preis pro Ziegel:	100 Tsh
Totale Kosten Ziegel:	1'000'000.- Tsh

Preis pro Transport:	30'000 Tsh
Anzahl Transporte:	10'000 / 410 = 25
Kosten Transport:	750'000 Tsh

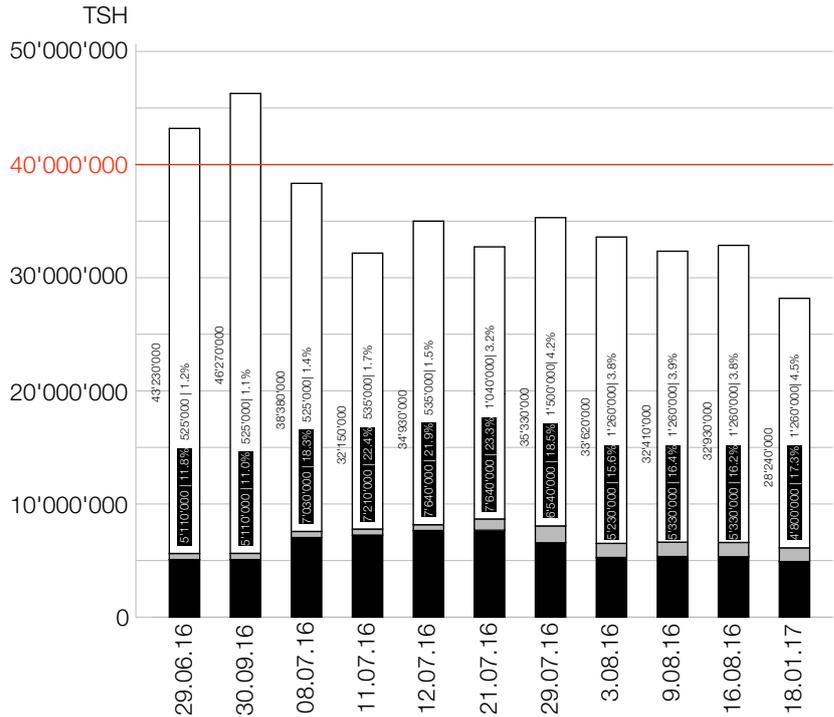
Totale Kosten gebrannte Ziegel:	1'750'000 Tsh
---------------------------------	---------------

Gekaufte Adobelehmziegel:

Anzahl benötigte Adobe:	20'000
Preis pro Adobe:	70 Tsh
Totale Kosten:	1'400'000 Tsh

Preis pro Transport:	30'000 Tsh
Anzahl Transporte:	20'000 / 410 = 49
Kosten Transport:	1'470'000 Tsh

Totale Kosten gekaufte Adobe:	2'870'000 Tsh
-------------------------------	---------------



Kostenentwicklung Wand: Der schwarze Balken zeigt die Fundamentkosten des Verwaltungsgebäudes und der graue die Kosten des Ökonomiegebäudes in Relation zu den Gesamtkosten.

Bei der Korrektur am 18.01.17 wurde die Anzahl der Ladungen Sand angepasst.

Kreisdiagramm Wand

Verwaltungsgebäude 18.01.2017

Gesamtkosten:

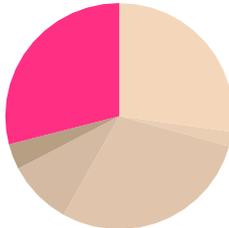
Material: 3'467'407 Tsh
 Arbeit: 1'412'500 Tsh
 Total: 4'879'907 Tsh

Einzelpreise:

1 Adobe 70 Tsh
 1 gebrannter Ziegel 100 Tsh
 1 Transport mir RDO LKW: 30'000 Tsh
 1 LKW Sand: 180'000 Tsh

Gratis Material:

Lehm für den Mörtel (Loch auf Parzelle)



- Adobelehmziegel
1'330'000 Tsh | 27.3%
- gebrannte Ziegel
100'000 Tsh | 2%
- Adobe & Ziegeltransport
1'407'407 Tsh | 28.7%
- Sand für Mörtel
450'000 Tsh | 9.2%
- Sand für Innenputz
180'000 Tsh | 3.7%
- Arbeit
1'437'500 Tsh | 29.3%

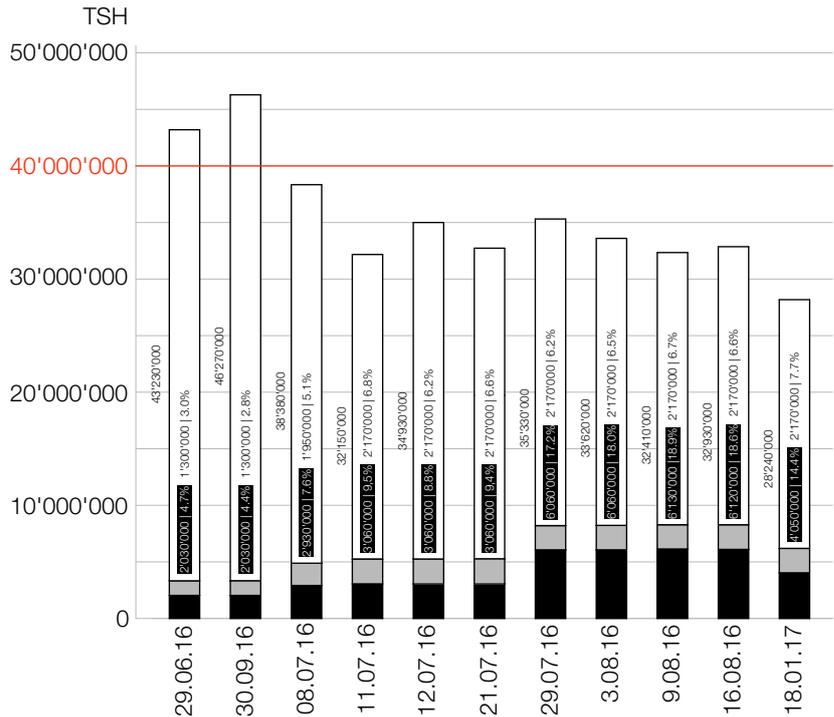


Maurerarbeiten: Die Schüler mauern die Stützen auf. Die verwendeten Maurerkellen und Eimer gehören dem RDO. Die Latte auf der Wand im Hintergrund markiert die Ringbeamhöhe.

Dachkonstruktion

Die bis zur Ringbeamhöhe gemauerte Adobewand bildet die Unterkonstruktion für die Dachkonstruktion. Die Arbeiten für das Dach beinhalten die Produktion und das Versetzen des Ringbeams sowie der Dachträger. Die Montage der Konterlattung und das Verlegen der Wellblechpaneele. Dazu kommt im Innenausbau das Einbringen der Zwischendecke und das Auffüllen der Decke mit der vor Ort produzierten Lehm und Sägespanmischung als sogenannte Zaburtechnik. Für den gesamten Dachstuhl verwendeten wir Kiefernholz, einzig die Verbindungsplatten der Träger wurden aus Eukalyptusholz gefertigt. Die Schwartenbretter für die Zwischendecke stammten von Kiefern. Die von uns getroffenen Annahmen zu Qualität des Holzes stimmte mit der Realität überein. Die Bäume wurden einige Tage vor dem Verkauf gefällt und direkt am Ort des Holzschlages zu relativ ungenauen Balken und Brettern gesägt. Beim Einbau verzerrte sich das feuchte Holz stark. Die Nägel kauften wir in verschiedenen Baumärkten in Irniga und Kilolo. Die Spezialnägel für die Wellblechbefestigung erhielten wir direkt vom RDO. Die Arbeiten am Dachstuhl wurden von den Schreinerschülern, ihrem Lehrer, den Handwerkern und uns ausgeführt. Der Ringbeam dient als Auflager für die Dachträger und soll zugleich die Wandkrone stabilisieren. Zusätzlich ist der Ringbeam mittels mehrfach geführten, dicken Drähten in dem Mauerwerk verankert. Die Dachträger und der Ringbeam wurden direkt auf der Baustelle hergestellt und in möglichst grossen Stücken auf die Wandkrone gehievt. Die Schwartenbretter, die Konterlattung sowie die Verbindungsplatten wurden in der Holzwerkstatt gerichtet und auf der Baustelle eingebaut.

In der Kostenentwicklung erkennt man, dass die geschätzten Kosten des Dachstuhls für den Verwaltungsbau betragen über die gesamte zwischen 4.7% und 18.6% betrug. Die Schätzung blieb sehr lange unpräzise, da das Dach im Bauablauf am Ende konkret wird. Für eine präzise Bearbeitung schlicht die Zeit fehlte. Die Kostenerhöhung am 29.07.2016 folgt aus der Einberechnung des durch die Handwerker geschätzten Lohnkosten. Das Angebot der 3'000'000 Tsh war seit der ersten Kostenschätzung am 29.06.2016 bekannt. Es wurde nie in die Berechnung einbezogen, weil es viel zu hoch angegeben ist, im Vergleich dazu sind die effektiven Lohnkosten von 575'000 Tsh gering. Beim Zeitpunkt der Berücksichtigung war der weitere Projektverlauf nicht klar, dass wir eine zusätzliche Sicherheit einkalkulieren wollten. Mit der Korrektur am 18.01.2017 wurde der korrekte Betrag eingesetzt (Kreisdiagramm). An den Kosten für die Dachkonstruktion hat das Wellblech mit 36.9% den höchsten Anteil. Rechnet man die Kosten der zwei Balkengrössen zusammen kommen sie auf 27.6%, was den zweitgrössten Posten ausmacht. Die Kosten für die Arbeit (14.2%) sind im Vergleich zum Fundament und der Wand tief. Der grösste Teil der Arbeit konnte von den Schreinerschüler mit Unterstützung ihres Lehrers alleine gemacht werden.



Kostenentwicklung Dachkonstruktion: Der schwarze Balken zeigt die Fundamentkosten des Verwaltungsgebäudes und der graue die Kosten des Ökonomiegebäudes in Relation zu den Gesamtkosten.

Kreisdiagramm Dachkonstruktion: Verwaltungsgebäude 18.01.2017

Gesamtkosten:

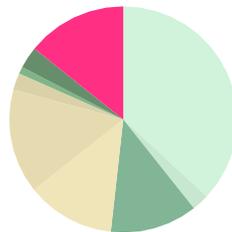
Material:	3'479'500 Tsh
Arbeit:	575'000 Tsh
Total:	4'054'500 Tsh

Einzelpreise:

1 Wellblechpanel	14'000 Tsh
1 Balken (2 x 6 Inch)	6'500 Tsh
1 Balken (2 x 4 Inch)	4'500 Tsh
Nägel (1kg)	3'000 Tsh
Metalldraht (1 Rolle)	10'000 Tsh

Gratis Material:

- Lehm für Zauburfüllung (Loch Parzelle)
- Holzspäne für Zauburfüllung (Werkstatt Kilolo)
- Schwartenbretter (Schule)
- Montageplatten (Reste Fensterproduktion)



- Wellblech
1'496'000 Tsh | 36.9%
- Dachabschluss
100'000 Tsh | 2.5%
- Nägel
501'000 Tsh | 12.4%
- Balken 2 x 6 Inch
510'000 Tsh | 12.6%
- Balken 2 x 4 Inch
607'500 Tsh | 15%
- Schwartenbretter
100'000 Tsh | 2.5%
- Metalldraht
40'000 Tsh | 1%
- Dachrinne
125'000 Tsh | 3.1%
- Arbeit
575'000 Tsh | 14.2%

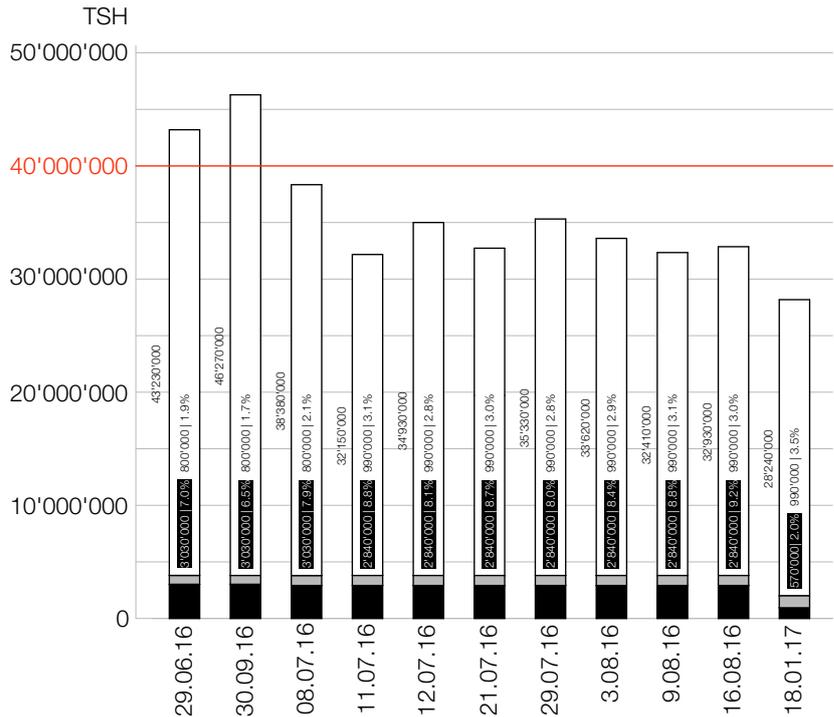
Dachträger: Die Dachträger wurden so weit wie möglich am Boden vorbereitet und mit vereinten Kräften auf die Mauer gehievt.



Fenster, Türen und Einbauten

Die Fenster, Türen und Einbauten werden in den vorbereiteten Rohbau eingesetzt. Zu den Arbeiten gehören das Produzieren der einzelnen Stücke und das Versetzen der Elemente vor Ort. Die Schätzung der Kosten für die Fenster, Türen und Einbauten basierte bis zum Schluss auf der Angabe des Leiters des NGOs, da die nötige Kapazität für eine genauere Betrachtung fehlte. Die Preise wären ab Plan jedoch genau schätzbar gewesen, da es sich bei allen Angaben um Stückzahlen handelte. Das Eukalyptusholz wurde direkt im Wald in Kilolo gekauft. Der Preis wurde vorab vom lokalen NGO Vorsteher abgeklärt, er befand sich im Rahmen des zu erwartenden. Die Scharniere und anderen Kleinteile wurden zur Hälfte in Iringa gekauft. Die restlichen Kleinteile, das Glas und die Einbruchsicherung wurden im kleinen Baumarkt in Kilolo gekauft. Die Einbruchsicherung besteht aus einem 10mm Armierungseisen, das zu passenden Stücken zugeschnitten wurde. Die Fenster, Türen und Einbauten wurden in der Werkstatt in Kilolo auf der professionellen Kombinationsmaschine produziert. Die Occasionsmaschine wurde kurz vor unserer Ankunft in Tansania aus Österreich angeliefert. Wir hobelten die sägerohren Balken auf die von uns gewünschten Grössen und schnitten sie mit der Kreissäge zu. Die ursprüngliche Idee alle Verbindungen als reine Holzverbindungen auszuführen, mussten wir aufgrund des grossen Aufwandes aufgeben. Die Montage der fertigen Bauelemente erfolgte mit Handwerkzeug und den von uns mitgebrachten Akkumaschinen. Die Fenster wurden nach dem Einbau verglast. Aufgrund der Zeitknappheit konnten wir jedoch nur zwei Fenster sowie die Verkaufsöffnung des Kiosks auf der Baustelle einbauen. Die Bänke verlegten wir in ein Mörtelbett, zusätzlich wurden sie mit 10 Inch Nägeln in die Wand verankert. Die meiste Arbeit wurde von uns selber geleistet, unterstützt wurden wir von Schreinerschülern und selten von dem Schreinerlehrer. Die Zusammenarbeit in der Werkstatt stellte sich als nicht so einfach heraus aufgrund von Verständigungsproblemen und unterschiedlichen Arbeitsvorstellungen. Winkel und andere Montagekleinteile wurden aus Blech und Profilresten selber produziert. Die Kosten für die Mauerstürze aus Eukalyptus sind in diesem Kapitel eingerechnet. Wir haben das gesamte Eukalyptusholz zusammen gekauft. Die Balken haben wir möglichst effizient verwendet, dadurch sind die Stürze Teil der Fensterproduktion.

In der Kostenentwicklung ist erkennbar, dass sich die Schätzung für die Kosten über die Zeit nicht verändert hat. Zu Beginn wurde uns vom Leiter des NGO ein Betrag für den Preis eines Fensters (100'000 Tsh) und einer Tür (200'000 Tsh) genannt. Diese Angabe war losgelöst von unseren Vorgaben und Massen. Durch die Verdoppelung dieser Werte bauten wir eine genügend Grosse Sicherheit in unsere Kostenschätzung ein, um der höheren Komplexität und Detaillierung gegenüber dem ortsüblichen Fenster und Türen Rechnung zu tragen. Die maximal geschätzten Kosten erreichten 9.2% an den Gesamtkosten (16.08.2016). Zu diesem Zeitpunkt war bereits klar, dass die geschätzten Kosten viel zu hoch sind. Mit der Korrektur am 18.01.2017 wurden die effektiven Werte (575'700 Tsh, 3.5%) eingetragen, diese sind im Kreisdiagramm ersichtlich. Der grösste Anteil an den Kosten hat das Eukalyptusholz mit 50.8%, gefolgt vom Glas mit 30.4%.



Kostenentwicklung Fenster, Türen & Einbauten:

Der schwarze Balken zeigt die Fundamentkosten des Verwaltungsgebäudes und der graue die Kosten des Ökonomiegebäudes in Relation zu den Gesamtkosten.

Kreisdiagramm Fenster, Türen & Einbauten:

Verwaltungsgebäude 18.01.2017

Gesamtkosten:

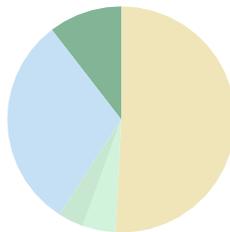
Material:	575'700 Tsh
Arbeit:	0 Tsh
Total:	575'700 Tsh

Einzelpreise:

1 Balken (2 x 6 Inch)	6'500 Tsh
1 Balken (2 x 4 Inch)	4'500 Tsh
1 Scharnier	600 - 1'000 Tsh
1 Riegel	1'000 - 1'500 Tsh
Glas pro m2	2'100 Tsh
1 Armierungsstahl 10mm, 12m	15'000 Tsh

Gratis Material:

- Metallwinkel (Reste)
- Schiffholz (Resten)
- Lack (Lager RDO)
- Türfallen und Schlösser (RDO Österreich)



- Eukalyptus Holz
292'500 Tsh | 50.8%
- Scharniere
27'000 Tsh | 4.7%
- Riegel
21'000 Tsh | 3.7%
- Glas
175'222 Tsh | 30.4%
- Einbruchsschutz
60'000 Tsh | 10.4%

Einbau Fenster: Auf der Baustelle wurden die fertig produzierten Fenster mit Metallwinkeln am Ringbeam befestigt. Das Glas setzen wir erst nach der Montage des Fensters ein.



Bezahlte und unbezahlte Arbeit

Die Löhne sind in den vorangehenden Unterkapitel bei den jeweiligen Kosten aufgeführt. Der grösste Teil der Arbeit wurden jedoch gratis geleistet. Lohn über das Baubudget bezogen nur die Handwerker. Das Leitungskomitee des RDO Kilolo bestimmte den Tagessatz von 25'000 Tsh und einem Essen pro Tag. Für diese Region ist das ein sehr guter Lohn, die Begründung dafür war, dass sie zusätzlich zum Bauen die Schüler ausbilden mussten. Zu Beginn zahlten wir an Mr. Kassian 10'000 Tsh für die Aufbewahrung der Werkzeuge, da er immer auf der Baustelle mitarbeitete, änderten wir seinen Lohn am 15.08.2016 auf das gleiche Niveau wie der anderen Handwerker für die Schüler und Lehrer war das Projekt teil ihres Unterrichts. Die Mitarbeiter des RDO arbeiteten an anderen NGO Projekten in Kilolo, für die sie angestellt waren. Bei uns arbeiteten sie nur selten mit oder als Vorarbeiter zusammen mit den Dorfbewohnern. Die Dorfbewohner arbeiteten gratis, dafür ist in den tansanischen Dörfern auf dem Land ein Gemeindefreizeitstag pro Woche vorgesehen. Während der Winterzeit, manchmal sogar zwei bis drei Tage pro Woche, da es auf den Feldern keine Arbeit gibt. Der Dorfchef bestimmte jeweils, wie viele Menschen uns helfen konnten. Will man die Dorfbewohner bei guter Laune halten, muss für sie Verpflegung organisieren, am liebsten haben sie Bier. Dreimal half ein Freund eines Handwerkers gratis auf der Baustelle mit. Unser Team aus der Schweiz arbeitete natürlich unentgeltlich auf der Baustelle mit, wir bezahlten die Handwerker im Tageslohn, dieses Vorgehen ist für Tansania normal. RDO tendiert dazu ihre Gebäude als Gesamtpaket an Handwerker zu vergeben. So profitieren beide Seiten, der Handwerker weiss wie viel Geld er verdient und hat ein freieres Zeitmanagement, da die einzelnen Tage nicht zählen. Es kann selber die Anzahl Arbeiter bestimmen, die er zusätzlich einstellen möchte. Die NGO hat die Garantie, dass das Gebäude von ihm fertig gebaut wird. Bei der ersten Kostenschätzung lieferten die Handwerker Preise für die einzelnen Arbeitsetappen: Fundament, Mauern und die Dachkonstruktion. Ihre Angebote waren im Verhältnis zum Markt sehr hoch, da sie davon ausgehen, dass die NGO über sehr viel Geld verfügt und wir unerfahrene Ausländer sind. In der Überschlagsrechnung rechts stehen die von uns angefertigten Rechenbeispiele, um ein Gefühl für die richtigen Summen zu erhalten. Die Vergabe als Gesamtpaket kam nicht zum Tragen, da wir nur ein Gebäude ausführten und wir unentgeltlich die Rolle als Vorarbeiter übernahmen.

Im Kreisdiagramm (rechte Seite oben) ist der Anteil der Lohnkosten der einzelnen Bauebenen ersichtlich. Der grösste Anteil stammt von den Arbeiten für die Wand (43.7%). Dies kommt dadurch zustande: Für die Maurerarbeiten waren die meiste Zeit drei Handwerker mit vollem Lohn angestellt, die Handwerker konzentrierten sich zusammen mit den Schülern vor allem auf die Maurerarbeiten, während die unentlohnten Helfer mehr in der Werkstatt, am Dachstuhl oder anderweitig arbeiteten. Ein Teil kleinere Arbeiten wurden zudem zusätzlich über die Wand abgerechnet, diese sind in den Daten nicht mehr ersichtlich. Die Dachkonstruktion ist im Verhältnis zur Wand und dem Fundament so günstig, weil der grösste Teil der Arbeit von den Schreinerschüler geleistet wurde. Im Kreisdiagramm unten sind die geleisteten Arbeitsstunden der verschiedenen Akteure am Projekt aufgelistet. Die meisten Tage wurden von den Handwerksschülern geleistet (388d, 43%). Ihre Zahl variierte zwischen 4 bis 13 Schüler pro Tag auf der Baustelle. Der zweitgrösste Anteil wurde von uns selber geleistet (233d). Die Handwerker leisteten zusammen 143d (15,9%). Ein grosser Teil der Leistung der Dorfbewohner wurde am 04. und 05. Juli für den Aushub geleistet (27 Arbeitstage).

Das Verhältnis von bezahlter und gratis Arbeit ist nicht ausgeglichen, würden alle Arbeiten entsprechend entlohnt werden würden sich die Kosten frapant ändern (Überschlagsrechnung hypothetische Kosten). Betrachtet man dies unter dem Aspekt, dass man für die Menschen vor Ort Einkommen schaffen möchte, ist dies eine wichtige Erkenntnis.

Überschlagsrechnung Gesamtpakete:

Geforderte Bezahlung der Handwerker für das Verwaltungsgebäude (29.07.2016):

Fundament:	4'500'000 Tsh
Wand:	4'000'000 Tsh
Dach:	3'000'000 Tsh

Geschätzte Zeit der Handwerker für das Verwaltungsgebäude (29.07.2016, 6-Tageweche):

Fundament:	18d
Wand:	24d
Dach:	12d

Daraus das berechnete Tagesbudget:

Fundament:	250'000 Tsh
Wand:	166'667 Tsh
Dach:	250'000 Tsh

Mögliche Anzahl Arbeiter mit 15'000 Tsh Tageslohn:

Fundament:	16.5 Personen
Wand:	11 Personen
Dach:	16.5 Personen

Die mögliche Anzahl der Beschäftigten ist viel zu hoch. Verdoppelt man den gerechneten Tageslohn, würde die Anzahl Arbeiter realistischen Bedingungen entsprechen, der Lohn wäre aber einiges über den Marktbedingungen.

Überschlagsrechnung hypothetische Kosten:

Team aus der Schweiz	233d
Tagessatz (Arbeiter):	15'000 Tsh
total:	3'495'000 Tsh

RDO Mitarbeiter:	39d
Tagessatz (Arbeiter):	15'000 Tsh
Total:	585'000 Tsh

Dorfbewohner:	99d
Tagessatz (Hilfskraft):	10'000 Tsh
Total:	990'000 Tsh

Handwerksschüler:	388d
Tagessatz (Azubi):	5'000 Tsh
Total:	1'940'000 Tsh

Handwerker:	143d
Tagessatz:	15'000 Tsh
Total:	2'145'000 Tsh

Gesamttotal:	9'155'000 Tsh
--------------	---------------

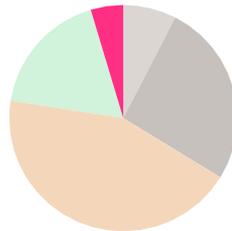
Lohnzahlungen nach Baustape:

Die Daten beziehen sich auf den Zeitraum bis zu unsere Abreise (14.09.2016). Wir gehen davon aus, dass zum Abschluss der Bauten mit den Handwerkern ein Gesamtpaket der restlichen Arbeiten gemacht wurde.

Lohnkosten Verwaltungsgebäude: 2'980'750 Tsh
 Lohnkosten Ökonomiegebäude: 242'500 Tsh
 Totale Lohnkosten: 3'230'000 Tsh

Tagesansätze der Handwerker:

Emanuel: 25'000 Tsh
 Mr. Kibiki: 25'000 Tsh
 Mr. Kassian (Fundament): 10'000 Tsh
 Mr. Kassian (Wand & Dach): 25'000 Tsh
 Zacharias: 25'000 Tsh



- Fund. Ökonomiebau
242'500 Tsh | 7.5%
- Fund. Verwaltungsbau
850'500 Tsh | 26.3%
- Wand
1'412'500 Tsh | 43.7%
- Dachstuhl
575'000 Tsh | 17.8%
- Andere Arbeiten
150'000 Tsh | 4.6%

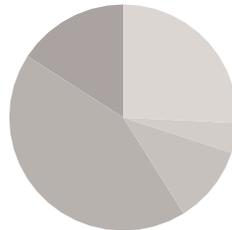
geleistete Arbeit:

Die Daten beziehen sich auf den Zeitraum bis zu unsere Abreise (14.09.2016). Danach fehlen uns die Angaben wie viele Leute auf der Baustelle gearbeitet haben.

Total geleistete Arbeitstage: 902

Anzahl Arbeiter auf der Baustelle:

Team aus der Schweiz: 2 - 7
 RDO Mitarbeiter: 1 - 3
 Dorfbewohner: 1 - 17
 Handwerksschüler: 4 - 13
 Handwerker: 1 - 3



- Team aus der Schweiz
233 d | 25.8%
- RDO Mitarbeiter
39 d | 4.3%
- Dorfbewohner
99 d | 11%
- Handwerksschüler
388 | 43%
- Handwerker
143 | 15.9%



Pause: Die Arbeiter sind in der Regel als Tagelöhner angestellt, ihre Arbeitsbedingungen können täglich wechseln. Will der Bauherr mehr Sicherheit für seine Baustelle, wählt er in der Regel eine Art GU-Modell mit einem Vorarbeiter als GU. Die Werkzeuge und das Material werden normalerweise vom Bauherr für den Bau zu Verfügung gestellt.

5.4. Wertschöpfung

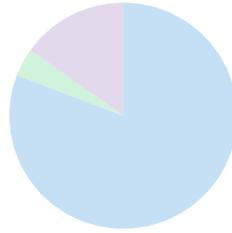
Nachfolgend wird untersucht, wer an unserem Projekt Geld verdient hat. Diese Betrachtung ist interessant, da eines der ursprünglichen Projektziele die Verbesserung von der Situation vor Ort ist ¹⁶⁷. Dazu zählt nicht nur der effektive Nutzen des Gebäudes nach der Fertigstellung, sondern auch der Bauprozess soll einen positiven Einfluss haben. Ökonomisch gesehen heisst das, dass möglichst viel von den Ausgaben für das Gebäude den Bewohnern in der Region Isele zugute kommen soll. Sei es als Lohn für geleistete Arbeit am Projekt oder durch den Verkauf von Baumaterial an uns. Bei der Untersuchung werden die gleichen Kategorien wie in Thema Ressourcenmanagement (Ressourcenverbrauch & Herkunft) unterschieden; Die Region um Isele, das Land Tansania und der Rest der Welt.

Im Kreisdiagramm (Gesamte Ausgaben) ist ersichtlich, dass 80.8% des Kapitals in der Region um Isele bleibt. Unser Ziel ist zu einem grossen Teil erreicht. Dazu ist zu erwähnen, dass 100% der gezahlten Lohnkosten (knapp 3'800'000 Tsh, siehe Tabelle Kap. Baukosten) bei einheimischen Arbeitern landet. Als Mysterium bleibt die Tatsache, wieso die Menschen von Isele nicht mehr Interesse an den kleinen Verdienstmöglichkeiten, wie das Produzieren von Adobeziegeln oder das tägliche Füllen des Wassertanks, gezeigt hatten (Kap. Baukosten, Wand). In den weiteren Kreisdiagrammen werden die bei den Baukosten untersuchten Bauteile auf die Verteilung ihrer Wertschöpfung untersucht. Das Fundament hat einen regionalen Kostenanteil von 86.5%. Einzig Zement mussten wir dafür aus Dar es Salaam beziehen. Der Zement wird von der Firma "ARM Cement" unter dem Namen "Rhnio Cement" verkauft, die Firma stammt aus Kenia und hat Ableger in Tansania und Südafrika ¹⁶⁸. Den grössten Anteil an den regionalen Kosten haben die Natursteine (2'590'000 Tsh und 180'000 Tsh). Das Geld erhielt der Besitzer der Lastwagen aus Mafinga, der mit den Lastwagen sein Geschäft betreibt. Die Ausgaben für die Wand beschränken sich auf 100% regionale Güter. Dies bestätigt unser Engagement für die Verwendung von Lehm- als lokale Bautechnik (Kap. Bautechnik). Die Dachkonstruktion hat einen Anteil von 65% der aus dem Ausland stammt. Die Wellblechpaneele sind der grösste Posten (1'496'000 Tsh), gefolgt von den Nägeln (501'000 Tsh). Die restlichen 35% stammen aus der Region, es sind die Kosten des Bauholzes. In der Kostenverteilung widerspiegelt sich die angewendete Konstruktion, das Wellblechdach stammt aus dem Westen. Kosten für die Fenster, Türen und Einbauten verteilen sich auf alle drei Gruppen. Das Holz hat mit 292'500 Tsh den gesamten regionalen Anteil von 50.8%. Die Kleinteile für die Bedienung und das Armierungseisen stammen aus dem Ausland (18.8%), Glas wird in Tansania hergestellt. Es lässt sich das bereits bekannte herauslesen (Kap. Relevanz der Bauökonomie): Rohstoffe oder kaum bearbeitete Materialien sind ohne Problem in Tansania, selbst in den entlegenen Regionen wie um Isele, erhältlich. Holz ist eines der wenigen Güter, dass aus der Region Isele in andere Teile Tansanias und international verkauft wird. In der Umkehrrichtung werden die verarbeiteten Produkte nicht in der Region hergestellt und müssen zugekauft werden.

¹⁶⁷ Wahlfacharbeit: Dorfzentrum für Isele, Kap. 1.1 Grundidee, S.10.

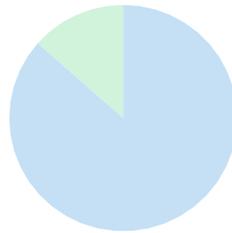
¹⁶⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/ARM_Cement_Limited [Zugriff: 31.01.2017]

Gesamte Ausgaben
Stand 18.01.2017



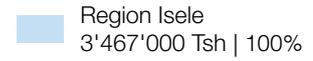
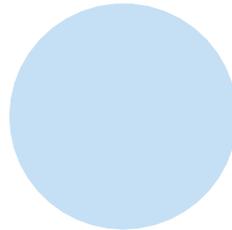
Fundament

Region Isele	
LKW Steine	2'590'000 Tsh
Transport	90'000 Tsh
LKW Sand	360'000 Tsh
Steine für Treppe	180'000 Tsh
Tansania	
Zementsäcke (50kg)	364'000 Tsh
Zement für Treppe	140'000 Tsh



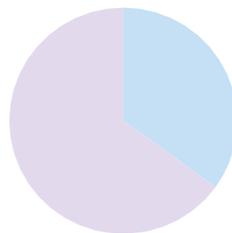
Wand

Region Isele	
Adobelehmziegel	1'330'000 Tsh
gebrannte Ziegel	100'000 Tsh
Transport	1'407'407 Tsh
Sand für Mörtel	450'000 Tsh
Sand für Innenputz	180'000 Tsh



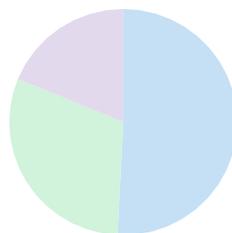
Dachkonstruktion

Region Isele	
Balken (2x6 Inch)	510'000 Tsh
Balken (2x4Inch)	607'500 Tsh
Schwarten	100'000 Tsh
International	
Wellblech	1'496'000 Tsh
Dachabschluss	100'000 Tsh
Nägel	501'000 Tsh
Metalldraht	40'000 Tsh
Dachrinnen	125'000 Tsh



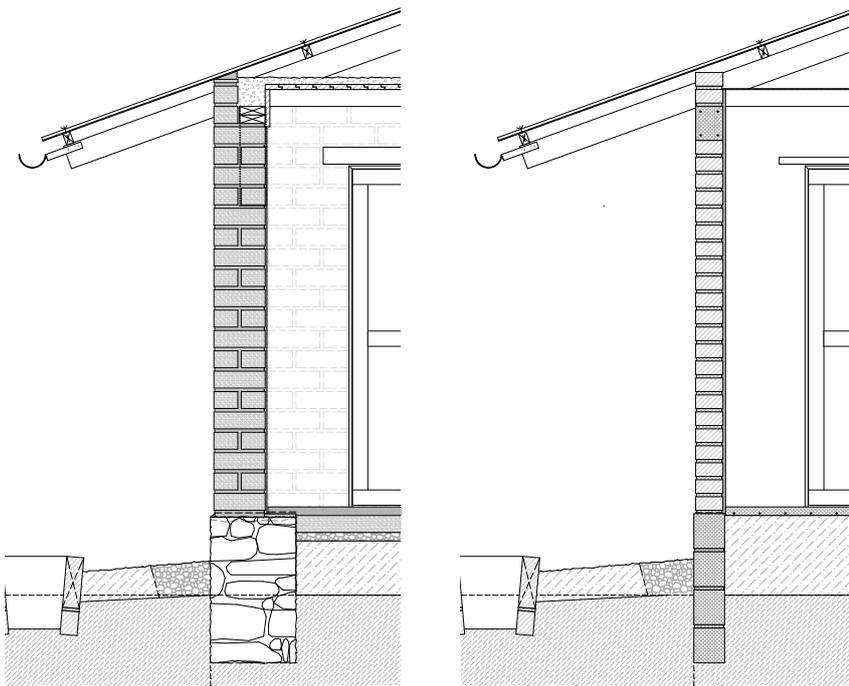
Fenster, Türen und Einbauten

Region Isele	
Eukalyptusholz	292'500 Tsh
Tansania	
Glas	175'222 Tsh
International	
Scharniere Fenster	12'000 Tsh
Riegel Fenster	12'000 Tsh
Einbruchschutz	60'000 Tsh
Scharniere Türen	15'000 Tsh
Riegel Türen	9'000 Tsh



5.5. Vergleichsprojekt

Wir vergleichen unser Gebäude mit einem fiktiven Projekt, damit wir die eruierten Werte besser einschätzen können. Das Vergleichsprojekt basiert auf unserem Projekt wobei wir die von uns gewählte Konstruktion und die Materialien durch andere ersetzen. Die neu gewählte Konstruktion orientiert sich an der Vorstellung der Bevölkerung von Isele, wie eine repräsentatives Gebäude auszusehen hat. Diese Vorstellung wird klar von der zeitgenössischen, westlichen Bauart abgeleitet. Sie orientiert sich an den Neubauten in den Grossstädten Ostafrikas und besonders an den Bauten die durch NGOs in den ländlichen Regionen errichtet werden. Im speziellen stehen die vom RDO in Kilolo gebauten Gebäude als Vorbild für unser Vergleichsprojekt. Eine detaillierte Übersicht der Projektänderungen finden sich im Kapitel Vergleichsobjekt beim Ressourcenmanagement. In der Tabelle auf der rechten Seite sind die geschätzten Kosten des Vergleichsbau aufgelistet. Der Aufwand für die Arbeit wurde dabei gleich belassen. Es ist aber davon auszugehen, dass durch die Reduktion an Baumaterial und die vermehrte Verwendung von Industrieprodukten der Arbeitsprozess schneller voran geht, die Kosten für das Vergleichsprojekt deshalb noch günstiger ausfallen würden.



Fassadenschnitte: Links der von uns gebaute Schnitt, rechts der Vorschlag des Vergleichsprojekts. Die Verkleinerung der Materialmenge fällt sofort auf. Die industriell produzierten Produkte können durch ihre Normierung näher an der Belastungsgrenze verwendet werden. (Kap. Ressourcenmanagement, Vergleichsprojekt)

Bauteil	Posten	Preis (Tsh)	Anzahl			
Vorbereitung	provisorisches WC	150'000	1	150'000		
	Wassertank auffüllen	5'000	40	200'000		
				350'000	2.2 %	
Fundament	Zementsäcke (50kg)	14'000	46	650'725		
	LKW Sand	180'000	4	652'711		
	Steine für Treppe	185'000	1	185'000		
	Zement für Treppe	14'000	10	140'000		
				1'628'436	10.4 %	
Zementboden	Kies	180'000	2	415'800		
	Armeirung	7'500	216	1'620'000		
	Zement	14'000	32	452'760		
				2'488'560	15.8 %	
Wände	gebrannte Ziegel	100	6'833	683'310		
	Transport	30'000	17	499'983		
	Sand für Mörtel	180'000	4	730'157		
	Zement	14'000	57	795'060		
	Sand für Innenputz	180'000	1	180'000		
				2'888'510	18.4 %	
Fenster, Türen und Einbauten	Eukalyptusholz	292'500	1	292'500		
	Scharniere Fenster	600	20	12'000		
	Riegel Fenster	1'000	12	12'000		
	Glas	175'222	1	175'222		
	Einbruchsschutz	15'000	4	60'000		
	Scharniere Türen	1'000	15	15'000		
	Riegel Türen	1'500	6	9'000		
				575'722	3.7 %	
Holzwand	Balken	4'800	5	24'000		
	Bretter	6'000	20	120'000		
	Nägels	5'000	1	5'000		
				149'000	0.9 %	
Dachstuhl & Decke	Wellblech	17'000	88	1'496'000		
	Dachabschluss	5'000	20	100'000		
	Nägels	3'000	167	501'000		
	Balken (2x6 Inch)	6'000	26	156'000		
	Balken (2x4Inch)	4'500	135	607'500		
	Metalldraht	10'000	4	40'000		
	Zement Ringbeam	14'000	14	201'600		
	Sand Ringbeam	180'000	1	185'143		
	Armierung Ringbeam	15'000	16	240'000		
	Dachrinnen	15'000	8	125'000		
				3'652'243	23.2 %	
Elektro	Elektro	200'000	1	200'000		
				200'000	1.3 %	
Arbeit	Emanuel	25'000	47	1'162'500		
	Mr. Kibiki	25'000	45	1'125'000		
	Zacharias	25'000	2	50'000		
	Mr. Kassian 1	10'000	11	105'000		
	Mr. Kassian 2	25'000	24	600'000		
	Fertigstellung	250'000	3	750'000		
				3'792'500	24.1 %	
Total				15'724'971	100 %	
				7'862 Euro		

Isele	
Tansania	
International	

9'327'364	59.3 %
1'962'607	12.5 %
4'435'000	28.2 %

Baukosten: Die geschätzten Kosten des Vergleichsprojekts.

