

Diplomarbeit

Ein BAUHANDBUCH für die Nomaden der Afar Region

"Vom mobilen Kreuzkuppelzelt
zum permanenten Lehmabau"

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Ao. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. phil. Andrea Rieger-Jandl

Institut für Kunstgeschichte, Bauforschung & Denkmalpflege

e251-1 Fachgebiet Baugeschichte und Bauforschung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Valerie Berger

0626414

Wien, März 2019



Kurzfassung

Wie kann man den Lehmbau in der Afar Region etablieren? Welche Bauformen sind einfach umzusetzen und könnten von der einheimischen Bevölkerung positiv angenommen werden?

Die Afar Region ist geprägt von Nomaden, die völlig autark im Einklang mit der Natur leben. Jedoch geht das "traditionelle" Nomadentum allmählich verloren. Immer mehr entdecken die Vorzüge der Sesshaftigkeit oder werden zu dieser gezwungen. Verfügbare Wasserquellen dieser Region werden immer knapper. Durch den Rückgang von Weideflächen für ihre Tiere ist die Existenz der Afar Hirten bedroht. Sie leben hauptsächlich von der Viehzucht. Wenn ihr Viehbestand nicht ausreichend ernährt werden kann, können auch die Menschen in der trockenen Landschaft nicht mehr überleben. Folglich geht ihre Lebensgrundlage verloren und sie müssen neue Strategien anwenden, die ihr Überleben sichern.

Die Arbeit zielt darauf, die stark anwachsenden Städte und ländlichen Gebiete der Afar Region mit einer Bauform auszustatten, die leicht zu realisieren ist und dessen Baustoffe, wie etwa der Lehm, in der unmittelbaren Umgebung vorhanden sind. Doch die Bevölkerung ist skeptisch, wie man aus dem lehmreichen Bodenmaterial ein Haus bauen kann. Durch alte Bautraditionen, wie dem Gewölbebau der eine Anlehnung an das traditionelle kuppelförmige Nomadenzelt ist, wird ein Bezug zwischen Neuem (Baustoff Lehm) und Altem (gewöhnliche Form) geschaffen. Der Gebäudeentwurf wird so gewählt, dass die traditionelle Lebensweise der Nomaden in keiner Weise angegriffen wird. Er passt sich ihren Bedürfnissen an. Die Strukturen von Nomadensiedlungen entstehen aus ihren Funktionen. Die Gestalt und Anordnung der Siedlungseinheiten entwickeln sich daher aus den täglich zu verrichtenden Aufgaben und stehen im Einklang mit den klimatischen Bedingungen dieser Region.

Der Lehm wird vor allem in heißen trockenen Gebieten der Erde angewendet. Der Lehmbau mit seinen vielseitigen Einsatzmöglichkeiten ist in der Afar Region noch nicht angekommen. Damit die Bevölkerung den Lehmbau auch annimmt, muss zum einen ein Vertrauen zu diesem Baustoff entwickelt und zum anderen der richtige Umgang erlernt werden. Das "Bauhandbuch" soll den Menschen dieser Region als Hilfestellung zur Errichtung eines einfachen Lehmhauses aus Lehmsteinen oder Lehmklumpen in Kragkuppelbauweise dienen, die im Selbstbau geschaffen werden kann.

Abstract

How can loam be established as a construction material in the Afar Region? Which types of construction are easily implementable as well perceived by the local inhabitants?

In the Afar Region a nomadic way of life in harmony with nature is common, even though "traditional" nomadism disappears gradually. More and more pastoralists discover the advantages of sedentarism or are forced to settle down. Water is scarce and due to the decrease of grazing land for their livestock, it is getting harder to get by. Since livestock breeding is their main source of income in the area, the locals now have to find other ways to survive.

The aim of the project is to establish a construction type in the rapidly growing cities as well in the rural areas in the Afar region, which easily can be implemented and whose materials are available in the surrounding area – like loam. In order to make a connection to the traditional way of nomadic life, a traditional way of constructing has been chosen – the construction of a dome, which resembles the form of a the nomadic tent. The shape of the building is in line with the needs of its inhabitants. In accordance with the climatic conditions of the region, the structure and arrangement of the nomadic settlement develops.

Mud is used mainly in dry and hot regions. So far the possibilities of constructing with loam in its many facets haven't been discovered in the Afar Region. For the local inhabitants to adopt loam as their main construction material, they need to find confidence in it and learn how to handle it. As an aid the "building guide" is supposed to help the local inhabitants of the region to construct a simply clay-house made of adobes or clay-lumps in a corbelled dome construction by themselves.



Vorwort

Auswirkungen des Klimawandels durch den Ausfall von Regenzeiten, wirtschaftlicher Druck und lokale Konflikte innerhalb der Nomadenstämme schlagen sich auf das Siedlungsmuster der Afar Hirten nieder. Es entstehen größere Siedlungseinheiten, da die Wanderschaft oftmals zu gefährlich wird. Auch eine Tendenz zur Sesshaftigkeit ist gegeben. Daraus lassen sich Schlüsse ziehen, die in den Gebäudeentwurf implementiert werden.