Das fiktive Projekt ist rund 1'210'000 Tsh günstiger als unser Gebäude. Für unsere Verhältnisse scheint der Unterschied, er entspricht ca. 600 Euro, nicht entscheidend zu sein. Die Differenz reicht sicher nicht, um unser Projekt deswegen abzulehnen. Trotzdem ist der Unterschied für tansanische Verhältnisse kein kleiner Betrag. Er entspricht rund 80 Tagen Arbeit mit einem Lohn von 15'000 Schilling (Kap. Relevanz der ökonomischen Betrachtung, Preisbeispiele). Im Balkendiagramm auf der rechten Seite sind die grössten Abweichungen sichtbar. Die Kosten für das Fundament des Vergleichsprojekts betragen 43.7% von unserem Projekt. Die Reduktion um 2'100'000 Schilling ist sehr gross. Die falsche Vorstellung, dass man die Steine für das Fundament neben der Baustelle aufsammeln könnte, wird hier durch die Kosten bestätigt. Das Sammeln der Steine stellte sich als aufwendig und dadurch teuer heraus. Das Fundament aus Zementsteinen ist die ökonomischere Variante. Die von uns gewählten Bodenaufbauten sind nur halb so teuer wie ein qualitativ hochwertiger Bodenbelag aus Zement (208.3% von den Kosten des Verwaltungsgebäudes). Der Preis der zwei Wände unterscheidet sich um ca. 580'000 Tsh. Die Kosten der einschichtigen Konstruktion des Vergleichsprojekts entsprechen 83.3% von dem Preis des Adobemauerwerks des Verwaltungsbau. Beachtet man die beiden nötigen Materialmengen schneidet unser Projekt trotzdem gut ab. Die Kosten für die Dachkonstruktion sind bei unserem Projekt rund 170'000 Tsh günstiger. Das Vergleichsprojekt benötigt Zement, Kies und Armierungseisen für den Ringbeam aus Beton. Dafür reduziert sich die Anzahl der nötigen Balken, da der Ringbeam aus Holz wegfällt. Vergleicht man die Wertschöpfung der zwei Bauten schneiden wir mit unserem Gebäude besser im Sinne des lokalen Geldflusses ab. Der erreichte Wert von 13'680'000 Tsh reduziert sich auf 9'330'000 Tsh. Für die Region sind die höheren Ausgaben besser. Der internationale Anteil an den Baukosten erhöht sich beim Vergleichsprojekt um 1'860'000 Schilling gegenüber dem Verwaltungsbau. Die Erhöhung der Kosten kommt aus dem grösseren Anteil an Produkten aus Eisen, die aus Indien oder China importiert werden.

Fundament:

Verwaltungsgebäude	
LKW Steine	2'590'000 Tsh
Transport	90'000 Tsh
Zementsäcke (50kg)	364'000 Tsh
LKW Sand	360'000 Tsh
Steine für Treppe	180'000 Tsh
Zement für Treppe	140'000 Tsh
Total:	3'724'000 Tsh

Vergleichsobjekt:	
Zementsäcke (50kg)	650'725 Tsh
LKW Sand	652'711 Tsh
Steine für Treppe	185'000 Tsh
Zement für Treppe	140'000 Tsh
Total:	1'628'436 Tsh
43.7% des Verwaltungsgebäudes	

Bodenbeläge:

Verwaltungsbau	
Platten	58'349 Tsh
Schotter	185'000 Tsh
Transport	38'899 Tsh
Dielen	749'000 Tsh
Balken	163'200 Tsh
Total:	2'488'560 Tsh

Vergleichsprojekt:	
Kies	415'800 Tsh
Armierung	1'620'000 Tsh
Zement	452'760 Tsh
Total:	1'194'448 Tsh
208.3% des Verwaltungsgebäudes	

Wand

Verwaltungsbau	
Adobelehmziegel	1'330'000
gebrannte Ziegel	100'000
Transport	1'407'407
Sand für Mörtel	450'000
Sand für Innenputz	180'000
Total	3'467'407

Vergleichsprojekt	
gebrannte Ziegel	683'310 Tsh
Transport	499'983 Tsh
Sand für Mörtel	730'157 Tsh
Zement	795'060 Tsh
Sand für Innenputz	180'000 Tsh
Total	2'888'510 Tsh
83.3% des Verwaltungsgebäudes	

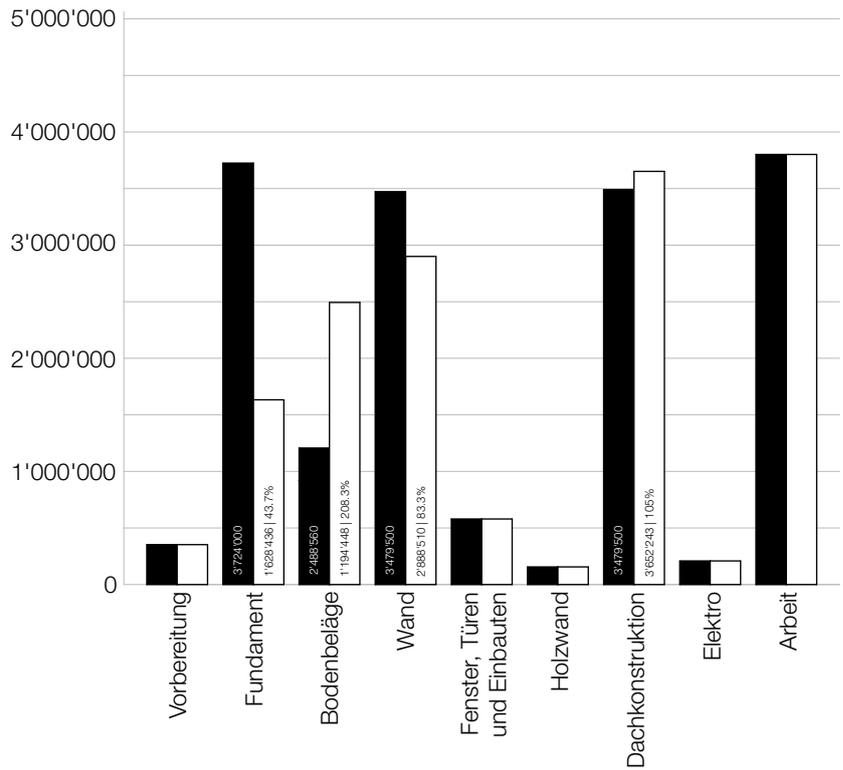
Dachkonstruktion

Verwaltungsbau	
Wellblech	1'496'000 Tsh
Dachabschluss	100'000 Tsh
Nägel	501'000 Tsh
Balken (2x6 Inch)	510'000 Tsh
Balken (2x4Inch)	607'500 Tsh
Schwarten	100'000 Tsh
Metalldraht	40'000 Tsh
Dachrinnen	125'000 Tsh
Total	3'479'500 Tsh

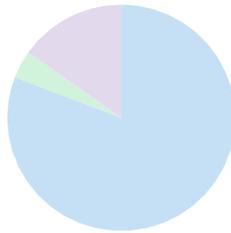
Vergleichsobjekt	
Wellblech	1'496'000 Tsh
Dachabschluss	100'000 Tsh
Nägel	501'000 Tsh
Balken (2x6 Inch)	156'000 Tsh
Balken (2x4Inch)	607'500 Tsh
Metalldraht	40'000 Tsh
Zement Ringbeam	201'600 Tsh
Sand Ringbeam	185'143 Tsh
Armierung Ringbeam	240'000 Tsh
Dachrinnen	125'000 Tsh
Total	3'652'243 Tsh
105.0 % des Verwaltungsgebäudes	

Balkendiagramm: Das Balkendiagramm zeigt die unterschiedlichen Kosten der zwei Projekte. Schwarz ist unser gebautes Haus, weiss das Vergleichsprojekt.

Abweichungen: In der Spalte sind nur die abweichenden Bauteile aufgelistet.

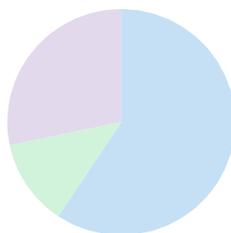


■ gebautes Gebäude
□ Vergleichsprojekt



Verwaltungsgebäude
16'932'578 Tsh

- Region Isele
13'680'000 Tsh | 80.8%
- Tansania
680'000 Tsh | 4.0%
- International
2'580'000 Tsh | 15.2%



Vergleichsprojekt
15'720'000 Tsh

- Region Isele
9'330'000 Tsh | 59.3%
- Tansania
1'960'000 Tsh | 12.5%
- International
4'440'000 Tsh | 28.2%

5.6. Schlussfolgerungen

Wie in der Einleitung zum Kapitel beschrieben, standen die Baukosten nicht im Zentrum der Betrachtungen. Das vorgegebene Budget schwebte lange als grosse Unsicherheit über dem Projekt, im schlechtesten Fall wäre das Projekt gestoppt worden. Trotz diesem verhaltenen Start mit dem Thema der Baukosten führte unser stetes Bemühen zum erhofften Erfolg.

Die ersten Schätzungen waren zum Teil sehr wagemutig, allen voran die benötigte Menge der Fundamentsteine. Mit der nötigen Beharrlichkeit, ein bisschen Geduld und vielleicht einer Prise Glück konnten wir diese Hürde meistern. Nichtsdesto trotz waren die Schätzungen unentbehrlich für das Fortschreiten des Bauprozesses. So ermöglichte uns die gewonnene Sicherheit gegenüber dem Budget Materialeexperimente wie ein Holzboden zu testen. Dass der Preis nicht das einzige Auswahlkriterium für ein Material ist, zeigte sich besonders in der Wahl der gekauften Adobeziegel. Hätten wir die Adobe auf der Parzelle produziert, dann hätten wir einiges an Geld sparen können. Bei den Fenstern, Türen und Einbauten wurde klar, dass kleine Posten im Budget mit einer guten Grobschätzung zu Beginn durchaus vertretbar für die Kostenberechnung sind. Das Verhältnis zwischen gratis geleisteter und bezahlter Arbeit lässt das Thema der Entwicklungshilfe diskutieren. Könnte man viele Leute für einen gerechten Lohn einstellen, wäre der Einfluss des Projektes auf seine Umgebung einiges grösser. Verständlicherweise hat niemand viel Zeit und Lust lang gratis zu arbeiten, die fehlende Motivation der Dorfbewohner ist hier das beste Beispiel. Die Gratisarbeit soll zwar die Verbindung der zukünftigen Nutzer zum Projekt stärken und die Kosten reduzieren, bezahlte Arbeiter sind in jedem Fall vorzuziehen. Die lokal produzierten Materialien haben einen hohen Anteil an den Baukosten, was als grosses Plus des Projektes zu werten ist. Trotzdem mussten wir für bestimmte Produkte auf industriell gefertigte Güter zurückgreifen. Hier müsste man das Projekt auf der konstruktiven Ebene weiter treiben. Die genutzten Industrieprodukte, wie das Wellblech für das Dach, sind nicht so einfach durch regional produzierte Bauteile zu ersetzen. Für die Planung ist interessant zu sehen, dass falsche Annahmen sich im Preis zeigen. Die nicht herumliegenden Fundamentsteine mussten teuer gekauft werden. Aus ökonomischer Sicht wäre eine Kombination aus unserem gebauten Haus und dem Vergleichsprojekt die beste Wahl. Das Fundament und die Wand müssten beim Verwaltungsbau durch die Konstruktion des Vergleichsprojektes ersetzt werden. Das zusammengesetzte Gebäude wäre rund 3'400'000 Schilling günstiger als unsere Variante (Rechnung rechts in der Spalte) und würde nur ca. 6'770 Euro kosten. Zusammenfassend ist zu bemerken, dass die Baukosten lange nicht das einzige Kriterium am Bauprozess sind, die Quervergleiche zu den anderen Themen und die Analyse am Schluss sollen mögliche Verbindungen zeigen. Für uns Studenten ist eines der wichtigsten Erkenntnisse dieses Kapitels: Will man sein noch so präzise geplantes Projekt in die Realität umsetzen, spielen die Baukosten sofort eine Hauptrolle im Geschehen.

Ökonomisch optimiertes Projekt:

Vorbereitung	350'000 Tsh
Fundament	1'628'436 Tsh
Plattenboden	282'248 Tsh
Holzboden	912'200 Tsh
Wand	2'888'510 Tsh
Dachkonstruktion:	3'479'500 Tsh
Elektro	200'000 Tsh
Arbeit	3'792'500 Tsh

Total: 13'533'394 Tsh
6'770 Euro



6. ANALYSE

Die drei Kapitel werden hier zusammen betrachtet. Jedes der drei Kapitel beleuchtet einen interessanten Aspekt des Gebäudes, doch erst in Verbindung miteinander können präzise Aussagen über einzelne Materialien, Bauteile oder Abläufe gemacht werden. Dabei werden die ursprünglich gewählten Schwerpunkte als Vergleich herangezogen. Wir formulieren eine Aussage über das Projekt: War es erfolgreich? Bei welchen Punkten sind wir gescheitert? Was würden wir besser machen? Im ersten Teil, der Zusammenfassung, werden die von uns gestellten Thesen dieser Arbeit überprüft und kritisch betrachtet. Im zweiten Teil, dem Ausblick, werden mögliche Konsequenzen oder das Potenzial dieser Arbeit beschrieben.

6.1. Zusammenfassung

Mit dieser Arbeit haben wir verschiedene Ebenen des Projekts bearbeitet. Das Projekt mit den von uns gewählten Grundsätzen, gemachten Kompromissen und gebauten Tatsachen bildet den gemeinsamen Nenner, die Verknüpfung aller Ebenen. Die formulierten Thesen sollen hier überprüft werden.

Bei der Betrachtung des Baustoff Lehm stellte sich heraus, dass dieser praktisch überall auf der Welt in grossen Mengen frei erhältlich ist. Wer also Kenntnisse zum Material und der passenden Konstruktionsform hat, kann günstig in hoher Qualität bauen.^A Dies jedoch nur unter der Bedingung, wenn die eigene Arbeitskraft nicht berechnet wird oder die Lohnkosten tief sind. Zusätzlich dürfen die gestellten Anforderungen die Möglichkeiten des Materials nicht übersteigen. Sind alle diese Anforderungen erfüllt, so sind von Hand produzierte Lehmziegel ebenso für das Bauen geeignet wie industriell hergestellte Produkte.^B Die Industrieprodukte bieten dank Normierung, Standardisierung und Industrialisierung des Herstellungsprozesses eine gleichbleibende Qualität, weshalb sie näher an ihrer Belastungsgrenze eingesetzt werden können. Wählt man die Konstruktion gemäss den Eigenschaften der vorgefundenen Materialien, bleibt der Bearbeitungsprozess gering, was sich positiv auf den Preis des Gebäudes auswirkt.^C Der verwendete, fettige Lehm ist für die Herstellung von Adobeziegeln geeignet. Verwendet man denselben Lehm für Stampflehmwände, müsste mit hohen Kosten für das Beimischen von Steinen und Kies gerechnet werden. Der in der Region vorgefunden Lehm enthält keine der nötigen Zuschläge, ergo sind diese auch selten in der Umgebung zu finden. Die Konzentration auf lokale Mittel als Synthese von Ökologie und Ökonomie ^D stimmt nur bedingt. Synergien sind zwar unbestritten, die Fundamentkonstruktion des Vergleichsprojekts zeigt jedoch, dass industrielle Produkte ökonomisch betrachtet konkurrenzfähig sein können. Sobald grössere finanzielle Ausgaben notwendig sind, wie die Transportkosten für die 13km zwischen der Lehmgrube und der Baustelle, kann sich die lokale Bevölkerung das Produkt nicht mehr leisten. Im direkten Vergleich schneiden diese Adobeziegel ökologisch trotzdem viel besser ab als jedes Industrieprodukt mit langen Transportweg. Industrielle Fertigung und Transportwege sind in der Regel mit hohem Energieaufwand verbunden. Eine lokale, natürliche Bauweise trägt somit zur Reduktion des Energieverbrauchs bei.^E Der erhöhte Materialaufwand bei der Verwendung der lokalen und natürlichen Bauweise ist dadurch gerechtfertigt, dass die teuren und energieintensiven Industrieprodukte vermieden werden können. Die natürlichen Baustoffe verfügen darüber hinaus oft über hervorragende bauphysikalische Eigenschaften. Als Beispiel ist die Feuchteregulierung des Lehms gegenüber dem Backstein zu erwähnen. Die Unterschiede zwischen Tansania und den Industrienationen führen zu gegenseitigen Idealvorstellungen. Wünschen wir uns auf Safari nichts mehr als einen echten Löwen zu sehen, ist jeder Tansaner froh, wenn der König der Tiere nicht seinen Heimweg kreuzt. Im Gegenzug dient unserer auf Überfluss und Verschwendung basierender Lebensstil als Vorbild für viele Tansaner.^F Der Grossteil der Bevölkerung kann sich diesen jedoch nicht leisten und verzweifelt an seiner eigenen Situation. Dagegen versuchten wir mit der Veredelung der vorhandenen Materialien durch präzise Bearbeitung, ihren Wert zu steigern.^G Die anfängliche Skepsis der Arbeiter gegenüber der arbeitsintensiven Oberflächenbehandlung der Bodenplatten oder dem präzisen Setzen des Sichtmauerwerks legte sich durch das ästhetisch ansprechende Resultat und schlug in Begeisterung um. Bei der gemeinsamen Besprechung von Detaillösungen auf der Baustelle führte das erlangte technische Verständnis zur Akzeptanz der geplanten Bauweise.^H Der langfristige Einfluss ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht abschätzbar, hängt er doch schwer von der Alterung des Gebäudes ab.

Thesen:

A: Kenntnisse zu Baumaterial und Konstruktion ermöglichen günstiges Bauen in hoher Qualität.

B: Von Hand produzierte Lehmziegel sind ebenso für das Bauen geeignet wie industriell hergestellte Produkte.

C: Lokale Baustoffe verringern den Preis des Gebäudes.

D: Lokal ist die Synthese von Ökologie und Ökonomie.

E: Eine natürliche Bauweise trägt zur Lösung der globalen Klimaproblematik bei.

F: Importierte Industrieprodukte schaffen neue Idealvorstellungen.

H: Veredelung führt zu Wertschätzung lokaler Materialien.

G: Verständnis führt zu Akzeptanz und Anwendung von Konstruktionsweisen.

6.2. Ausblick

Das Haus ist gebaut, die Arbeit ist verfasst. Was geschieht nun mit dem gesammelten Wissen und dem Haus? Wir haben selbst viel am Projekt gelernt, was bleibt hingegen für die Menschen in Isele?

Unser Projekt versucht aus den heutigen Umständen in Isele eine mögliche Perspektive für die Zukunft aufzuzeigen. Dabei gehen wir von einer positiven Veränderung der Lebensbedingungen aus. Dies zeigt einen Konflikt im Projekt auf: viele der Entscheidungen basieren auf den aktuellen Umständen, verändert sich die Situation muss das Projekt neu gedacht werden. Viele der gewählten Verarbeitungsweisen können nur mit den aktuellen Lebensbedingungen so günstig realisiert werden. Eine wachsende Wirtschaft und steigende Löhne könnten Industrieprodukte auf Kosten von zeitintensiver Handarbeit fördern. Das Projekt kann also nicht als immerwährender Vorschlag für diese Region gelten, sondern im besten Fall den Status Quo in eine Richtung weisen. Bei jeder Veränderung müssen dabei die Rahmenbedingungen erneut evaluiert und die gewählten Grundsätze überprüft werden.

Der Abschluss der Bauarbeiten liegt unmittelbar zurück, das gebaute Haus muss sich noch bewähren. Die vorliegende Betrachtung untersucht den Bauprozess, nicht jedoch den fertigen Bau. Erst die Akzeptanz der Nutzer bestätigt eine gute Planung und Umsetzung eines Gebäudes. Ein grosser Erfolg wäre, wenn die Bevölkerung das Haus für sich beansprucht und darin ein eigenes Potential entdeckt. Das Thema Ausbildung war ein zentrales Anliegen unseres Projekts. Wie gross der Einfluss auf unsere Schüler war, ist schwierig abschätzbar, kleine Erfolge sind sicherlich beim sorgfältigen Arbeiten bemerkbar. Die geforderte Präzision war für sie zu Beginn ungewohnt, der Stolz für die präzise Arbeit am Schluss gross.

Im Kontext der wirtschaftlichen Entwicklung Afrikas wird fehlendes Selbstvertrauen vieler Afrikaner gegenüber dem Westen immer wieder hervorgehoben. Viele sind der Meinung, wenn etwas Grosses gebaut werden muss, viel Geld im Spiel ist oder etwas tadellos funktionieren soll, dann braucht es Hilfe aus dem Ausland. Das diese Erkenntnis ernst genommen wird, sieht, wer auf den Stundenplan der Schüler in Kilolo schaut. Neben Mathematik, Englisch, Agrartechnik und weitere findet man das Schulfach Selbstvertrauen. Die Entwicklung von unseren Schülern diesbezüglich während der Bauzeit war erstaunlich. Zu Beginn wirkten sie still und eingeschüchtert, selbst die Handwerker hielten Abstand zu uns. Mit der Zeit änderte sich ihr Verhalten total, sie wurden offener und, wie es sich für Teenager gehört, manchmal etwas überdreht. Die tägliche Zusammenarbeit hat einige Hürden abgebaut, ein grundlegendes Problem der Entwicklungshilfe bleibt jedoch bestehen: Wiederum sind wir Initiatoren, Planer und Leiter des Projekts während die Finanzierung durch das RDO gesichert wird. Wir versuchen Entscheidungen im Sinne der lokalen Bevölkerung zu treffen, statt die Entscheidung in deren Hände zu übergeben. Durch die lange Präsenz von Entwicklungsorganisationen in Tansania sind Generationen von Menschen mit dem Gedanken aufgewachsen, dass ihnen geholfen werden muss. Unterricht in Selbstvertrauen zeigt in unseren Augen eine richtige Tendenz auf; die Konsequenz für ein Projekt unserer Art wäre, dass die Arbeit die wir selbst verrichtet haben in die Hände von lokalen Menschen gehen müsste. In der Weise, mit der wir versucht haben den Schülern unsere präzise Arbeitsweise mitzugeben, müssten wir sie bei der Planung, Leitung und Organisation begleiten, statt diese Arbeit zu verrichten.

Neben der physischen Präsenz und einer möglichen Vorbildfunktion des Gebäudes erhoffen wir uns einen Einfluss auf einer immateriellen Ebene: dass der direkte Einfluss auf die Schüler und Handwerker lange erhalten bleibt, die NGO unsere Themen in ihren weiteren Bauten einfließen lässt und die Ideen im handwerklichen Unterricht eingeflochten werden.



CREDIT SUISSE

CREDIT SUISSE

32.5R

7. ANHANG

Ergänzende Informationen zur Arbeit werden nachfolgend in einer losen Folge zusammengestellt. Neben dem umfangreichen Baujournal, welches für sämtliche Fokusthemen eine wichtige Grundlage darstellt, sind verschiedene Planunterlagen abgedruckt, welche die Projektdokumentation komplettieren. Ebenfalls sind die Werte, der im Thema Bauökonomie grafisch dargestellten Zwischenstände der Kostenschätzung, tabellarisch aufgeführt.

7.1. Besprechungsprotokoll, Schlins 11.05.2016

Anwesend:

- Elias Luzi [EL]
- Philipp Howald [PH]
- Silvio Koch [SK]
- Christian Käser [CK]
- René Frey [RF]

Treffen:

- Franz Rauch
- Hannes Rauch
- Luzia Rauch

	Was	Wer Dringend	Wer Demnächst
1	<p>Franz erklärt Situation & mögliche Entwicklung Isele (eingetragen in Orthofoto/Situationsplan)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2x Kirchen rechts im Kern - Krankenstation südlich von Parzelle - Schule ist eine Volksschule mit 600 Kinder - Markt auf Platz östlich neben der Schule (bis jetzt) - Ort für Lehm von Adobe Ziegel: östlich auf Parzelle → ebene Fläche → Abgraben: gerade (Tansanier wissen welchen Lehm nehmen) - Wasser ist noch nicht auf der Parzelle. Für den Bau muss Wasser herbei geschafft werden. (z.B. vom Fluss oder Kilolo) <p>Mögliche Zukunft auf der Parzelle RDO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demonstrationsfarm → Terrassierung nötig „geplante“ / gedachte Strasse durch Parzelle ist nicht optimal - mögliche Tierhaltung (Schweine) - Platz für Waisenhäuser - Bäume & Sisalpflanzen entlang der Grenze setzten -> Zaun - Lage Gebäude vor Ort setzten → näher an Zentrum → Boden mager an Position <p>Entwicklung vom Dorf links > da flach Infos in Plan einarbeiten.</p>		CK
3	<p>Mail Fidelis: ffilipatali@yahoo.com, 00255 767 83 42 45</p> <p>Organisatorisches mit Fidelis klären -> Englisch (oder Kwisahili) abklären Unterkunft und Transport</p> <p>Mit dem Bus nach Iringa von dort abholen lassen (Fidelis), Fidelis organisiert Busticket, Transport Isele, Hotel Hangarbrothers, oder Silvio: Picknickinn</p> <p>Student & Studentin mitnehmen → Falls jemand gerade mitfahren muss → Fidelis sagen.</p> <p>Kopie an Franz</p>		rf / sk

	<p>-> Masse für Ziegel fragen. → ev. neue Schalung in der Schule machen.</p> <p>René und Silvio schreiben eine Mail für Ankunft</p>		
4	<p>Studenten von Berufsschule & andere Studenten vor Ort -> können ein bisschen Englisch → Koordinatorin: Gloria & (andere Frau) sollte da sein (Kilolo) → Gaston für Solarprojekt in Kilolo</p>		
6	<p>Visa: Touristenvisum (Formular ev. Internet), 50 Dollar bereit haben. Telefonnummer Fidelis (Ansprechpartner → (RDO Adresse Mdabulo, PO Box 65, Mafinga).</p> <p>Projekt besuchen, nicht arbeiten. → Fidelis hilft</p>		
7	<p>Projekt erklären:</p> <p>Maismühle staubt: muss abgetrennter Raum sein</p> <p>2 Maismühlen → 2 oder 1 Motor?</p> <p>Maisschäler, Mühle und Generator (Strom) (gleichzeitig schweissen & inkl. Metallwerkstatt 3. 4.5 Meter Raum ok) → 3 Meter in Länge</p> <p>Wartebereich wichtig → warten im Regen.</p> <p>Lagerraum eher kleiner</p> <p>Generator und Schweissapparat? 1 Dieselmotor</p> <p>Zweites Gebäude</p> <p>Solarkaffee -> Treffpunkt & Einkommen. Ev. Internet</p> <p>Solarstrom in beiden Bauten</p> <p>Raum für Solarprojekt.</p> <p>Solarfläche: Konstruktion separat. Steilheit: neigbar → Konstruktion.</p> <p>Schiebetore → Werkstatt öffnen zum aussenraum.</p> <p>Blech 2 Meter breite → Satteldach: Vordach beidseitig</p> <p>Vordach → Regenzeit, Dachrinne → Wasser sammeln 10'000 liter</p> <p>Steile, tiefe Dächer → Adobe schützen</p> <p>Pulldach muss überlegt werden</p>		
8	<p>Biogas: eher nein. Franz hat schlechte Erfahrungen → Hannes. Ev. Hat es sich entwickelt.</p> <p>Akzeptanz schlecht (Kochen aus Fäkalien), schwieriger Unterhalt.</p>		
9	<p>Lager für Essen → nicht im Werkstattgebäude.</p> <p>Kiosk hat kein Lager, alles im Regal</p>		
10	<p>Treffpunkt: eher klein (internet einblick. Wenig leute) 3- 4 Arbeitsplätze)</p> <p>Veranda gut. Counter für Kiosk. → Aufenthalt der meisten Leute aussen.</p> <p>Büro: Wasserorganisation (wata) ist unabhängig. Selber absperren können. Unabhängig sein.</p> <p>Kochen: besser nicht im Treffpunkt</p> <p>Heizmöglichkeit demonstrieren möglich → Ev im Aussenraum zum Gruppenraum. Ofenbank. Kamin im Innenraum, Kochen aussen. Herd mit grossem Topf → Lehmofen. Feuer aussen. ___> Ursulina Prototyp</p>		

	<p>bauen.</p> <p>Ladestation: ca. 3 Autobatterien laden, Lampen, Natel. Panel</p> <p>Detail aus Plan Silvio</p>		
12	Wetter seite: Nordwest. Doch von allen Seiten möglich.		
14	Nachtwächter: ist aussen & hat Feuer ..> Häuschen aussen → Zaun aussen gewünscht. (Regierung will jeden Tank einzäunen → 6m abstand)		
15	Brunnen im Hof mit Dach. abschliessbar		
16	<p>Kostenrahmen: 20'000 für beide Bauten</p> <p>beide Häuser bauen ev. → Wie noch herausfinden.</p> <p>Ev. Wirtschaftsgebäude als Contract (wir machen Bauüberwachung) (und Toilette= Latrine zuerst)</p> <p>Bevölkerung soll mithelfen</p> <p>Wir bauen anderes Haus</p> <p>Nachweis für beide Gebäude gegenüber Geldgeber</p>		
17	Fundament		
18	<p>Adobe RDO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wasser in Grube am Vorabend - Schalung mit Brett als Deckel (1Stein) - mit Brett abziehen - Lagern auf planer Fläche <p>- Lehmmörtel stabiler als Fugen</p> <p>oft erste 3 Fugen</p> <p>-Adobe macht jeder selber → zu gross (brechen)</p> <p>10 * 25 *</p> <p>Verband machen → Stabiler</p> <p>1- Läufer schicht: wenig Steine</p>		
19	<p>Fundamente: Bruchsteine → Frauen Sammeln: kosten nur Transport.</p> <p>Dachpappe einlegen (Kilolo) oder Blech</p> <p>Verputz: Wertschätzung Arbeit für Frauen → Kunstwerk</p> <p>Türeinfassungen & Fenster Veputzen.</p> <p>Variante: Fundament ohne Zement. Lehmmörtel mit Pinniennadeln.</p> <p>Wasserableiten vom Haus weg.</p>		
20	<p>Ringbeam abspannen</p> <p>In Wand oder Aussen (im Verputz innen) so möglich</p>		
21	<p>Jute teuer</p> <p>Ev. Holzdecke (Iringa → Hobeln) oder Kilolo Sägeroh</p> <p>Holz ist günstig → Ev. mit schwartenbrettter als Schalung (Lehm)</p> <p>Holzbalkendecke wie CH Bauernhaus</p> <p>Wir müssen bei Bawa etc. gucken ..> Aebeit ist günstig</p>		
22	<p>Bodenbeläge: Stampflehm → versiegeln mit Wachs</p> <p>Ev. Kieskoffer</p> <p>Eine Stufe höher</p>		
23	Pilotprojekt als Vorbild für andere Dörfer		

Weiteres Vorgehen:

- nächstes gemeinsames Treffen - Projektplan; So 05.06 ca. 11:20 @ Zürich

7.2. Bautagebuch

Das Baujournal wurde während des Bauprozesses geführt und dokumentiert den Werdegang des Gebäudes. Daten, Abläufe und Erkenntnisse jeglicher Art wurden gesammelt und stellen eine wichtige Grundlage der vorliegenden Arbeit dar. Notizen über Entscheidungen die gemeinsam mit den Leuten vor Ort getroffen wurden, Anpassungen konstruktiver Lösungen und Fakten zum Ressourcenverbrauch gehören ebenso dazu wie die Feststellung von Fehlplanungen und Pannen.

Folgende Angaben wurden in einem einheitlichen Layout erfasst:

- Datum
- Tagestitel
- Anzahl Arbeiter (aufgeschlüsselt)
- Anzahl Arbeitsstunden
- Wetter
- Kürzel des Eintragenden
- Baufortschritt im Allgemeinen
- Ausgeführte Arbeiten im Detail
- Ergebnisse von Besprechungen
- Ergebnisse von Tests
- Aufgetauchte Probleme
- Materialbestellungen
- Materiallieferungen
- Kosten
- Fotografien

22.06.2016	Erste Vorstellungsrunde Besichtigung Bauplatz
------------	--

- Erste Vorstellungsrunde mit den verschiedenen RDO Vertretern und Fundis in Kilolo
- Vorstellung bei den Chairmen von Isele und Barabarbili sowie dem Entwicklungsleiter der Regierung

- **Begehung des Bauplatz** mit Fundi & Chairmen
- die Parzelle ist bereits ausgesteckt; Sie ist viel kleiner als ursprünglich eingezeichnet; ca 70x70m
- 30m Strassenabstand ab Strassenmitte gilt es einzuhalten
- eine Erweiterung der Parzelle für zukünftige Entwicklung ist aber möglich
- Besprechung, wo sich der Boden für Adobe-Produktion eignet; Definition eines Platzes

- To do: Präsentation des Projekts am Dienstag 28.06 mit Modell und Beamer**
- Teststeine mit Lehm des Bodens vor Ort (Fundis)**

23.06.2016	Rundgang Mdabulo
------------	-------------------------

- Campus Besichtigung; an angefangener Stampflehm-Halle wurde seit einem Jahr nicht weitergebaut; in schlechtem Zustand

- **Testwand mit Piniennadeln;** Vor einem Jahr wurde eine Lehmwand (verdichtete Lehmknollen) mit einer Zugabe von Piniennadeln erstellt. Obwohl während eines Jahres dem Regen exponiert (ge- neigt), ist die Wand nur wenig ausgewaschen. > Beigabe von Piniennadeln in Adobe testen

- Laurencia vom RDO führt ck und rf zu den ETH-Lehmbauten, weiteren RDO Waisenhäusern (Adobe Bricks direkt in den Boden) und auf die Mufindi Farm. (Unterwegs treffen wir viele Leute, sehen unterschiedliche Gebäude, werden eingeladen. Ein sehr gelungener Einstieg.)
- Analyse einer Adobe-Schalung aus Holz; Geometrie, Teile, Verbindungen, etc.
- Bau der ersten Adobedoppelschalung aus Stahl (Wandstärke; 2mm) (Kiwonde, ck & rf)

24.06.2016	Adobe Schalung; Test
------------	-----------------------------

- Kiwonde und rf bauen die 1er Schalung und testen beide Schalungen mit Elfant zusammen,

Fazit Adobe Schalung: Die 1er Schalung findet grossen Anklang, die doppelte ist wohl zu schwer. Da die abgeschliffenen Stahlkanten noch scharf sind, wäre ein Brett zum Abziehen vorteilhaft. Ausserdem ist ein gutes Abwaschen der Schalung vor jedem Stein zugunsten der Präzision wichtig. Die Ecken sollen geschweisst und nicht abgekantet werden, um schärfere Ecken und gebogenen Seiten zu vermeiden. Um Korrosion zu vermeiden, gilt es, die Schalung nach Gebrauch einzufetten.

- ck zeichnet am Projekt
- Liste mit Werkzeugen wird erstellt (rf,ck,fidelis)
- Modellbau (rf)

To do: Bis am Sonntag (26.06) Schalung überarbeiten und am Abend mit Kwionde besprechen.

CH	-	-	sonnig, teilweise bewölkt, windig	rf
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



Parzelle, Blick nach Westen



Parzelle, Blick nach Süden

CH	-	-	sonnig, teilweise bewölkt	rf
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



Verziertes Adobe Haus: Bemalung einzelner Steine



Musterverband mit Adobesteinen, von Insekten bewohnt

CH	-	-	sonnig, teilweise bewölkt	rf
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



25.06.2016	Rundgang mit Dr. Isaac und Fred Fredo
------------	--

26.06.2016	Schwindmass
------------	--------------------

- Überarbeiten der Adobe-Schalung im Plan; Vermassung / Einzelteile / Isometrie (rf)
- Weiterentwicklung Projekt (ck)
- Berechnung Schwindmass (anhand der Holzschalung und den getrockneten Steinen):

Abmessungen Schalung	>>	Abmessung Stein
15 x 27.7 cm		14.3 x 24.3 cm
= Schwindmass: 4.67 - 5.45%		
- Analyse Dackonstruktion: (Küche Mdabulo) Neigung 20°, Dimension Zange 4x14cm; Dimension Sparren 4x10cm

To do: Produktion der Schalungen (bis 27.06)

27.06.2016	Vorbereitung Präsentation
------------	----------------------------------

- Produktion der Adobe-Schalung anhand Schalungsplan (Kiwonde & Students); 10 Stk.
- Fahrt nach Kilolo (Organisieren von Schnur in Iringa)
- Bau des Präsentationmodells (rf)
- Erstellen von Renderings (ck)
- Erstellen einer Beamerpräsentation (ck)

CH	-	-	bewölkt, teilweise sonnig	rf
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

CH	-	-	bewölkt, neblig, kurz Regen	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



Nebel und Kälte könnten den Trocknungsprozess erschweren/verzögern



Produzierte Ziegel in Mdabulo

CH	-	-	sonnig, windstill, kalt	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



Zuschnitt der Einzelteile der Adobe-Schalung



Schweisverbindung

- **Projektpräsentation:** Das Projekt wird den Behördevertretern, den RDO-Verantwortlichen vor Ort, den Vorsteher verschiedener Projektgruppen, Handwerkern (Fundi), Studenten und Interessierten aus dem Dorf vorgestellt.

- Ablauf des meetings: Ansprache Chairman - Vorstellungsrunde - Präsentation (ck/rf) - Fragen - technische Diskussion - Ansprache Dorfvorsteher Isele mit Danksagung - Schlusswort Chairman (Fidelis übersetzt)

- Sämtliche Personen dürfen uneingeschränkt reden; es wird ein Konsens angestrebt. Trotzdem scheint die Hierarchie wichtig zu sein. Das meeting dauert ca. 3 Stunden. Anschliessendes Mittagessen.

Aufgeworfene Fragen/Themen:

- Abmessungen der Gebäude
- von wo werden Fremdmaterialien angeschafft?
- Wie real ist die Visualisierung?
- Erschütterungen der Maschinen
- Wie funktioniert die Kraftabtragung des Daches auf die Steine?
- Wie reagiert man auf schlechten Boden? Lokales Material vermutlich zu schwach. (bessere Orte suchen? Vorschläge)
- Wetterbedenken (insbesondere im Bezug zur Adobe-Trocknung)
- Aufsteigende Feuchtigkeit
- Bauabschluss > Adobeproduktion: ca 200-max 300/Tag/Person > Trockenzeit Adobe ca. 1 Monat
- Adobe zu wenig stark
- Fundamentsteine müssen behauen werden (sind rund)
- Wunsch einer Toilette
- Frage nach Küche
- Frage nach Sicherheit; Raum für Massaï?
- Adobe-Produktion mit Wasser verknüpft
- Temporäre Toilette während des Baus

- **Sitzung mit Fundis:** Die einzelnen Bauteile werden grob besprochen und dabei Materialmengen, Preise, Arbeitskosten und Arbeitszeiten geschätzt. (Ausschreibung, Devisierung, Offerte & Abgebot zugleich)

- Zusammenstellung der einzelnen Kosten in seperater Tabelle

- **Zweite Begehung Bauplatz:** Die Handwerker zweifeln die Qualität des Bodens an. Gute Ziegel seien nicht möglich. Die acht Testziegel (gem. Besprechung vom 22.06 vor Ort durch Fundi ausgeführt) weisen jedoch keine Risse auf. Die Ziegel wurden ausserdem nicht an dem ausgemachten Platz hergestellt, weil der Chairman von Isele die Qualität des Bodens dort ebenfalls anzweifelte.

- Mögliche Alternative/Vorgehensweise: Die 17'000 Ziegel für das Verwaltungsgebäude werden an einem anderen Ort durch einen Unternehmer mit unserer vorgegebenen Schalung hergestellt

- **Produktion/Logistik Adobe:** Wie soll mit dem angeblich schlechten Boden am Bauplatz umgegangen werden? Was sind die Alternativen/Möglichkeiten?

Da die Zeit für Experimente und Testphasen nicht vorhanden ist, muss in einer ersten Phase auf die Meinung der Handwerker gezählt werden und Alternativlösungen für den Bauprozess erarbeitet werden.

- a) Verbesserung der Eigenschaften des Bodens mittels Zuschlägen; Nur beschränkt sinnvoll, da Zuschläge gekauft und transportiert werden müssten.
- b) Brennen der Ziegel vor Ort; Nach Angaben der Fundi würden die Steine zu schwach.
- c) Zukauf der Ziegel von irgendwo; entfällt, da wir den Prozess der Herstellung mitkontrollieren wollen.
- d) Produktion der Ziegel an einem anderen Ort; Kibiki (Fundi) kennt einen nahegelegenen Ort, wo der Boden für Ziegelproduktion gut sein soll. Die Ziegel könnten dort mit unserer vorgegebenen Schalung produziert werden.

To do:

- **Kostenschätzung mit Berücksichtigung sämtlicher Positionen (bis 30.06)**

- **Kostenoptimierung:** 1) Abgebotsrunde mit Fundi 2) abklären, wo unentgeltliche/gemeinnützige Arbeit durch Dorfbevölkerung möglich ist

CH - -
RDO - -
Villagers - -
Students - -
Fundi - -

bewölkt, teilweise sonnig

ck



Neugierige Blicke auf das Projektmodell



Besprechung mit den Fundis

29.06.2016	Brandrodung
------------	--------------------

- **Besichtigung eines möglichen Produktionsplatzes für Adobeziegel** (ck/fidelis/kibiki/chairman)
 - Ort in der Nähe des RDO-Kilolo; Mitberücksichtigung des Transportes bis zum Bauplatz
 - Dafür würde der Transport von Wasser entfallen, da der Abbaustandort an einem Bach liegt
 - Nach Einschätzung der Fundis wäre der dort mögliche Ziegel super.
 - ck nimmt vier getrocknete Ziegel sowie ein Kübel Lehm mit
 - Kosten für die Produktion TSH 50 pro Ziegel. (zuzgl Brennholz bei gebrannten Ziegel TSH 60'000 und Transportkosten TSH 200'000)
 - errechnetes Schwindmass: 5-6%
 - **Kostenevaluation** (rf)
 - Auflistung sämtlicher Positionen in seperater Liste
 - Ausmass gemäss Plan oder gemäss Schätzung
 - Positionen, die gemäss Fidelis unentgeltlich entrichtet werden, werden mitberücksichtigt (Einsetzung einer Null).
 - **Brandrodung** (villagers)
 - rf & ck messen und markieren die ungefähre Fläche der Bauplatzinstallation
 - villagers beginnen mit der Brandrodung
 - **Steine**; Die Verfügbarkeit von Steinen für das Fundament wird überprüft
 - rf/ck/Gaston/Bora fahren zum Platz, wo Steine gesammelt werden können; Erschliessung aufwändig und dementsprechend Kostenintensiv.
 - Alternativen für Fundament prüfen; a) Beton; entfällt, da zu hoher Aufwand von Zement b) gebrannte Ziegel; entfällt, da zu wenig langlebig
 - > Kostenoptimierung für Steinfundament muss angestrebt werden
- To do:**
- **Rücksprache Projektteam @ home**
 - **Rücksprache/Budgetgenehmigung mit NGO-Verantwortlichen in Österreich (bis 01.07)**

30.06.2016	testing the soil
------------	-------------------------

- **Mail von Silvio**
 - Nach dem Telefon von gestern hat SK ein ausführliches mail geschrieben mit Vergleich zu Löhnen in Ifakhara (10'000 fundi, 40'000 Vorarbeiter)
 - SK findet die Kosten für die Arbeit auch eher zu hoch; Vorschlag: Über Tagessatz rechnen
 - SK schlägt ein Bonussystem für das Erreichen von Zielen vor. (NGO-Problem > das Geld geht nicht aus).
- **Kostenevaluation (rf + ck)**
 - Verfeinerung der Angaben und Testen von Varianten für das Verwaltungsgebäude.
- **Ausrollung Kamin (ck)**
 - ck leitet die Fundis an um für das Kamin des Teachershouse eine Ausrollung zu bauen.
- **Revision Zeitplan (rf)**
 - rf passt den Zeitplan nach den Angaben der Fundis an.
 - Der Bau des Verwaltungsgebäudes wird mit selber produzierten, gebrannten Ziegeln nicht fertig werden.
 - bei selbst produzierten Adobe würde es wohl reichen
 - Alternativ müssten die Steine gekauft werden. Dabei kann das Format/ die Grösse nur beschränkt beeinflusst werden.
- **Testing the soil (ck + rf)**
 - Wir machen die Soil-Tests aus dem SUDU Buch: Der Lehm aus der Lehmgrube Kibiki scheint fett zu sein.
 - Testergebnisse auf separatem Blatt.

CH	-	-
RDO	-	-
Villagers	6	18
Students	-	-
Fundi	-	-

bewölkt, teilweise sonnig

ck



möglicher Abbauort für Ziegel



Randrodung auf der Parzelle

CH	-	-
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	-	-

bewölkt, wenig wind, selten Sonne

rf



Drip-Test mit Adobe Brick von der Lehmgrube Kikurue



Versuchsanlage

01.07.2016

Fundament ausstecken

- **Schnurgerüst:** ck und rf stecken das Gebäude auf der Parzelle aus.
- etwa 4 Dorfbewohner helfen sowie Gaston & Lameck vom RDO
- Einhaltung des 30m-Strassenabstandes. Die Positionierung scheint gut zu sein.
- Die Dorfbewohner werden am Montag die Fundamente graben.
- Die Dorfbewohner wollen nicht allen Humus abtragen; Überzeugungsarbeit muss vermutlich durch Dorfvorsteher oder Fidelis geleistet werden.

- **Lehmproben:** ck und rf nehmen Lehmproben von den zwei möglichen Standorten in Isele
- die Dicke der Humusschicht scheint sehr dünn zu sein
- ck und rf formen eine Platte aus Lehm von Mr. Kibiki um später zu polieren

- **Kostenschätzung:** Zusammen mit Fidelis werden die Preise in der Kostenschätzung ergänzt. Das Total übersteigt den Kostenrahmen. RDO-Obmann Franz konnte noch nicht erreicht werden, um die Kostenschätzung zu besprechen. Vergabe und Baustart somit noch nicht möglich.

To do:

- **Wir müssen die freiwilligen Arbeitseinsätze der Dorfbewohner besser vorbereiten. Am besten einen Terminplan ausarbeiten.**
- **Kostengenehmigung**

02.07.2016

Budget

- **Lehmproben** (rf, ck): Die eine Bodenprobe aus Isele wird gem. SUDU-Buch getestet und die Resultate auf separatem Blatt dokumentiert.
- Es werden Tests mit Zuschlägen durchgeführt:
 - > Piniennadeln zur Erhöhung der Zugfestigkeit und Wasserresistenz
 - > Sägemehl zur Verwendung als Dämmschicht/Schlacke in DeckeAuswertung erfolgt nach Trocknung.

- **Ziegelproduktion:** In der Lehmgrube (Kibiki) wurde ohne Startschuss unsererseits mit der Ziegelproduktion begonnen. Ca 2000-3000 Ziegel wurden mit unseren Stahlschalungen hergestellt. Obwohl auf leicht geneigtem Terrain liegend scheinen die Oberflächen der Ziegel akzeptabel.

- Da das Budget noch nicht genehmigt wurde, erstellt der Unternehmer die Ziegel auf eigenes Risiko.

- **Budget:** Am Abend kann schliesslich RDO-Obmann Franz telefonisch erreicht werden. Mit den errechneten Kosten kann mit dem Bau nicht begonnen werden. Folgende Varianten zum kommenden Vorgehen werden besprochen:

A) Preisverhandlungen mit den Unternehmer, so dass die Budgetvorgaben eingehalten werden können. Ansonsten wird nur ein Gebäude (Ökonomie) mit den Studenten realisiert.

B) Mehr gemeinnützliche/unentgeltliche Leistungen der Dorfbewohner. Ansonsten wird nur ein Gebäude (Ökonomie) mit den Studenten realisiert.

C) Da das Fundament (insb. Material- & Transportkosten) einen markanten Kostenfaktor darstellt, sind Varianten zu dessen Ausführung in Betracht zu ziehen.

- Kommentar: Gut, dass wir uns Zeit für eine gewissenhafte Kostenschätzung genommen hatten und noch keine Erlaubnis zu Vergabe oder gar Baustart erteilt haben.

- Fidelis wird informiert. Er soll ebenfalls mit Franz Kontakt aufnehmen.

To do: Budgetklärung

CH	2	6	sehr sonnig, wenig Wind	rf
RDO	2	6		
Villagers	4	12		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



Ausstecken der Fundamente



Mit Schnüren werden die Streifenfundamente markiert

CH	-	-	sonnig, wenig Wind	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

03.07.2016

Fermentierter Sisal-Juice

- **Feldlabor:** Ein Raum unserer Unterkunft wurde über die letzten Tage kontinuierlich zum Labor für Materialtests für Lehm und andere Materialien umgenutzt.

- Die zweite Bodenprobe aus Isele wird gem. SUDU-Buch getestet und die Resultate auf separatem Blatt dokumentiert.

- **Wasserschutzanstrich (rf/ck):** Überlegungen zu einem schützenden Anstrich der Aussenwand gegen Wasser: Wir ernten Blätter der Sisal Pflanze (Agavenart). Diese werden zu kleinen Stücken zerhackt und zusammen mit Wasser (Sisal 1/3 zu Wasser 2/3) in einem verschliessbaren Kessel eingelegt. Nun warten wir einige Tage und lassen die Mischung gähren, um sie in einem zweiten Schritt zu einem Anstrich weiter zu bearbeiten.

04.07.2016

Humus abtragen

- **Humus:** Wir haben den Humus für beide Bauten abgetragen
- Die Dicke der Humusschicht betrug ca. 20 cm
- den Humus auf einem Haufen zu lagern hat nicht geklappt. Wäre auch zu viel Handarbeit gewesen.
- Die Dorfbewohner freuen sich über die Mitarbeit der Europäer; diese scheint sie zu motivieren.

- **Schnurgerüst:** Zusammen mit Mr. Kibiki haben wir ein genaues Schnurgerüst für die Foundation beider Bauten ausgesteckt. (Breite 50cm; ab Aussenkante Wand 18cm nach aussen)
- Die Aussenwände sowie die Wände zum Aussenraum (alle Mauern mit Verbandmauerwerk)
- Mr. Kibiki arbeitet sehr präzise und gewissenhaft.
- **Foundation:** Mr. Kibiki sagt, dass sie normalerweise 60cm (ab OK Humus) tief graben.

- **Kosten:** Das Vorgehen wegen den zu hohen Kosten ist noch nicht klar.
- Fidelis hat noch nicht mit Franz gesprochen, wir haben Franz gebeten mit Fidelis Kontakt aufzunehmen.

To do: Mit Franz und Fidelis das definitive Vorgehen klären (asasp).

05.07.2016

Aushub Streifenfundamente

- **Streifenfundamente:** Ausgraben der ausgesteckten Streifenfundamente. Tiefe ab OK Sohle ca 25cm
- Lehm Boden scheint sehr verdichtet und stabil.

- **Gefälle Terrain:** mittels Schnurwasserwaage wird das Gefälle der Sohle vom Verwaltungsgebäude erruiert. Das Terrain weist ein Gefälle von 43cm (nach NE) auf. Es gilt ein Absatz von Boden und Fundament zu prüfen, um Material- und Arbeitsaufwand zu optimieren.
- Drainage; Ebenso gilt es ein Konzept zur Entwässerung (Oberflächenwasser & Hangwasser) zu erarbeiten. Der um die Baugrube aufgeschüttete Humus muss verteilt werden.

- **Testziegel:** Beim Platz "Maisfeld" werden vier Testziegel mit Piniennadel-Zuschlag hergestellt.

- **Sitzung mit Fidelis, Chairman RDO Kilolo und Treasure holder:**
Wegen zu hohen Kosten können wir nur das Ökonomiegebäude bauen.
Das weitere Vorgehen mit dem Verwaltungsgebäude muss abgeklärt werden.

CH	-	-	bewölkt, zeitweise Aufhellungen, sehr windig. Nachmittags längere Aufhellungen	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

CH	2	12	sehr sonnig, sehr wenig Wind	rf
RDO	3	18		
Villagers	17	72		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



Tomasi, Bora und ein Dorfbewohner beim Aushub



Ökonomiegebäude; Ausgestecktes Schnurgerüst der Fundation

CH	2	8	sehr sonnig, windstill	ck
RDO	6	24		
Villagers	10	20		
Students	-	-		
Fundi	-	-		



Motivierte Helfer; Mister Kassian



Die Gräben für die Fundamente sind ausgehoben

06.07.2016

I needed to cut the hair

- **Telefon Franz:** Franz will das Gebäude als Experiment machen, wir sollen weiter testen, das Fundament bauen und wenn Hannes kommt, klären wir die Situation mit den Dorfbewohnern.
- **Adobesteine:** Wir haben 40 Steine mit unserem Format sowie Piniennadeln als Zuschlag bei der Lehmgrube Kibiki in als Test Auftrag gegeben.
- **Dormitoris:** Wir haben die Baustelle der sich in der Nähe befindlichen Dormitos besucht. Sie haben 70 Ladungen mit dem 3.5t Lastwagen für ihr Fundament benötigt. Jedoch ist ihr Gebäude einiges grösser (41 x 9m, mit 10 Zwischenwänden).

07.07.2016

Fundament vertiefen

- **Schüler:** Wir haben die Zusammenarbeit mit den Schülern begonnen. Es sind ca. 7, doch einige sind wohl zu spät gekommen. Da wir sie um 13:30 in Kilolo abladen müssen, fahren wir zurück zum Essen. Einige sind sehr jung, der Lehrer ist leider nicht erschienen. Die Zusammenarbeit kann so nicht funktionieren.
- **Fundamente vertiefen:** Am Nachmittag hat Fidelis die Baustelle besucht, eine Diskussion zur nötigen Tiefe der Fundamente ist ausgebrochen. Wir sind der Meinung, dass die sie genügend tief wären, am Schluss haben wir sie tiefer gemacht, die Steine für die Füllung werden günstig von den Dorfbewohnern beschafft.
- **Steine:** Der 3.5t Lastwagen vom RDO hat die ersten zwei Lieferungen Steine für die Baustelle gebracht. Sie sind eckig doch haben einen hohen Quarzanteil. Wie bereits geahnt, die Schätzung zu den 70 bis 100 Fuhren ist masslos übertrieben.
- **Sitzung mit Fidelis und Lameck:** Wir haben den nächsten Tag besprochen, soll jetzt jeden Abend stattfinden.

08.07.2016

Fundamengraben mit Steinen füllen

- **Graben füllen:** Mit den Steinen die die Dorfbewohner gesammelt haben, füllen wir die Fundamentgräben auf bis ca. 10 cm unter OK Graben. So dass der Fundamentstein der Trockenmauer horizontal fixiert ist.
- **Emanuel:** Emanuel haben wir für einen Tageslohn von 25'000 angestellt, dass er die Leitung der Baustelle zusammen mit uns übernimmt. Sonst laufen wir Gefahr, dass jeder mitreden will.
- **Mr. Kassian:** Mr. Kassian bewahrt die Werkzeuge bei sich zu Hause auf & er hilft sehr oft mit, deshalb zahlen wir ihm 5'000 - 10'000 pro Tag.
- **Ladungen Steine Total:** bezahlt: 2, Dorfbewohner: 4

To do: Budget aktualisieren & mit Franz besprechen

CH	-	-
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	-	-

sonnig

rf



fertige Adobe Ziegel mit unserem Format (leider zu wenig abgedeckt)



Sisalfasern als möglicher Zuschlag in den Adobesteinen.

CH	2	10
RDO	4	11
Villagers	7	35
Students	7	21
Fundi	-	-

sonnig, sehr warm

rf



Fidelis vertieft den Fundamentgraben



Die ersten Steine werden mit dem RDO Canter angeliefert

CH	2	16
RDO	2	10
Villagers	7	35
Students	10	50
Fundi	1	5

sonnig, windig, doch sehr warm

rf



Der Fundamentgraben wird mit Steinen aufgefüllt



Schweizer Präzision beim Schnurgerüst

09.07.2016

Trockenmauern

- **Trockenmauern:** Wir haben mit dem Mauern des Fundamentes begonnen. Der Fortschritt ist grösser als erwartet. Zu einem, da wir sehr grosse Steine haben, doch auch weil ungenau gearbeitet wird. Insbesondere wollen die Tansaner immer Keile von aussen in die Mauer setzen, was deren Lebensdauer stark verkürzt. Ob wir wirklich ohne Zement mauern können, ist sehr fraglich.

- **Ladungen Steine Total:** bezahlt: 4, Dorfbewohner: 5

- **Adobe:** 15 Testziegel vom Lehm beim Maisfeld mit gehackten Piniennadeln als Zuschlag.

- **Steine:** Telefon mit Fidelis (rf), dass genügend Steine auf dem Platz sind und wir keine mehr benötigen.

10.07.2016

Kuhmistzugabe - Materialfotos

- **Fotodokumentation:** Die gesammelten Materialien und die bisher erstellten Ziegel werden zu Dokumentationszwecken fotografiert.

- **Kuhmistzugabe:** Weitere Experimente mit Zuschlägen werden gemacht, um die Eigenschaften der Adobe-Ziegel zu verbessern.

1) Die gewonnenen Sisalfasern werden in die Lehmmasse eingearbeitet. Die Fasern sollen eine Reduktion des Trockenschwindmasses durch relative Verringerung des Tongehaltes erwirken (analog Piniennadeln). Ebenso soll damit eine Rissverminderung sowie eine Erhöhung der Stabilität (Zugkraft) getestet werden. Die Anwendung scheint unrealistisch, da die Gewinnung der Fasern zu arbeitsaufwändig ist.

2) Gesammelter Kuhmist wird in die Lehmmasse eingemischt. Dabei erhoffen wir uns eine Verfestigung der Lehmoberfläche (insb. gegen Wasser). Gemäss Minke beruht die stabilisierende Wirkung des Kuhmistes auf den darin enthaltenen Kaseinen, sowie auf den Ammoniakverbindungen wie vermutlich auch auf der vorhandenen Zellulose.

- **Sockeldetail:** Die Pläne zu den Sockellösungen werden überarbeitet.

11.07.2016

Steine

- **Zusätzliche Steinladungen Sonntag:** Am Sonntag hat das Transportunternehmen von uns unaufgefordert 5 zusätzliche Steinladungen auf die Parzelle gebracht.

- **Zusätzliche Steinladungen heute:** Trotz Einwand bei jeder Lieferung, hat das Transportunternehmen heute drei Ladungen Steine geliefert.

- **Ladungen Steine Total:** bezahlt: 12, Dorfbewohner: 5

- **Fortschritt Fundament:** Heute waren zusätzlich Mr. Kibiki, der Maurerlehrer und Zacharias auf der Baustelle. So sind wir ein grosses Stück vorwärts gekommen. Leider ist die Sorgfalt beim mauern manchmal sehr mangelhaft. Ck und rf haben am Nachmittag einige Steine ausgebaut und mit besseren ersetzt.

- **Kostenberechnung:** Abends überarbeiten RF & Ck die Kostenschätzung. Dabei werden einerseits die zu erwartenden Steinladungen eingesetzt, andererseits werden die Positionen zu Bodenbelägen, Dackonstruktion und Decke präziser ausgezogen. Eine Kosteneinhaltung scheint nun doch für beide Gebäude möglich.

- **To do: Fehlende Stückpreise bei Fidelis nachfragen & mit Franz Kontakt aufnehmen.**

CH	2	16
RDO	2	12
Villagers	7	21
Students	10	50
Fundi	2	11

bewölkt, teilweise sonnig

rf



Abschnitt der Trockenmauer, links der Mitte ein von aussen gesetzter Keil



Fortschritt der Baustelle

CH	-	-
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	-	-

teilweise Aufhellungen, windig

ck



Kuhmist als potenzieller Zuschlagstoff



Fotodokumentation der Baumaterialien

CH	2	15
RDO	4	22.5
Villagers	-	-
Students	8	40
Fundi	2	15

am Morgen bedeckt und kalt.
am Nachmittag sonnig und warm.

ck



Stand des Fundamentes des Ökonomiegebäudes



Die Baustelle ist umringt von unzähligen Steinhäufen

12.07.2016	Visite RDO-Komitee
------------	---------------------------

- **Wassertank:** Ein zur Hälfte gefüllter 500Liter Wassertank wird auf die Baustelle transportiert.
- **Fortschritt Fundament:** Es wird ganztags an der Trockenmauer gearbeitet. Vormittags mit den Students & ihrem Lehrer, Nachmittags machen wir Ausbesserungen (Emanuel, RF, Ck, Mr. Kassian)
- **Visite RDO-Komitee:** Fidelis, die Sekretärin, Gaston etc besuchen am Nachmittag die Baustelle. Sie sind begeistert vom qualitativen und quantitativen Stand der Arbeit. Offensichtlich scheinen sie ebenfalls das Budget zu beurteilen. Der Stand dieser Kostenevaluation ist uns jedoch (wieder einmal) nicht klar; ebensowenig wie die allenfalls getroffenen Abmachungen mit Handwerkern und Zulieferer.
- **Bestellungen:** Wir lassen 3 Transporter Sand bestellen und fordern RDO auf, Blechüberreste zu sammeln, die als Wassersperrschicht auf der Fundamentkrone eingesetzt werden sollen.
- **Erschütterungen Maismühle:** Mario schickt uns seine Einschätzungen zur Anfrage Betreff der Erschütterung der Maismühle. Eine Lösung mit Gummiunterlagen aus Autoreifen für die Maschinen scheint in seinen Augen zielführend.
- **Wahlfacharbeit:** Es erreicht uns die Email von Dirk Hebel mit der Beurteilung der Wahlfacharbeit.

13.07.2016	Erste Ladungen Sand
------------	----------------------------

- **Verspäteter Arbeitsbeginn:** Unser Hilux springt morgens nicht an; die Zündung scheint nicht zu funktionieren. Der Maurerlehrer säubert die Kontakte der Batterien & wir kommen ca um 10h auf der Baustelle an.
- **Fussball:** Da die Temperaturen am Morgen alle frieren lassen, basteln wir aus alten Zementsäcken einen Fussball und wärmen uns bei einem kurzen Spiel auf.
- **Mittagspause:** Da wir in den letzten Tagen zu viel Zeit für die Mittagspause verloren haben, bleiben wir auf der Baustelle. Nur die Students werden zurückgebracht und das Mittagessen abgeholt.
- **Fortschritt Fundament:** Bis am Abend erreichen alle Fundamentstreifen der Wände im Verband die angestrebte Oberkante. Jedoch gilt es die Trockenmauer noch zu verstärken. Da oft zu wenig geduldig und exakt gearbeitet wurde und unsere Anstrengungen nicht jede Ecke erreichte, muss zugunsten der Langlebigkeit wohl mit Zementmörtel nachgeholfen werden.
- **Sand:** Die ersten Ladungen des bestellten Sandes werden geliefert; 4 kleine Lastwagen = 2 Lieferungen
- **Zement:** 2 Säcke Zement werden angeliefert

14.07.2016	Trockenmauer wird zur Zementmauer
------------	--

- **Fundament:** Die Fugen der Trockenmauer werden mit Zementmörtel aufgefüllt. Das angestrebte Ziel, nur wenn nicht anders möglich auf Zement zurückzugreifen, konnte nicht erreicht werden. Der Entscheid wurde aus zwei Gründen gefällt: Erstens weil die Mauer vermutlich aufgrund von Nachlässigkeiten zu wenig langlebig gewesen wäre und zweitens weil das tansanische Verständniss bei einem modernen Gebäudes schlicht nicht ohne den Einsatz von Zement auskommt. Für ein nächstes Fundament müssten die mitarbeitenden Handwerker besser in das Trockenmauern eingeführt werden.
- **Rohreinlage:** Zur Verbindung der beiden Gebäude mit einem Stromkabel (ab PV Anlage) wird ein Rohr vorgesehen. Dieses durchdringt in der SW-Ecke das Fundament ca 10cm unter OK Lehmboden.
- **Adobe:** Sechs Testziegel vom Lehm beim Maisfeld werden mit dem Zuschlagstoff Kuhmist hergestellt.
- **Metallschalung:** Eine Schweissverbindung ist gebrochen. Evtl. müssten die Ecken mit Winkel verstärkt werden
- **Sand:** Die dritte Ladung des bestellten Sandes wird geliefert; total: 3 Lieferungen
- **Zement:** Bisher 3 Säcke verbaut
- **Metallresten:** Die Metallresten wurden noch nicht gesammelt und stehen noch nicht zu Verfügung.
- **Auto:** Auch heute hält uns unser Fahrzeug auf Trab. Der Kühler scheint zu überhitzen.

CH	2	16	Vormittags bewölkt/kalt/windig, Nachmittags sonnig	ck
RDO	1	5		
Villagers	-	-		
Students	10	40		
Fundi	2	12		



Mr.Kassian und zwei Dorfbewohner auf dem fast fertig gemauerten Fundament



Der Fundamentgraben des Verwaltungsbaus wartet auf den Startschuss

CH	2	13	bewölkt, neblig, kalt. Nachmittags kürzere Aufhellungen	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	8	20		
Fundi	2	13		



Die obersten Steine werden eingepasst



Emanuel, René & Studenten bei gemeinsamer Arbeit

CH	2	16	Vormittags bewölkt, neblig, kalt & windig, Nachmittags Aufhellungen	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	5	25		
Fundi	2	15		



Rohreinlage zur Verbindung des Solarstromes



Die Fugen der ehem. Trockensteinmauer werden mit Zement aufgefüllt.

15.07.2016	OK für das Verwaltungsgebäude
------------	--------------------------------------

- **Verwaltungsgebäude:** Franz hat mit Fidelis unsere neue Kostenschätzung besprochen. Da der Preis ca. 16'000 Euro beträgt hat Franz das OK zum weiterbauen am Verwaltungsgebäude gegeben. Am Montag starten wir mit dem Fundament

- **Fundament Zwischenwand:** Wir haben das Fundament der Zwischenwand für das Lager eingemessen und nachträglich ausgehoben. Dieses Vorgehen scheint passend für die einfachen Zwischenwände zu sein.

- **Wassertransport:** Der Wassertransport mit den Villagers hat nicht funktioniert, den Hilux können wir dafür nicht einsetzen, da das Terrain zu unwezig ist. Wir müssen dies mit Fidelis besprechen. Am besten sozial benachteiligte oder Waisen dafür bezahlen.

- **Baustelle aufräumen:** Ck hat mit den Schülern die Baustelle aufgeräumt. Schön wäre, wenn die Schüler ein Bewusstsein für Ordnung und Sorgfal entwickeln würden. Zum Beispiel verlieren wir ziemlich viel Kies, das achtlos in den Boden gestampft wird.

- **Metalsheets:** Leider hat die Materialbeschaffung noch immer nicht funktioniert.

- **Fundament ausmessen:** Wir haben das gebaute Fundament ausgemessen um im Plan zu überprüfen.
- Fazit der Überprüfung: Die mittlere Wand (workshop/interstitial) wurde falsch eingemessen und ist nicht mehr auf das Ziegelmaß abgestimmt. Umplanung & Lösungssuche.

16.07.2016	Adobe mit Piniennadeln
------------	-------------------------------

- **Planung:** Heute ruht die Baustelle. Wir versuchen die Planung voranzutreiben, was auch bitter nötig ist. Die aktuellen Pläne müssen rechtzeitig zu Elias gemailt werden.

- **Adobe mit Piniennadeln:** Wir haben die 50 Teststeine besucht.
- Die Nadeln sind alle an einer Seite gebüscht, etwas hat bei der Produktion nicht funktioniert. So können wir keine Adobe produzieren.
- Die Steine trocknen leider am Hang, sie erhalten alle ein bisschen Schiefelage beim trocknen.
- Es gibt viele Steine mit Schwindrisse, sie müssten besser abgedeckt werden beim trocknen.

- **Telefon mit Franz:**

- Er hat das OK für das Verwaltungsgebäude gegeben.
- Er schlägt vor einen weiteren Fundi im Tageslohn anzustellen.
- Er will Randständige für einfache Arbeiten einstellen, dass sie etwas Geld verdienen können.
- Freut sich über die Qualität des Fundaments, wünscht sich Zement nur als Toplayer. Was wir sowieso versuchen beim Verwaltungsbau zu erreichen..

- **Telefon mit Fidelis: Viele Details besprochen**

- Kibiki soll als zweiter Fundi im Taglohn angestellt werden
- Von der Lehmgrube Kikurue sollen 17'000 Adobeziegel bestellt/gekauft werden. Ca 1000 sollen gebrannt werden. Schlechte Ziegel wollen wir nicht kaufen. Für die weitere Produktion soll besser auf folgende Punkte Acht gegeben werden: flache & ebene Trocknungsfläche / genügend lang abgedeckt trocknen lassen / sicher & trocken stapeln wenn trocken.
- sechs weitere Adobe-Schalungen können mit Kiwonde gebaut werden
- Canter kommt am Montag nach Kilolo; mitnehmen: Stampfer für Stampflehm Boden, Blechresten von Mdabulo, Gerüstmaterial von Mdabulo
- Gaston soll sich um die Blechresten kümmern; evtl Temporärküche in Kilolo abbauen
- Fidelis soll herausfinden, wie und zu welchem Preis das Wasser an den Bauplatz transportiert werden kann
- Zwei bis drei Villagers sollen uns bei der Produktion der Adobeziegel in Isele unterstützen

CH	2	7
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	6	21
Fundi	2	7

bewölkt, teilweise sonnig

rf



Die Fugen sind ausgemörtelt, es fehlt noch die Ausgleichsschicht



Nahaufnahme vom Oberflächenfinish

CH	-	-
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	-	-

bewölkt, neblig, kurz Regen

rf



Die 50 Teststeine



Verteilung der Piniennadeln im Ziegel



Steine beim Trocknen, leider auf abschüssigem Terrain



Fertige Steine auf einen Haufen geworfen.

17.07.2016

Revision der Pläne

- Planungsarbeiten

- Oekonomiegebäude: Der festgestellte Fehler kann nur mittels Erweiterung des Fundamentstreifens behoben werden.
- Verwaltungsgebäude: Die ausgemessene Terraindifferenz wird mit einem Absatz von 24cm (zwei Ziegel) aufgenommen. Die genaue Lage und Dimension der Fundamentstreifen wird im Plan überprüft und soll in der kommenden Arbeitswoche fehlerfrei gebaut werden.
- RF fährt mit Lameck am Nachmittag nach Mdabulo
- Ein Kilo Nägel (3 Inch) für 3500 TSH gekauft.

18.07.2016

Aushub Verwaltungsgebäude

- Auf der Baustelle wird nur Vormittags gearbeitet, da die Arbeiten schnell voran kommen
- **Aushub Verwaltungsgebäude:** Der offizielle Baubeginn des zweiten Gebäudes; Nachdem die Masse kontrolliert und die Anpassungen des revidierten Planes vorgenommen wurden, werden die Fundamentstreifen vertieft.
- **Oekonomiegebäude:** Der mittlere - falsch gebaute - Fundamentstreifen wird um 28cm gemäss revidiertem Plan ergänzt.
- **Adobe Schalungen:** RF produziert mit Kiwonde in Mdabulo 6 zusätzliche Adobe Schalungen sowie drei Schalungen für die Ton-Bodenplatten (17/17cm)

19.07.2016

Schnurgerüst Verwaltungsgebäude

- **Schnurgerüst:** Ck und rf beginnen das Schnurgerüst zu bauen. Es scheint nicht so präzise nivilliert zu sein, wie jenes des Ökonomiegebäudes.
- **Steine Fundamentgraben:** Das Ziel den Graben heute zu füllen haben wir nicht erreicht. Es gab nicht genügend Steine der entsprechenden Qualität. Am Abend haben wir beschlossen, mit welchem Haufen wir morgen weiter auffüllen, dass die Arbeiten nicht wieder ins Stocken geraten.
- **Ladungen Steine:** mit dem RDO Canter wird eine zusätzliche Lieferung Steine angeliefert.
- **Total:** bezahlt: 12, Dorfbewohner: 6
- **Wasser:** Der Tank wurde noch nicht gefüllt. Mr. Kassian sagt, dass eine Füllung durch Frauen des Dorfes 5'000 TSH kostet (200 TSH pro 20 Liter). Der Preis scheint soweit abschätzbar in Ordnung zu sein.
- **Adobeproduktion:** Die Steinproduktion hat noch nicht angefangen. Für die Schalungen fehlt noch das Holzbrett, welches wir heute bei Mustafa (Schreiner RDO) in Auftrag gegeben haben.
- **Schalungen flicken:** Rf versucht die defekten Schalungen zu schweissen, was nur bedingt funktioniert.

CH	-	-	bewölkt, neblig, kurz Nieselregen	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

CH	1	4.5	bewölkt, neblig, Nachmittags Aufhellungen	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	6	27		
Fundi	3	13.5		



Ergänzung des Fundamentes; Verbreiterung um 28cm nach links



Vertiefung des Aushubes beim Verwaltungsgebäude

CH	2	16	sonnig, windstill, kalt	rf
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	5	30		
Fundi	2	9		



Der breite Fundamentgraben unter den Stützen wurde aufgefüllt



Das Schnurgerüst

20.07.2016	Fundament Verwaltungsgebäude
------------	-------------------------------------

- **Fundamentgraben füllen:** Am Morgen beginnen wir den Graben mit kleineren Steinen zu füllen, dank Mr. Kibiki sehr sorgfältig. Nach ca. zwei Stunden berichtet der RDO-Chairman, dass morgen wieder mehr Füllsteine von den Dorfbewohnern geliefert werden. Wir stellen das Füllen des Grabens auf weiteres. ein.

- **Steinhaufen:** Wir beginnen die restlichen Steinhaufen um das Ökonomiegebäude abzubauen und zum Verwaltungsbau zu tragen. Es sind eher Reste, die guten Decksteine sowie grossen Brocken sind bereits im Ökonomiegebäude verbaut.

- **Adobettransport:** Ck fährt mit dem Canter zur Lehmgrube, leider sind die Steine noch nicht trocken genug. Neuer Termin ist am 22.07.16

- **Fundamentmauer:** Mr. Kibiki und Emanuel beginne mit der Wand zu mauern. Wir starten an der höchsten Stelle der Wand, erhoffen so den Steinverbrauch besser abschätzen zu können. Dank dem gesammelten Kies, hinterfüllen sie richtig. Leider setzen sie immer noch Keile von aussen in die Wand.

- **Adobeschlaug:** Mustafa baut mit ck die fehlenden Bodenbretter für die Schalungen.

- **Wassertank:** Zwei Frauen füllen den Wassertank auf (500l), sehr nice.

21.07.2016	Adobeproduktion
------------	------------------------

- **Adobe:** Es wird mit der Adobe-Ziegel Produktion am Bauplatz (Lehm: Maisfeld) begonnen. Ck leitet zusammen mit Kassian die Produktion.

- Die Humusschicht wird grossflächig entfernt.

- Auf ca 10x10m wird das Gras entfernt und die Oberfläche ausgeebnet > Trocknungsfeld

- Die harte Lehmschicht wird mit Hacken lose gemacht und mit Wasser angemischt.

- Piniennadeln werden in ca 3-4cm lange Stücke mit Machete zerhackt und dem Lehm beigemischt.

- Mit Hacken und Füssen wird eine homogene Masse gemischt. Diese sollte weder zu nass (um ein Fliessen des Ziegels zu verhindern) noch zu trocken (um glatte Oberflächen ohne Lufteinschlüsse zu erhalten) sein.

- Die Mischung wird in die Stahlschalungen gepatzt und auf dem vorbereiteten Trocknungsfeld gestürzt.

- Mit ausgetrocknetem Gras/Heu werden die Ziegel vor der Sonne - und somit vor zu schnellem Austrocknen - geschützt.

- 128 Ziegel werden produziert.

- **Trockenmauern:** Zeitgleich wird am Fundament des Verwaltungsgebäudes weitergemauert. Jedoch kommen die Arbeiten heute nur schleppend voran.

CH	1.5	10.9
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	7	24.5
Fundi	2	14.5

sehr sonnig, sehr warm

rf



Schnurgerüst und zu ca. 50% gefüllter Fundamentgraben.



Überblick auf die gesamte Baustelle

CH	2	14
RDO	1	7
Villagers	-	-
Students	10	50
Fundi	3	18

am Morgen bewölkt, am Nachmittag sonnig & warm

ck



Humus abtragen um zum guten Lehm zu gelangen.



Die fertige Mischung muss in die Schalung gepatzt werden.

22.07.2016

Adobeproduktion 2

- **Adobe produzieren:** 210 Ziegel produziert.
- **Steinlieferung:** Die Transportirma hat eine Ladung Steine gebracht.
- **Angebot Villagers:** Die Dorfbewohner würden für 30 TSH pro Stück Adobe produzieren. Das macht einen Gesamtpreis pro Stein: 63 TSH (5000 für einen Wassertank à 150 Ziegel --> 33.3 TSH)
- **Pläne zeichnen:** rf hat am Nachmittag Detailpläne gezeichnet.

23.07.2016

Hannes in Kilolo

- **Fundament mauern:** weiterbauen.
- **Wasser:** Ck hat an Mr. Kassian 10'000 gezahlt für zwei Füllungen. Eine für am nächsten Montag.
- **Steinlieferung:** Die Transportfirma hat 2 Steinlieferungen gebracht (neues Total: 16). der Canter hat eine Lieferung Quarzit gebracht (neues Total: 6)
- **Hannes & Fidelis:** Wir waren zusammen auf der Baustelle und haben den Stand der Arbeit begutachtet und das weitere Vorgehen besprochen.

24.07.2016

Pick up in Ipogolo

- **Ruhetag:** Weder auf der Baustelle noch im Büro werden Arbeiten ausgeführt.
- **Pick up:** Wir haben Elias, Fabian und Beni in Ipogolo abgeholt. Bei der Rückfahrt haben wir eine Platte am rechten Vorderreifen. Da das Reserverad ebenfalls nicht einsatzfähig war, war eine langwierige Reparatur möglich, die mit Hilfe von lokalen Leuten und Passanten bewerkstelligt werden konnte.

CH	2	8	bewölkt, teilweise sonnig	rf
RDO	1	8		
Villagers	-	-		
Students	10	50		
Fundi	2	16		

CH	2	10	bewölkt, neblig, kurz Regen	rf
RDO	1	5		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	3	15		



Die verdiente Pause mit lokaler Stärkung



Stand der Arbeit beim Verwaltungsgebäude

CH	-	-	sonnig, windig	rf
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

25.07.2016	Verstärkung auf der Baustelle
------------	--------------------------------------

- **Fundament mauern:** Mit den neuen Arbeitern kommen wird ganz schön flott voran. Die Auffüllung ist beinah fertig. Die Aussenwände zu knapp 75%.
- **Wassertank:** Der Tank wurde - wie vereinbart - über das Wochenende gefüllt.
- **Schüler:** Die Schüler sind nicht auf die Baustelle gekommen. Angeblich sollen sie nur für den Bau des RDO-Workshops in Kilolo eingesetzt werden. Fidelis wird kontaktiert.
- **Adobeproduktion:** Die Dorfbewohner, welche die Adobeproduktion vor Ort in Betrieb nehmen sollten sind nicht erschienen. Ein Zeitproblem entsteht!