Durch die aktive Mitarbeit im Oktober 2016 bei der Errichtung eines Schülerhostels aus Lehmsteinen in der Stadt Logiya wurde der Grundstein für diese Arbeit gelegt. Die Erfahrungen und Eindrücke haben mich als Autorin dazu bewegt, den thematischen Inhalt den Menschen dieser Region zu widmen. Die Afar sind ein sehr freundliches Volk und beeindrucken durch ihre Anpassung an die lokalen Gegebenheiten.

Der traditionelle Chikka-Hausbau in Logiya ist sehr kostspielig. Man benötigt viel Holz, welches in dieser Region schwer zu bekommen und vor allem teuer ist. Immer mehr Menschen greifen zudem auf den Betonbau zurück. Der Zement muss importiert werden und ist ebenfalls mit hohen Kosten verbunden. Wenn schon die Afar Hirten aus ihrer gewohnten Umgebung vertrieben werden, da die lokale Regierung die bereits dezimierten Weideflächen für landwirtschaftliche Zwecke nutzt, und sich in die Nähe der Städte ansiedeln müssen, sollen sie zumindest die Möglichkeit erhalten eine Wohnunterkunft zu errichten, die ihre traditionelle Lebensform beibehält. Der Verlust der pastoralen Fähigkeit und die daraus resultierende Zunahme der Abhängigkeit zu städtischen Zentren gehören zu den grundlegenden Problemen der Afar Region. Das Gleichgewicht der autarken Lebensweise, eine Symbiose von Flexibilität und Mobilität, geht sukzessiv verloren.

Danksagung

Vor allem möchte ich Valerie Browning und Ismael Ali Gardo, Gründer der Nichtregierungsorganisation Afar Pastoralists Development Association (APDA) danken. Während der Zeit in Logiya durften wir in ihrem Compound leben und waren Teil ihrer Gemeinschaft. Ihre grenzenlose Hingabe für die Verbesserung der Lebensumstände der Menschen in der Afar Region ist bemerkenswert und ein Anreiz, selbst einen Beitrag zu leisten.

Ferner bedanke ich mich bei Katharina Schönher, die das "Afar Kindergarten Project" in Logiya ins Leben gerufen hat. Ohne ihren Einsatz hätte ich nie diese unvergessliche Erfahrung machen können. Ebenfalls danke ich allen anderen Studierenden, die ihre Diplomarbeiten der Afar Region gewidmet haben und damit einen indirekten Beitrag zu dieser Arbeit leisteten.

Danken möchte ich der Technischen Universität Wien und im speziellen meiner Betreuerin Andrea Rieger-Jandl, die mich im Laufe meines Studiums auf den faszinierenden Baustoff Lehm gebracht hat.

Ich bedanke mich bei meiner Familie und Freunden, die mich immer unterstützt haben. Ohne deren Hilfe und emotionalen Beistand wäre die Reise in das faszinierende Land Äthiopien und das Verfassen dieser Arbeit nicht möglich gewesen.



Methodische Vorgehensweise und Gliederung der Arbeit

Der methodische Vorgang impliziert zum einen eine Primärdatenerhebung vor Ort, welche die Stadt Logiya in der Afar Region umfasst. Zum anderen wird eine Sekundärdatenrecherche von inhaltsbezogenen informellen Dokumenten, Berichten und Konzepten durchgeführt. Nach der Erhebung und Auswertung der aus dem Internet und Fachbüchern bezogenen Texte, werden diese in der bevorstehenden empirisch-deskriptiven Diplomarbeit analysiert.

Eigene Erkenntnisse, basierend auf die aktive Mitarbeit an der Errichtung des Schulgebäudes in Logiya, werden in Form eines einfachen Bauhandbuchs anhand digitalisierter Handskizzen nachvollziehbar visualisiert, sodass eine Wiederholbarkeit für die lokale Bevölkerung möglich ist.

Die Arbeit gliedert sich in drei Hauptelemente. Der erste Teil gibt Aufschluss über das Land Äthiopien, das traditionelle Nomadentum im Nordosten der Afar Region sowie die Stadt Logiya, die im Oktober 2016 bereist wurde. Der zweite Teil beinhaltet einen Auszug über den Baustoff Lehm mit seinen Eigenschaften und den Gewölbebau im Allgemeinen. Am Schluss werden die daraus gezogenen Erkenntnisse in einem Gebäudeentwurf in Form eines "Archetyps" für ländliche und städtische Gebiete der Afar Region vorgestellt. Verstärkt wird der Entwurf durch Vorschläge zur Etablierung der neuen Bauform in der gesamten Region. Um das Gebäude tatsächlich realisieren zu können, bedarf es einer Grundeinschulung der lokalen Bevölkerung. Durch einen Bauzeitplan, einer Materialliste und einer Kostenschätzung werden Vorschläge bezüglich der Realisierung des ersten Archetyps auf dem Baugrundstück der lokalen Nichtregierungsorganisation APDA gemacht. Das Kernstück dieser Arbeit ist das Bauhandbuch, welches zum Ziel hat, vervielfältigt zu werden und an die lokale Bevölkerung verteilt werden soll.

Genderhinweis

"Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Diplomarbeit die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies impliziert jedoch keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mit eingeschlossen."



Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung

Abstract

Vorwort

Danksagung

Methodische Vorgehensweise und Gliederung der Arbeit

Genderhinweis

1	Geo- und demographische Situation in Äthiopien	1
1.1	Geographische Lage und Regierungsform	1
1.2	Demographie	2
1.3	Wirtschaft und Verkehr	3
1.4	Klima	4
1.5	Dürrekrise und Überschwemmungen	5
1.6	Topographie, Flora und Fauna	6
2	Nomaden der Afar Region	7
2.1	Lebensphilosophie und Nachhaltigkeit	8
2.2	Überlebensstrategie und pastorale Fähigkeit	9
2.3	Gesellschafts- und Siedlungsstrukturen der Afar Hirten	9
2.3.1	Der Clan (kedo) und seine Herden	9
2.3.2	Traditionelle Eheschließung und Rollenverteilung	12
2.4	Umgang mit pflanzlichen und mineralischen vorhandenen Ressourcen	14
2.5	Traditionelle Bau- und Lebensformen	15
2.5.1	traditionelles Nomadenzelt (daboyta)	15
2.5.2	Exkurs: Abweichungen der traditionellen Daboyta	16
2.5.3	Aufbau und Funktionen der Daboyta	17

2.6	politische Konflikte der Region und deren Auswirkungen auf das Nomadentum	19
2.7	Landenteignung im Raum Logiya	20
3	Logiya im räumlichen Kontext	21
3.1	Stadt Logiya	22
3.2	Vorherrschendes Klima	23
3.3	NGO APDA	23
3.4	Afar Kindergarten Project	24
3.4.1	Konzept	24
3.5	Einwohneranzahl und Bevölkerungsentwicklung	26
3.6	Verdichtung und Wachstum der Stadt	27
3.7	Wohnkenndaten und Wohnbedingungen	29
3.7.1	Bebauungsbestimmungen	30
3.7.2	Bestandteile eines Compounds	30
3.7.3	Vergleich zu anderen städtischen Gebieten	35
3.7.4	Relevante Wohnkenndaten der Stadt Logiya für den Gebäudeentwurf	36
4	Lehm als Baustoff	37
4.1	Was ist Lehm?	37
4.2	Einteilung der Korngrößen	38
4.3	Festigkeiten	39
4.4	Lehmbaumstoffe	40
4.4.1	Lehmsteine	40
4.4.2	Lehmlatten	41
4.4.3	Faser- und Strohlehm	41
4.4.4	Leichtlehm	41
4.4.5	Lehmschüttungen	41

4.4.6	Lehmmörtel	42	4.10.7	Konstruktive Maßnahmen	56
4.4.7	Wellerlehm	42	5	Kuppel- und Gewölbebau	57
4.4.8	Stampflehm	42	5.1	Gewölbeformen	57
4.4.9	Stranglehm	42	5.2	Echtes Gewölbe	58
4.4.10	Exkurs: Nasslehm	42	5.3	Falsches Gewölbe	59
4.5	Lehmbauteile	44	5.4	Lehmkuppelbauten	60
4.5.1	Tragende Wände	44	5.4.1	Eigenschaften von Lehmkuppeln	60
4.5.2	Gewölbe	44	5.4.2	Lehmkuppeltechniken	60
4.5.3	Nichttragende Wände und Ausfachungen	44	5.4.3	Beispiele von Lehm(krag)kuppelbauten als Inspirationsquelle für den Gebäudeentwurf	62
4.5.4	Balkendecken	44	5.4.4	Dachabschluss von Kuppeln	64
4.5.5	Lehmputze	45	6	Gebäudeentwurf	65
4.5.6	Anstriche	46	6.1	Ansprüche in ländlichen Gebieten	65
4.5.7	Stampflehmfußboden und Sockel	46	6.2	Ansprüche in urbanen Gebieten	66
4.6	Vor- und Nachteile von Lehmbauten	48	6.3	Anspruch an das Gebäude selbst	66
4.7	Prüfung von geeignetem Baulehm	49	6.4	Grundriss und Schnitt	66
4.8	Aufbereitung von Lehm für Bauzwecke	51	6.5	Optimierung durch Holzbalkendecke	70
4.9	Lehmschäden ausbessern	51	6.6	Sanitäreinrichtungen	72
4.10	Optimierungsmöglichkeiten von Lehmbaustoffen und Lehmbauteilen	52	6.7	Sockel und Fußbodenaufbau	76
4.10.1	Materialverdichtung	52	6.8	Türen und Fenster	78
4.10.2	Materialverstärkung	53	6.9	Lehmherd	80
4.10.3	Materialverbindung	54	6.10	Instandhaltung	82
4.10.4	Materialverknüpfung	54	7	Vorschläge zur Etablierung des Lehmkuppelbaus in der Stadt Logiya	84
4.10.5	Materialundurchlässigkeit	54	7.1	Szenario 1 - Bebauung einer neuen Parzelle	85
4.10.6	Erhöhung der Wasserfestigkeit	55	7.2	Szenario 2 - Bebauung ersetzt bestehendes Wohngebäude	92