26.07.2016	Rohr für Elektro einlegen
------------	----------------------------------

- **Rohr für Elektro:** Wir haben das Rohr zur Verbindung der beiden Volumen des Verwaltungsbaus eingelegt.
- **Meeting mit RDO:** Wir haben die aktuellen Probleme mit Fidelis, Lameck und Twueve (Chairman RDO) im Plenum diskutiert.
 - Kikurue hat 3000 Ziegel gebrannt (warum nicht wie geplant 1000 Stk?!) Weitere 8000 Adobeziegel sind ebenfalls produziert. Baldige Abholung wird angestrebt.
 - eine wiederkehrende Koordinationssitzung soll stattfinden (vgl Eintrag Bautagebuch 07.07.2016)
 - Die Studenten werden aufgrund von Reklamationen von Eltern keine Adobeziegel mehr produzieren. In unseren Augen wäre dies aber sinnvoller Teil ihrer Ausbildung.
 - Der Preis für Adobeziegel hergestellt durch Dorfbewohner wird besprochen. Das ursprüngliche Angebot von TSH 30/brick soll nicht mehr gelten; TSH 50/brick wird verlangt.
 - RDO-Canter (Transporter) soll in der kommenden Woche in Kilolo sein
- **Fussball:** Der von Elias mitgebrachte Fussball eröffnet neue Betätigungsfelder auf der Baustelle

27.07.2016	Debatte
------------	----------------

- **Blechabdeckung:** Blechresten werden zugeschnitten, so dass sie als Wasserbarriere auf die Fundamentkrone des Oekonomiegebäudes verlegt werden können. Students arbeiten mit Flex.
- **Debatte vor Ort:** Fidelis, Twueve (Chairman RDO), Secretary & Gaston besuchen die Baustelle und besprechen sich mit Mr Kassian. Dieser möchte für die bereits geleisteten Arbeiten einen höheren Preis. Da die Abmachung jedoch getroffen wurde, willigen wir dem nicht ein.
 - Ebenfalls soll die Adobeproduktion vor Ort TSH 50/brick kosten, exkl Wassertransport! --> Totalkosten pro Ziegel ca TSH 83. Zuzüglich kämen 10'000 TSH für die Aufsicht durch Mr Kassian. Preis scheint zu hoch. > Der Preis wird auf TSH 40/brick reduziert.
 - Der Transport der Ziegel von Kikurue kostet TSH 60/brick (1000 bricks/Fahrt; TSH 60'000/Fahrt) > Die Kosten des Ziegels würde inkl Transport somit TSH 110 betragen.
 - Chairman von Isele äussert Zweifel am Ziegel, der vor Ort produziert wird.
- **Abendbesprechung Teamintern:** - Kassian scheint uns zu behindern > Wo möglich soll er vom Bauprozess ausgeschlossen werden.
- Um eine soziologische Krise abzuwenden und den Rückhalt der Dorfbewohner zurückzugewinnen sollen die Adobe für beide Gebäude bei Kikurue produziert werden. Jedoch wollen wir die Produktion begleiten & beaufsichtigen (Beimischung Piniennadeln für Oekonomiegebäude, Präzision etc.)
- **To do:** - weiteres Vorgehen mit Fidelis besprechen (contract Kikurue)

CH	5	35	Vormittags bewölkt, Nachmittags sonnig	rf
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	3	19		



Absatz im Fundament



Foto von der gesamten Baustelle

CH	5	35	Vormittags bewölkt, Nachmittags sonnig	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	3	21		



Einlage des Rohres für die Stromverbindung



Aufsicht auf die Trockenmauer

CH	5	35	Vormittags bewölkt, Nachmittags sonnig, windstill	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	4	18		
Fundi	3	18		



Zuschnitt der Wellblechresten für die Fundamentkronen des Oekonomiegebäudes



Weiterbau am Fundament des Verwaltungsgebäudes

28.07.2016

Fundamente

- **Trockenmauern:** Die Trockenmauer des Verwaltungsgebäudes wird vorangetrieben. Nahezu sämtliche Mauern sind gebaut. Die Steine sind fast aufgebraucht. Eine zusätzliche Ladung wird gebraucht. Ck informiert Fidelis.
- **Blech:** Die Wellblechteile für den Abschluss des Fundamentes des Oekonomiegebäudes werden zugeschnitten.
- **Erdarbeiten:** Teile des ausgehobenen Lehms werden aufgrund des anderen Bodenaufbaus vom Verwaltungs ins Oekonomiegebäude verfrachtet. Ebenfalls wird mit dem Abtragen des Humus rund um das Verwaltungsgebäude begonnen. Für diese Arbeit ist ein Einsatz der Dorfbewohner vorgesehen.
- **Villagers:** Einsätze der Dorfbewohner sollen zwei Tage im Voraus mit Gaston besprochen werden, so dass die Leute mobilisiert werden können

29.07.2016

Humus abtragen

- **Humus abtragen:** Villagers tragen den Humus-Wall rund um das Verwaltungsgebäude ab. Somit soll die Einbettung ins Terrain wie die angestrebte Sockelhöhe erreicht werden.
- **Trockenmauer:** Die Fundamente für die Innenwände werden gemauert. Das Schnurgerüst wird angepasst.
- **Logistik:** Sämtliche Steine sind aufgebraucht. Eine zusätzliche Ladung Steine wurde bestellt (sind jedoch noch nicht angeliefert worden). Ebenfalls wurden noch keine Adobe-Ziegel auf die Baustelle transportiert. Ck bespricht mit Twueve & Gaston den Ablauf für die Lieferung > Samstags sollen die Steine angeliefert werden, Montags sollen Adobe-Ziegel bei Kikurue abgeholt werden.
- **Zementbankett:** Beim Oekonomiegebäude wird mit der Wasserbarriere/Ausgleichsschicht begonnen. Diese besteht aus einem 5cm starken Zementbankett mit eingebettetem Wellblech. Die Aussenkante ist um ca 6cm vom Bruchsteinfundament zurückversetzt. Die Abfasung soll nachträglich ergänzt werden.
- **Mörteltest:** Mit dem Lehm von Isele (Standort Maisfeld) wird gemäss SUDU mit Mörteltests begonnen. Es werden Verhältnisse von Lehm-Sand von 1:1 sowie 2:3 angemischt.

30.07.2016

Zementbankett

- **Zementbankett Oekonomiegebäude:** Die äusseren Streifenfundamente des Oekonomiegebäudes sind mit Zementbankett versehen. Die inneren Untertrennungen sollen Montags ergänzt werden. Ebenfalls soll der äussere Abschluss (wo die Richtlatte auf die Steine gesetzt wurde) ergänzt werden.
- **Steine:** 1 Ladung Steine wird angeliefert (Total: 17) (TSH 185'000). Eine weitere - letzte - Ladung wird bestellt.
- **Wassertransport:** Der 500l-Wassertank wird durch Frauen für TSH 5000 aufgefüllt.
- **Trockenmauer Verwaltungsgebäude:** Mit den angelieferten Steinen wird begonnen die Fundamente für die Bank, den Kamin sowie den Tresor zu mauern.
- **zusätzlicher Fundi:** Wir entscheiden ab der kommenden Woche einen zusätzlichen Handwerker im Taglohn anzustellen, um die Arbeiten der (beiden) Baustelle(n) effizient vorantreiben zu können. Wir übertragen Kibiki die Auswahl eines geeigneten Mannes. Da die Kosten des contractors entfallen, ist dies gut mit dem Budget zu vereinbaren.

CH	5	32.5
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	4	16
Fundi	2	10.5

sonnig, windig

ck



Die zugeschnittenen Wellblechteile auf dem Fundament des Oekonomiegebäudes



Beni erhält Hilfe beim Abtragen des Lehms

CH	5	28.5
RDO	1	4
Villagers	8	16
Students	4	16
Fundi	2	13

sonnig, warm

ck



Villagers beim Abtragen des Humus'



Kibiki, Emanuel & Fabian bauen das Wellblech ein

CH	5	30
RDO	-	-
Villagers	2	2
Students	-	-
Fundi	2	12

Vormittags bewölkt, Nachmittags sonnig & warm

ck



Eingemörteltes Wellblech



Aussparung Wandanschluss

31.07.2016	Jassen
------------	---------------

- **Testing the bricks:** ck baut Toilette zu Testzwecken in ein Versuchslabor um. Mit einem Wasserstrahl einer Intensität von 1.3 l/min wird 'heavy rain' simuliert. Die Adobesteine werden in einem 45°Winkel während je 30 Minuten exponiert. Testergebnisse auf separatem Blatt.
- **Mörteltest:** ck macht den Mörteltest mit Lehm aus der Kikurue-Lehmgrube. Die Resultate folgen noch. Reiner Lehm aus der Grube verweist doch schon nach kurzere Trocknungszeit.
- **Dübeltest:** Beni testet Alternativen zu Plastikdübel. Z.B. runde Holzstücke, die wie ein Dübel in das vorgebohrte Loch gesteckt werden.
- **Adobe ölen:** rf hat einen Stein eingeeölt. Das Öl wird in den Stein eingezogen, gelbe Ränder bleiben sichtbar. 5l Speiseöl kosten 15'000.
- **Pläne zeichnen:** rf hat Details für den Verwaltungsbau gezeichnet.
- **Platten Hilux:** Der rechte Vorderreifen ist wieder platt, hoffentlich haben wir morgen einen Ersatz.

01.08.2016	Adobe Problem
------------	----------------------

- **Dritter Fundi:** Zacharias (Bruder Kibiki) wird als dritter Fundi angestellt. Die von uns initiierte Anstellung muss formal noch vom RDO-Chair genehmigt und schriftlich festgehalten werden. Dies soll morgen Dienstag in der Früh geschehen.
- **Steine:** Eine weitere Ladung Steine aus Mafinga wurde angeliefert. Total 20.
- **Fundament Verwaltungsgebäude:** Die Steinarbeiten der Trockenmauer am Verwaltungsgebäude wurden abgeschlossen. Aussparungen sowie zusätzliche Auflager für die Balkenlage der Holzböden wurden integriert. Mit der Ausgleichsschicht aus Zement wurde begonnen. Anstelle der Metallresten wird eine Plastikfolie als Feuchtigkeitssperre eingelegt.
- **Fundament Oekonomiegebäude:** Das Zementbankett wurde beinahe fertiggestellt; Die Abfasung entlang den Aussenkanten muss noch ergänzt/kompletiert werden. Total wurden heute 4.5 Säcke Zement verbaut
- **Löhne der Fundi:** Die von der Secretary notierten Arbeitszeiten werden von uns vor Auszahlung der Löhne verifiziert. Ck schlägt eine gemeinsame (Chair, Fundi, uns) Besprechung vor, wo folgende Themen besprochen werden sollen: -Pünktlichkeit / Einsatz / Telefonieren / Pausen / Penalty
- **Kassian:** Gemäss unserer Tagesliste werden Kassians Leistungen entlohnt (TSH 105'000). Die Lagerung der Werkzeuge ist gemäss den Aussagen von Lameck unentgeltlich.
- **Adobe Ziegel:** Die bei Kikurue bestellten Adobe Ziegel sollten eigentlich abgeholt und zur Baustelle transportiert werden. Da dies nicht geschieht, werden neue Probleme des Bauprozesses zu Tage gefördert. Ck besucht zusammen mit Secretary, Lameck & Gladman Kikurue's Lehmgrube.
 - bisher wurde kein schriftlicher Vertrag abgeschlossen.
 - Anstelle der bestellten 1000 wurden 3000 Ziegel gebrannt. Dies geschah, weil der Brennofen zu klein gewesen wäre und Twueve (Chairman RDO) für die Anzahl von 3000 einwilligte. Wir kaufen die Ziegel nicht. Problem des RDO. Preis der gebrannten Ziegel TSH 100/brick.
 - Kikurue verlangt plötzlich TSH 80/brick. Jedoch hatten wir mündlich ein Preis von TSH 50/brick ausgemacht (Siehe Bautagebuch 29.06.2016). Eine riesige Diskussion entflammt! Fidelis wird telefonisch einbezogen. Ck beharrt auf dem abgemachten Preis. Es kommt keine Einigung zustande.
 - total wurden bisher 12'000 Ziegel produziert.
- **Hlux:** Gaston liess den Reifen flicken, ck montiert ihn am Morgen.

CH	-	-
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	-	-

sonnig, windig

rf



30-Minuten 'heavy-rain' Simulation



Verschiedene Mörtelzusammensetzungen im Test

CH	5	36
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	4	14
Fundi	3	24

sonnig

ck



Für die Balken der Holzböden werden weitere Auflager gemauert



Beim Verwaltungsgebäude wird mit der Ausgleichsschicht begonnen.

02.08.2016	Gespräch mit den Fundis
------------	--------------------------------

- **keine Schüler:** da die Fertigstellung des Workshops höhere Priorität zu haben scheint, kommen keine Schüler auf die Baustelle.

- **Besprechung mit den Fundis:** Bei einer gemeinsamen Besprechung mit Chair & Fundi erörtern wir unsere Vorstellungen des zukünftigen Arbeiten:

-Die harte Arbeit des Fundamentbaus ist bald abgeschlossen

-wir versuchen alle um 8h bereit zu sein

-die geleisteten Arbeitstage werden von uns protokolliert.

-weiteres: Telefonieren, Pausen, etc.

- **Krise auf der Baustelle:** Scheinbar hat die offene Kommunikation des morgendlichen Gespräches negative Auswirkungen. Emanuel will für einen kurzen Moment nicht mehr für uns arbeiten. Die Verwirrung kann beigelegt werden.

- **Fundament Verwaltungsgebäude:** Die Hauptarbeit des Tages ist die Weiterarbeit der Ausgleichsschicht/Wassersperrschicht aus Zement.

- **Fundamentkante Oekonomiegebäude:** Wir bessern die Aussenkante des Zementüberzuges aus; Die Kante wird auf die äussere Flucht der Adobewand abgefast.

- **Wasser:** ck bezahlt ein Wassertransport à TSH 6000

- **Adobe:** Fidelis und Twueve vereinbaren mit Kikurue einen Preis pro brick von TSH 70.- Ein Vertrag wurde aber noch immer nicht gemacht. Der geplante Besuch von Fidelis mit rf bei Kikurue um die Vereinbarung zur Produktion der Ziegel des Oekonomiegebäues zu klären findet nicht statt.

- **Arbeitszeit Schüler:** Ab Freitag 04.08 bleiben die Schüler auch ganztags und verbringen den Mittag auf der Baustelle. Ihr Lehrer soll auch dabei sein. Die Küchencrew kocht in Isele.

- **Krank:** Beni krank ganztags

- **Büro:** rf arbeitet nachmittags an den Plänen

03.08.2016	Adobelieferung
------------	-----------------------

- **Adobelieferung:** rf bringt zusammen mit den Villagers, CH-Team und dem Villager Canter 1285 Adobe Bricks auf die Baustelle (3-Trips). Leider ist die Qualität nicht gleich gut über alle Steine.

- **Zementbankett Verwaltungsgebäude:** Das Ausgleichsbett ist fast fertig. Es fehlt teilweise noch der Abschluss der Kante. 10 Säcke Zement werden verbaut.

- **Wasser:** ck bezahlt ein Wassertransport à TSH 6000

- **Aussparungen für die Balkenlage:** Ck macht und kontrolliert die Aussparungen für die Balkenauf-lager gem. Plan.

- **Telefon mit Fidelis:** Der Canter kommt erst am Freitag

CH	4	21	warm, sehr sonnig	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	3	18		

CH	5	35	warm, sehr sonnig	rf
RDO	-	-		
Villagers	5	30		
Students	5	20		
Fundi	2	14		



Die Ziegel sind nicht alle gleicher Qualität



Die Adobeziegel werden neben dem Fundament aufgestapelt

04.08.2016	Abschluss der Fundamentarbeiten
------------	--

- **Zementbankett Verwaltungsgebäude:** Die Arbeiten werden abgeschlossen. Neben Anpassungen der Kanten werden die Fundamente für Safe, den Kamin sowie Balkenaufleger fertiggestellt.
- **Wasser:** el bezahlt ein Wassertransport à TSH 6000
- **Schnurgerüst:** Beim nördlichen Teil des Verwaltungsgebäudes wird das Schnurgerüst für die kommenden Maurerarbeiten vorbereitet. Die gespannten Schnüre markieren Aussen- und Oberkante der ersten Steinlage.
- **Planwand:** die von Beni vorbereitete Planwand wird aufgestellt und mit Grundriss- & Schnittplänen behängt.
- **Abbau Lehm für Lehmörtel:** Neben dem Verwaltungsgebäude wird kreisförmig (Durchmesser ca 2m) der Humus abgetragen. Dort soll der Lehm für den Lehmörtel abgebaut werden. Die ersten ca 50cm Lehm werden gelockert.
- **Mittagessen:** Die Küchencrew begleitete uns nach Isele, wo sie für alle (uns, Fundis, Schüler) kochte. Dieser Ablauf ist sehr gut, bedingt jedoch eine gute Planung der Logistik (Transport).

05.07.2016	Beginn der Maurerarbeiten
------------	----------------------------------

- **Adobe-Wand:** Es wird mit den Maurerarbeiten begonnen. Zunächst erörtert ck den Fundis und den Schülern, wie der Wandaufbau geplant ist. An einer Ecke werden die Ziegel ohne Mörtel aufgeschichtet um den geplanten Verband zu demonstrieren. Eine genaue Kontrolle und stetiges messen der Arbeiten ist nötig. Oft müssen Ziegel geschoben werden... Die partizipierenden Arbeiter müssen dafür sensibilisiert werden, dass Binder und Läufer aufeinander abgestimmt werden und dass eine regelmässige Fugenbreite zwingend ist. Jedoch scheinen die Handwerker zunehmend Gefallen daran zu finden, exakt und gar nach Plan zu arbeiten.
- **Lehmörtel:** In einem Verhältnis Lehm/Sand von 1/2 wird der Lehmörtel hergestellt. Dabei wird darauf geachtet, dass die Lehmknollen noch im trockenen Zustand gut verkleinert werden.
- **Wasser:** ck bezahlt zwei Wassertransporte à je TSH 6000
- **Materialbestellung:** ck bittet Fidelis 4 Ladungen Sand zu bestellen.
- **Büro:** Rf zeichnet Pläne
- **Krank:** Elias krank halbtags
- **Hilux:** Da der Reifendruck morgens v.a. am rechten Hinterrad sehr gering ist, verzögert sich die Abfahrt. ck, el & Kibiki fahren nach Kilolo, wo die Reifen gepumpt werden.

06.08.2016 07.08.2016	Safari
--------------------------	---------------

- **Ruhetage:** Während des ganzen Wochenende werden weder auf der Baustelle noch im Büro Arbeiten ausgeführt. Fabian, rf & ck machen einen zweitägigen Ausflug in den Ruaha National Park während Beni & el krank zu Hause bleiben müssen.
- **Hilux:** Das Auto wird in Iringa vom Mechaniker gewartet.

CH	5	35
RDO	1	7
Villagers	-	-
Students	10	60
Fundi	2	14

sonnig und warm

ck



Abschlussarbeiten am Zementbankett



Das Auflager der Balken im Meetingraum (v.l.) und das Fundament des Safes (mitte)

CH	4	22
RDO	1	6.5
Villagers	-	-
Students	10	halb
Fundi	2	13

sonnig und warm

ck



Mit der Schubkarre wird das Mischverhältnis Lehm/Sand abgemessen



In der NW-Ecke wird der erste Ziegel gesetzt.

CH	-	-
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	-	-

sonnig und warm

ck

08.08.2016	Feiertag
------------	-----------------

- **Feiertag:** Aufgrund eines Feiertages sind heute weder Schüler noch Lehrer auf der Baustelle.
- **Lehmmörtel:** Die gemauerten Fugen von Freitag weisen keine Risse auf. Das Mischverhältnis Lehm/Sand 1/2 wird beibehalten
- **Adobe-Transport:** rf bringt zusammen mit den Villagers, CH-Team und dem Villager Canter 1265 Adobe Bricks auf die Baustelle (3-Trips).
- **Logistik:** Der am Freitag bestellte Sand ist noch nicht eingetroffen. Fidelis wird erinnert und Lameck wird ebenfalls gebeten, sich darum zu kümmern... Für morgen Dienstag scheint es nicht möglich zu sein mit Villagers Adobeziegel zu transportieren. Wir bitten Lameck für Mittwochs neben dem Canter auch den grossen Lastwagen zu organisieren, um möglichst rasch viele Ziegel auf der Baustelle zu haben.
- **Krank:** Beni krank ganztags

09.08.2016	Besprechung mit Franz
------------	------------------------------

- **Maurerarbeiten:** Es wird auch im südlichen Teil des Verwaltungsgebäudes mit Maurerarbeiten begonnen. Das Schnurgerüst wurde ergänzt. Die äusseren Fugen werden glattgestrichen.
- **Adobe-Transport:** Keine Transporte. Der Canter hat keine Zeit & die Villagers stehen nicht zu Verfügung.
- **Lehmmörtel:** Im Abbauloch stossen wir auf die rote Lehmschicht. Das Mischverhältnis wird beibehalten.
- **Sand:** Der am Freitag bestellte Sand ist noch nicht eingetroffen.
- **Workshop:** Beni leitet am Morgen den Bau der Trennwand im Workshop in Kilolo um die Inbetriebnahme der Kombi-Maschine zu forcieren. Handwerker-Lehrer James ist nicht vor Ort.
- **Besprechung mit Franz:** RDO-Chairman Franz kommt in Kilolo an. Am Abend wird der aktuelle Stand sowie das weitere Vorgehen besprochen:
 - Adobe-Produktion: Die Produktion wurde zwischenzeitlich gestoppt. Ein Preis pro brick von TSH 70.- wurde von Twueve mit Kikurue vereinbart. Der Vertrag soll unterschrieben sein. Twueve soll als einziger Ansprechspartner mit Kikurue verhandeln...
 - Entscheid, dass wir nur das Verwaltungsgebäude bauen. Dieser Entscheid wurde gefällt, weil der zeitliche Horizont eine Fertigstellung beider Gebäude gar nicht zulässt (Herstellung & Trocknungszeit der Adobe-Ziegel)
 - Oekonomiegebäude: Am Oekonomiegebäude wird vorerst nicht weitergebaut. Der Bau soll anschliessend an unsere Abreise durch die jetzt am Bau beteiligten Handwerker und Schüler gemäss unseren Plangrundlagen gebaut werden. Die Adobe-Ziegel dazu sollen in vor Ort (Isele) hergestellt werden. Die Machbarkeit sowie die Überzeugungsarbeit der Bevölkerung liegt in den Händen von RDO. Die Philosophie von RDO betreff Nachhaltigkeit, Oekonomie und Bautechnik soll der Bevölkerung näher gebracht werden.
 - Tonplattenboden: Für die Herstellung der Tonplatten im Verwaltungsgebäude wollen wir ca 2 Canter-Ladungen des tonhaltigen Lehms von der Lehmgrube Kikurue nach Isele transportieren. Vor Ort sollen die Platten von uns hergestellt und gebrannt werden. Die Bedingungen für den Abbau und den Transport des Lehms sollen von Twueve abgeklärt werden.
 - Sand: Franz findet die Beimischung von Sand in den Mörtel nicht sinnvoll, da dies von mittellosen Leuten nicht kopiert werden kann. Um Risse zu verhindern, werden wir dieser Kritik nicht Folge leisten.
 - Zusätzlicher Fundi: Für die kommenden Maurerarbeiten soll während dem Zeitraum von zwei Wochen ein dritter Handwerker im Taglohn angestellt werden. Dieser soll vorzugsweise aus Isele kommen und soll ab Donnerstag seine Arbeit aufnehmen. (Auswahl Chairman Isele)
 - Holz: Für die Holzarbeiten wie Sturz/Ringbeam/Fenster/Türen/etc werden wir eine Bestellliste zusammenstellen.
 - Bodenaufbauten: Die Bodenbeläge sollen überdacht werden. Ein Holzboden sei insbesondere während der Regenzeit zu empfindlich. Stampflehm wird bevorzugt.

CH	4	34	Vormittags neblig und kalt, zeitweise Regen. Nachmittags bewölkt.	ck
RDO	-	-		
Villagers	4	20		
Students	-	-		
Fundi	2	17		

CH	5	31	Vormittags neblig und kalt, zeitweise Regen, Nachmittags Aufhellungen	ck
RDO	-	-		
Villagers	1	2		
Students	4	24		
Fundi	2	14		



Das Detail der Ecke mit Stütze und Bank wird trocken ausgelegt.



Die Farbe des Lehms für den Mörtel ändert sich mit zunehmender Tiefe

10.08.2016	Ein Lkw blockiert die Strasse
------------	--------------------------------------

- **Besprechung site:** Eine Delegation besucht die Baustelle (Franz, Fidelis, Steering commite RDO, Chairmen, etc).
- Ck stellt das Projekt anhand des Baus sowie den Plänen vor.
- Franz erörtert das weitere Vorgehen sowie die Philosophie von RDO. Dabei nimmt er eine klare Haltung ein. (Themen: erneuerbare Energien, Geldfluss, Partizipation der Bevölkerung, etc)
- Adobe-Ziegel für Oekonomiegebäude: Die Haltung stösst bei den Dorfvertretern wie erwartet auf wenig Gegenliebe. Ein Entscheid soll am kommenden Montag getroffen werden. Franz behält sich ein Nicht-Weiterverfolgen des Projektes vor.
- Franz & Luzia sind begeistert von der geleisteten Arbeit.

- **Materialien:** 2 Lieferungen Sand werden angeliefert. Es findet kein Adobe-Transport statt.
- **Maurerarbeiten:** Am nördlichen Gebäudeteil erreichen die Maurerarbeiten die 5te Lage (erste Fensterleibungen), im südlichen die 3te.
- **Holzliste:** Rf bleibt in Kilolo und fertigt die Holzliste an.

- **Heimmarsch:** Da ein Lkw bei Isele die Strasse blockiert, nimmt der Heimweg viel Zeit in Anspruch.

11.08.2016	Perforierte Wand im Zwischenbereich
------------	--

- **Adobetransport:** 2 Fahrten, total 812 bricks mit villager Canter. Kikurue produziert jedoch keine weiteren Ziegel. Rf informiert Fidelis.
- **Maurerarbeiten:** Im Zwischenraum wird mit der perforierten Wand begonnen. Die Auswahl von guten Ziegel ist entscheidend. Lage Nr 6 (Nord)/ Nr 4 (Süd). Erhöhung des Schnurgerüstes.
- **Wasser:** Die Frauen, die bisher gegen Entgelt Wasser transportiert hatten, verweigern die Arbeit. Schüler der am Bauplatz angrenzenden Schule helfen aus. Am späteren Nachmittag statten James, Kibiki, Emanuel, El & Ck dem 'Rektor' der Schule einen Besuch ab und bedanken sich für die Hilfe. Die Hilfe wird bis Vollendung des Baus zugesichert. Jeden zweiten Tag sollen zwei Tanks gratis gefüllt werden. Wir wollen mit Schulmaterial bezahlen.
- **Sand:** Der Canter hat 0.5 Ladungen Sand geliefert.
- **Mörtel:** Einige Fugen sind gerissen, der Lehm aus tieferen Schichten hat einen höheren Tongehalt. Das Mischverhältnis wird angepasst (Lehm/Sand = 1/2.5)
- **Fundi Nr3:** Es ist kein Fundi von Isele erschienen. Fidelis soll kontaktiert werden.
- **Holzliste:** Rf & ck besprechen die Holzliste. Diese wird Fidelis per Email zugestellt.

12.08.2016	Zwei Reihen
------------	--------------------

- **Adobetransport:** 2 Fahrten; dabei 1x Adobe-Ziegel (411 Stk) und 1x gebrannte Ziegel (405 Stk)
- **Maurerarbeiten:** 2 Reihen werden gemauert!
- **Boden-Stampfen:** Mit den Stampflehm-Stampfer von Mdabulo wird im Bereich des Kiosks der aufgefüllte Lehm gestampft.
- **Fidelis:** nicht erreichbar. Folgende Themen müssen besprochen werden:
 - Abmachung für den Abbau & Transport von Lehm der Lehmgrube Kikurue für Tonplatten
 - Canter Mdabulo für diverse Transporte (Gerüst, Adobeziegel, Lehm, etc)
 - Fundi Nr3.
 - Holzbestellung/Holzlieferung
 - Stromkabel Holzmaschine
- **Wasser:** Ein zweiter 500l-Tank wird auf die Baustelle gebracht. Die Isele-Schüler füllen beide Tanks.
- **Lohn:** Die Fundis Emanuel & Kibiki erhalten Lohn. Die Auszahlung durch die RDO-Sekretärin findet nach Konsultation unserer Tagesliste statt.

CH	4	28
RDO	1	7
Villagers	-	-
Students	8	56
Fundi	2	14

Vormittags neblig, Nachmittags Aufhellungen

ck



Besprechung am Bauplatz



Die Steine werden zuerst alle positioniert. Wenn das Fugebild stimmt, werden die Stossfugen gefüllt.

CH	5	30
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	9	54
Fundi	2	12

Vormittags neblig, Nachmittags Aufhellungen

ck



Detail des Aussenbereichs



Stand der Arbeit: Die Fugen haben je nach Art des Lehms eine unterschiedliche Färbung.

CH	5	30
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	9	63
Fundi	2	15

Vormittags neblig, Nachmittags schön

ck



Vergleich eines gebrannten (links) und ungebrannten (rechts) Steins.



einbringen von Isele Lehm als gestampfte Feuchtigkeitssperre.

13.08.2016	Fundament Ofen & Kamin
------------	-----------------------------------

- **Maurerarbeiten:** 1 Reihe wurde gemauert. Lage Nr 8 (Nord)/ Nr 6 (Süd) sind fertig. Das Schnurgerüst wird erhöht. Da am Vortag partiell ungenau gearbeitet wurde, müssen ab Montag die mauernden Studenten besser beaufsichtigt werden. Kibiki & Emanuel sollen dabei helfen.
- **Fundament Kamin/Ofen:** Dimension, Lage und Art des Ofens werden gemeinsam vor Ort besprochen und mit gebrannten Ziegel zum Test trocken gemauert. Das Fundament wird partiell um ca 12cm mit Zement verbreitert. Am Montag soll mit den Maurerarbeiten am Kamin begonnen werden.
- **Fidelis:** nicht erreichbar. Die zu besprechenden Themen (siehe Bautagebuch 12.08) drängen!
- **Fondue:** Am Abend kochen wir für uns das von El mitgebrachte Fondue...

14.08.2016	Büro-Arbeiten
------------	----------------------

- **Sonntag:** Auf der Baustelle werden keine Arbeiten ausgeführt.
- **Lehmttest:** Der rote Lehm des Bauplatzes wird getestet und dokumentiert (rf).
- **Ton-Bodenplatte:** Mit dem Lehm des Bauplatzes wird eine Bodenplatte zu Testzwecken hergestellt.
- **Mörteltest:** Die Resultate der Mörteltest werden digitalisiert.

15.08.2016	Ofen & Kamin
------------	-------------------------

- **Fabian:** Fabian verlässt uns nach 3 Wochen tatkräftiger Unterstützung. Beni & Rf begleiten ihn zum Flughafen in Iringa.
- **Hardware-store:** Beni & Rf machen Besorgungen im Hardware-store in Iringa. U.a. werden Borer, Fensterkitt, Scharnier, Riegel gekauft. Im Hardware-store können viele Maschienen & Werkzeuge bezogen werden.
- **Büro:** rf bleibt am Nachmittag im Büro und macht Anpassungen an den Plänen.
- **Maurer-Arbeiten:** Es wird mit den Maurerarbeiten von Kamin & Ofen begonnen. Dabei werden gebrannte Ziegel mit Lehm-Mörtel eingesetzt. Die Wände erreichen die Reihen 9 (Nord) bzw 7 (Süd).
- **Adobe-Transport:** 3 Fahrten mit Adobe-Ziegel (Canter-Villagers); 1245 Ziegel
- **Kassian:** Kassian arbeitet ganztags mit. Seine Arbeit beim Mauern ist gut (Fundi Nr3)
- **Besprechung Franz & Fidelis:** - Die Hilfe der Schulkinder von Isele für den Wassertransport wird als gute Lösung empfunden. RDO will die Schule als Gegenleistung mit Schulmaterialien/Lehrmittel unterstützen.
- Dass Kikurue keine Adobe produziert sorgt für Aufsehen; Fidelis will vorbeigehen. Evtl muss eine andere Produktionsstätte gesucht werden. RDO will Kikurue zukünftig nicht mehr berücksichtigen.

CH	5	30	Vormittags neblig, Nachmittags schön	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	2	12		



die Mauer wächst.



Gruppenfoto; der letzte Tag von Fabian auf der Baustelle

CH	-	-	Vormittags neblig & kalt, Nachmittags schön	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

CH	3	18	Vormittags neblig, windig & kalt, zeitweise Nieselregen, Nachmittags Aufhellungen	ck
RDO	-	-		
Villagers	4	12		
Students	9	54		
Fundi	3	21		



Stand der Arbeit am Cheminée, der Bogen fehlt noch.



Mr. Kassian ist zurück & langsam wächst die Wand über unsere Köpfe.

16.08.2016

Einsumpfen

- **Maurer-Arbeiten:** Die Wände erreichen die Reihen 11 (Nord) bzw. 9 (Süd). Im Internetkaffee werden die Anschlagsteine des Fensters gelegt.
- Da einige Leibungen/Anschläge von Türen und Fenster nicht exakt vertikal gemauert wurden, kritzelt ck die Masse jeweils an den ersten Ziegel. Es wird versucht, die Maurer/Schüler darauf zu sensibilisieren sämtliche Masse einzuhalten. Einige Abweichungen werden mit der Machete (Panga) korrigiert.
- **Schnurgerüst:** Zweimal müssen Ungenauigkeiten des Schnurgerüsts behoben werden. Diese sind einerseits auf Krümmungen des Holzes, andererseits auf Bewegungen der Basiskonstruktion (mechanische Einwirkungen) zurückzuführen. Die Fundis schlagen vor die Ecken zu mauern und von da die Schnur zu spannen. Ein Senkel soll gebaut werden...
- **Einsumpfen:** Die Resten der zugeschnittenen 22cm-Ziegel sowie von fehlerhaften Ziegel werden von rf in einem Fass eingesumpft. Die Masse soll für die Herstellung der Ton-Bodenplatten wiederverwendet werden.
- **Wasser:** Die Isele-Schüler füllen beide Wassertanks.
- **Adobe-Transport:** Findet nicht statt.
- **Holzmaschiene:** Beni bleibt in Kilolo und nimmt die Holzmaschiene im workshop in Betrieb.

17.09.2016

Eucalyptusholz

- **Bauvorschritt:** - Da sich die Ziegelreserven zu Ende neigen und die Produktion von Kikurue erst angelaufen ist (dh. frühestens nach zwei Wochen Trocknungszeit weitere Ziegel) muss die Baustelle umdisponiert werden. Wir entscheiden die Box des Kioskes - also die eine Hälfte des Verwaltungsgebäudes - zu forcieren. Wir erhoffen uns damit einerseits, viele der geplanten Überlegungen mit den Handwerkern zu erproben, andererseits könnte der Ziegelengpass mit Arbeiten am Dach überbrückt werden.
- **Holz für Fenster & Türen:** rf hat mit Tueve das Holz für die Rahmen, Türblätter und Stürze gekauft. Eucalyptus Holz: 50 Stück 2 x4 inch für je 3000 und 30 Stück 1x6 inch für 2500. Total: 225'000 TSH.
- **Adobe & Burned bricks Transport:** Adobe 640, burned 165. Total zwei Trips
Die letzten Adobe vob Kikuruve.
- **Lehmboden:** Im Meetingraum wird eine Lage Lehm verdichtet.

18.07.2016

Bodenplatten

- **Bodenplatten:** Mischung für die Bodenplatten: 8 Kübel Isele Lehm zu 1 Fass Kikurue eingesumpft.
- **Maurer-Arbeiten:** - Die Arbeiten der Kiosk-Box erreichen Ziegelreihe 15, bzw. 17 (exkl Stützen).
- Langsam gehen die Ziegel aus! Für die Innenwand verwenden wir die von uns hergestellten Ziegel mit dem Isele-Lehm. Die Aussenwände werden unverändert mit den Kikurue-Ziegel gemauert.
- Es wird entschieden, das Gebäude zwei Ziegelreihen weniger hoch zu bauen. Die Raumhöhen betragen neu 2.50m im Kiosk und 2.70 im Büroteil (exkl Überhöhung im Meetingraum)
- **Schreinerei:** Beni baut ein Testfenster. Am Abend werden Details zu Dimensionen von Rahmen, Falz, Integration Einbruchschutz etc besprochen. Beni & ck bereiten die horizontalen Balken vor.
- **Holzbestellung:** Twuwe und ck bestellen in Isele Pinienholz. Das Holz sollte am Freitag angeliefert werden.

CH	4	28
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	10	70
Fundi	3	21

Vormittags neblig, Nachmittags Aufhellungen

ck



11 Lagen sind komplett beim Büroteil des Verwaltungsbau



Zwischenstand des Lichtfilters: Er wird präzisiert, wenn er gleichzeitig mit der Wand hoch gezogen wird.

CH	4	28
RDO	-	-
Villagers	1	1
Students	10	70
Fundi	3	21

Vormittags bewölkt, vereinzelt Aufhellungen, Nachmittags sonnig

ck



Holzbestellung in Kilo, direkt ab dem Wald



Einbringen & verdichten von Isele Lehm als Bodenauffüllung

CH	4	28
RDO	-	-
Villagers	1	1
Students	10	70
Fundi	3	21

Vormittags teilweise bewölkt, Nachmittags sonnig

ck



Mischung für die Bodenplatten: 8 Kübel Isele Lehm zu 1 Fass Kikurue eingesumpft.



für die Innenwand werden unsere Isele-Adobe verwendet.

19.08.2016

Bending wire

- **Maurer-Arbeiten:** - Für die Verankerung des Ringbeams in die Wand werden Drähte in die innere Läufereschicht eingelegt. Traufseitig vier, Gibelseitig drei Lagen unter dem Ringbeam.
- Die Stützen werden alle auf eine Höhe von 17 Ziegel gemauert.
- Die Integration eines zweiten horizontalen Balkens wird fallengelassen. Dies aufgrund der geänderten Proportionen der Felder (Folge des Weglassens der zwei Ziegelreihen)
- **Adobe-Oekonomiegebäude:** Ein Villager produziert Adobe-Ziegel.
- **Schreinerei:** Beni produziert Fenster und den Sturz für die Innentüre
- **Bodenplatten:** rf & el produzieren Bodenplatten. Anzahl nicht gezählt.
- **Wasser:** Die Isele-Schüler füllen beide Wassertanks.
- **Material:** Das vortags bestellte Holz ist nicht eingetroffen. Twuwe wird informiert.

20.08.2016

Stütze korrigieren

- **halber Tag:** Es wird nur Vormittags gearbeitet. Nach dem Mittag fahren wir los nach Iringa (Platte in Kilolo)
- **Ofen:** Eigentlich wollten wir den Ofen mauern. Jedoch muss zuerst eine massgenaue Leer vorbereitet werden.
- **Stützen:** Teilweise müssen die Stützen rückgebaut werden, weil keine Drähte eingelegt wurden. Die Einlage der Drähte erfolgt jeweils in der Stossfuge. Ein Holzstück fungiert dabei als Anker.
- **Bodenplatten:** rf & el produzieren weitere Bodenplatten. Da die Temperatur hoch und die Sonnenstrahlung zu intensiv ist, reißen einige der Platten > Schnelles und exaktes Abdecken der nassen Platten ist wichtig!
- **Aussenwände:** Die Oberste Reihe (Auflager Ringbeam) der Aussenwände ist fast fertig. Noch muss der Sturz des Counters eingebaut werden.
- **Adobe-Oekonomiegebäude:** Ein Villager produziert Adobe-Ziegel.
- **Schreinerei:** Beni produziert die Stürze für Counter und Innentüren.
- **Hardware-store Iringa:** In Iringa werden Beschläge für Fenster organisiert.
- **Material:** Das am Donnerstag bestellte Holz ist nicht eingetroffen. Twuwe wird erneut informiert.

21.08..2016

Kitimoto in Iringa

- **Iringa:** Während des ganzen Wochenende werden weder auf der Baustelle noch im Büro Arbeiten ausgeführt. Wir verbringen den Sonntag zusammen mit Fundi Emanuel in Iringa.

CH	4	32	Vormittags teilweise bewölkt, Nachmittags sonnig	ck
RDO	-	-		
Villagers	1	8		
Students	9	72		
Fundi	3	24		



Beni an der Tischkreissäge



Fenstersturz mit Bendingwire

CH	4	16	schön & heiss (wolkenlos)	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	3	12		



Die Integration der Drähte in den Stützen



Die perforierte Wand wird weitergebaut.

CH	-	-	schön & heiss (wolkenlos)	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

22.08.2016	Sturz Montage
------------	----------------------

- **Maurer-Arbeiten:** Die Maurerarbeiten sind vorerst abgeschlossen. Die Stützen, die perforierte Wand sowie die Innenwand mit den integrierten Türstürzen sind fertig.
- **Bodenplatten:** Die erste Tranche der produzierten Bodenplatten werden poliert. Dabei sind die Schüler meist zu wenig geduldig und verwenden meist zu viel Wasser.
- Weiter werden ca. 25 weitere Bodenplatten produziert.
- **Lehmboden:** Im Aussenraum (Zwischenraum & Loggia) wird eine Lage Lehm verdichtet.
- **Lohn:** Die Fundis Emanuel, Kibiki & Kassian erhalten Lohn. Die Auszahlung durch die RDO-Sekretärin findet nach Konsultation unserer Tagesliste statt.
- **Kost & Logis:** Wir bezahlen den ersten Teil von Kost & Logis. Die Ausgaben für die Baustelle (Material, Benzin etc.) werden abgezogen.
- **Materialorganisation:** - Das am Donnerstag (siehe Bautagebuch 18.08) bestellte Holz wird abgeholt.
- im Hardware-store in Kilolo werden Nägel (2kg 15cm + 10kg 10cm) sowie die Metallstangen für die Fenster (Einbruchschutz) gekauft.
- **Rohr:** Das Verbindungsrohr (Verwaltungsgebäude-Oekonomiegebäude) wird eingegraben. Tiefe ca 35cm ab UK Humus. Als Markierung werden einige Steine auf das Rohr gelegt.
- **Adobe-Oekonomiegebäude:** Ein Villager produziert Adobe-Ziegel.