7.3	Szenario 3 - Verdichtung einer bestehenden Parzelle	94	10.1.9	Stampflehmboden herstellen	123
7.4	Exkurs: Beispiele verdichteter Lehmkuppelbauten	96	10.1.10	Optional Lehmherd errichten	123
8	Vorschläge zur Einbettung der neuen Bauform in nomadische Siedlungsmuster	101	10.2	Optimierung der Lehmbauteile	123
8.1	Burra	102	10.3	Motiv für die Erstellung des Bauhandbuchs	123
8.2	Dahla	105		"BUILDING GUIDE"	125
9	Vorschlag zur Realisierung des ersten Archetyps	107		Resümee und Schlussfolgerung	
9.1	Grundeinschulung der einheimischen Bevölkerung	107		Literaturverzeichnis	
9.2	Konzept der ersten Bebauung am Afar Kindergarten Compound	108		Internetquellen	
9.3	Materialaufwand	112		Abbildungs- und Tabellennachweis	
9.4	Bauzeitplan	113			
9.5	Mischverhältnisse der Lehmbauteile	113			
9.6	Kostenschätzung	116			
9.7	Organisation und Finanzierung	117			
9.8	Exkurs: Öffentliche Geldgeber Österreich	117			
10	Bauhandbuch	119			
10.1	einzelne Bauschritte des Bauhandbuchs	120			
10.1.1	Bedingungen an den Standort	120			
10.1.2	Baustelleneinrichtung	121			
10.1.3	Aushub	121			
10.1.4	Fundament und Sockel errichten	121			
10.1.5	Lehmmischungen herstellen	121			
10.1.6	Lehmklumpen herstellen	122			
10.1.7	Schichten oder Mauern der Kragkuppel	122			
10.1.8	Lehmputz anbringen	122			

1 Geo- und demographische Situation in Äthiopien

Dieses Kapitel dient zur Einleitung und schafft einen Überblick über die Gesamtsituation in Äthiopien. Im darauf folgenden Kapitel wird im speziellen auf die Afar Region, die eine von neun Verwaltungsbezirke Äthiopiens ist, und den dort lebenden Menschen, den Nomaden, eingegangen.

1.1 Geographische Lage und Regierungsform

Die im Norden Ostafrikas gelegene Demokratische Bundesrepublik Äthiopien ist ein Binnenland am Horn von Afrika, welches von den Nachbarstaaten Eritrea im Norden, Sudan und Süd-Sudan im Westen, Kenia im Süden sowie von Somalia und Dschibuti im Osten umschlossen wird. Äthiopien hat rund 109 Millionen Einwohner (Stand Jänner 2019) auf einer Fläche von über 1,1 Millionen Quadratkilometern und eine Bevölkerungsdichte von 99 Einwohner pro Quadratkilometer ([www.auswaertiges-amt.de/...](http://www.auswaertiges-amt.de/)). Äthiopien ist das zehntgrößte Land Afrikas ([www.laender-lexikon.de/...](http://www.laender-lexikon.de/)). Im Vergleich zu Österreich ist Äthiopien zirka 13 mal größer ([www.austria.info.at/...](http://www.austria.info.at/)) und hat eine etwas niedrigere Bevölkerungsdichte als Österreich mit rund 105,6 Einwohner pro Quadratkilometer ([de.statista.com/...](http://de.statista.com/)). Bis zu ihrer Abschaffung 1974 war Äthiopien mit seinem einflussreichen Regenten Kaiser Haile Selassie eine konstitutionelle Monarchie. Er etablierte einen ansatzweise modernen Staat, der jedoch ein imperiales Regierungssystem mit einer zentralistischen absoluten Macht beinhaltete. Nach der Zeit der großen Hungerkrise 1974 wurde die jahrhundertelange Monarchie durch einen Militärputsch beendet ([www.oefse.at/...](http://www.oefse.at/)). Der Derg, ein provisorischer sozialistischer Militärverwaltungsrat, übernahm mit Unterstützung der Sowjetunion die Macht im Land und installierte 1987 die Demokratische Volksrepublik Äthiopien. 1991 wurde schließlich die politische Führung von der Revolutionären Demokratischen Front der Äthiopischen Völker (EPRDF) gestürzt. Eine Vereinigung aus Parteien und einer paramilitärischen Volksbefreiungsbewegung, die seither das politischen Geschehen des Landes bestimmt. Historisch bemerkenswert ist der Fakt, dass bis auf die Besetzung durch das faschistische Italien Mussolinis zwischen 1936 und 1941 Äthiopien nie kolonialisiert wurde. 1962 wurde Eritrea von Äthiopien annektiert. Dies war der Ursprung des nachfolgenden Unabhängigkeitskrieges der einverleibten Provinz Eritrea, der im Jahr 1991 erfolgreich zu Ende ging. Durch die endgültige politische und rechtliche Unabhängigkeit Eritreas im Jahr 1993 wurde die ehemalige Provinz zum neuen nordöstlichen Nachbarstaat Äthiopiens ([library.fes.de/...](http://library.fes.de/)).