23.08.2016	Ringbeam Kiosk
------------	-----------------------

- **Ringbeam Kiosk:** Am Boden werden die Balken (Pinie; 15x5cm Querschnitt) nach aufgenommenen Massen zusammengesetzt. Lange Nägel werden durch die ganze Dicke getrieben und auf der Hinterseite abgekantet. Die Balken werden auf der Mauerkrone in ein Mörtelbett gelegt und mit den vorgesehenen Drähen in die Mauer verankert. Auf der Aussenseite wird eine zusätzliche Schicht Adobe gemauert.
- **Bodenplatten:** Es werden Bodenplatten produziert. Anzahl nicht gezählt. Da die Temperatur hoch und die Sonnenstrahlung zu intensiv ist, reissen einige der Platten > Schnelles und exaktes Abdecken der nassen Platten ist wichtig!
- **Lehmboden:** Im Meetingraum werden zwei Lagen Lehm verdichtet.
- **Pläne:** Rf macht Detailanpassungen im Plan. Die Pläne können in Lulazi in einem Copy-shop gedruckt (A4) werden. Ergänzt wird der Schnittplan mit einer Stückliste für die Elemente des Dachstuhls.
- **Schreinerei:** Beni & ck bereiten die Schwellenhölzer für die Stützen vor. Diese müssen doppelt gemacht werden, um OK die Ringbeamhöhe zu erreichen. Ebenfalls werden Löcher für die Durchführung des Drahtes (Verankerung) vorgesehen.
- **Modell:** Beni & ck bauen am Abend ein Modell eines Dachbinders.
- **Canter:** Aus Mdabulo ist der RDO-Canter angekommen. Dieser hat die Bleche für das Dach sowie die dazugehörenden Nägel mitgebracht.

24.08.2016	Zange Dach
------------	-------------------

- **Bodenplatten:** - El & Kibiki fahren mit dem RDO-Canter zur Lehmgrube Kikurue und kaufen eine Ladung Lehm für TSH 20'000.
- Es werden Bodenplatten produziert. Anzahl nicht gezählt.
- Rf poliert Plattenoberflächen
- **Nägel:** Rf & el organisieren im Hardware-store in Kilolo Nägel (10kg 15cm; 3kg 10cm, 1kg 7cm, 4kg 5cm)
- **Schreinerei:** Beni produziert die Übergangsstücke (Nagelbretter) für die Dackonstruktion
- **Dackonstruktion:** - Die vorbereiteten Schwellen der Stützen werden in ein Mörtelbett plaziert.
- Über den Stützen wird eine doppelte Schwelle (10cm-Balken Pinie) montiert. Die Holzverbindung in Längsrichtung liegt überhalb der Stütze. Dort wird der Träger mittels eingelegten Draht in die gemauerte Stütze eingebunden. Ferner wird ein 15cm Nagel durch den Träger in die Schwelle getrieben.
- ck erklärt anhand von Plan und Modell die Dackonstruktion.
- Die ersten Teile (bending-beam, kingposte, supporter) der Dackonstruktion werden gemäss Stückliste zugesägt. Vier Zangen werden auf die Schwelle gehoben.
- **carpenter-students:** Der carpenter-Lehrer besucht die Baustelle; ab morgen werden wir neben Maurer-Schüler auch Schreiner-Schüler mit auf die Baustelle nehmen

CH	4	32	schön & heiss (wolkenlos)
RDO	-	-	
Villagers	1	8	
Students	10	80	
Fundi	3	24	

ck



Mit Löffel und Händen wird die Plattenoberfläche poliert



Das bestellte Pinienholz wird im Wald von Isele abgeholt.

CH	4	32	schön & heiss (wolkenlos)
RDO	-	-	
Villagers	-	-	
Students	10	80	
Fundi	3	24	

ck



Gebäudeecke; Ringbeam mit Vormauerung



Test der Schwelle auf den Stützen.

CH	4	32	bedeckt und windig, zeitweise Aufhellungen
RDO	1	1	
Villagers	1	1	
Students	7	56	
Fundi	3	24	

ck



25.08.2016	Fachwerk Dackonstruktion
------------	---------------------------------

- **Generel:** Neben den Mauer-Schülern haben wir heute auch Carpenter-Schüler auf der Baustelle.
- **Bodenplatten:** Kasian produziert mit den Mauerer-Schülern weiter Bodenplatten(324). RF und CK polieren Bodenplatten und stellen Sie auf zum trocknen. Der Fortschritt ist sehr langsam, aber das Polieren schafft eine eine schöne glatte Oberfläche, sodass uns der Aufwand gerechtfertigt scheint.
- **Dackonstruktion:** Wir versuchen möglichst viel von der Dackonstruktion am Boden zusammensetzen, da dies uns einfacher erscheint. CK führt EL in den Holzbau ein. Die Dachbinder ohne die Sparren werden am Boden zusammengesetzt und versuchshalber auf das Dach gestellt. Dies funktioniert - so dass wir sämtliche Fachwerke am Boden vorfabrizieren. In einem zweiten Schritt werden die Sparren und die Holzverbindungen für die Verlängerung zugeschnitten und teilweise zusammengesetzt.
- **Schreinerei:** RF und Beni hobeln die Bretter für die Bänke zwischen den Stützen. Beni arbeitet weiter an den Fensterrahmen für die Fenster beim Meetingroom(Untere und Obere Rahmenteile). Zudem leimt er den Fensterrahmen des Fensters beim Internetkaffee zusammen.
- **Geburtsfest Beni/Lameck:** Wir feiern zusammen mit dem Staff vom RDO die Geburtstage von Lameck und Beni.

26.08.2016	Montage Sparren/ Konterlattung
------------	---------------------------------------

- **Bodenplatten:** Kasian produziert heute nochmals mit den Schülern zusammen Bodenplatten(420 Stück) . Die Motivation der Schüler für das produzieren der Bodenplatten lässt nach und wir hoffen nun genug Steine produziert zu haben.
RF und CK fahren fort mit dem polieren der Platten. In Anbetracht der Zeit müssen wir uns überlegen, wie wir den Prozess des Polierens beschleunigen könnten. Die Schüler dafür einzusetzen macht wenig Sinn.
- **Dackonstruktion:** Die letzten Sparren werden zugeschnitten und zusammengesetzt. Darauf stellen wir sämtliche Fachwerke aufs Dach. Dem First entlang wird eine Manila gespannt und die Sparren in die Fachwerke gesetzt. Die Dachträger passen wir dann der Manila an und fixieren sie mit temporären Querhölzern. Ein erster Teil der Konterlattung wird vorbereitet und zusammengenagelt..
- **Fundament:** Emanuel mischt Beton an und ergänzt das Fundament um das Cheminée.
- **Schreinerei:** CK bereitet die Schalung für das Mauern des Cheminée bogens vor. Beni setzte mit einem Studenten einen Sitzbank zusammen.

27.08.2016	Rundbogen Ofen / Ausbesserungen Fundament
------------	--

- **Generel:** Wir bringen eine Pickupladung Hobelspäne auf die Baustelle. Die Späne verwenden wir für die Schüttung in der Decke. EL begutachtet die Adobesteine bei Kikurue - Die ersten Steine(Ungefähr eine Canterladung) sind trocken und können am Montag abgeholt werden.
- **Ofen:** Ck mauert zusammen mit Kasian/Emanuel den Rundbogen beim Ofen. Zum Mauern wird Lehm-mörtel verwendet. Falls dies nach dem ausschalen nicht hält, werden wir dort Zementmörtel verwenden.
- **Safe:** Kibiki beginnt mit dem übrigen Zementmörtel mit dem Mauern des Safes. Wir einigten uns, das wir den Safe nur bis auf Tischhöhe mauern und mit der Tischplatte darüberfahren. Jedoch müssen wir Franz deswegen nochmals Rückfragen.
- **Fundament:** EL / Kibiki bessern örtlich das Fundament mit Zementmörtel aus. Alles rollige Material ist nun mit Zementmörtel fixiert. 1 Sack Zement verbaut.
- **Bodenplatten:** RF fährt weiter mit dem polieren der Bodenplatten(Anzahl polierte Platten = 45).
- **Schreinerei:** Beni konnte heute einen Bank vollenden und hat einen weiteren Bank zusammengeleimt. Zudem musste er diverse Hobelarbeiten für Leute aus dem Dorf ausführen. Dies geht ins unseren Augen nicht mehr

CH	4	32
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	10	80
Fundi	3	24

Bewölkt, kalt und windig

el



Polierte Bodenplatten



Montage Dachbinder

CH	4	32
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	11	8
Fundi	3	24

Bewölkt

el



Montage/Ausrichtung Dachbinder und Sparren



Holzverbindung Sparren

CH	4	20
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	3	15

Bewölkt, teilweise Aufhellungen

el



Gemauerter Rundbogen Ofen



Knotenverbindung Dachbinder

28.08.2016	"freier Sonntag"
------------	-------------------------

- **Platten polieren:** rf hat 60 Platten in Isele poliert. Da es sehr sonnig war, wurde sie im Schatten des Gebäudes gelagert.
- **Materialfotos:** ck hat die Materialien nochmals vor weissem Hintergrund fotografiert.
- **Holzwerkstatt:** Beni hat an den Bänkli und am Fenster weiter gearbeitet (extra Dübel).
- **Mörteltest:** ck hat mit el den Mörteltest vom Isele Lehm aus dem Loch neben der Baugrube gemacht.

29.07.2016	Giebelwand aufmauern
------------	-----------------------------

- **Silvio und Howi:** Der letzte Teil des Teams ist vor Ort eingetroffen.
- **Giebelwand:** Die Fundis haben die Giebelwand zu Strasse aufgemauert. Sie ist nur 1 Stein breit. Der Verband wurde mit halben Bindern vorgetäuscht.
- **Platten:** Ck und rf haben ca. 200 Platten poliert.
- **Holz:** Das 2 x 4 inch Pinienholz ist ausgegangen.
- **Transport:** Rf hat via Lameck versucht Twueve zum bestellen diversen Transporte (Gravel, Gravel & soil, Adobe, Wood, backs) zu bewegen. Bis jetzt wurden 2 x gravel und 2 x gravel & soil bestätigt. Morgen werden wir sehen, ob es klappt.
- **Gäste:** Fidelis ist in der Nacht zusammen mit drei Gästen nach Kilolo gekommen. Ali von Omikron wird das Projekt betreffends Solartechnik unterstützen, wir müssen ihm unsere Pläne mailen.

30.07.2016	Verstärkung auf der Baustelle
------------	--------------------------------------

- Transport:** RF/SK konnten nach einer längeren Wartezeit einen Lori organisieren und holten bei 610 halbgebrannte Ziegel bei Kikurue. Die trockenen Adobesteine durften wir nicht transportieren, da sie von Kikurue noch nicht gezählt wurden.
 - Schreinerei:** RF/Beni produzieren die übrigen Stürze und bereiten die restlichen Nagelplatten für die Dachbinder vor.
 - Holz:** Twueve/Kassian/EL gehen Schwartenbretter aussortieren und bereitlegen für den Abtransport.
 - Mauererarbeiten:** Aufmauern der inneren Giebelwand
 - Platten:** PH / SK haben sich in das Plattenpolieren eingearbeitet.
 - Dach:** Vorfabrikation von 4 Dachbindern und Konterlatten für den vorderen Teil des Gebäudes.
 - Materialbestellungen:** Emanuel/ EL gehen zum Schulleiter und organisieren eine weitere Wasserlieferung. Zudem macht der Schulleiter das Angebot das die Schüler Schwartenbretter auf die Baustelle liefern.
- Über den Kassian/Kibiki haben wir eine Holzbestellung aufgeben - jedoch brauchen wir noch den Canter für den Transport auf die Baustelle. Der Chairmain vom RDO verspricht uns, das der Canter morgen vorbeikommen wird für den Transport. Zudem machen wir ihn darauf aufmerksam, das wir Gravel für den Boden benötigen.

CH	4	16	sonnig	
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		rf



Studio-setting



Die 1-er Schalung von ihrer Schokoladenseite

CH	4	-	bewölkt, am Nachmittag Aufhellungen, am Abend sonnig	
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		rf



Die fertige Giebelwand mit vorgetäuschem Verband ab dem Dachträger :D.



Detail: Kontrelattung

CH	6	48	bewölkt, teilweise Aufhellungen	
RDO	-	-		
Villagers	1	3		
Students	11	88		
Fundi	3	24		el



31.08.2016

Schwartenlieferung / Aufmauern der Giebelwände Kiosk

- **Dackonstruktion:** Vorfabrikation von sämtlichen Sparren und insgesamt 5 Bindern. Zweit Binder und sämtliche Streben müssen noch produziert werden. Das Konstruktionsholz geht langsam dem Ende zu.

-**Bodenplatten:** PH/Sk polieren weiter Bodenplatten. Voraussichtliche werden wir noch zwei Tage damit beschäftigt sein.

-**Schreinerei:** Beni/RF lackierten drei Sitzbänke einseitig, sowie leimten Sie die letzte Sitzbank zusammen. Des weiteren stellen sie einen Sturz(110cm) fertig und leimten einen weiteren Türsturzes(142cm). zusammen. Gezinkter Gehrungsschnitt für Fenster Meetingroom.

-**Maurerarbeiten:** Aufmauern der Giebel und Traufwände beim Kiosk.

-**Transporte:** Der Canter konnte nicht organisiert werden. Laut Fidelis sollte morgen der Canter von Mdadulo ankommen. RF hat Fidelis noch angefragt, ob die Schleifmaschine mit dem Canter nach Kilolo gebracht werden könnte. Eine Schwartenlieferung der Schüler ist angekommen.

01.09.2016

Sonnenfinsternis

- **Materialtransporte:** Diverse Transporte finden statt.

- Bauholz: Für die Dachbinder und den Ringbeam wird zusätzliches Holz gekauft (65 Stk 4x2 inch + 25 Stk 6x2 inch)

- Adobe: Zwei Transporte, Total 795 Ziegel

- Schwartenbretter: Ein Transport; ca 100 Stk

- Das Glas konnte nicht gekauft werden, da noch nicht im Hardwarestore angekommen.

- **Decke:** Im Bereich des Lagers wird ein Testbereich der Decke gebaut. Die Schwartenbretter wurden geschält, parallel zugesägt und auf der Zange des Dachbinders stumpf gestossen angenagelt. Darauf wird eine Mischung von Hobelspänen und Lehm aufgetragen (Zabur-Technik; ähnlich Holzfaserplatte)

- **Bodenplatten:** Ck/Sk polieren weitere Bodenplatten

- **Maurerarbeiten:** Die Gibelfassade zum Zwischenraum wurde fertiggestellt. Die Wände der Box des Meetingraums wachsen 4-5 Reihen.

- Die Schalung des Ofens wurde entfernt. Der Bogen hält.

- **Schreinerei:** Die Bänke wurden lackiert.

- **Lohn:** Die Fundis Emanuel & Kibiki erhalten Lohn. Die Auszahlung durch die RDO-Sekretärin findet nach Konsultation unserer Tagesliste statt.

02.09.2016

Bodenplatten fertig poliert

- **Maurerarbeiten:** alle Ecken erreichen Ringbeamhöhe (21 Reihen); dazwischen sind 16 Reihen fertig gemauert.

- **Transporte:** Zwei Ladungen Kies/Schotter werden vom RDO Canter angeliefert

- **Holzarbeiten:** Weitere Dachbinder werden produziert. Da die Supporter um 1cm falsch positioniert wurden, müssen kleine Ausgleichsplatten montiert werden.

- Alle Dachbinder sind vorbereitet.

- Die Ringbeams sind vorbereitet.

- **Schreinerei:** Rf & Beni arbeiten ganztags in der Schreinerei; Ein hohes Fenster wird produziert.

- **Bodenplatten:** DAlle Bodenplatten sind poliert

- **Lohn:** Fundi Kassian erhält Lohn. Die Auszahlung durch die RDO-Sekretärin findet nach Konsultation unserer Tagesliste statt.

- **To do:** - Materialorganisation (Bending wire, bricks, sand, Glas)

CH	6	54
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	11	99
Fundi	3	27

sonnig, warm

rf



Schwartenlieferung



Aufmauerung zwischen Dachbindern

CH	6	48
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	10	80
Fundi	3	24

Vormittags bewölkt; Sonnenfinsternis; Nachmittags schön & heiss

ck



Die Schwarten werden auf die Zange montiert



Maurerarbeiten an der Westwand des Meetingrooms

CH	6	48
RDO	1	8
Villagers	-	-
Students	10	80
Fundi	3	24

Vormittags neblig & zeitweise Regen, Nachmittags Aufhellungen

ck



03.09.2016
04.09.2016

Ifakara

- **Ruhetage:** Während des ganzen Wochenende werden weder auf der Baustelle noch im Büro Arbeiten ausgeführt. Wir machen einen zweitägigen Ausflug nach Ifakara. Dort besuchen wir u.a. das St. Francis Hospital sowie die Bauten von Thomas Walder.

- **Materialorganisation:** Dlm Hardware-Store in Ifakara organisieren wir Draht (bendig-wire), Schrauben & Holzleim

05.09.2016

Prüfungen

- **Prüfungen:** Da sämtliche Schüler Prüfungen schreiben müssen, stehen sie uns nicht zu Verfügung. Das Fehlen wurde uns vorher nicht angekündigt und bringt unsere Zeitpläne durcheinander. Ebenfalls fehlt ganztags Hosea Kibiki, da seine Frau im Spital ist.

- **Transporte:**

- Adobe: Zwei Transporte, Total 800 Ziegel. Villagers helfen beim auf-& abladen.

- Sand: Ein Transport (TSH 180'000)

- **Maurerarbeiten:** Die Innenwand des Büros wird ebenfalls auf Reihe 16 aufgemauert. Die Bank vor der Gibelwand (zum Kiosk) wird gebaut.

- **Decke:** Die in der Schreinerei parallel zugeschnittenen Schwartenbretter werden auf die Baustelle transportiert und in der Kioskdecke verbaut. Kassian scheint einen neuen Lieblingsjob.

- **Schreinerei:** Rf & Ph starten die Massenproduktion der Fensterrahmen.

06.09.2016

Ziegelofen

- **Ziegelofen:** Emmanuel & CHK stapeln die getrockneten Bodenplatten zu einem Ziegelofen auf. Eine äussere Lehmabdichtung fehlt noch. Es sind Total 1266 Ziegel, der Ofen wird ergänzt mit halbgebrannten Ziegelsteinen. Die Ausrichtung des Ofens ist nach erwarteter Windrichtung gewählt.

- **Decke:** SK & Kassian: Eine erneute Ladung zugeschnittenen Schwartenbretter werden verbaut. Ein Grossteil des Kiosk & Solarcafé ist gedeckt. Im Solarcafé wurde ein zusätzliches Auflager auf die Mauerkrone gestellt.

- **Boden:** Eine Schicht Schotter wurde im Solarcafé eingebracht.

- **Schreinerei:** Rf & Ph hobeln alle Rahmen, Flügel teilweise zugeschnitten, Metallstäbe zugeschnitten, ein Sturz zusammengebaut und Schwartenbretter zugeschnitten.

- **Maurerarbeiten:** Kibiki: die Stütze auf der Rückseite des Zwischenraums wurde bis auf Schicht 21 ergänzt.

CH	-	-	sonnig & warm	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

CH	4	32	Bewölkt	ck
RDO	-	-		
Villagers	6	24		
Students	-	-		
Fundi	2	16		



Die gemauerte Bank vis-à-vis des Ofens



Kassian bei der Montage der Schwartenbretter

CH	4	32	Bewölkt, neblig	sk
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	3	24		



Aufgebauter Ziegelofen



Schotterschüttung im Internetkaffee

07.09.2016	Luke Dachraum, Unterlagsboden
------------	--------------------------------------

- **Schreinerei:** RF & PH: Schwarten schneiden, erster Fensterflügel gebaut & zusammengesetzt
- **Maurerarbeiten:** Kibiki, Emmanuel & Kassian: Giebelfassade des Versammlungsraums wurde bis unter den Ringbeam ergänzt, Filterwand ergänzt.
- **Decke:** SK & CHK: Verfügbare Schwarten verbaut und eine Türe in den Dachraum gebaut & montiert.
- **Boden:** SK & CHK: Kiosk, Internetcafé und Aussengang mit Kiess-Sand Mischung aufgefüllt und gestampft. Steinschüttung im Zwischenraum begonnen.
- **Materialkauf:** Im Hardware Store von Kilolo haben wir die ersten Gläser für die Fenster gekauft, zusätzlich zwei Rollen Draht (bending-wire) und 2KG 3" Nägel.
- **Transporte:** 2 Ladungen Gravel (Barabara) von Fueda

08.09.2016	Ringbeamhöhe
------------	---------------------

- **Schüler:** Heute stehen uns die Maurer-Schüler wieder zu Verfügung. Die Schreiner müssen jedoch ihre praktische Prüfung absolvieren.
- **Maurerarbeiten:** Alle Aussenwände erreichen Ringbeamhöhe! Im Zwischenraum wird die zweite Bank gemauert.
- **Zabur:** Die Decke über Kiosk & Internet wird weiter mit einer Lehm-Hobelspäne-Mischung aufgefüllt.
- **Materialtransport:** RDO Canter transportiert 2 Ladungen Adobeziegel (ca 800 Ziegel)
- **Feuerholz:** Da kein Feuerholz organisiert werden konnte, kann der Brennofen mit den Bodenplatten nicht angefeuert werden.
- **Schreinerei:** RF hobelt in Massenproduktion sämtliche Profile für die Fenster. PH setzt im hohen Fenster (meeting-raum) den Flügel ein.

09.09.2016	Brand Bodenplatten
------------	---------------------------

- **Brand Bodenplatten:** Aus dem naheliegenden Wald wird Brennholz herangeschleppt. Anschließend wird der Ofen eigefeuert. Sämtliche seitlichen Fugen zwischen den Ziegel werden mit Lehm abgedichtet. Ebenfalls wird die Öffnung im Lee mit Abfallziegel und Lehm geschlossen. Nach dem Mittag wird auch die Feueröffnung im Luf geschlossen und das Feuer sich selbst überlassen.
- **Zabur:** Die Decke über Kiosk & Internet wird fertiggestellt.
- **Ringbeam:** Der (vorbereitete) Ringbeam wird in ein Mörtelbett auf der Mauerkrone versetzt und mit den eingelegten Drähten fixiert. Die Verbindungsbalken über dem Zwischenraum werden zugeschnitten und mit dem Ringbeam verbunden.
- **Dachträger:** Die ersten drei der vorbereiteten Dachträger (siehe Bautagebuch 02.09) werden versetzt,
- **Schreinerei:** RF & PH bauen die Öffnung des Kiosk-Counters, bauen einen neuen Flügel für das Fenster des Internetaumes und lackieren Fenster und Bänke.
- **Materialtransport:** RDO Canter transportiert 1x Kies Barabara, 1x Adobeziegel (400stk) und 1x Dachbleche (30stk)

CH	4	32
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	3	24

bewölkt, neblig, zeitweise Nieselregen

sk



Gieblefassade Zwischenraum



Klappe zum Dachraum

CH	4	32
RDO	1	5
Villagers	1	9
Students	10	70
Fundi	3	27

Vormittags neblig, Nachmittag zeitweise Aufhellungen

ck



Die Decke des Kioskes wird mit einer Lehm/Hobelspäne-Mischung bedeckt.



Fundi und students mauern gemeinsam die letzte Reihe vor dem Ringbeam

CH	4	32
RDO	3	18
Villagers	1	8
Students	12	89
Fundi	3	24

Morgens neblig, dann schön & warm.

ck



Die Bodenplatten werden gebrannt.



Träger und Ringbeam werden miteinander verbunden.

10.09.2016	Aufrichte
------------	------------------

- **Dachstuhl:** Die restlichen vorbereiteten Dachträger wurden auf den Ringbeam gesetzt.
- **Ziegelofen:** Die Feueröffnung wird wieder geöffnet. Noch immer glüht es im Feuerraum.
- **Einkaufen:**
 - Im Hardwarestore: Nägel (4kg 2,5" / 4kg 4" / 4kg 6" = 36'000 TSH) und Glas bestellt
 - Automechaniker: 2 alte Schläuche (Fensterdichtungen) 2000 TSH
- **Schreinerei:** RF & PH, Fenster vorbereiten, Konterlatungen zuschneiden, 3 Fenster & Bänke auf die Baustelle gebracht und Montage vorbereitet. Montage mit Nägeln klappt nicht -> Sturz würde herausgeschlagen. Flügel für Counter ist zu schwer und muss mit leichterem Holz gebaut werden.
- **Boden:** Test für den Stampflehm Boden im Kiosk
- **Meeting:** Aufricht- und Abschiedsfest: Vertreter von RDO, Isele, Barabarambili und Lulanzi so wie Dorfvertreter, Bauarbeiter treffen sich auf der Baustelle. Inhalt: Begrüßung, Baustellenbesichtigung (CK führt über die Baustelle und erklärt die wichtigsten Punkte, Fidelis übersetzt) Vorstellungsrunde der anwesenden, Song & Tanz von den Schülern, Geburtstagskuchen für CK, Ansprachen der verschiedenen Chairman (Isele, Barabarambili, Lulanzi) Rede CK, Kurzreden RF, PH, SK, Dankeskarten von RDO, Ansprache Fidelis, Abschluss executive officer, Essen als Abschluss

11.09.2016	Geburtstag CHK
------------	-----------------------

- **Schreinerei:** Vorbereiten von Stahlwinkel für die Fenstermontage.
- **Fenster:** Montage von zwei Fenstern (Internetcafé & Versammlungsraum) mit Stahlwinkel an Sturzbrett.
- **Ziegelofen:** Begutachten der gebrannten und noch leicht warmen Steinen.
- **Cheminee:** wird mit kleinem Feuer erstmals in Betrieb genommen.

- **Moral:** wird mit Dreigangmenue, Wein und Bier erhöht.

12.09.2016	Bodenplatten verlegen
------------	------------------------------

- **Boden:** - Im Kiosk wird die zweitoberste Schicht (Mix aus Lehm und Kies) eingebracht und gestampft.
- In der Veranda werden die gebrannten Bodenplatten trocken (in Sand) verlegt. Die Fugen werden mitt Sand gefüllt.
- **Maurerarbeiten:** - Die Gibelwand mit Kamin wird im Verband fast bis oben aufgemauert. > Morgen muss Zement mitgebracht werden, um das Kamin über Dach wasserresistent mauern zu können.
- Die Innenwand zum Meetingraum erreicht Ringbeamhöhe.
- **Dach:** Die Dachhaut aus Wellblech wird (fast) bis zur Kioskwand montiert. Das auf die Baustelle gebrachte Wellblech ist aufgebraucht.
- **Schreinerarbeiten:** - Das am Vortag eingesetzte Fenster im Internetaum wird auf allen Seiten mit Lehmörtel abgedichtet.
- Eine Bank zwischen den Stützen wird nass ins Lehmörtelbett gelegt. Dabei stellt die Auskrägung eine Herausforderung dar, da sich die Bank bei Druck leicht bewegt.
- **Unfall:** Anton schneidet sich mit einem Wellblech eine ca 4cm Wunde in den Fuss. Beim Doktor wird die Wunde mit wenigen Stichen genäht..
- **Schreinerei:** - Die Flügel der Counteröffnung werden neu aus Pinienholz gebaut (Reduktion des Gewichtes). - Die Fensterbretter und Bänke für die zwei eingesetzten Fenster werden gemacht. - Das Holz für die Bänke im Zwischenraum wird vorbereitet.

CH	4	28
RDO	1	7
Villagers	1	7
Students	10	50
Fundi	2	14

sonnig

sk



Das erste Fenster wird probeweise eingesetzt.



CHK führt die Vertreter der verschiedenen Dörfer über die Baustelle

CH	4	6
RDO	-	-
Villagers	-	-
Students	-	-
Fundi	-	-

sonnig, windig

sk



Montage von Metallwinkel für die Befestigung am Sturzbalken



Die gebrannten Steine machen einen guten Eindruck

CH	4	32
RDO	1	8
Villagers	1	8
Students	13	100
Fundi	3	24

schön & warm

ck



Bodenplatten und Bänke in der Veranda



Ein Viertel des Daches ist eingedeckt.

13.09.2016

Kamin

- **Boden:** Im Kiosk wird die oberste Schicht des Stampflehmbodens eingebracht. Dazu wird der Lehm des Bauplatzes mit kleinem Kies und wenig Wasser gemischt schrittweise eingebracht. Die Oberfläche könnte bei Bedarf noch mit Wax versiegelt werden.
- **Dach:** Die Konterlattung des gesamten Daches ist montiert. Die Dachhaut aus Wellblech ist bis zur Kioskwand verlegt.
- **Maurerarbeiten:** Die Gibelwand mit Kamin wird bis Wellblechhöhe gemauert. Ab Dachhaut wird der Kamin mit Zementmörtel gemauert. Ein Kaminhut wird auf der Baustelle aus Beton vorfabriziert. Zur Armierung wird ein Gitter eingelegt.
- **Schreinerarbeiten:** - Das versetzte Fenster im Meetingraum wird eingemörtelt.
- Da die am Vortag versetzte Bank nicht wunschgemäss fixiert werden konnte, wird ein Versuch mit einer nicht sichtbaren Holzeinlage gemacht.
- Es wird versucht die Counteröffnung einzubauen. Jedoch scheitert dieser Versuch, da ein zu grosses Drehmoment (ausgehend vom Eigengewicht des Flügels sowie dessen Bedienung) die Brüstung zu fest belasten würde. Eine Lösung wird am Abend erarbeitet.
- **Schreinerei:** - Glas wird organisiert. - Rahmenprofile für die weiteren Fenster werden vorbereitet. - Ein zweites Fenster des Meetingraums wird zur Montage bereitgemacht.

14.09.2016

Verabschiedung

- **Maurerarbeiten:** Der Kamin wird fertiggemauert. Die obersten Ziegel werden 2cm nach aussen geschoben, um eine stehende Fuge der Blechaufbordung zu verhindern. Die untere Kante der Kaminöffnung ist ca 40cm oberhalb des Firstes.
- **Schreinerarbeiten:** Die am Vortag versetzte Bank hält wie gewünscht. Die weiteren Bänke werden in gleicher Weise eingebaut. - Beim Fenster im Internetkaffee wird das Glas eingesetzt. Ferner werden Fensterbank (inkl Tropfkante), Wetterschenkel und Fensterbrett eingesetzt.
- Die bereits eingebauten Fenster werden mit Riegel ausgerüstet.
- **Decke:** Im Meetingraum wird eine Ecke der Decke als Beispiel gebaut. Dort sollen die Schwartenbretter entlang der Sparren laufen und so dem Raum eine adäquate Höhe bieten.
- **Boden Büro:** Im Büro BFU wird ein Teil des Bodens zur Demonstration exemplarisch eingebaut.
- **Lohn:** Die Fundis erhalten Lohn. Die Auszahlung durch die RDO-Sekretärin findet nach Konsultation unserer Tagesliste statt.
- **Unterkunft:** Wir bezahlen für unserer Unterkunft im RDO.
- **Baustellenrundgang:** Zusammen mit Fidelis, Lameck, Gasto und den Fundis machen wir einen Rundgang, wo sämtliche offene Themen besprochen und übergeben werden.
- **Endmeeting:** Abends verabschieden wir uns vom Team auf der Baustelle beim gemeinsamen Abendessen.

15.09.2016
16.09.2016

Rückreise

- **Rückreise:** Die Baustelle läuft ohne unsere Beteiligung weiter. Wir fahren nach Daresalam, von wo wir in die Schweiz zurückfliegen.

CH	4	32	Ganztags sonnig und warm	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	12	96		
Fundi	3	24		



Das Fenster wird mit Lehmörtel abgedichtet



Der Kaminhut wird am Boden vorfabriziert.

CH	4	36	Vormittags bewölkt, Nachmittags schön	ck
RDO	-	-		
Villagers	1	9		
Students	9	81		
Fundi	3	27		

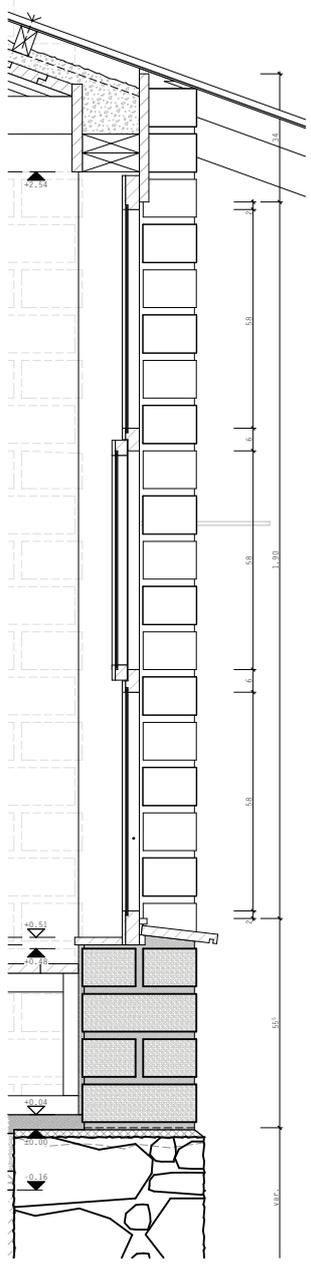
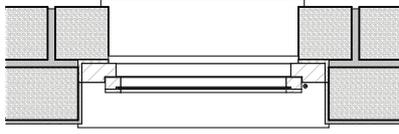
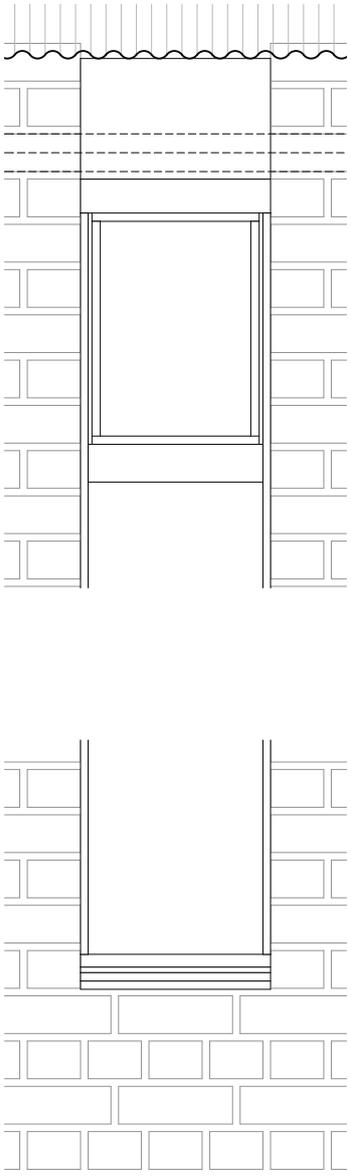
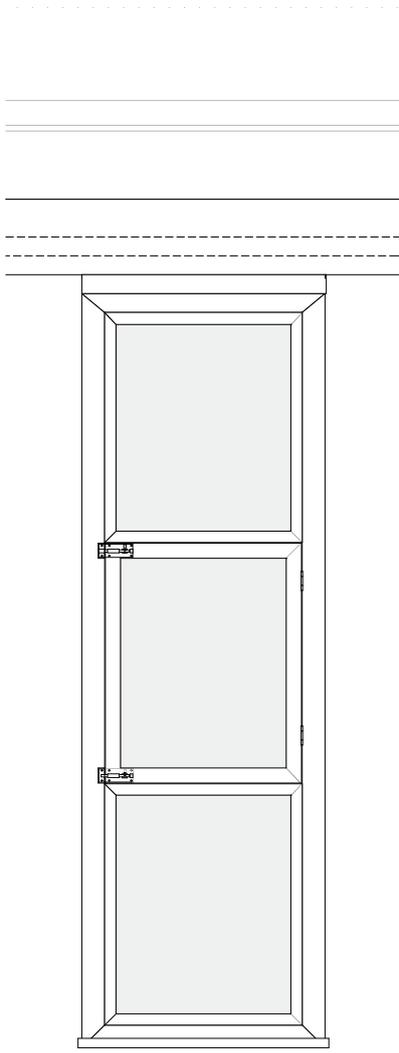


Der Kamin erreicht Endhöhe



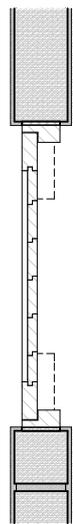
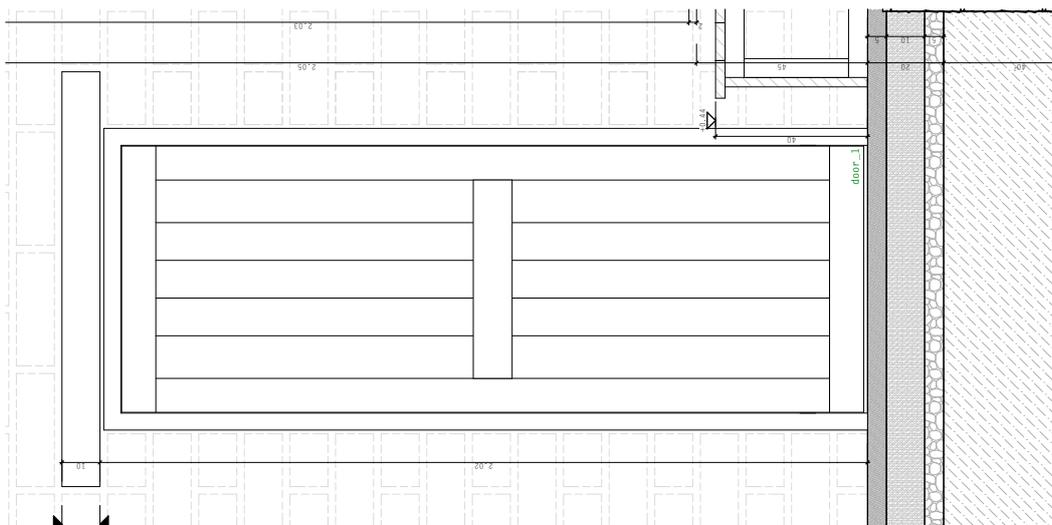
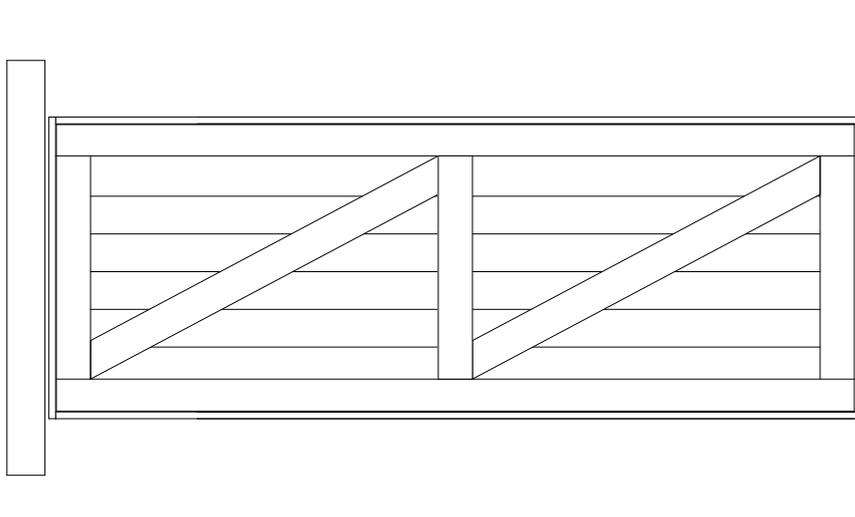
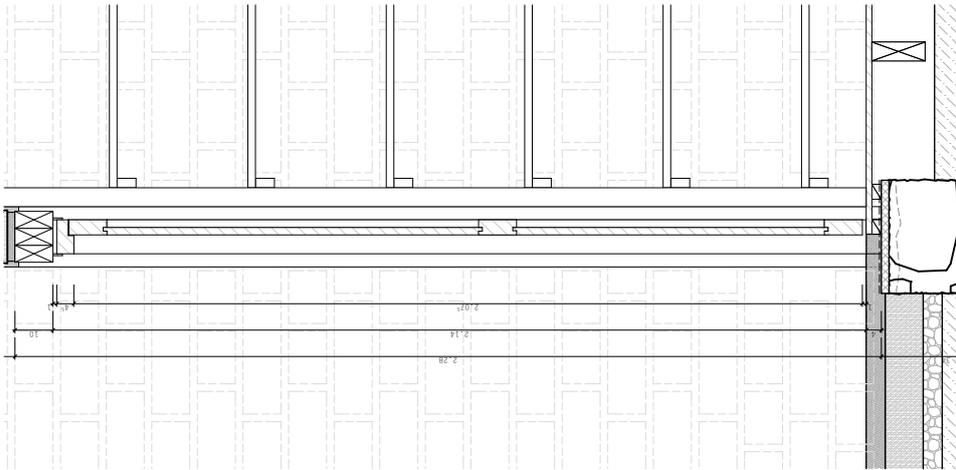
Counteröffnung und Bank konnten befestigt werden