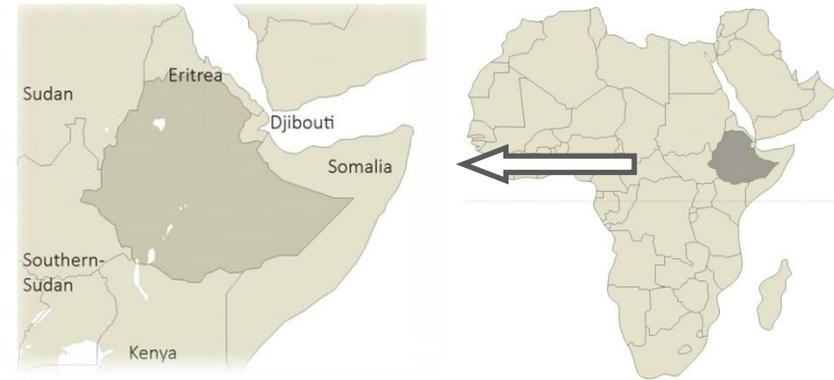


Abbildung 1-1 Äthiopien und seine Nachbarstaaten (Schönher, 2015)

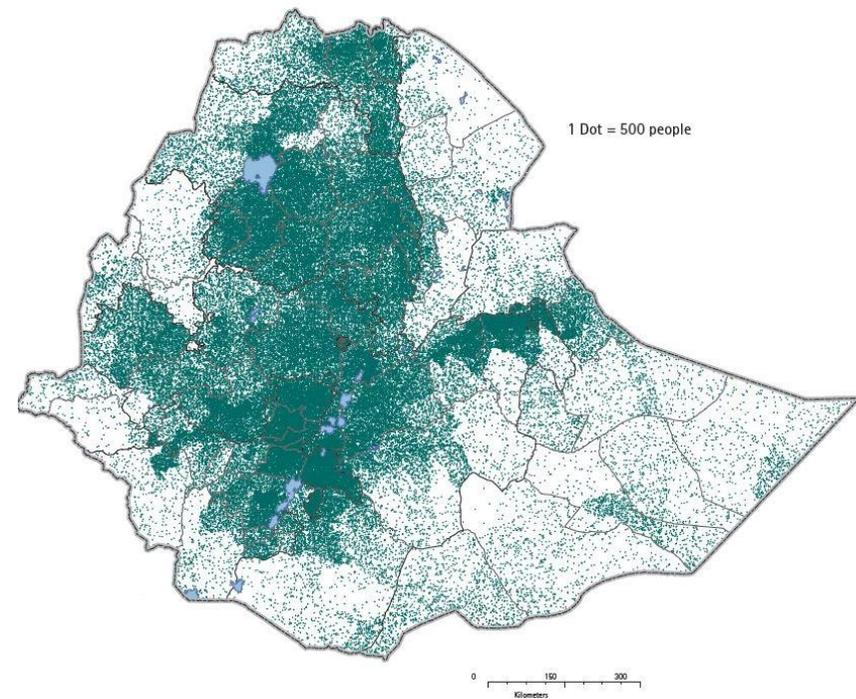


Abbildung 1-2 Verteilung der Einwohner von Äthiopien ([www.csa.gov.et/...](http://www.csa.gov.et/))

Den Grenzspannungen der beiden Nachbarstaaten wurde im Juli 2018 durch einen historischen Friedensvertrag ein Ende gesetzt. Die Grenzen sind geöffnet und die Hoffnung auf einen florierenden Handel ist groß (www.deutschlandfunkkultur.de/...). Welche positiven oder auch negativen Auswirkungen der Frieden mit sich bringt, wird sich in Zukunft weisen.

Die Demokratische Bundesrepublik Äthiopien ist mittlerweile als (ethnisch-)föderale Republik strukturiert, an dessen Spitze der auf zwei Amtszeiten beschränkte Präsident als Staatsoberhaupt sowie der Premierminister als Regierungschef steht (www.auswaertiges-amt.de/...). Das ethnisch-föderale Staatsgebilde besteht in der heutigen Form seit den 1990er Jahren und gliedert das Land in neun eigenständige Verwaltungsregionen und zwei autonome Stadtverwaltungen. Dazu gehören die Städte Addis Abeba als Hauptstadt Äthiopiens und Dire Dawa sowie die Regionen Afar, Amhara, Benishangul-Gumuz, Gambela, Harar, Oromia, Region der südlichen Nationen, Nationalitäten und Völker, Somali und Tigray. Die sechs Regionen Tigray, Amhara, Oromia, Somali, Afar und Harar sind ethnisch definierte Bundesstaaten mit jeweils einer einzelnen Volksgruppe. Den drei ethnisch gemischten Staaten Benishangul-Gumuz, Gambela sowie die Region der südlichen Nationen, Nationalitäten und Völker werden mehrere einheimische Volksgruppen zugeordnet (library.fes.de/...).