CH	-	-	schön und heiss	ck
RDO	-	-		
Villagers	-	-		
Students	-	-		
Fundi	-	-		

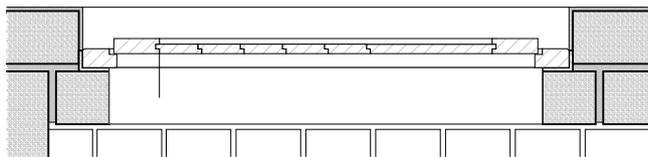
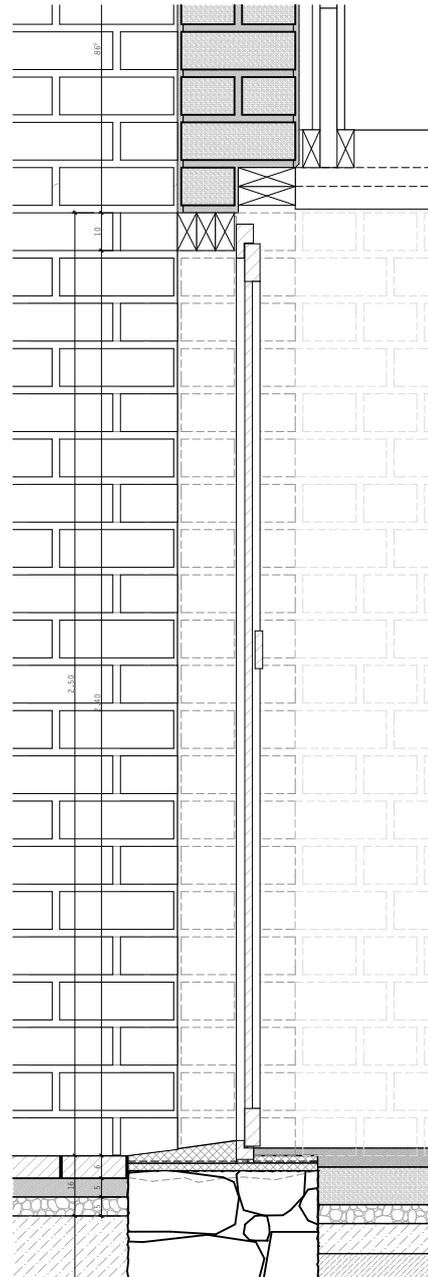
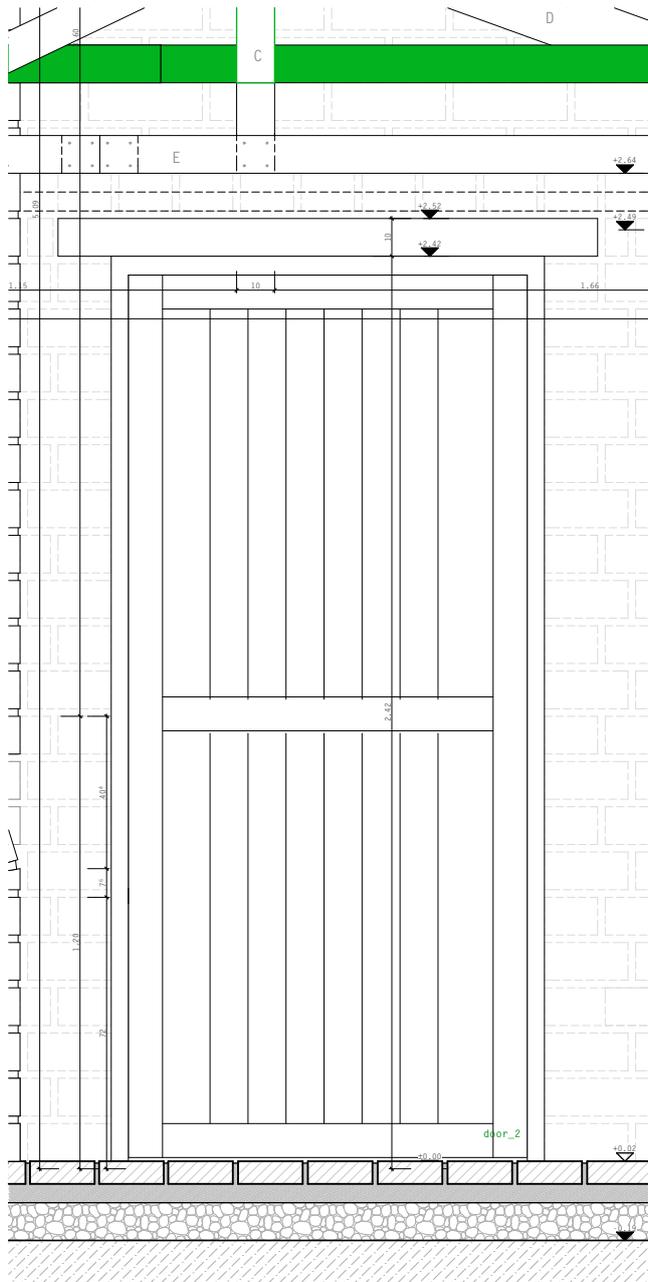


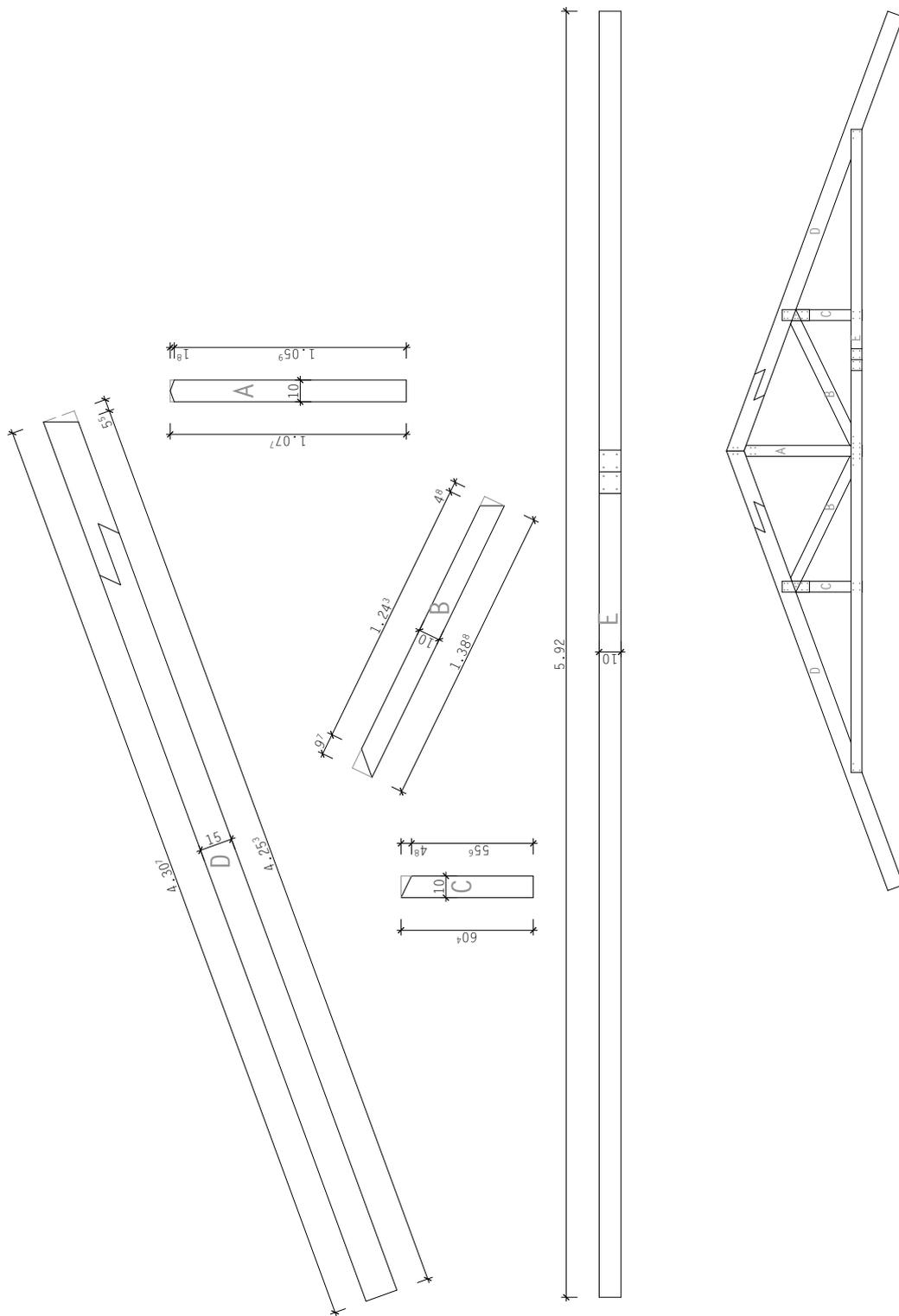
Fenster Typ 2, MST. 1:20



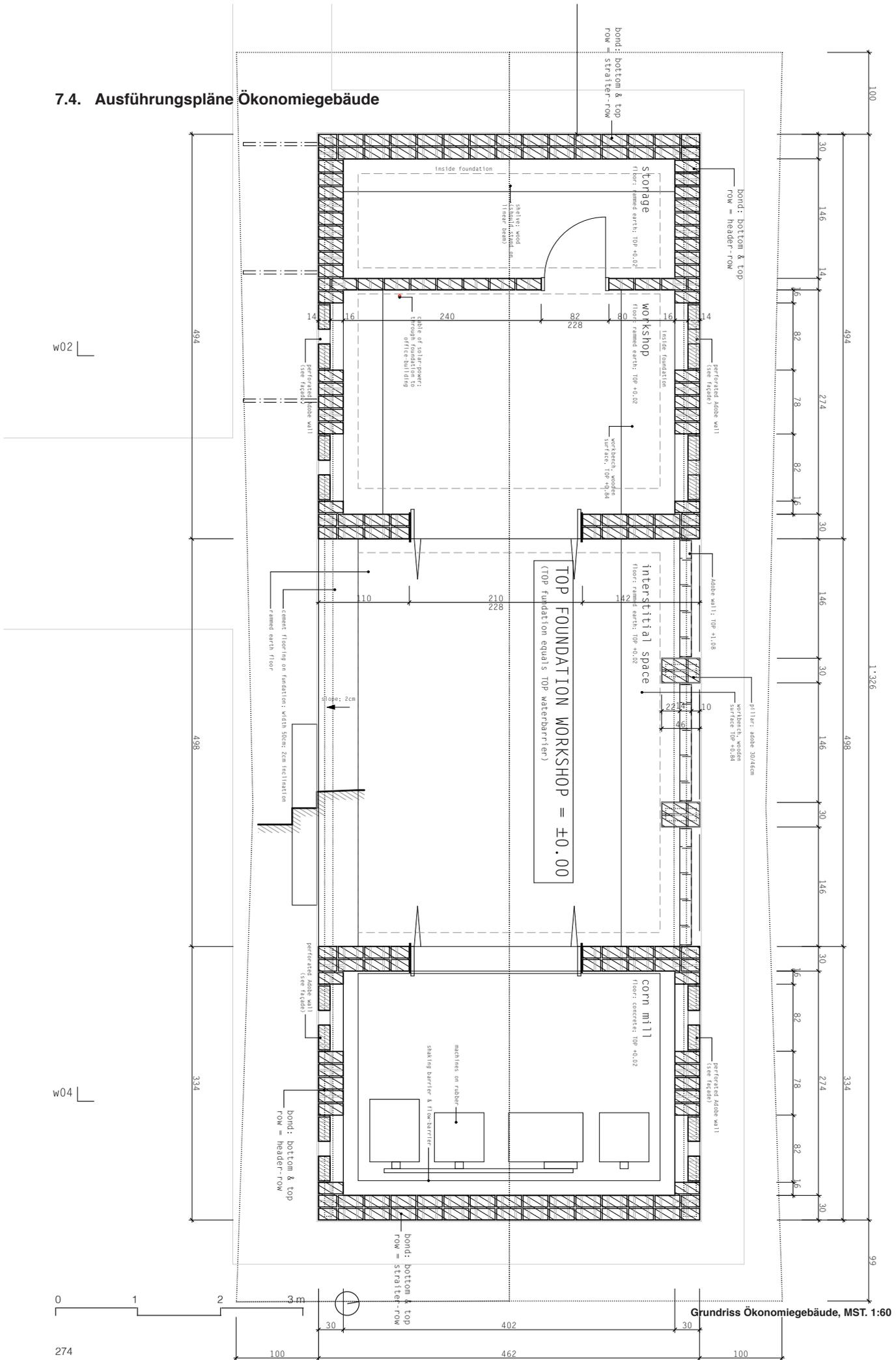


Türe Typ 1, MST. 1:20





7.4. Ausführungspläne Ökonomiegebäude



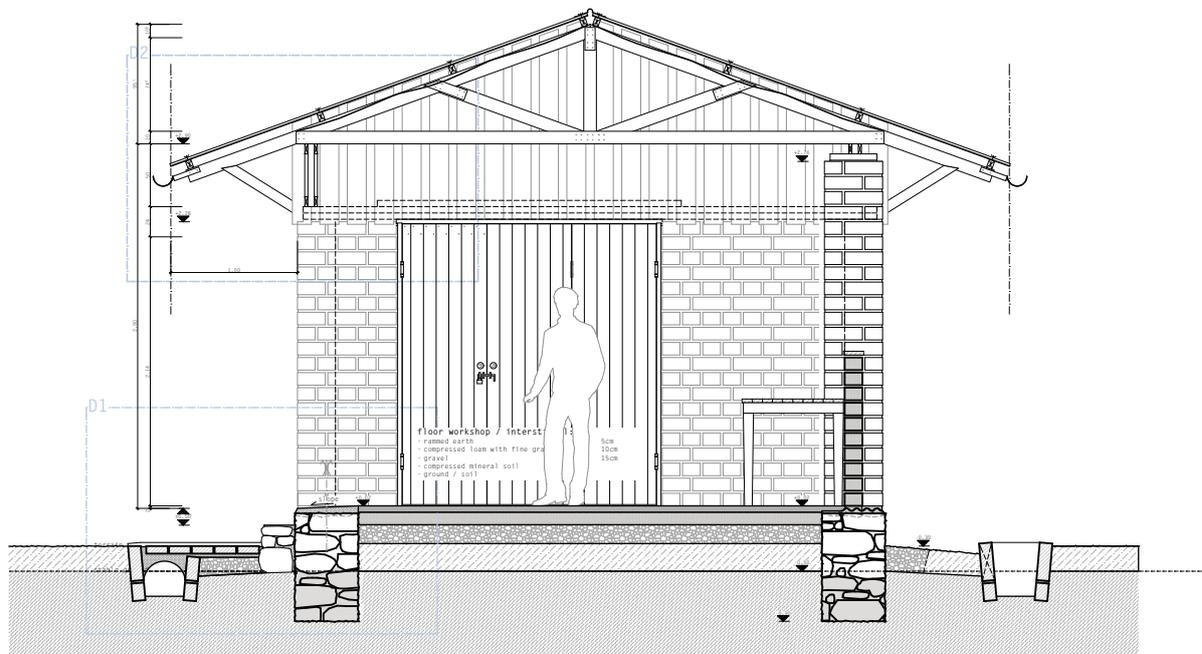
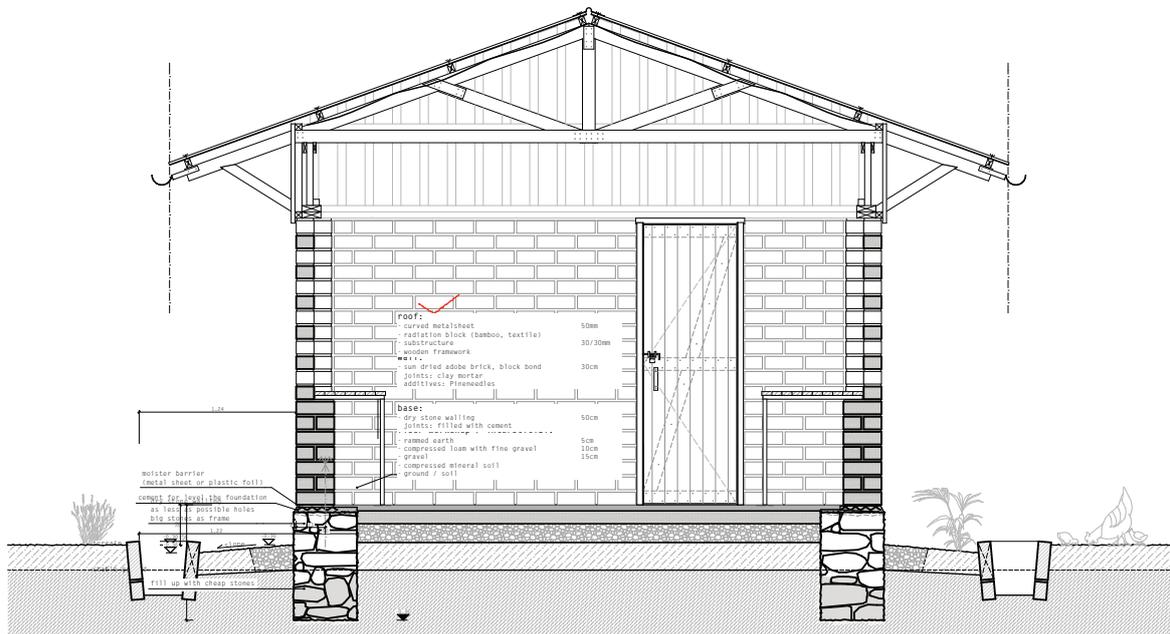
w02

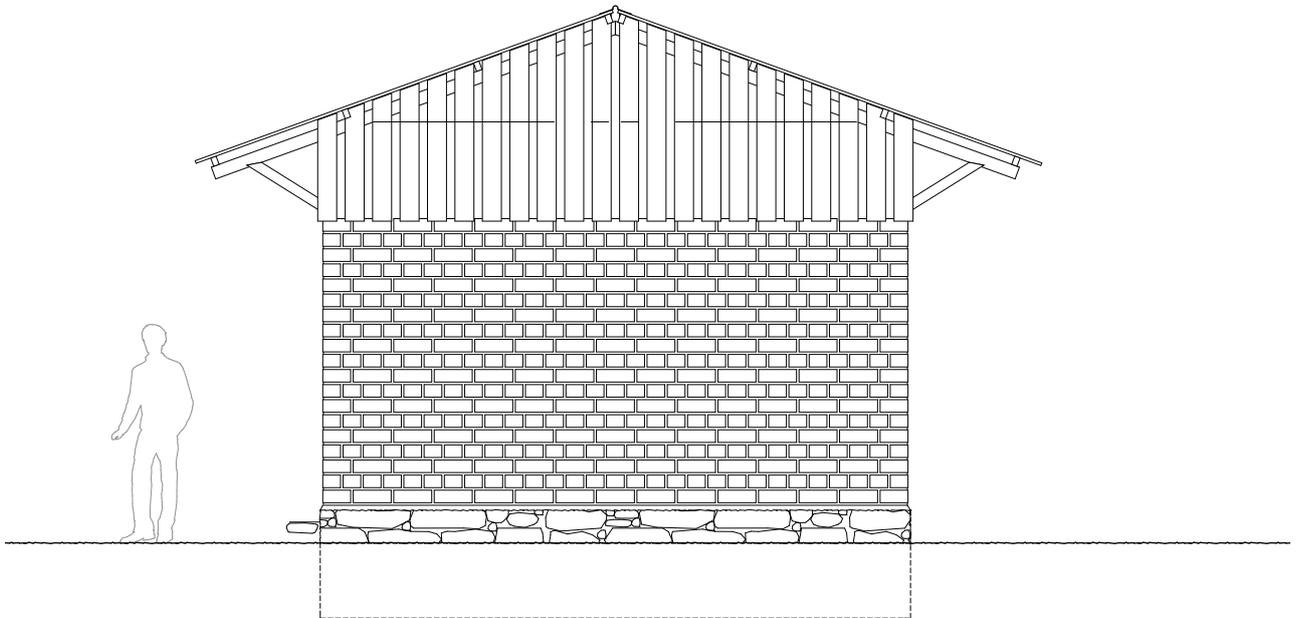
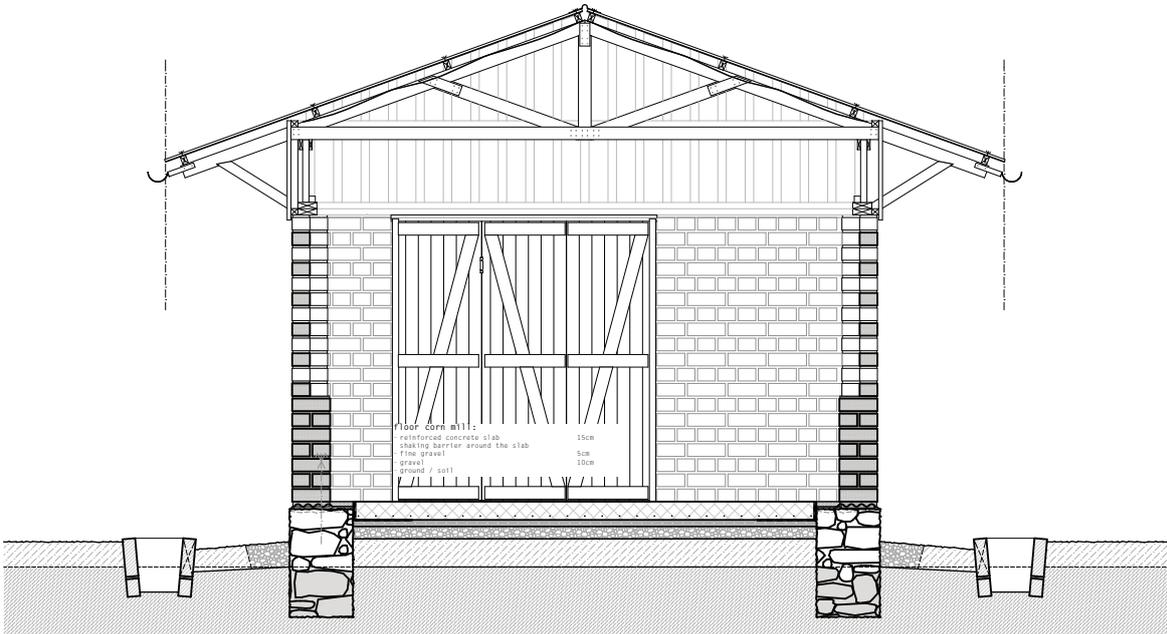
w04

0 1 2 3 m

274

Grundriss Ökonomiegebäude, MST. 1:60

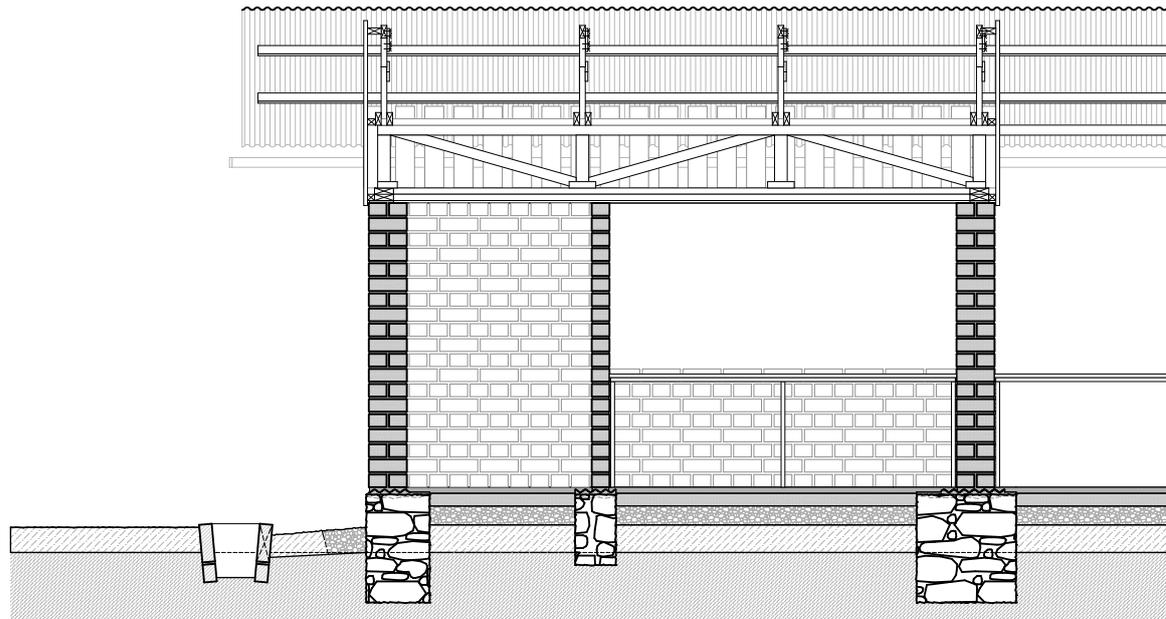
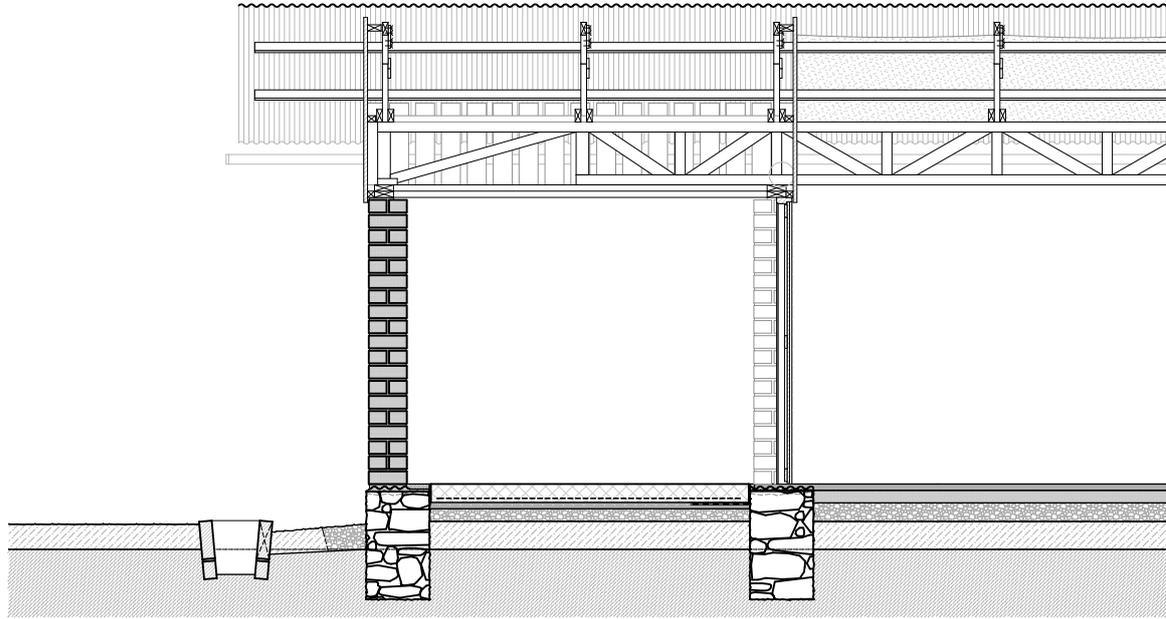


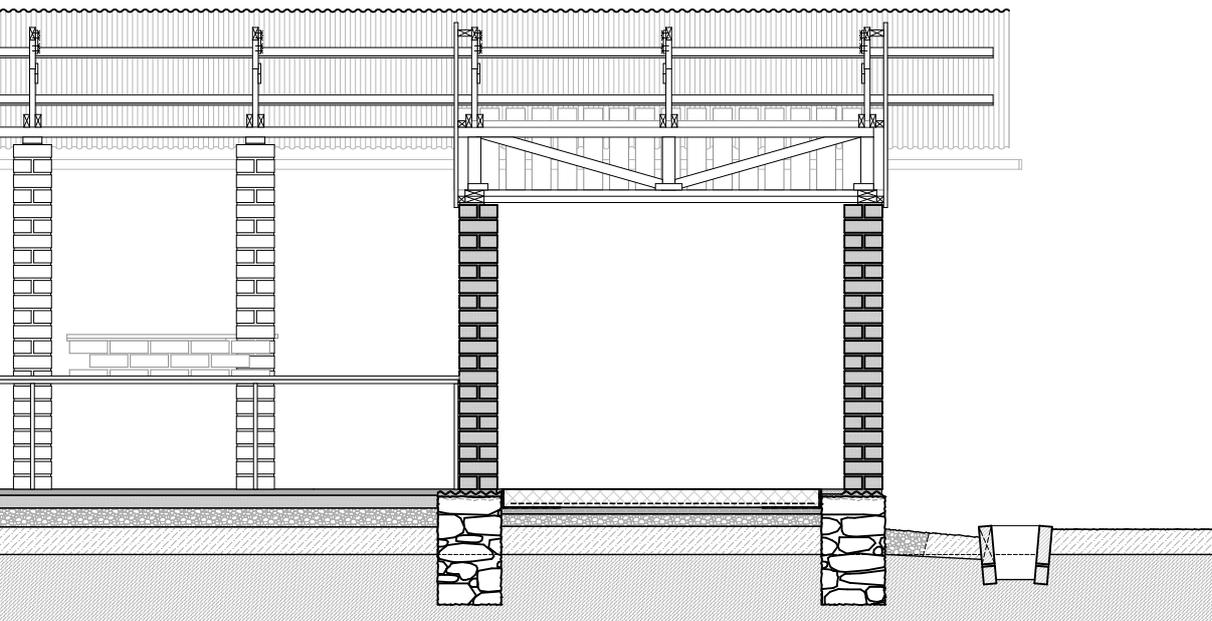
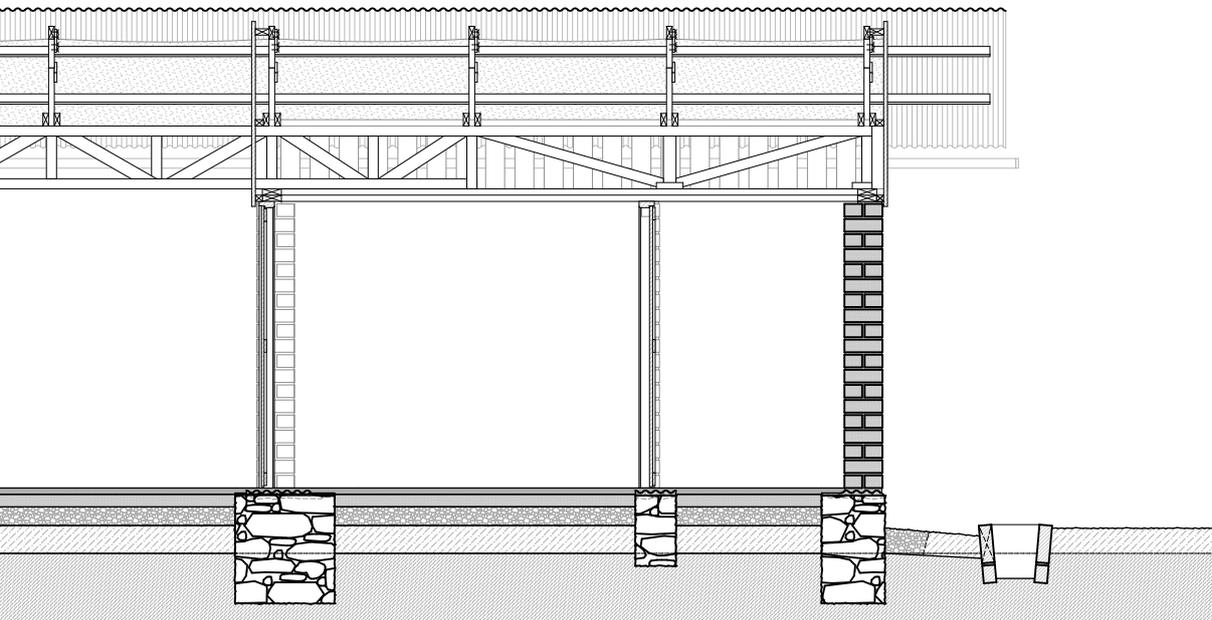


Querschnitte MST 1:60

- oben links: Werkstatt
- oben rechts: Maismühle
- unten links: Zwischenraum
- unten rechts: Ostfassade







Längsschnitte Ökonomiegebäude, MST. 1:60



7.5. Zwischenstände Kostenschätzung

	administra				workshop				tot	29.06.16
	work done by	price per unit	number	price TSH	work done by	price per unit	number	price TSH		euro
preparation										
clearing plot	contractor	0	1	0 in O.1.2	villagers	0	1	0		
temporary toilet										
price	contractor	150'000	1	150'000						
bybass road										
labor	villagers	0	1	0						
watertransport										
labor	women	5'000	10	50'000						
total				150'000				50'000	EUR 25	200'000 EUR 100
foundation										
transport stones	contractor	200'000	70	14'000'000 incl. collect 0 lorey free	W.1.1 rdo	0	0	0		
earthwork / walling	contractor	4'500'000	1	4'500'000 incl. Level, cement?	W.1.2 student / villagers	0	0	0		
moister barrier	contractor	0	1	0 use leftover	W.1.3 student / villagers	0	0	0		
total				18'500'000				0	EUR 0	18'500'000 EUR 9'250
base										
splash plate				0	W.2.1					
stairs			1	0	W.2.2					
labor				0						
total				0				0	EUR 0	0 EUR 0
floor rammed earth										
transport gravel	contractor	200'000	50	10'000'000 incl. collect	W.3.1					
clay	contractor	0	1	0 on site	W.3.2					
labor	contractor	0	1	0	W.3.3					
total				10'000'000				0	EUR 0	10'000'000 EUR 5'000
floor tiles										
tiles	contractor	50	500	25'000	W.4.1					
sand	contractor				W.4.2					
total				25'000					EUR 13	EUR 0 25'000 EUR 13
floor wood										
planks	contractor									
total				0				0	EUR 0	0 EUR 0
bricks										
making	contractor	50	17'000	850'000	W.6.1 student	75	7'000	525'000		
transport	contractor	200'000	1	200'000	W.6.2 on site	0	1	0		
firewood	contractor	60'000	1	60'000	W.6.3 no	0	1	0		
water	contractor	0	1	0	W.6.4 women	0	1	0		
clay moarter	contractor	0	1	0	W.6.5					
brick laying	contractor	4'000'000	1	4'000'000 incl. Water Mortar?	W.6.6 student					
total				5'110'000	W.6.7			525'000	EUR 263	5'635'000 EUR 2'818
windows										
small	rdo	100'000	3	300'000						
meeting room	rdo	200'000	6	1'200'000						
counter	rdo	200'000	1	200'000						
labor	rdo	0	1	0						
total				1'700'000				0	EUR 0	1'700'000 EUR 850
doors										
normal	rdo	190'000	7	1'330'000	W.8.1					
workshop	rdo				W.8.2	400'000	2	800'000		
labor	rdo	0	1	0	W.8.3					
total				1'330'000				800'000	EUR 400	2'130'000 EUR 1'065
wooden walls										
beams	rdo									
blanks	rdo									
nails	rdo									
total				0				0	EUR 0	0 EUR 0
roofing & ceiling										
iron sheet	contractor	17'000	88	1'496'000 panel: 3/1m	W.10.1 student	17'000	56	952'000 panel: 3/1m		
nails roof	contractor				W.10.2 student			0		
beams 6x2	contractor	4'800	78	374'400	W.10.3 student	4'800	54	259'200		
beams 2x2	contractor	2'000	48	96'000	W.10.4 student	2'000	24	48'000		
nails beam	contractor	3'000'000			W.10.5 student			0		
backs	contractor				W.10.6			0		
beams	contractor				W.10.7					
ringbeam (6x2)	contractor	4'800	14	64'800	W.10.8 student	4'800	9	43'200		
cladding					W.10.9 student					
total				2'031'200				1'302'400	EUR 651	3'333'600 EUR 1'667
stove										
labor	rdo	1	1	1						
total				1					EUR 0	1 EUR 0
Electro										
material	rdo	500'000	1	500'000						
labor	rdo	0	1	0						
total				500'000					EUR 250	500'000 EUR 250
water tank										
tank	rdo	1'200'000	1	1'200'000						
pipes	rdo	0	1	0						
gutter hooks	rdo									
labor	rdo									
total				1'200'000					EUR 600	1'200'000 EUR 600
furniture										
chair	rdo									
table	rdo									
workbench					W.14.3					
total										
Extra										
total										
parameter										
Eurokurs		2'000.00								0.00
total										43'223'601 EUR 21'612