1.2 Demographie

Die 24 ethnischen Volksgruppen setzen sich laut Volkszählung 2007 aus 34% Oromos, 27% Amharas, 6% Somalier, 6% Tigrinya, 2,5% Gurage, 4% Sidamas, 2% Welaita, 2% Afar und 16% andere Volksgruppen zusammen. In Äthiopien existiert eine große Sprachenvielfalt mit über 70 gleichrangig anerkannte Regionalsprachen und zirka 200 Dialekten. Die Landessprache ist Amharisch. Englisch ist die zweite Amtssprache. Auf Grundlage der letzten groß angelegten Volkszählung von 2007 setzt sich die Religionszugehörigkeit in etwa aus 43,5% äthiopisch-orthodoxe Christen, 33,9% Muslime, 18,6% Protestanten, 0,7% katholische Christen und 3,3% Naturreligionen und andere Glaubensrichtungen zusammen (www.auswaertiges-amt.de/...).

Trotz stark steigender Verstärkerungsquote in den fünf größten Städten Äthiopiens leben in etwa 80 bis 83% der Menschen in ländlichen Gebieten. Zwischen 2,5% bis 3% pro Jahr beträgt die enorme Bevölkerungswachstumsrate (www.csa.gov.et/...). Rund

43,8% der Gesamtbevölkerung sind jünger als 18 Jahre. Die Bevölkerung ist also äußerst jung. (www.dataforealldemo.org/...).

Die Alphabetisierung Äthiopiens betrug im Jahr 2016 42%. 2011 lag der Anteil von Kinderarbeit bei 27,5%. Über 25% der ländlichen Bevölkerung lebten zwischen 2015 bis 2016 unterhalb der Armutsgrenze. In städtischen Gebieten betrug der Anteil knapp 15%. Ein Viertel der Gesamtbevölkerung lebte in diesem Zeitraum unterhalb der Nahrungsmittelarmutsgrenze. 44,5% der Äthiopier benötigten 2016 mehr als eine halbe Stunde, um an Trinkwasser zu gelangen. Lediglich 6% der Menschen hatten die Möglichkeit, ausgebaute öffentliche sanitäre Einrichtungen zu benutzen. 32% der Einwohner Äthiopiens praktizieren die Defäkation in offener Umgebung (www.dataforealldemo.org/...).

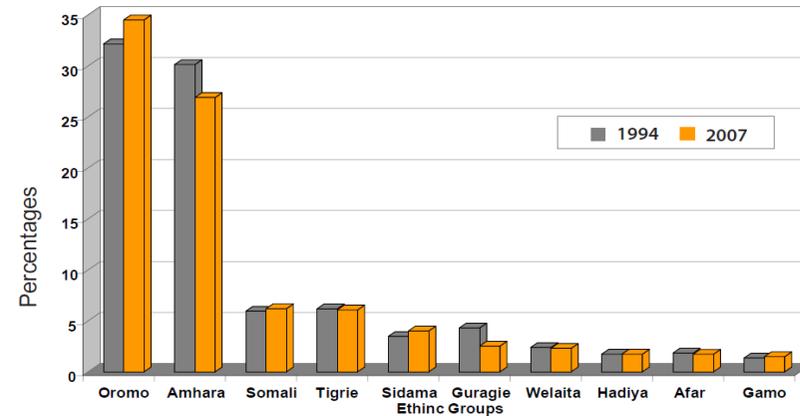


Abbildung 1-3 Ethische Gruppen in % von 1994 und 2007 (www.ethiopianreview.com/...)

Religion	Urban + Rural		Urban		Rural	
	NO.	%	NO.	%	NO.	%
All Persons	73,918,505	100	11,956,170	100	61,962,335	100
Orthodox	32,138,126	43.5	7,070,932	59.1	25,067,194	40.5
Protestant	13,746,787	18.6	1,614,145	13.5	12,132,642	19.6
Catholic	536,827	0.7	66,468	0.6	470,359	0.8
Muslim/Islam	25,045,550	33.9	3,098,275	25.9	21,947,275	35.4
Traditional	1,957,944	2.6	39,252	0.3	1,918,692	3.1
Others	471,861	0.6	67,098	0.6	404,763	0.7

Abbildung 1-4 Religionsangehörigkeit in städtischen und ländlichen Gebieten im Jahr 2007 (www.ethiopianreview.com/...)