Kosten Stand 29.07.16

		administration building				workshop												
costs pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	optimum	comment	pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	optimum	comment	total TSH	total euro	optimum	optimum euro	
0 preparation																		
0.1	clearing plot	contractor	0	1	0	0	0	included in O.1.2	villagers	0	1	0	0	0	0	0	0	
0.2 temporary toilet																		
	price	contractor	150'000	1	150'000	150'000	0					0	0	0	0	0	0	
0.3 bybass road																		
	labor	villagers	0	1	0	0	0					0	0	0	0	0	0	
0.4 watertransport																		
	labor	villagers	0	1	0	0	0		women	5'000	10	50'000	50'000	0	0	0	0	
0.5 scaffolding																		
	rdo		0	1	0	0	0		rdo			0	0	0	0	0	0	
0 total					150'000	150'000					50'000	50'000	EUR 25	200'000	EUR 100	200'000	EUR 100	
1 foundation																		
0.1.1	transport stones	contractor	200'000	20	14'000'000	14'000'000	14'000'000	inc. collection	W.1.1	rdo	0	0	0	0	0	0	0	
			50'000	20	1'000'000	1'000'000	1'000'000	lorey free; fuel						0	0	0	0	
0.1.2	earthwork / walling	contractor	4'500'000	1	4'500'000	2'160'000	2'160'000	ind. Level, cement	W.1.2	students / villagers	0	0	0	0	0	0	0	
0.1.3	moister barrier	contractor	0	1	0	0	0	use leftover	W.1.3	students / villagers	0	0	0	0	0	0	0	
1 total					19'500'000	17'160'000		EUR 9'750				0	0	EUR 0	19'500'000	EUR 9'750	17'160'000	EUR 8'580
2 base																		
0.2.1	splash slate			1	0	0	0		W.2.1	students / villagers	50	1'000	50'000	50'000	0	0	0	
0.2.2	stairs				0	0	0		W.2.2	students / villagers				0	0	0	0	
0.2.3	labor				0	0	0		W.2.3	students / villagers				0	0	0	0	
2 total					0	0	0	EUR 0				50'000	50'000	EUR 25	50'000	EUR 25		
3 floor rammed earth																		
0.3.1	transport gravel	contractor	200'000	50	10'000'000	10'000'000	10'000'000	incl. collect	W.3.1	students / villagers				0	0	0	0	
0.3.2	clay	contractor	0	1	0	0	0	on site	W.3.2	students / villagers				0	0	0	0	
0.3.3	labor	contractor	0	1	0	0	0		W.3.3	students / villagers				0	0	0	0	
3 total					10'000'000	10'000'000		EUR 5'000				0	0	EUR 0	10'000'000	EUR 5'000	10'000'000	EUR 5'000
4 floor tiles																		
0.4.1	tiles	contractor	50	500	25'000	25'000	25'000		W.4.1		50.00	50	500	0	0	0	0	
0.4.2	sand	contractor	200'000	1		0	0		W.4.2		1.00	200'000	1	0	0	0	0	
4 total					25'000	25'000		EUR 13				0	0	EUR 0	25'000	EUR 13	25'000	EUR 13
5 floor wood																		
0.5.1	planks	contractor				0	0					0	0	0	0	0	0	
0.5.2	contractor					0	0					0	0	0	0	0	0	
5 total					0	0	0	EUR 0				0	0	EUR 0	0	EUR 0	0	EUR 0
6 bricks																		
0.6.1	making	contractor	50	17'000	850'000	850'000	850'000		W.6.1	students	75	7'000	525'000	525'000	0	0	0	
0.6.2	transport	contractor	200'000	1	200'000	200'000	200'000		W.6.2	on site	0	1	0	0	0	0	0	
0.6.3	firewood	contractor	60'000	1	60'000	60'000	60'000		W.6.3					0	0	0	0	
0.6.4	water	contractor	0	1	0	0	0		W.6.4	women	0	1	0	0	0	0	0	
0.6.5	clay mortar	contractor	0	1	0	0	0		W.6.5					0	0	0	0	
0.6.6	brick laying	contractor	4'000'000	1	4'000'000	2'880'000	2'880'000	ind. Water & Mortar?	W.6.6	students				0	0	0	0	
6 total					5'110'000	3'990'000		EUR 2'555				525'000	525'000	EUR 263	5'635'000	EUR 2'818	4'515'000	EUR 2'258
7 windows																		
0.7.1	small	rdo	100'000	3	300'000	300'000	300'000						0	0	0	0	0	
0.7.2	meeting room	rdo	200'000	6	1'200'000	1'200'000	1'200'000						0	0	0	0	0	
0.7.3	counter	rdo	200'000	1	200'000	200'000	200'000						0	0	0	0	0	
0.7.4	labor	rdo	0	1	0	0	0						0	0	0	0	0	
7 total					1'700'000	1'700'000		EUR 850				0	0	EUR 0	1'700'000	EUR 850	1'700'000	EUR 850
8 doors																		
0.8.1	normal	rdo	190'000	7	1'330'000	1'330'000	1'330'000		W.8.1				0	0	0	0	0	
0.8.2	workshop	rdo				0	0		W.8.2	rdo	400'000	2	800'000	800'000	0	0	0	
0.8.3	labor	rdo	0	1	0	0	0		W.8.3				0	0	0	0	0	
8 total					1'330'000	1'330'000		EUR 665				800'000	800'000	EUR 400	2'130'000	EUR 1'065	2'130'000	EUR 1'065
9 wooden walls																		
0.9.1	beams	rdo				0	0						0	0	0	0	0	
0.9.2	blanks	rdo				0	0						0	0	0	0	0	
0.9.3	nails	rdo				0	0						0	0	0	0	0	
9 total					0	0	0	EUR 0				0	0	EUR 0	0	EUR 0	0	EUR 0
10 roofing & ceiling																		
0.10.1	iron sheet	contractor	17'000	88	1'496'000	1'496'000	1'496'000	panel: 3/1m	W.10.1	students	17'000	56	952'000	952'000	panel: 3/1m			
0.10.2	nails roof	contractor				0	0		W.10.2	students				0	0	0	0	
0.10.3	beams 6x2 inch	contractor	4'800	78	374'400	374'400	374'400		W.10.3	students	4'800	54	259'200	259'200				
0.10.4	beams 2x2 inch	contractor	2'000	48	96'000	96'000	96'000		W.10.4	students	2'000	24	48'000	48'000				
0.10.5	nails beam	contractor				0	0		W.10.5	students				0	0	0	0	
0.10.6	labor	contractor	3'000'000			0	0		W.10.6	students	0	1	0	0	0	0	0	
0.10.7	backs	contractor				0	0		W.10.7					0	0	0	0	
0.10.8	beams	contractor				0	0		W.10.8	students				0	0	0	0	
0.10.8	rimbeam (6x2 inch) cladding	contractor	4'800	14	64'800	64'800	64'800		W.10.9	students	4'800	9	43'200	43'200				
10 total					2'031'200	2'031'200		EUR 1'016				1'302'400	1'302'400	EUR 651	3'333'600	EUR 1'667	3'333'600	EUR 1'667
11 stove																		
0.11.1	labor	rdo		1	0	0	0						0	0	0	0	0	
11 total					0	0	0	EUR 0				0	0	0	0	0	0	0
12 Electro																		
0.12.1	material	rdo	500'000	1	500'000	500'000	500'000						0	0	0	0	0	
0.12.2	labor	rdo	0	1	0	0	0						0	0	0	0	0	
12 total					500'000	500'000		EUR 250				0	0	500'000	EUR 250	500'000	EUR 250	
13 water tank																		
0.13.1	tank	rdo	1'200'000	1	1'200'000	1'200'000	1'200'000						0	0	0	0	0	
0.13.2	pipes	rdo	0	1	0	0	0						0	0	0	0	0	
0.13.3	utter hooks	rdo				0	0						0	0	0	0	0	
0.13.4	labor	rdo				0	0						0	0	0	0	0	
13 total					1'200'000	1'200'000		EUR 600				0	0	1'200'000	EUR 600	1'200'000	EUR 600	
14 furniture																		
0.14.1	chair	rdo				0	0						0	0	0	0	0	
0.14.2	table workbench	rdo				0	0		W.14.3				0	0	0	0	0	
14 total					0	0	0					0	0	0	0	0	0	0
15 Extra																		
	studets labor				0	0	0		w.15.1	students	2'000'000	1	2'000'000	2'000'000				
15 total					0	0	0					2'000'000	2'000'000		2'000'000	EUR 1'000		
														46'273'600	EUR 23'137	40'763'600	EUR 20'382	
Parameter																		
	Eurokurs	2'000.00																
	Students labor	2'000'000.00	16						0.00									
Index																		
expensive positions; price to be optimized no informations about prices given yet positon might to be added																		
Variante A; Steinankauf Verband																		
O.6.1 2'460'000																		
Total 47'883'600 23'942 42'373'600 EUR 21'187																		
Variante B; Steinankauf Einschallig																		
O.6.1 1'200'000																		
Total 46'623'600 23'312 41'113'600 EUR 20'557																		
Potential Optimierung Transport																		
O.1.1 12'000'000																		
Total 43'273'600 21'637 37'763'600 EUR 18'882																		

Kosten Stand 30.07.16

costs pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	comment	pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	comment	total TSH	total euro
0 preparation													
0.1 clearing plot	contractor		0	1	0 included in O.1.2	villagers		0	1	0			
0.2 temporary toilet price	contractor	150'000	1	150'000									
0.3 bypass road labor	villagers		0	1	0								
0.4 watertransport drum						women		5'000	50	250'000			
0.5 scaffolding rdo			0	1	0	rdo							
0 total					150'000	EUR 75				250'000	EUR 125	400'000	EUR 200
1 foundation													
0.1.1 transport stones	contractor	185'000	8	1'480'000	inc. collection	W.1.1	rdo	185'000	4	740'000			
0.1.2 transport stones	villagers	40'000	8	320'000				40'000	4	160'000			
0.1.3 earthwork / walling	contractor	2'250'000	0.5	2'250'000	incl. Level	W.1.2	students / villagers	0	0	0	in w.15.1		
0.1.4 cement sand	rdo	14'000	20	280'000				185'000	2	370'000			
0.1.5 moister barrier	contractor		0	1	0 use leftover	W.1.3	students / villagers		0	0	0 use leftover		
1 total					4'700'000	EUR 2'350				900'000	EUR 450	5'600'000	EUR 2'800
2 base													
0.2.1 splash plate		30'000				W.2.1	students / villagers	50	1'000	50'000			
0.2.2 stairs			1	0		W.2.2	students / villagers						
0.2.3 labor				0		W.2.3	students / villagers				in w.15.1		
2 total					0	EUR 0				50'000	EUR 25	50'000	EUR 25
3 floor rammed earth													
0.3.1 transport gravel	villagers	40'000	25	1'000'000	incl. collect	W.3.1	students / villagers						
0.3.2 clay	villagers	0	1	0	on site	W.3.2	students / villagers						
0.3.3 labor	villagers	0	1	0		W.3.3	students / villagers				in w.15.1		
3 total					1'000'000	EUR 500				0	EUR 0	1'000'000	EUR 500
4 floor tiles													
0.4.1 tiles	contractor	0	0	0		W.4.1		50.00	0	500			
0.4.2 sand	contractor	185'000	10	1'850'000		W.4.2		1.00	0	0			
4 total					1'850'000	EUR 925				0	EUR 0	1'850'000	EUR 925
5 floor wood													
0.5.1 planks	contractor	350'000	20	7'000'000	12ft / 8.5cm								
0.5.2	contractor												
5 total					7'000'000	EUR 3'500				0	EUR 0	7'000'000	EUR 3'500
6 bricks													
0.6.1 making	rdo	50	17'000	850'000		W.6.1	students	75	7'000	525'000			
0.6.2 transport	rdo	40'000	31	1'250'000		W.6.2	on site	0	1	0			
0.6.3 firewood	not needed	60'000	0	0		W.6.3							
0.6.4 water	contractor	0	1	0		W.6.4	women	0	1	0			
0.6.5 clay moarter	contractor	185'000	5	925'000		W.6.5							
0.6.6 brick laying	contractor	2'000'000	1	4'000'000		W.6.6	students				in w.15.1		
6 total					7'025'000	EUR 3'513				525'000	EUR 263	7'550'000	EUR 3'775
7 windows													
0.7.1 small	rdo	100'000	3	300'000									
0.7.2 meeting room	rdo	200'000	6	1'200'000									
0.7.3 counterter	rdo	200'000	1	200'000									
0.7.4 labor	rdo	0	1	0									
7 total					1'700'000	EUR 850				0	EUR 0	1'700'000	EUR 850
8 doors													
0.8.1 normal	rdo	190'000	7	1'330'000		W.8.1	rdo	400'000	2	800'000			
0.8.2 workshop						W.8.2							
0.8.3 labor	rdo	0	1	0		W.8.3					in w.15.1		
8 total					1'330'000	EUR 665				800'000	EUR 400	2'130'000	EUR 1'065
9 wooden walls													
0.9.1 beams	rdo	4'800	5	24'000									
0.9.2 blanks	rdo	6'000	20	120'000									
0.9.3 nails kg	rdo	5'000	1										
9 total					144'000	EUR 72				0	EUR 0	144'000	EUR 72
10 roofing & ceiling													
0.10.1 iron sheet	contractor	17'000	88	1'496'000	panel: 3/1m	W.10.1	students	17'000	56	952'000	panel: 3/1m		
0.10.2 nails roof	contractor	5'000	100	500'000		W.10.2	students	5'000	50	250'000			
0.10.3 beams 6x2 inch	contractor	4'800	78	374'400		W.10.3	students	4'800	54	259'200			
0.10.4 beams 2x2 inch	contractor	2'000	48	96'000		W.10.4	students	2'000	24	48'000			
0.10.5 nails beam	contractor	0			O.10.2	W.10.5	students	0	1	0			
0.10.6 labor	contractor	3'000'000				W.10.6	students				0 in w.15.1		
0.10.7 backs	contractor	4'000	100	400'000		W.10.7							
0.10.8 ringbeam (6x2 inch) metalband cladding	contractor	4'800	14	64'800		W.10.8	students	4'800	9	43'200			
0.10.9						W.10.9	students	4'000	100	400'000			
10 total					2'931'200	EUR 1'466				1'952'400	EUR 976	4'883'600	EUR 2'442
11 stove													
0.11.1 labor	rdo	0	1	0									
11 total					0	EUR 0				0	EUR 0	0	EUR 0
12 Electro													
0.12.1 material	rdo	500'000	1	500'000									
0.12.2 labor	rdo	0	1	0									
12 total					500'000	EUR 250						500'000	EUR 250
13 water tank													
0.13.1 tank	rdo	1'200'000	1	1'200'000									
0.13.2 gutter pipes	rdo	15'000	13	200'000									
0.13.3 gutter hooks	rdo	0											
0.13.4 labor	rdo	0											
13 total					1'400'000	EUR 700						1'400'000	EUR 700
14 furniture													
0.14.1 chair	rdo	0											
0.14.2 table workbench	rdo	0				W.14.3	rdo						
14 total													
15 Extra													
students labor						w.15.1	students	2'000'000	1	2'000'000			
Ernstael								25'000	62	1'550'000			
Mister Kassian								10'000	62	620'000			
15 total								4'170'000				4'170'000	EUR 2'085
												38'377'600	EUR 19'189
Variante A; Steinkauf Verband													
parameter						0.00							
Eurokurs	2'000.00												
Students labor	2'000'000.00	16										38'142'600	19'071
Variante B; Steinkauf Einschalg													
Index					expensive positions; price to be optimized no informations about prices given yet position might to be added								
Potential Optimierung Transport													
0.1.1												10'250'000	
Total												47'147'600	23'574

Kosten Stand 08.07.2016

pos.	costs	administration building				workshop				total TSH	comment	total euro			
		work done by	price per unit	number	price TSH	work done by	price per unit	number	price TSH						
0 preparation															
0.1	clearing plot	contractor		0	1	0	included in 0.1.2	villagers		0	1	0			
0.2 temporary toilet															
	price	contractor		150'000	1	150'000									
0.3 bybass road															
	labor	villagers		0	1	0									
0.4 watertransport															
	drum							women	5'000	50	250'000				
0.5 scaffolding															
	rdo			0	1	0		rdo							
0	total					150'000	EUR 75				250'000	EUR 125	400'000	EUR 200	
1 foundation															
0.1.1	transport stones	contractor		185'000	14	2'590'000	inc. collection	W.1.1 rdo	185'000	5	925'000				
0.1.2	transport stones	villagers		40'000	6	240'000		W.1.2	40'000	3	120'000				
0.1.3	earthwork / walling	contractor		450'000	0.8	3'600'000	incl. Level	W.1.3 students / villagers	0	0	0	in w.15.1			
0.1.4	cement	rdo		14'000	40	560'000		W.1.4 students / villagers	14'000	20	280'000				
0.1.5	sand			185'000	1	185'000		W.1.5 students / villagers	185'000	1	185'000				
0.1.6	moister barrier	contractor		0	1	0	use leftover	W.1.6 students / villagers	0	0	0	use leftover			
1	total					7'175'000	EUR 3'588				1'510'000	EUR 755	8'685'000	EUR 4'343	
2 base															
0.2.1	splash plate					0		W.2.1 students / villagers	50	0	0				
0.2.2	stairs (stones)					0		W.2.2 students / villagers	0	1	0				
0.2.3	ceiment for stairs			14'000	10	140'000		W.2.3 students / villagers	14'000	5	70'000				
0.2.4	labor					0		W.2.4 students / villagers				in w.15.1			
2	total					140'000	EUR 70				70'000	EUR 35	210'000	EUR 105	
3 floor cement															
	gravel	villagers		0	1	0		W.3.1 students / villagers	185'000	1	185'000				
	reinforcement							W.3.2 students / villagers	19'000	8	146'718				
	shaking-barrier							W.3.3 students / villagers	3'000	8	38'610				
	cement	villagers		0	1	0		W.3.4 students / villagers	14'000	20	280'000				
	labor					0		W.3.5 students / villagers	0	1	0	in w.15.1			
3	total					0	EUR 0				650'328	EUR 325	650'328	EUR 325	
4 floor tiles															
0.4.1	tiles	contractor		100	778	77'798		W.4.1	50.00	100	44'736				
0.4.2	gravel	contractor		185'000	1	185'000		W.4.2	1.00	185'000	447	185'000			
4	total					262'798	EUR 131				229'736	EUR 115	492'534	EUR 246	
5 floor wood															
0.5.1	planks	contractor		3'500	214	749'000	12ft / 8.5cm	W.5.1		56	196'206	12ft / 8.5cm			
0.5.2	beam (6x2)	contractor		4'800	34	163'200		W.5.2	4'800	10	48'000				
5	total					912'200	EUR 456				244'206	EUR 122	1'156'406	EUR 578	
6 bricks															
0.6.1	making	rdo		75	17'000	1'275'000		W.6.1 students	50	7'000	350'000				
0.6.2	transport			40'000	31	1'250'000		W.6.2 on site	0	1	0				
0.6.3	firewood	not needed		60'000	0	0		W.6.3							
0.6.4	water	contractor		0	1	0		W.6.4 women	0	1	0	in 0.4			
0.6.5	clay mortar	contractor		185'000	5	925'000		W.6.5	185'000	1	185'000				
0.6.6	brick laying	contractor		4'000'000	1	4'000'000		W.6.6 students				in w.15.1			
0.6.7	plaster (sand)			185'000	1	185'000									
6	total					7'635'000	EUR 3'818				535'000	EUR 268	8'170'000	EUR 4'085	
7 windows															
0.7.1	small	rdo		100'000	3	300'000									
0.7.2	meeting room	rdo		200'000	6	1'200'000									
0.7.3	counter	rdo		200'000	1	200'000									
0.7.4	labor	rdo		0	1	0									
7	total					1'700'000	EUR 850				0	EUR 0	1'700'000	EUR 850	
8 doors															
0.8.1	normal	rdo		190'000	6	1'140'000		W.8.1 rdo	190'000	1	190'000				
0.8.2	workshop	rdo		0	1	0		W.8.2 rdo	400'000	2	800'000				
0.8.3	labor					0		W.8.3				in w.15.1			
8	total					1'140'000	EUR 570				990'000	EUR 495	2'130'000	EUR 1'065	
9 wooden walls															
0.9.1	beams	rdo		4'800	5	24'000									
0.9.2	blanks	rdo		6'000	20	120'000									
0.9.3	nails sq	rdo		5'000	1										
9	total					144'000	EUR 72				0	EUR 0	144'000	EUR 72	
10 roofing & ceiling															
0.10.1	iron sheet	contractor		17'000	88	1'496'000	panel: 3/1m	W.10.1 students	17'000	45	765'000	panel: 3/1m			
0.10.2	roof top	contractor		3'000	20	100'000		W.10.2 students	3'000	18	75'000				
0.10.3	nails roof	contractor		5'000	100	500'000		W.10.3 students	5'000	50	250'000				
0.10.4	beams 6x2 inch	contractor		4'800	78	374'400		W.10.4 students	4'800	72	345'600				
0.10.5	beams 2x2 inch	contractor		2'000	48	96'000		W.10.5 students	2'000	24	48'000				
0.10.6	nails beam	contractor		0		0	0.10.2	W.10.6 students	0	0	0				
0.10.7	labor	contractor		3'000'000				W.10.7 students	0	1	0	in w.15.1			
0.10.8	backs	contractor		4'000											
0.10.9	textile				100	400'000		W.10.9	5'000	45	224'640				
0.10.10	ringbeam (6x2 inch)	contractor		4'800	14	64'800		W.10.10 students	4'800	9	41'040				
	beam porch					0		W.10.11 students	5'000	4	20'000				
0.10.12	metal rods			32'000	1	32'000		W.10.12 students	16'000	1	16'000				
	cladding (backs)					0		W.10.13 students	4'000	93	370'347				
	beam cladding (2x2)							W.10.14 students	2'000	9	17'100				
10	total					3'063'200	EUR 1'532				2'172'727	EUR 1'086	5'235'927	EUR 2'618	
11 stove															
0.11.1	labor	rdo		0	1	0	in 0.6.6								
11	total					0	EUR 0				0	EUR 0			
12 Electro															
0.12.1	material	rdo		200'000	1	200'000			300'000	1	300'000	incl. Solar			
0.12.2	labor	rdo		0	1	0									
12	total					200'000	EUR 100				300'000	EUR 150	500'000	EUR 250	
13 water tank															
0.13.1	tank	rdo							1'200'000	1	1'200'000				
0.13.2	cutter pipes	rdo		15'000	8	125'000		W.13.2	15'000	7	105'000				
0.13.3	cutter hooks	rdo		0											
0.13.4	labor	rdo		0											
13	total					125'000	EUR 63				1'305'000	EUR 653	1'430'000	EUR 715	
14 furniture															
0.14.1	chair	rdo		0											
0.14.2	table	rdo		0				W.14.3 rdo							
	workbench														
14	total					0									
15 Extra															
	studets labor							w.15.1 students	2'000'000	1	2'000'000				
	Ermauel								25'000	62	1'550'000				
	Mäster Kasian								10'000	62	620'000				
	Fountain								0	1	0				
	mais mill								0	1	0				
	mais peeler								0	1	0				
15	total					0					4'170'000		4'170'000	EUR 2'085	
				office	22'647'198	EUR 11'324						workshop	12'426'997	EUR 6'213	
											total	35'074'195	EUR 17'537		
parameter															
Eurokurs 2'000,00															
Students labor 2'000'000,00															
Index															
expensive positions; price to be optimized															
no informations about prices given yet															
position might be added															

costs pos.	work done by	administration building			comment	work done by	workshop			total TSH	comment	21.07.16	
		price per unit	number	price TSH			price per unit	number	price TSH			total euro	
0 preparation													
0.1	clearing plot	contractor	0	1	0 included in 0.1.2	villagers	0	1	0				
0.2	temporary toilet price	contractor	150'000	1	150'000								
0.3	bypass road labor	villagers	0	1	0								
0.4	watertransport drum					women	5'000	50	250'000				
0.5	scaffolding	rdo	0	1	0	rdo							
0 total					150'000				250'000	EUR 125		400'000	EUR 200
1 foundation													
0.1.1	transport stones	contractor	185'000	14	2'590'000	inc. collection	W.1.1	rdo	185'000	5	925'000		
0.1.2	transport stones	villagers	40'000	6	240'000		W.1.2		40'000	3	120'000		
0.1.3	earthwork / walling	Kibiki	25'000	15.0	375'000	incl. Level	W.1.3	students / villagers	0	0	0	in w.15.1	
0.1.4	cement	rdo	14'000	40	560'000		W.1.4	students / villagers	14'000	20	280'000		
0.1.5	sand	rdo	185'000	3	555'000		W.1.5	students / villagers	185'000	1	185'000		
0.1.6	moister barrier	contractor	0	1	0	use leftover	W.1.6	students / villagers	0	0	0	use leftover	
1 total					4'320'000	EUR 2'160			1'510'000	EUR 755		5'830'000	EUR 2'915
2 base													
0.2.1	splash plate				0		W.2.1	students / villagers	50	0	0		
0.2.2	stairs (stones)				0		W.2.2	students / villagers	0	1	0		
0.2.3	cement for stairs		14'000	30	140'000		W.2.3	students / villagers	14'000	1	70'000		
0.2.4	labor				0		W.2.4	students / villagers				in w.15.1	
2 total					140'000	EUR 70			70'000	EUR 35		210'000	EUR 105
3 floor cement													
	gravel	villagers	0	1	0		W.3.1	students / villagers	185'000	1	185'000		
	reinforcement						W.3.2	students / villagers	19'000	8	146'718		
	shaking-barrier						W.3.3	students / villagers	5'000	8	38'510		
	cement	villagers	0	1	0		W.3.4	students / villagers	14'000	20	280'000		
	labor				0		W.3.5	students / villagers	0	1	0	in w.15.1	
3 total					0	EUR 0			650'328	EUR 325		650'328	EUR 325
4 floor tiles													
0.4.1	tiles	contractor	100	778	77'798		W.4.1		50.00	100	44'736		
0.4.2	gravel	contractor	185'000	1	185'000		W.4.2		1.00	185'000	447	185'000	
4 total					262'798	EUR 131			229'736	EUR 115		492'534	EUR 246
5 floor wood													
0.5.1	planks	contractor	3'500	214	749'000	12R / 8.5cm	W.5.1					196'206	12R / 8.5cm
0.5.2	beam (6x2)	contractor	4'800	34	163'200		W.5.2		3'500	56	48'000		
5 total					912'200	EUR 456			244'206	EUR 122		1'156'406	EUR 578
6 bricks													
0.6.1	making	rdo	75	17'000	1'275'000		W.6.1	students	50	7'000	350'000		
0.6.2	transport	rdo	40'000	31	1'250'000		W.6.2	on site	0	1	0		
0.6.3	firewood	not needed	60'000	0	0		W.6.3						
0.6.4	water	contractor	0	1	0		W.6.4	women	0	1	0	in. 0.4	
0.6.5	clay mortar	contractor	185'000	5	925'000		W.6.5		185'000	1	185'000		
0.6.6	brick laying	contractor	4'000'000	1	4'000'000		W.6.6	students				in w.15.1	
0.6.7	plaster (sand) oil (facade)		185'000	1	185'000		W.6.8	students	500'000	1	500'000		
6 total					7'635'000	EUR 3'818			1'035'000	EUR 518		8'670'000	EUR 4'335
7 windows													
0.7.1	small	rdo	100'000	3	300'000								
0.7.2	meeting room	rdo	200'000	6	1'200'000								
0.7.3	counter	rdo	200'000	1	200'000								
0.7.4	labor	rdo	0	1	0								
7 total					1'700'000	EUR 850			0	EUR 0		1'700'000	EUR 850
8 doors													
0.8.1	normal	rdo	190'000	6	1'140'000		W.8.1	rdo	190'000	1	190'000		
0.8.2	workshop	rdo	0	1	0		W.8.2	rdo	400'000	2	800'000		
0.8.3	labor	rdo	0	1	0		W.8.3					in w.15.1	
8 total					1'140'000	EUR 570			990'000	EUR 495		2'130'000	EUR 1'065
9 wooden walls													
0.9.1	beams	rdo	4'800	5	24'000								
0.9.2	blanks	rdo	6'000	20	120'000								
0.9.3	nails kg	rdo	5'000	1									
9 total					144'000	EUR 72			0	EUR 0		144'000	EUR 72
10 roofing & ceiling													
0.10.1	iron sheet	contractor	17'000	88	1'496'000	panel: 3/1m	W.10.1	students	17'000	45	765'000	panel: 3/1m	
0.10.2	roof top	contractor	5'000	20	100'000		W.10.2	students	5'000	15	75'000		
0.10.3	metal rods	contractor	5'000	100	500'000		W.10.3	students	5'000	50	250'000		
0.10.4	beams 6x2 inch	contractor	4'800	78	374'400		W.10.4	students	4'800	72	345'600		
0.10.5	beams 2x2 inch	contractor	2'000	48	96'000		W.10.5	students	2'000	24	48'000		
0.10.6	nails beam	contractor	3'000'000	0	0	0.10.2	W.10.6	students					
0.10.7	labor	contractor	0	1	0		W.10.7	students	0	1	0	in w.15.1	
0.10.8	backs	contractor	4'000	100	400'000				5'000	45	224'640		
0.10.9	textile						W.10.9						
0.10.10	ringbeam (6x2 inch) beam porch	contractor	4'800	14	64'800		W.10.10	students	4'800	9	41'040		
0.10.11	metal rods	contractor	32'000	1	32'000		W.10.11	students	5'000	4	20'000		
0.10.12	cladding (backs) beam cladding (2x2)				0		W.10.12	students	16'000	1	16'000		
							W.10.13	students	4'000	93	370'247		
							W.10.14	students	2'000	9	17'100		
10 total					3'063'200	EUR 1'532			2'122'227	EUR 1'066		5'235'927	EUR 2'618
11 stove													
0.11.1	labor	rdo	0	1	0	in 0.6.6							
11 total					0	EUR 0			0	EUR 0		0	EUR 0
12 Electro													
0.12.1	material	rdo	200'000	1	200'000				300'000	1	300'000	incl. Solar	
0.12.2	labor	rdo	0	1	0								
12 total					200'000	EUR 100			300'000	EUR 150		500'000	EUR 250
13 water tank													
0.13.1	tank	rdo	0	1	0				1'200'000	1	1'200'000		
0.13.2	cutter pipes	rdo	15'000	8	125'000		W.13.2		15'000	7	105'000		
0.13.3	cutter hooks	rdo	0										
0.13.4	labor	rdo	0										
13 total					125'000	EUR 63			1'305'000	EUR 653		1'430'000	EUR 715
14 furniture													
0.14.1	chair	rdo	0										
0.14.2	table workbench	rdo	0				W.14.3	rdo					
14 total													
15 Extra													
	students labor						w.15.1	students	2'000'000	1	2'000'000		
	Emmanuel								25'000	62	1'550'000		
	Mister Kassian								10'000	62	620'000		
	Fountain								0	1	0		
	mais mill								0	1	0		
	mais peeler								0	1	0		
15 total									4'170'000			4'170'000	EUR 2'085
		office			19'792'198	EUR 9'896							
									workshop		17'926'997	EUR 6'463	
												32'719'195	EUR 16'360
parameter													
	Eurokurs		2'000.00										
	Students labor		2'000'000.00	16									

Index
 expensive positions; price to be optimized
 no informations about prices given yet
 position might to be added

Kosten Stand 21.07.2016

costs p/nr.	work done by	administration building				pos. work done by	workshop				29.07.16	
		price per unit	number	price TSH	comment		price per unit	number	price TSH	comment	total TSH	total euro
0 preparation												
0.1	contractor		0	1	0 included in 0.1.2	villagers	0	1	0			
0.2	contractor	150'000	1	150'000								
0.3	villagers		0	1	0							
0.4	rdo		0	1	0	women	5'000	50	250'000			
0.5	rdo		0	1	0							
0 total				150'000	EUR 75			250'000	EUR 125	400'000	EUR 200	
1 foundation												
0.1.1	contractor	185'000	14	2'590'000	inc. collection	W.1.1 rdo	185'000	6	1'110'000			
0.1.2	villagers	40'000	3	120'000		W.1.2	40'000	3	120'000			
0.1.3	Kibiki	0	1.0	0	in 0.15.3	W.1.3 students / villagers	0	0	0	in w.15.1		
0.1.4	rdo	14'000	48	560'000		W.1.4 students / villagers	14'000	15	210'000			
0.1.5	rdo	180'000	3	540'000		W.1.5 students / villagers	180'000	1	180'000			
0.1.6	contractor	0	1	0	use leftover	W.1.6 students / villagers	0	0	0	use leftover		
1 total				3'810'000	EUR 1'905			1'620'000	EUR 810	5'430'000	EUR 2'715	
2 base												
0.2.1			1	0		W.2.1 students / villagers	50	0	0			
0.2.2			1	0		W.2.2 students / villagers	0	1	0			
0.2.3		14'000	10	140'000		W.2.3 students / villagers	14'000	10	70'000	in w.15.1		
0.2.4			0	0		W.2.4 students / villagers						
2 total				140'000	EUR 70			70'000	EUR 35	210'000	EUR 105	
3 floor cement/rammed earth												
0.3.1	villagers	0	1	0		W.3.1 students / villagers	185'000	1	185'000			
0.3.2						W.3.2 students / villagers	14'000	8	145'718			
0.3.3						W.3.3 students / villagers	5'000	8	38'610			
0.3.4	villagers	0	1	0		W.3.4 students / villagers	14'000	28	280'000			
0.3.5						W.3.5 students / villagers	0	1	0	in w.15.1		
3 total				0	EUR 0			650'328	EUR 325	650'328	EUR 325	
4 floor tiles												
0.4.1	contractor	75	778	58'349		W.4.1 contractor	75	0	0			
0.4.2	contractor	185'000	1	185'000		W.4.2 contractor	185'000	1	185'000			
0.4.3	rdo	60'000	1	38'899		rdo	60'000	0	0			
4 total				243'349	EUR 122			185'000	EUR 93	428'349	EUR 214	
5 floor wood												
0.5.1	contractor	3'500	214	749'000	12R / 8.5cm	W.5.1	3'500	56	196'206	12R / 8.5cm		
0.5.2	contractor	4'800	24	163'200		W.5.2	4'800	10	48'000			
5 total				912'200	EUR 456			244'206	EUR 122	1'156'406	EUR 578	
6 bricks												
0.6.1	kikuruwe	70	19'000	1'330'000		W.6.1 students	50	7'000	350'000			
0.6.2	rdo	100	1'000	100'000		W.6.2 rdo	60'000	8	466'667			
0.6.3	rdo	60'000	0	0		W.6.3	0	0	0			
0.6.4	not needed	0	1	0		W.6.4 women	0	1	0	in 0.4		
0.6.5	contractor	180'000	0	900'000		W.6.5	180'000	1	180'000	in w.15.1		
0.6.6	contractor	1'400'000	0	0		W.6.6 students	0	0	0			
0.6.7	rdo	180'000	1	180'000		W.6.8 students	500'000	1	500'000			
6 total				5'130'000	EUR 2'565			1'496'667	EUR 748	6'627'356	EUR 3'314	
7 windows												
0.7.1	rdo	100'000	3	300'000								
0.7.2	rdo	200'000	6	1'200'000								
0.7.3	rdo	200'000	1	200'000								
0.7.4	rdo	0	1	0								
7 total				1'700'000	EUR 850			0	EUR 0	1'700'000	EUR 850	
8 doors												
0.8.1	rdo	190'000	6	1'140'000		W.8.1 rdo	190'000	1	190'000			
0.8.2	rdo	0	1	0		W.8.2 rdo	400'000	2	800'000			
0.8.3	rdo	0	1	0		W.8.3	0	0	0	in w.15.1		
8 total				1'140'000	EUR 570			990'000	EUR 495	2'130'000	EUR 1'065	
9 wooden walls												
0.9.1	rdo	4'800	5	24'000								
0.9.2	rdo	6'000	20	120'000								
0.9.3	rdo	5'000	1	5'000								
9 total				149'000	EUR 75			0	EUR 0	149'000	EUR 75	
10 roofing & ceiling												
0.10.1	contractor	17'000	88	1'496'000	panel: 3/1m	W.10.1 students	17'000	45	765'000	panel: 3/1m		
0.10.2	contractor	5'000	20	100'000		W.10.2 students	5'000	15	75'000			
0.10.3	contractor	5'000	100	500'000		W.10.3 students	5'000	50	250'000			
0.10.4	contractor	4'800	78	374'400		W.10.4 students	4'800	72	345'600			
0.10.5	contractor	2'000	48	96'000		W.10.5 students	2'000	24	48'000			
0.10.6	contractor	0	1	0	0.10.2	W.10.6 students	0	0	0			
0.10.7	labor	3'000'000	1	3'000'000		W.10.7 students	0	1	0	in w.15.1		
0.10.8	contractor	4'800	100	400'000								
0.10.9						W.10.9	5'000	45	224'640			
0.10.10	contractor	4'800	14	64'800		W.10.10 students	4'800	9	41'040			
0.10.11						W.10.11 students	5'000	4	20'000			
0.10.12		32'000	1	32'000		W.10.12 students	16'000	1	16'000			
0.10.13				0		W.10.13 students	4'000	93	370'347			
0.10.14				0		W.10.14 students	2'000	9	17'100			
10 total				6'063'200	EUR 3'032			2'172'727	EUR 1'086	8'235'927	EUR 4'118	
11 stove												
0.11.1	rdo	0	1	0	in 0.6.6							
11 total				0	EUR 0			0	EUR 0	0	EUR 0	
12 Electro												
0.12.1	rdo	200'000	1	200'000			300'000	1	300'000	incl. Solar		
0.12.2	rdo	0	1	0								
12 total				200'000	EUR 100			300'000	EUR 150	500'000	EUR 250	
13 water tank												
0.13.1	rdo	15'000	8	125'000		W.13.2	15'000	7	105'000			
0.13.2	rdo	0	0	0								
0.13.3	rdo	0	0	0								
13 total				125'000	EUR 63			1'305'000	EUR 653	1'430'000	EUR 715	
14 furniture												
0.14.1	rdo	0	0	0								
0.14.2	rdo	0	0	0		W.14.3 rdo						
14 total				0								
15 Labor												
0.15.1	students labor					w.15.1 students	2'000'000	1	2'000'000			
0.15.2	Emanuel	25'000	60	1'500'000			25'000	62	1'550'000			
0.15.3	Kibiki	25'000	45	1'125'000								
0.15.4	Zacharias											
0.15.5	Mister Kassian						10'000	11	105'000			
15 total				2'625'000	EUR 1'313			3'655'000	EUR 1'828	6'280'000	EUR 3'140	
16 Extra												
0.16.1	rdo	0	1	0			0	1	0			
0.16.2	rdo	0	1	0			0	1	0			
16 total				0			0	0	0	0	EUR 0	
office				22'388'438	EUR 11'194							
workshop								12'938'927	EUR 6'469			
total										35'327'366	EUR 17'664	

parameter
Eurokurs 2'000.00

Index
 expensive positions; price to be optimized
 no informations about prices given yet
 position might to be added