1.3 Wirtschaft und Verkehr

Die jährliche Wachstumsrate des realen Bruttoinlandsproduktes zwischen 2015 und 2016 betrug 8% bei einem BIP pro Kopf von 794 US Dollar. In Äthiopien ist das Bruttonationaleinkommen zwischen 1990 und 2017 um etwa 165,3% gewachsen ([www.dataforealldemo.org/...](http://www.dataforealldemo.org/)). Im Jahr 2017 betrug bereits das BIP pro Kopf 873 US Dollar - Vergleichswerte für 2017 in Österreich: 47.347 US Dollar BIP/Kopf ([www.destatis.de/...](http://www.destatis.de/)). Nach Schätzungen setzte sich 2017 das gesamte Bruttoinlandsprodukt aus folgenden Produktionsanteilen zusammen: 34,8% Landwirtschaft, 21,6% Industrie und 43,6% Dienstleistungen. Die prozentuale Verteilung der Erwerbsbevölkerung nach Berufszweigen im Jahr 2013 ergibt nach Schätzungen, dass 72,7% in der Landwirtschaft (inklusive Fischerei und Forstwirtschaft), 7,4% in der Industrie (umfasst Bergbau, Fertigung, Energieerzeugung und Bauwesen), 19,9% im Dienstleistungssektor (beinhaltet vor allem Regierungsaktivitäten, Kommunikation, Transport, Finanzen) tätig waren. Laufende Infrastrukturprojekte umfassen die Stromerzeugung und -verteilung, Straßen, Schienen, Flughäfen und Industrieparks. Schlüsselsektoren sind in staatlichem Besitz, einschließlich Telekommunikation, Banken und Versicherungen sowie Stromverteilung. Nach der Verfassung von Äthiopien besitzt der Staat das gesamte Land und vermietet an Pächter langfristig ([www.cia.gov/...](http://www.cia.gov/)).

Äthiopien ist eines der reichsten Mineralstaaten der Welt. Der Staat verfügt über Gold, Tantal, Salz, Opal, Gips, Marmor, Kalkstein, seltene Erden, Kohle, Öl (Ölschiefer), Gas, Stein (Eisenerz), Sand und Ton, chemische Düngemittelminerale aber auch Erdgasvorkommen. Äthiopien vielfältiges Potenzial an Energieressourcen ist beachtlich. Dazu zählen Heuwurzeln, Geothermie (Erdgas), Sonnenenergie, Windenergie, holzige Biomasse und andere potenzielle Quellen wie Kohle und Agrarabfälle. Das Land fördert zwar die Nutzung der Wasserkraft, des Windes, der Sonnenenergie und der Geothermie, hinsichtlich des Energieverbrauchs stützt man sich jedoch noch überwiegend auf traditionellen Energiequellen. Traditionelle Kraftstoffe sowie Biomasse-Energiequellen machten 2015 knapp 90% der gesamten Energiequellen aus, während moderne Kraftstoffe über 10% zum gesamten Gesamtenergieverbrauch beitrugen ([www.cia.gov/...](http://www.cia.gov/)).

Mehr als 90% der landwirtschaftlichen Produktion wird von kleinen landwirtschaftlichen Betrieben durchgeführt. Die Landnutzungsformen von

Kleinbauern umfassen Anbauflächen, Brachflächen, Weiden und andere Landnutzungsflächen. Die meisten landwirtschaftlichen Flächen werden von Kleinbauern für den Anbau von Kulturpflanzen in Form von Subsistenzlandwirtschaft betrieben. Zirka 80% der landwirtschaftlich genutzten Flächen sind Anbauflächen, 10,5% Weideflächen und die restlichen 9,5% Holz- und andere Landnutzungsbereiche. Die gesamte Anbaufläche Äthiopiens hat sich zwischen 2006 und 2016 um 2,7 Millionen Hektar ausgedehnt. Zu den wichtigsten nationalen Agrarerzeugnissen gehören Wurzeln und Knollen, Getreide, Weizen, Mais, Kaffee, Baumwolle, Zuckerrohr, Gemüse, Schnittblumen, Tierhäute und Fisch sowie Fleischproduktion aus Rinder, Schafe, Wild und Ziegen ([www.cia.gov/...](http://www.cia.gov/)).