Kosten Stand 29.07.2016

		administration building				workshop				03.08.16			
costs pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	comment	pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	comment	total TSH	total euro
0 preparation													
0.1 clearing plot	contractor		0	1	0 included in O.1.2	villagers		0	1	0			
0.2 temporary toilet													
0.2 price	contractor	150'000	1	150'000									
0.3 bypass road													
0.3 labor	villagers		0	1	0								
0.4 watertransport													
0.4 drum	rdo		0	1	0	women		5'000	50	250'000			
0.5 scaffolding													
0.5 rdo	rdo		0	1	0								
0 total												250'000	EUR 125
1 foundation												400'000	EUR 200
0.1.1 transport stones	contractor	185'000	14	2'590'000	inc. collection	W.1.1	rdo	185'000	6	1'110'000			
0.1.2 transport stones	villagers	40'000	3	120'000		W.1.2		40'000	3	120'000			
0.1.3 earthwork / walling	Kibiki	0	1.0	0	in O.15.3	W.1.3	students / villagers	0	0	0	in w.15.1		
0.1.4 cement	rdo	14'000	3	420'000		W.1.4	students / villagers	14'000	13	182'000			
0.1.5 sand	rdo	180'000	3	540'000		W.1.5	students / villagers	180'000	1	180'000			
0.1.6 moisture barrier	contractor	0	1	0	use leftover	W.1.6	students / villagers	0	0	0	use leftover		
1 total												1'592'000	EUR 796
2 base												5'262'000	EUR 2'631
0.2.1 splash plate			1	0		W.2.1	students / villagers	50	0	0			
0.2.2 stairs (stones)			1	0		W.2.2	students / villagers	0	1	0			
0.2.3 cement for stairs		14'000	10	140'000		W.2.3	students / villagers	14'000	1	70'000			
0.2.4 labor			0	0		W.2.4	students / villagers				in w.15.1		
2 total												70'000	EUR 35
3 floor cement/rammed earth												210'000	EUR 105
0.3.1 gravel	villagers	0	1	0		W.3.1	students / villagers	185'000	1	185'000			
0.3.2 reinforcement						W.3.2	students / villagers	18'000	8	144'718			
0.3.3 shaking-barrier						W.3.3	students / villagers	5'000	8	38'610			
0.3.4 cement						W.3.4	students / villagers	14'000	20	280'000			
0.3.5 labor	villagers	0	1	0		W.3.5	students / villagers	0	1	0	in w.15.1		
3 total												650'328	EUR 325
4 floor tiles												650'328	EUR 325
0.4.1 tiles	contractor	75	778	58'349		W.4.1	contractor	75	0	0			
0.4.2 gravel	contractor	185'000	1	185'000		W.4.2	contractor	185'000	1	185'000			
0.4.3 transport	rdo	60'900	1	38'899			rdo	60'900	0	0			
4 total												185'000	EUR 93
5 floor wood												428'349	EUR 214
0.5.1 planks	contractor	3'500	214	749'000	12R / 8.5cm	W.5.1		3'500	56	196'206	12R / 8.5cm		
0.5.2 beam (6x2)	contractor	4'800	10	163'200		W.5.2		4'800	10	48'000			
5 total												244'206	EUR 122
6 bricks												1'156'006	EUR 578
0.6.1 making	kikuruwe	70	19'000	1'330'000		W.6.1	students	50	7'000	350'000			
0.6.2 making burned		100	1'000	100'000									
0.6.3 transport	rdo	30'000	44	1'310'345		W.6.2	rdo	30'000	8	233'333			
0.6.4 firewood	not needed	60'000	0	0		W.6.3							
0.6.4 water	contractor	0	1	0		W.6.4	women	0	1	0	in w.15.1		
0.6.5 sand clay mortar	contractor	180'000	0	900'000		W.6.5	students	180'000	1	180'000			
0.6.6 brick laying	contractor	4'000'000	0	0		W.6.6							
0.6.7 plaster (sand)													
0.6.7 oil (facade)		180'000	1	180'000		W.6.8	students	500'000	1	500'000			
6 total												1'263'333	EUR 632
7 windows												5'083'678	EUR 2'542
0.7.1 small	rdo	100'000	3	300'000									
0.7.2 meeting room	rdo	200'000	6	1'200'000									
0.7.3 counter	rdo	200'000	1	200'000									
0.7.4 labor	rdo	0	1	0									
7 total												0	EUR 0
8 doors												1'700'000	EUR 850
0.8.1 normal	rdo	190'000	6	1'140'000		W.8.1	rdo	190'000	1	190'000			
0.8.2 workshop	rdo					W.8.2	rdo	400'000	2	800'000			
0.8.3 labor	rdo	0	1	0		W.8.3					in w.15.1		
8 total												990'000	EUR 495
9 wooden walls												2'130'000	EUR 1'065
0.9.1 beams	rdo	4'800	5	24'000									
0.9.2 blanks	rdo	6'000	20	120'000									
0.9.3 nails kg	rdo	5'000	1	5'000									
9 total												0	EUR 0
10 roofing & ceiling												149'000	EUR 75
0.10.1 iron sheet	contractor	17'000	88	1'496'000	panel: 3/1m	W.10.1	students	17'000	45	765'000	panel: 3/1m		
0.10.2 roof top	contractor	5'000	20	100'000		W.10.2	students	5'000	15	75'000			
0.10.3 nails roof	contractor	5'000	100	500'000		W.10.3	students	5'000	50	250'000			
0.10.4 beams 6x2 inch	contractor	4'800	78	374'400		W.10.4	students	4'800	72	345'600			
0.10.5 beams 2x2 inch	contractor	2'000	48	96'000		W.10.5	students	2'000	24	48'000			
0.10.6 nails beam	contractor	0	1	0	O.10.2	W.10.6	students						
0.10.7 labor	contractor	3'000'000	1	3'000'000		W.10.7	students	0	1	0	in w.15.1		
0.10.8 backs	contractor	4'000	100	400'000									
0.10.9 textile						W.10.9		5'000	45	224'640			
0.10.10 ringbeam (6x2 inch)	contractor	4'800	14	64'800		W.10.10	students	4'800	9	41'040			
0.10.11 beam porch						W.10.11	students	5'000	4	20'000			
0.10.12 metal rods		32'000	1	32'000		W.10.12	students	16'000	1	16'000			
0.10.13 cladding (backs)						W.10.13	students	2'000	93	370'347			
0.10.14 beam cladding (2x2)						W.10.14	students	2'000	9	17'100			
10 total												2'172'727	EUR 1'086
11 stove												8'235'927	EUR 4'118
0.11.1 labor	rdo	0	1	0	in O.6.6								
11 total												0	EUR 0
12 Electro												0	EUR 0
0.12.1 material	rdo	200'000	1	200'000				300'000	1	300'000	incl. Solter		
0.12.2 labor	rdo	0	1	0									
12 total												300'000	EUR 150
13 water tank												500'000	EUR 250
0.13.1 tank	rdo							1'200'000	1	1'200'000			
0.13.2 gutter pipes	rdo	15'000	8	125'000		W.13.2		15'000	7	105'000			
0.13.3 gutter hooks	rdo	0											
0.13.4 labor	rdo	0											
13 total												1'305'000	EUR 653
14 furniture												1'430'000	EUR 715
0.14.1 chair	rdo	0											
0.14.2 table workbench	rdo	0				W.14.3	rdo						
14 total												0	EUR 0
15 Labor												2'000'000	EUR 1'000
0.15.1 students labor						w.15.1	students	2'000'000	1	2'000'000			
0.15.2 Emanuel								25'000	62	1'550'000			
0.15.3 Kibaki		25'000	60	1'500'000									
0.15.4 Zacharias		25'000	45	1'125'000									
0.15.5 Mister Kassian								10'000	11	105'000			
15 total												2'625'000	EUR 1'313
16 Extra												2'655'000	EUR 1'328
0.16.1 fountain	rdo	0	1	0				0	1	0			
0.16.2 mais peeler	rdo	0	1	0				0	1	0			
0.16.3 labor	rdo	0						0		0			

costs pos.	work done by	administration building				comment	pos.	work done by	workshop				total TSH	09.08.16	
		price per unit	number	price TSH					price per unit	number	price TSH			total euro	
0 preparation															
0.1 cleaning plot	contractor		0	1	0	included in O.1.2	villagers		0	1	0				
0.2 temporary toilet	contractor	150'000		1	150'000										
0.3 bypass road	villagers		0	1	0										
0.4 watertransport							women	5'000	50	250'000					
0.5 scaffolding	rdo		0	1	0		rdo								
0 total					150'000	EUR 75				250'000	EUR 125	400'000	EUR 200		
1 foundation															
0.1.1 transport stones	contractor	185'000	14	2'590'000	inc. collection		W.1.1 rdo	185'000	6	1'110'000					
0.1.2 transport stones	villagers	30'000	3	90'000			W.1.2	30'000	3	90'000					
0.1.3 earthwork / walling	Kibiki	0	1,0	0	in O.15.3		W.1.3 students / villagers	0	0	0	in w.15.1				
0.1.4 cement	rdo	14'000	26	364'000			W.1.4 students / villagers	14'000	13	182'000					
0.1.5 sand	rdo	180'000	2	360'000			W.1.5 students / villagers	180'000	1	180'000					
0.1.6 moisture barrier	contractor	0	1	0	use leftover		W.1.6 students / villagers	0	0	0	use leftover				
1 total					3'404'000	EUR 1'702				1'562'000	EUR 781	4'966'000	EUR 2'483		
2 base															
0.2.1 splash plate			1	0			W.2.1 students / villagers	50	0	0					
0.2.2 stairs (stones)			1	0			W.2.2 students / villagers	0	1	0					
0.2.3 cement for stairs		14'000	10	140'000			W.2.3 students / villagers	14'000	1	70'000					
0.2.4 labor				0			W.2.4 students / villagers				in w.15.1				
2 total					140'000	EUR 70				70'000	EUR 35	210'000	EUR 105		
3 floor cement/rammed earth															
0.3.1 gravel	villagers	0	1	0			W.3.1 students / villagers	185'000	1	185'000					
0.3.2 reinforcement							W.3.2 students / villagers	14'000	8	140'720					
0.3.3 shaking-barrier							W.3.3 students / villagers	5'000	8	38'610					
0.3.4 cement	villagers	0	1	0			W.3.4 students / villagers	14'000	28	280'000					
0.3.5 labor				0			W.3.5 students / villagers	0	1	0	in w.15.1				
3 total					0	EUR 0				650'328	EUR 325	650'328	EUR 325		
4 floor tiles															
0.4.1 tiles	contractor	75	778	58'349			W.4.1 contractor	75	0	0					
0.4.2 gravel	contractor	185'000	1	185'000			W.4.2 contractor	185'000	1	185'000					
0.4.3 transport	rdo	60'000	1	38'899			rdo	60'000	0	0					
4 total					243'349	EUR 122				185'000	EUR 93	428'349	EUR 214		
5 floor wood															
0.5.1 planks	contractor	3'500	214	749'000	12R / 8.5cm		W.5.1	3'500	56	196'206	12R / 8.5cm				
0.5.2 beam (6x2)	contractor	4'800	10	163'200			W.5.2	4'800	10	48'000					
5 total					912'200	EUR 456				244'206	EUR 122	1'156'406	EUR 578		
6 bricks															
0.6.1 making	kikuruwe	70	19'000	1'330'000			W.6.1 students	50	7'000	350'000					
0.6.1.1 making burned		100	1'000	100'000			W.6.2 rdo	30'000	8	233'333					
0.6.2 transport	rdo	30'000	47	1'407'407			W.6.3	0	0	0					
0.6.3 firewood	not needed	60'000	0	0			W.6.4 women	0	1	0	in. 0.4				
0.6.4 water	contractor	0	1	0			W.6.5	180'000	1	180'000	in w.15.1				
0.6.5 sand clay mortar	contractor	180'000	0	900'000			W.6.6 students	0	0	0					
0.6.6 brick laying	contractor	4'000'000	0	0			W.6.8 students	500'000	1	500'000					
0.6.7 plaster (sand)		180'000	1	180'000											
0.6.8 oil (facade)															
6 total					3'917'407	EUR 1'959				1'261'333	EUR 632	5'180'741	EUR 2'590		
7 windows															
0.7.1 small	rdo	100'000	3	300'000											
0.7.2 meeting room	rdo	200'000	6	1'200'000											
0.7.3 counter	rdo	200'000	1	200'000											
0.7.4 labor	rdo	0	1	0											
7 total					1'700'000	EUR 850				0	EUR 0	1'700'000	EUR 850		
8 doors															
0.8.1 normal	rdo	190'000	6	1'140'000			W.8.1 rdo	190'000	1	190'000					
0.8.2 workshop	rdo	0	1	0			W.8.2 rdo	400'000	2	800'000					
0.8.3 labor	rdo	0	1	0			W.8.3	0	0	0	in w.15.1				
8 total					1'140'000	EUR 570				990'000	EUR 495	2'130'000	EUR 1'065		
9 wooden walls															
0.9.1 beams	rdo	4'800	5	24'000											
0.9.2 blanks	rdo	6'000	20	120'000											
0.9.3 nails kg	rdo	5'000	1	5'000											
9 total					149'000	EUR 75				0	EUR 0	149'000	EUR 75		
10 roofing & ceiling															
0.10.1 iron sheet	contractor	17'000	88	1'496'000	panel: 3/1m		W.10.1 students	17'000	45	765'000	panel: 3/1m				
0.10.2 roof top	contractor	5'000	20	100'000			W.10.2 students	5'000	15	75'000					
0.10.3 nails roof	contractor	5'000	100	500'000			W.10.3 students	5'000	50	250'000					
0.10.4 beams 6x2 inch	contractor	4'800	78	374'400			W.10.4 students	4'800	72	345'600					
0.10.5 beams 2x2 inch	contractor	2'000	48	96'000			W.10.5 students	2'000	24	48'000					
0.10.6 nails beam	contractor	0	1	0	O.10.2		W.10.6 students	0	1	0	in w.15.1				
0.10.7 labor	contractor	3'000'000	1	3'000'000			W.10.7 students	0	1	0	in w.15.1				
0.10.8 backs	contractor	4'800	100	400'000			W.10.9	5'000	45	224'640					
0.10.9 textile							W.10.10 students	4'800	9	41'040					
0.10.10 ringbeam (6x2 inch)	contractor	4'800	28	134'400			W.10.11 students	5'000	4	20'000					
0.10.11 beam porch							W.10.12 students	16'000	1	16'000					
0.10.12 metal rods		32'000	1	32'000			W.10.13 students	4'000	93	370'347					
0.10.13 cladding (backs)				0			W.10.14 students	2'000	9	17'100					
0.10.14 beam cladding (2x2)															
10 total					6'132'800	EUR 3'066				2'172'727	EUR 1'086	8'305'527	EUR 4'153		
11 stove															
0.11.1 labor	rdo	0	1	0	in O.6.6										
11 total					0	EUR 0						0	EUR 0		
12 Electro															
0.12.1 material	rdo	200'000	1	200'000				300'000	1	300'000	incl. Solar				
0.12.2 labor	rdo	0	1	0											
12 total					200'000	EUR 100				300'000	EUR 150	500'000	EUR 250		
13 water tank															
0.13.1 tank	rdo	15'000	8	125'000			W.13.2	12'000'000	1	1'200'000					
0.13.2 gutter pipes	rdo	0						15'000	7	105'000					
0.13.3 gutter hooks	rdo	0													
0.13.4 labor	rdo	0													
13 total					125'000	EUR 63				1'305'000	EUR 653	1'430'000	EUR 715		
14 furniture															
0.14.1 chair	rdo	0													
0.14.2 table	rdo	0					W.14.3 rdo								
0.14.3 workbench															
14 total					0										
15 Labor															
0.15.1 students labor							w.15.1 students	2'000'000	1	2'000'000					

		administration building				workshop				16.08.16			
Costs pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	comment	pos.	work done by	price per unit	number	price TSH	comment	total TSH	total euro
0 preparation													
0.1	clearing plot	contractor	0	1	0	included in O.1.2	villagers	0	1	0			
0.2	temporary toilet	contractor	150'000	1	150'000								
0.3	bypass road	villagers	0	1	0								
0.4	watertransport	school isete	5'000	40	200'000		women	6'000	9	54'000			
0.5	scaffolding	rdo	0	1	0		rdo						
0	total				350'000	EUR 175				54'000	EUR 27	404'000	EUR 202
1 foundation													
0.1.1	transport stones	contractor	185'000	14	2'590'000	inc. collection	W.1.1	rdo	185'000	6	1'110'000		
0.1.2	transport stones	villagers	30'000	3	90'000		W.1.2		30'000	3	90'000		
0.1.3	earthwork / walling	Kibiki	0	1,0	0	in O.15.3	W.1.3	students / villagers	0	0	0	in w.15.1	
0.1.4	cement	rdo	14'000	26	364'000		W.1.4	students / villagers	14'000	13	182'000		
0.1.5	sand	rdo	180'000	2	360'000		W.1.5	students / villagers	180'000	1	180'000		
0.1.6	moister barrier	contractor	0	1	0	use leftover	W.1.6	students / villagers	0	0	0	use leftover	
1	total				3'404'000	EUR 1702				1'562'000	EUR 781	4'966'000	EUR 2'483
2 base													
0.2.1	splash plate		0	1	0		W.2.1	students / villagers	0	1	0		
0.2.2	stairs (stones)		1	1	0		W.2.2	students / villagers	0	1	0		
0.2.3	cement for stairs	rdo	14'000	10	140'000		W.2.3	students / villagers	14'000	5	70'000	in w.15.1	
0.2.4	labor		0	1	0		W.2.4	students / villagers	0	1	0		
2	total				140'000	EUR 70				70'000	EUR 35	210'000	EUR 105
3 floor cement/rammed earth													
	gravel	villagers	0	1	0		W.3.1	students / villagers	185'000	1	185'000		
	reinforcement						W.3.2	students / villagers	19'000	8	146'718		
	shaking-barrier						W.3.3	students / villagers	5'000	8	38'510		
	cement	villagers	0	1	0		W.3.4	students / villagers	14'000	20	280'000		
	labor						W.3.5	students / villagers	0	1	0	in w.15.1	
3	total				0	EUR 0				650'328	EUR 325	650'328	EUR 325
4 floor tiles													
0.4.1	tiles	contractor	75	778	58'349		W.4.1	contractor	75	0	0		
0.4.2	gravel	contractor	185'000	1	185'000		W.4.2	contractor	185'000	1	185'000		
0.4.3	transport	rdo	60'000	1	38'899		rdo	60'000	0	0			
4	total				243'349	EUR 122				185'000	EUR 93	428'349	EUR 214
5 floor wood													
0.5.1	planks	contractor	3'500	214	749'000	12R / 8.5cm	W.5.1		3'500	56	196'206	12R / 8.5cm	
0.5.2	beam (6x2)	contractor	4'800	34	163'200		W.5.2		4'800	10	48'000		
5	total				912'200	EUR 456				244'206	EUR 122	1'156'406	EUR 578
6 bricks													
0.6.1	making	kikuruwe	70	19'000	1'330'000		W.6.1	students	50	7'000	350'000		
0.6.1.1	making burned		100	1'000	100'000								
0.6.2	transport	rdo	30'000	47	1'407'000		W.6.2	rdo	30'000	8	233'333		
0.6.3	firewood	not needed	60'000	0	0		W.6.3		0	1	0	in. 0.4	
0.6.4	water	contractor	0	1	0		W.6.4	women	0	1	0	in w.15.1	
0.6.5	sand clay mortar	contractor	180'000	3	900'000		W.6.5		180'000	1	180'000		
0.6.6	brick laying	contractor	0	1	0		W.6.6	students	0	1	0		
0.6.7	plaster (sand)		180'000	1	180'000		W.6.8	students	500'000	1	500'000		
0.6.7	oil (fence)												
6	total				3'917'407	EUR 1'959				1'263'333	EUR 632	5'180'741	EUR 2'590
7 windows													
0.7.1	small	rdo	100'000	3	300'000								
0.7.2	meeting room	rdo	200'000	6	1'200'000								
0.7.3	counter	rdo	200'000	1	200'000								
0.7.4	labor	rdo	0	1	0								
0.7.5	steel (protection)	rdo	15'000	12	180'000								
7	total				1'880'000	EUR 940				0	EUR 0	1'880'000	EUR 940
8 doors													
0.8.1	normal	rdo	190'000	6	1'140'000		W.8.1	rdo	190'000	1	190'000		
0.8.2	workshop	rdo	0	1	0		W.8.2	rdo	400'000	2	800'000	in w.15.1	
0.8.3	labor	rdo	0	1	0		W.8.3		0	1	0		
8	total				1'140'000	EUR 570				990'000	EUR 495	2'130'000	EUR 1'065
9 wooden walls													
0.9.1	beams	rdo	4'800	5	24'000								
0.9.2	blanks	rdo	6'000	20	120'000								
0.9.3	nails kg	rdo	3'000	1	3'000								
9	total				149'000	EUR 75				0	EUR 0	149'000	EUR 75
10 roofing & ceiling													
0.10.1	iron sheet	contractor	17'000	88	1'496'000	panel: 3/1m	W.10.1	students	17'000	45	765'000	panel: 3/1m	
0.10.2	roof top	contractor	3'000	20	100'000		W.10.2	students	3'000	18	75'000		
0.10.3	nails roof	contractor	3'000	167	501'000		W.10.3	students	3'000	63	249'000		
0.10.4	beams 6x2 inch	contractor	6'000	60	360'000		W.10.4	students	4'800	72	345'600		
0.10.4.1	beams 2x2	contractor	4'200	70	280'000								
0.10.5	beams 2x2 inch	contractor	2'000	48	96'000		W.10.5	students	2'000	24	48'000		
0.10.6	nails beam	contractor	0	1	0	O.10.2	W.10.6	students	0	1	0		
0.10.7	labor	contractor	3'000'000	1	3'000'000		W.10.7	students	0	1	0	in w.15.1	
0.10.8	backs	contractor	4'000	100	400'000		W.10.9		3'000	45	224'640		
0.10.9	textile												
0.10.10	ringbeam (6x2 inch)	contractor	4'800	28	134'400		W.10.10	students	4'800	9	41'040		
0.10.11	beam porch						W.10.11	students	5'000	4	20'000		
0.10.12	metal rods		32'000	1	32'000		W.10.12	students	16'000	1	16'000		
0.10.13	cladding (backs)						W.10.13	students	4'000	93	370'347		
0.10.14	beam cladding (2x2)						W.10.14	students	2'000	9	17'100		
10	total				6'119'400	EUR 3060				2'171'727	EUR 1'086	8'291'127	EUR 4'146
11 stove													
0.11.1	labor	rdo	0	1	0	in O.6.6							
11	total				0	EUR 0						0	EUR 0
12 Electro													
0.12.1	material	rdo	200'000	1	200'000				300'000	1	300'000	incl. Solar	
0.12.2	labor	rdo	0	1	0								
12	total				200'000	EUR 100				300'000	EUR 150	500'000	EUR 250
13 water tank													
0.13.1	tank	rdo	15'000	8	125'000		W.13.2		1'200'000	1	1'200'000		
0.13.2	gutter pipes	rdo	0	7	105'000				15'000	7	105'000		
0.13.3	gutter hooks	rdo	0	1	0								
0.13.4	labor	rdo	0	1	0								
13	total				125'000	EUR 63				1'305'000	EUR 653	1'430'000	EUR 715
14 furniture													
0.14.1	chair	rdo	0	1	0		W.14.3	rdo					
0.14.2	table	workbench											
14	total				0								
15 Labor													
0.15.1	students labor						w.15.1	students	2'000'000	1	2'000'000		
0.15.2	Emanuel		25'000	60	1'500'000				25'000	62	1'550'000		
0.15.3	Kibiki		25'000	2	50'000								
0.15.4	Zacharias		25'000	14	350'000				10'000	11	105'000		
0.15.5	Mister Kassian												
0.15.6	Mister Kassian.2												
15	total				1'900'000	EUR 950				3'655'000	EUR 1'828	5'555'000	EUR 2'778
16 Extra													
0.16.1	Fountain	rdo	0	1	0				0	1	0		
0.16.2	mais mill								0	1	0		
0.16.3	mais peeler								0	1	0		
16	total				0							0	EUR 0
office 20'480'356 EUR 10'240 workshop 12'450'594 EUR 6'225													
total												32'930'950	EUR 16'465
parameter													
Eurokurs 2'000.00													
Index													
expensive positions; price to be optimized													
no informations about prices given yet													
position might to be added													

TOTAL TZS 11'043'910 EUR 5'521.96
2'000.00

labor total labor TZS 3'230'000 EUR 1'615.00

Emmanuel	TZS 1'350'000	EUR 675.00
Kibiki	TZS 1'125'000	EUR 562.50
Zacharias	TZS 50'000	EUR 25.00
Kassian	TZS 705'000	EUR 352.50

items total items TZS 7'813'910 EUR 3'906.96

Date	Item	number	price per unit	Price TSH	Price EUR	pos.
27.06.16	manilarope	1		TZS 0	EUR 0.00	
06.07.16	bricks pineneedles Kikuruwe	1	TZS 10'000	TZS 10'000	EUR 5.00	0.6.1
07.07.16	stones villagers	2	TZS 40'000	TZS 80'000	EUR 40.00	w.1.2
08.07.16	stones villagers	2	TZS 40'000	TZS 80'000	EUR 40.00	w.1.2
08.07.16	stones mafinga	4	TZS 185'000	TZS 740'000	EUR 370.00	w.1.1
10.07.16	stones mafinga	7	TZS 185'000	TZS 1'295'000	EUR 647.50	o.1.1
11.07	stones mafinga	4	TZS 185'000	TZS 740'000	EUR 370.00	o.1.1
13.07	sand	2	TZS 180'000	TZS 360'000	EUR 180.00	w.1.5
14.07	sand	1	TZS 180'000	TZS 180'000	EUR 90.00	w.1.5
14.07	cement (bag of 50kg)	3	TZS 14'000	TZS 42'000	EUR 21.00	w.1.4
17.07	nails (1kg 3inch; 100stk)	1	TZS 3'500	TZS 3'500	EUR 1.75	
19.07	stones villagers	1	TZS 40'000	TZS 40'000	EUR 20.00	o.1.2
22.07	transport of water	2	TZS 5'000	TZS 10'000	EUR 5.00	o.4
22.07	stones mafinga	1	TZS 185'000	TZS 185'000	EUR 92.50	o.1.1
23.07	stones mafinga	2	TZS 185'000	TZS 370'000	EUR 185.00	o.1.1
23.07	stones villagers	1	TZS 40'000	TZS 40'000	EUR 20.00	o.1.2
29.07	cement (bag of 50kg)	2	TZS 14'000	TZS 28'000	EUR 14.00	w.1.4
30.07	cement (bag of 50kg)	6	TZS 14'000	TZS 84'000	EUR 42.00	w.1.4
30.07	transport of water	1	TZS 5'000	TZS 5'000	EUR 2.50	o.4
30.07	stones mafinga	1	TZS 185'000	TZS 185'000	EUR 92.50	o.1.1
31.07	stones mafinga	1	TZS 185'000	TZS 185'000	EUR 92.50	o.1.1
1.08	cement (bag of 50kg)	2	TZS 14'000	TZS 28'000	EUR 14.00	w.1.4
1.08	cement (bag of 50kg)	3	TZS 14'000	TZS 42'000	EUR 21.00	o.1.4
1.08	transport of water	1	TZS 5'000	TZS 5'000	EUR 2.50	o.4
2.08	transport of water	1	TZS 6'000	TZS 6'000	EUR 3.00	o.4
2.08	cement (bag of 50kg)	8	TZS 14'000	TZS 112'000	EUR 56.00	o.1.4
3.08	cement (bag of 50kg)	10	TZS 14'000	TZS 140'000	EUR 70.00	o.1.4
3.08	transport of adobe bricks	3	TZS 30'000	TZS 90'000	EUR 45.00	o.6.2
3.08	adobe bricks	1285	TZS 70	TZS 89'950	EUR 44.98	o.6.1
3.08	transport of water	1	TZS 6'000	TZS 6'000	EUR 3.00	o.4
4.08	cement (bag of 50kg)	4	TZS 14'000	TZS 56'000	EUR 28.00	o.1.4
4.08	transport of water	1	TZS 6'000	TZS 6'000	EUR 3.00	o.4
5.08	transport of water	2	TZS 6'000	TZS 12'000	EUR 6.00	o.4
8.08	cement (bag of 50kg)	1	TZS 14'000	TZS 14'000	EUR 7.00	o.1.4
8.08	adobe bricks	1265	TZS 70	TZS 88'550	EUR 44.28	o.6.1
8.08	transport of adobe bricks	3	TZS 30'000	TZS 90'000	EUR 45.00	o.6.2
10.08	sand	2	TZS 180'000	TZS 360'000	EUR 180.00	o.6.5
11.08	sand	0.5	TZS 180'000	TZS 90'000	EUR 45.00	o.6.5
11.08	adobe bricks	812	TZS 70	TZS 56'840	EUR 28.42	o.6.1
11.08	transport of adobe bricks	2	TZS 30'000	TZS 60'000	EUR 30.00	o.6.2
12.08	transport of adobe bricks	2	TZS 30'000	TZS 60'000	EUR 30.00	o.6.2
12.08	adobe bricks	411	TZS 70	TZS 28'770	EUR 14.39	o.6.1
12.08	burned bricks	405	TZS 100	TZS 40'500	EUR 20.25	o.6.1.1
16.08.16	adobe bricks	1245	TZS 70	TZS 87'150	EUR 43.58	o.6.1
16.08.16	transport of adobe bricks	3	TZS 30'000	TZS 90'000	EUR 45.00	o.6.2
16.08.16	hardware windows	1	TZS 60'000	TZS 60'000	EUR 30.00	o.7
17.08.16	Holz für Fenster & Türen (Eucalyptus)	1	TZS 225'000	TZS 225'000	EUR 112.50	o.7
18.01.04	transport of adobe bricks	2	TZS 30'000	TZS 60'000	EUR 30.00	o.6.2
18.01.04	Adobe bricks	640	TZS 70	TZS 44'800	EUR 22.40	o.6.1
18.01.04	burned bricks	165	TZS 100	TZS 16'500	EUR 8.25	o.6.1.1
22.08.16	nails 12 kg	12	TZS 3'000	TZS 36'000	EUR 18.00	o.10.6
22.08.16	metal (1cm diameter; windows)	4	TZS 15'000	TZS 60'000	EUR 30.00	o.7.5
22.08.16	pine wood 2x6	60	TZS 6'000	TZS 360'000	EUR 180.00	o.10.10/o.10.4
23.01.04	pine wood 2x4	70	TZS 4'200	TZS 294'000	EUR 147.00	o.10.41
24.08.16	nails 13 kg	13	TZS 3'000	TZS 39'000	EUR 19.50	o.10.6
24.08.16	nails 5 kg	5	TZS 3'000	TZS 15'000	EUR 7.50	o.10.6
24.08.16	clay Kikuruwe (floor tiles)	1	TZS 20'000	TZS 20'000	EUR 10.00	o.4.1
27.08.16	cement (bag of 50kg)	1	TZS 14'000	TZS 14'000	EUR 7.00	o.1.4
29.08.16	hardware nails	1	TZS 75'000	TZS 75'000	EUR 37.50	7
30.08.16	adobe bricks	610	TZS 70	TZS 42'700	EUR 21.35	o.6.1
30.08.16	transport of adobe bricks	1	TZS 75'000	TZS 75'000	EUR 21.35	o.6.2
01.09.16	adobe bricks	795	TZS 70	TZS 55'650	EUR 27.83	o.6.1
01.09.16	transport of adobe bricks	2	TZS 30'000	TZS 60'000	EUR 30.00	o.6.2
01.09.16	transport of wood & bans	2	??	#WERT!	#WERT!	
01.09.16	pine wood 2x6	25	TZS 6'000	TZS 150'000	EUR 75.00	o.10.10/o.10.4
01.09.16	pine wood 2x4	65	TZS 4'500	TZS 292'500	EUR 146.25	o.10.41
01.09.16	bans	?		#WERT!	#WERT!	o.10.8
02.09.16	gravel	2	?	#WERT!	#WERT!	3
04.09.16	hardware	1	TZS 32'000	TZS 32'000	EUR 16.00	7
05.09.16	adobe bricks	800	TZS 70	TZS 56'000	EUR 28.00	o.6.1
05.09.16	transport of adobe bricks	2	TZS 30'000	TZS 60'000	EUR 30.00	o.6.2
05.09.16	sand	1	TZS 180'000	TZS 180'000	EUR 90.00	o.6.5
07.09.16	Glas	1	TZS 38'000	TZS 38'000	EUR 19.00	0.7.1 / 0.7.2
07.09.16	Nails 3kg 3"	1	TZS 6'000	TZS 6'000	EUR 3.00	o.10.3
07.09.16	Draht (bending wire)	1	TZS 10'000	TZS 10'000	EUR 5.00	o.10.12
07.09.16	transport Gravel (barabara)	2	TZS 15'000	TZS 30'000	EUR 15.00	3
08.09.16	transport of adobe bricks	2	TZS 15'000	TZS 30'000	EUR 15.00	o.6.2
08.09.16	adobe bricks	800	TZS 70	TZS 56'000	EUR 28.00	o.6.1
09.09.16	transport Gravel (barabara)	1	TZS 15'000	TZS 15'000	EUR 7.50	3
09.09.16	transport of adobe bricks	1	TZS 15'000	TZS 15'000	EUR 7.50	o.6.2
09.09.16	adobe bricks	400	TZS 70	TZS 28'000	EUR 14.00	o.6.1
10.09.16	Nails: 4kg 2,5" / 4kg 4" / 4kg 6"	3	TZS 12'000	TZS 36'000	EUR 18.00	
10.09.16	pikipiki tube	2	TZS 1'000	TZS 2'000	EUR 1.00	

Zwischenstände

6 stones villagers total
20 stones mafinga total

13 cementi workshop
27 cementi office

9863 adobe bricks
570 burned bricks

23 transport of adobe bricks
9 transport of water

75000 30 2500
150000 50 3000



Architectural blueprints pinned to a wooden boardwalk, including floor plans, elevations, and sections.



PROCEM

8. VERZEICHNIS

Die in der vorliegenden Arbeit verarbeiteten Informationen basieren einerseits auf den selbständig vor Ort gesammelten Daten und Erlebnissen, andererseits auf theoretischen Grundlagen. Die verwendeten Quellen und Bilder, sowie ergänzende Sachbücher werden im Verzeichnis ausgewiesen. Nicht aufgeführte Bilder, Grafiken und Pläne wurden vom Projektteam erstellt.

8.1. Literaturverzeichnis

- Bechthold, Martin ; Kane, Anthony ; King Nathan: Keramische Bausysteme: In Architektur und Innenarchitektur - Basel : Birkhäuser. 2015
- Boltshauser, Roger ; Rauch, Martin. ed.: Kapfinger, Otto ... [et al.] Haus Rauch : ein Modell moderner Lehmarchitektur = The Rauch House - Basel : Birkhäuser. 2011.
- Breu, Julia ; Landolt, Jonas. Rammed Earth Buildings in Tanzania, Material and Construction Study. Semester Thesis ETH Zürich; Advisors Prof. Carmiliet, Jan ; Orehousing, Kristina - Zürich. 2016
- Bühler, Piero. Lehmbauweise im städtischen Wohnungsbau : Entwerferische Untersuchung der Chancen und Potentiale vom Baustoff Lehm anhand eines städtischen Wohnungsbaus in Zürich - Winterthur : Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Departement Architektur und Bauingenieurwesen, Zentrum Konstruktives Entwerfen. 2012.
- Denyer, Susan. African traditional architecture : an historical and geographical perspective - London a.o. : Heinemann. 1978.
- Dethier, Jean [Hrsg.]. Lehmarchitektur : Die Zukunft einer vergessenen Bautradition (Ausstellung, Paris 28. 10.1981-1.2.1982 & Frankfurt a.M. 25.3-16.5.1982) - München : Prestel. 1982
- Eileitz-Kaube, Daniela. KulturSchock Tansania : REISE KNOW-HOW - Bielefeld : Verlag Peter Rump GmbH, 2010, (3., neu bearbeitete und komplett aktualisierte Auflage) 2014.
- Fontaine, Laetitia ; Anger, Romain ; Doat Patrice ... [et al.]. Bâtir en terre : du grain de sable à l'architecture - Paris : Belin [etc.]. 2009.
- Frey, Pierre. Learning from vernacular : towards a new vernacular architecture - Arles : Actes sud, 2010.
- Gasser, Stefan ; Graue Energie unter der Lupe, Fachtagung eco-bau ; aardeplan. 2014
- Grütter, Jörg Kurt. Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung - Wiesbaden : Springer Vieweg. 2015
- Hebel, Dirk E. ; Heisel Felix. Constructing Alternatives. Research Projects 2012-1015 - Singapore : ETH Singapore SEC, Future Cities Laboratory (FCL Magazine Special Issue, Oktober 2015). 2015
- Hebel, Dirk E. ; Heisel, Felix ; Javadian, Alireza, TEC21 35/2013, Betonexperimente, Vergleich der Zugkraftkapazität verschiedener Materialien, Grafiken: CoReSing, 2013
- Hebel, Dirk E. ; Moges, Melakeselam ; Gray, Zara ; in collaboration with Something Fantastic. SUDU – the Sustainable Urban Dwelling Unit, Manual and Research - Berlin, : Ruby Press. 2015.
- Hebel, Dirk E. ; Wisniewska, Marta H. ; Heisel, Felix. Building from waste : recovered materials in architecture and construction - Basel : Birkhäuser. 2014.
- Helfrich, Ann Kathrin. Afrikanische Renaissance und traditionelle Konfliktlösung ; das Beispiel der Duala in Kamerun – Münster : LIT Verlag AG. 2005
- Heringer, Anna; Domus 03, deutsche Ausgabe, Gastkommentar; aheadmedia GmbH, Berlin; September/Oktober 2013
- Hestermann, Ulf; Rongen, Ludwig. Frick/Knöll Baukonstruktionslehre (35., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage) - Wiesbaden : Springer. 2010
- Kapfinger, Otto ... [et al.] (Hg.); Sauer, Marko, Rauch, Martin. Martin Rauch: Gebaute Erde : Gestalten & Konstruieren mit Stampflehm - München : DETAIL. 2015.
- Kleespies, Thomas. "Schweizer Pisébauten". Abhandlung zur Erlangung des Titels Doktor der Technischen Wissenschaften der ETH Zürich – Zürich. 1997.
- Klemaier-Well Rosalinde ; Baukulturelles Erbe versus Klimaschutz und Modernit ; Departement für Bauen und Umwelt der Donau-Universität Krems (Hrsg.) vdf. Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. 2015
- Knudsen, Jakob; Von Seidlein, Lorenz ; with contrib. by Bart Knols ... [et al.]. Healthy Homes in Tropical Zones : improving rural housing in Asia and Africa – Fellbach : Edition Axel Menges. 2014.
- Krüger, Silke. Stampflehm : Renaissance einer alten Technik - Aachen : Manudom Verlag. 2004
- Lauber, Wolfgang. Klimagerechte Architektur in den afrikanischen Tropen. Eine Untersuchung am Vorbild der traditionellen Architektur des Regenwaldes in Kamerun und der Savanne in Mali - Kaiserslautern : Bibliotheksverkehr der Universität Kaiserslautern (Dissertation). 2003
- Lepik, Andres [Hrsg.] ; mit Beitr. von Sierra Bainbridge ... [et al.]. Afritecture : Bauen mit der Gemeinschaft. - Ostfildern : Hatje Cantz. 2013.
- Leyer, Andrew James ; Römer, Alexandra. No need for architecture : a travel report supported by the Erich Degen Fund of the ETH, Switzerland - Zürich : Leyer, 1996
- Lwamayanga, Cyriacus. Constancy and change : the living processes and skills in vernacular architecture of Kagera region-Tanzania - Oslo : AHO, The Oslo School of Architecture and Design. (Con-text. Thesis ; 34). 2008.
- Minke, Gernot. Building with earth : Design and technology of a sustainable architecture - Basel : Birkhäuser. 2006.
- Minke, Gernot. Handbuch Lehm: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur - Staufen bei Freiburg : Ökobuch (8. Auflage) 2012
- Neuburger, Albert. Die Technik des Altertums - Leipzig : Voigtländer. 1984
- Niemeyer, Richard. Der Lehm: Bau und seine praktische Anwendung - Unveränderter Nachdruck der Originalausgabe aus dem Jahre 1946 - Grebenstein : Oeko-Buchverlag. 1982.
- Plenk, Stefan. Regionale Integration im sub-saharischen Afrika ; Eine Analyse von EAC, SADC und ECOWAS – Wiesbaden : Springer Fachmedien. 2015 (zugleich: Dissertation an der Universität der Bundeswehr München, 2014 - Originaltitel der Dissertation: Das Erklärungspotenzial des Neofunktionalismus für afrikanische Integrationsphänomene: EAC, SADC und ECOWAS in der Analyse)
- Posener, Georges. Lexikon der ägyptischen Kultur - Wiesbaden : Löwit. 1960
- Raschen, Martin, KfW Research - Fokus Volkswirtschaft - Nr. 135, Frankfurt am Main : 2016
- Röhlen, Ulrich ; Ziegert, Christof ; DIN [Hrsg.]. Lehm: Bau-Praxis : Planung und Ausführung - Berlin : Beuth. 2014
- Schittich, Christian [Hrsg.]. Einfach Bauen Zwei : nachhaltig, kostengünstig, lokal - München : Edition Detail - Institut für internationale Architektur-Dokumentation. (Im Detail). 2012.
- Schroeder, Horst. Lehm: Bau : mit Lehm ökologisch planen und bauen - Wiesbaden : Vieweg + Teubner (Praxis). 2010.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein [Hrsg.], Hugi, H. ; Huber A.-L. ; Kleespies, T. ... [et al.]. SIA-Dokumentation D 0111 : Regeln zum Bauen mit Lehm - Zürich : SIA. 1994
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein [Hrsg.]. SIA 177.107 Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 7: Bestimmung der Wasseraufnahme von Mauerziegeln für Feuchteisolierschichten durch Lagerung in siedendem Wasser (SN EN 772-7:1998) - Zürich : SIA. 1998
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein [Hrsg.]. SIA 266.011 Festlegungen für Mauersteine - Teil 1: Mauerziegel (SN EN 771-1:2011) - Zürich : SIA. 2011
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein [Hrsg.]. SIA 266.101+A1 Prüfverfahren für Mauersteine - Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit (SN EN 772-1:2015) - Zürich : SIA. 2016
- Vielhaber, Ralf [Hrsg.]. Anlagenchancen 2009 : Das Comback der USA - Wiesbaden : Gabler Verlag. 2009
- Zamfir, Ionel. Afrikas Wirtschaftswachstum : Druchstart oder Verlangsamung - Berlin : Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments. 2016

8.2. Abbildungsverzeichnis

Abb.01	Satelenbild GoogleMaps. [www.google.ch/maps/@-7.9562007,35.9410111,370m/data=!3m1!1e3. Zugriff 27.04.2016]	Seite	12
Abb.02	Kapfinger et al., 2015, S.17	Seite	41
Abb.03	Minke, 2008, S.11	Seite	41
Abb.04	Dethier, 1982, S.157	Seite	43
Abb.05	Fontaine ; Anger; Doat ... [et al.], 2009, S.17	Seite	43
Abb.06	Schroeder, 2010, S.32	Seite	47
Abb.07	Schroeder, 2010, S.61	Seite	47
Abb.08	Minke, 2012, S.40	Seite	49
Abb.09	Minke, 2012, S.14	Seite	51
Abb.10	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein [Hrsg], 1994, S.30/31	Seite	51
Abb.11	Fontaine ; Anger; Doat ... [et al.], 2009, S.104/105	Seite	53
Abb.12	Minke, 2006, S.23	Seite	53
Abb.13	Hebel ; Moges ; Gray, 2015, S.36 [Manual], Bild bearbeitet	Seite	55
Abb.14	Minke, 2012, S.19	Seite	55
Abb.15	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein [Hrsg], 1994, S.25	Seite	65
Abb.16	Minke, 2012, S.75	Seite	65
Abb.18	Dethier, 1982, S.214	Seite	67
Abb.17	Schroeder, 2010, S.5	Seite	67
Abb.19	Fontaine ; Anger; Doat ... [et al.], 2009, S.42/43	Seite	69
Abb.20	Schroeder, 2010, S.94/95	Seite	73
Abb.21	Schroeder, 2010, S.167	Seite	75
Abb.22	Minke, 2006, S.32 (links) S.34 (rechts)	Seite	89
Abb.23	Hebel ; Moges ; Gray, 2015, S.44 [Manual]	Seite	91
Abb.24	Schroeder, 2010, S.288	Seite	97
Abb.25	Hebel ; Moges ; Gray, 2015, S.63 [Manual]	Seite	99
Abb.27	Hebel ; Moges ; Gray, 2015, S.65 [Manual], Bild bearbeitet	Seite	101
Abb.26	Hebel ; Moges ; Gray, 2015, S.64 [Manual]	Seite	101
Abb.28	Minke, 2006, S.25	Seite	109
Abb.29	Schroeder, 2010, S.21	Seite	113
Abb.30	Hebel ; Moges ; Gray, 2015, S.162 [Manual], (Bild bearbeitet)	Seite	113
Abb.31	https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Weltarmut.png [Zugriff 07.12.2016]	Seite	119
Abb.32	Raschen, 2016, S.1	Seite	119
Abb.33	http://www.laenderdaten.de/bevoelkerung/geburtenrate.aspx S. 1 [Zugriff 07.12.2016]	Seite	119
Abb.34	http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/co2-emissionen-rangliste-der-staaten-bei-klimaerwaermung-a-944155.html [Zugriff 07.12.2016]	Seite	121
Abb.35	WWF International 2008 - http://rpoth.at/pastwork/zement_intro.shtml [Zugriff 07.12.2016]	Seite	121
Abb.36	http://www.globalsecurity.org/military/world/tanzania/images/tanzania-ethnic-1971.jpg [Tanzania%20Map [Zugriff 17.01.2017]	Seite	163
Abb.37	http://atlas.media.mit.edu/de/visualize/line/hs92/show/tza/all/all/1995.2014/ [Zugriff: 27.12.2016]	Seite	165
Abb.38	http://atlas.media.mit.edu/de/visualize/stacked/hs92/export/tza/show/all/1995.2014/ [Zugriff: 27.12.2016]	Seite	165
Abb.39	http://atlas.media.mit.edu/de/visualize/stacked/hs92/import/tza/show/all/1995.2014/ [Zugriff: 27.12.2016]	Seite	165
Abb.40	http://www.xe.com/currencycharts/?from=TZS&to=USD&view=10Y [Zugriff: 20.01.2017]	Seite	167