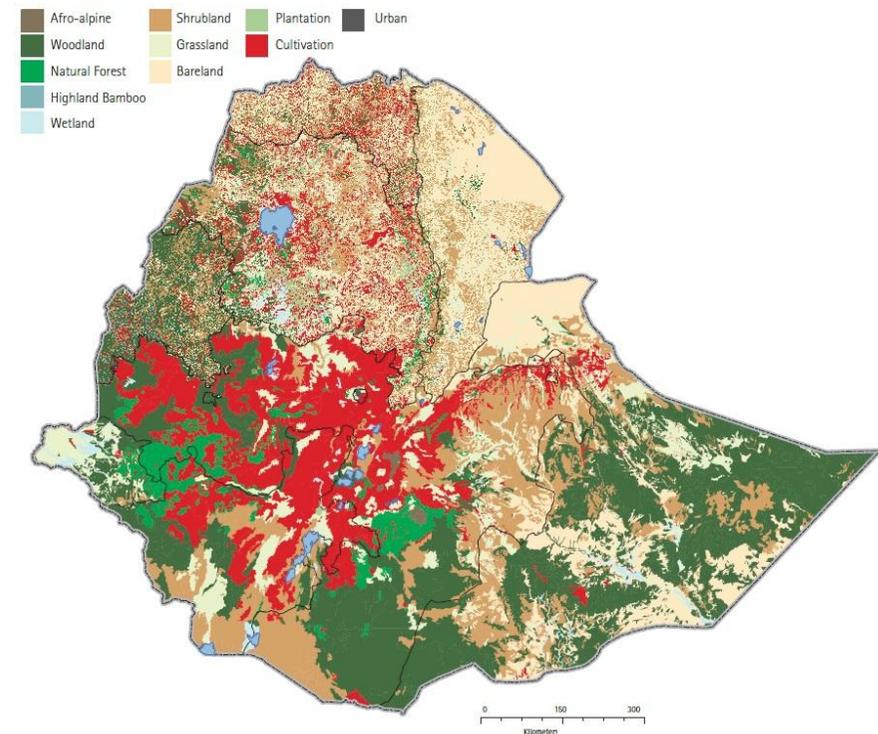


Abbildung 1-5 Bodenbedeckung Äthiopiens ([www.csa.gov.et/...](http://www.csa.gov.et/))

Zu den wichtigsten Importgütern zählen Maschinen und Flugzeuge, Metall und Metallerzeugnisse, Elektromaterial, Mineralölerzeugnisse, Kraftfahrzeuge, Chemikalien, Düngemittel, aber auch landwirtschaftliche Güter wie Weizen, Palmöl und Zuckerrohrzentrifugen. Zu den bedeutenden landwirtschaftlicher Exportgütern gehören grüne Kaffeebohnen (als wichtigstes Exportgut), Sesamsamen und trockene Bohnen (193.43.36.162/...). Die vorrangigen Import-Handelspartner zum Stand 2017 sind China (der mit Abstand einflussreichste Partner), Saudi Arabien, Indien, Kuwait und Frankreich (www.cia.gov/...).

Das Straßennetz breitet sich, ausgehend von der Hauptstadt, sternförmig in Richtung aller größeren Städte aus. Die Gesamtlänge des Straßennetzes beträgt 110.400 km zum Stand 2015, wovon zirka 15% asphaltiert sind. Die am stärksten frequentierte Inlands- und zugleich Güterverbindung ist die Route von Addis Abeba über Adama zum Hafen von Dschibuti City (Addis Abeba-Dschibuti Highway). In Äthiopien gibt es rund 60 Flughäfen unterschiedlichen Standards. Die weltweit operierende Fluglinie Äthiopien Airlines mit 75 Flugzeugen ist das einzige registrierte Luftfahrtunternehmen im Land. Die einzige Eisenbahnlinie im Land, die unter gemeinsamer Kontrolle von Dschibuti, Äthiopien und von einem chinesischen Auftragnehmer verwaltet wird, fährt auf der 756 km langen Personen- und Güterstrecke zwischen Addis Abeba und Dschibuti (www.cia.gov/...).

1.4 Klima

Die große topographisch bedingter Variation des Klimas in Äthiopien ist von vielfältigen Gegebenheiten beeinflusst. Unter anderem liegt Äthiopien in der Nähe des Äquators in einer äußerst sonnenintensiven Zone und teilt sein Klima in zehn Kategorien ein. Grob klassifiziert fällt ein großer Teil des Flachlandes im Nordosten und Südosten unter die heiße, trockene und semi-trockene Klimazonen. Der überwiegende Teil West-Äthiopiens sowie das Hochland des Südens und des Ostens haben ein warmes und tropisches Regenklima. Die durchschnittliche Mindesttemperatur im Land liegt zwischen 13,2° und 17,4° Celsius. Die Maximaltemperatur um die Mittagszeit liegt im Durchschnitt zwischen 26,8° und 31,3° Celsius und übersteigen im Juni 40° Celsius in der Afar Region. Die mittlere Höchsttemperatur variiert zwischen Hochland- und Wüstengebieten sehr stark (www.csa.gov.et/...).

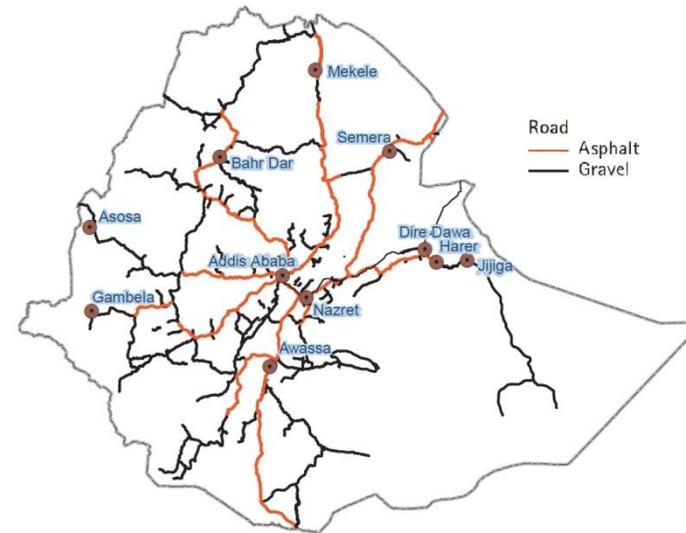


Abbildung 1-6 Teil des Straßennetz Äthiopiens (www.csa.gov.et/...)

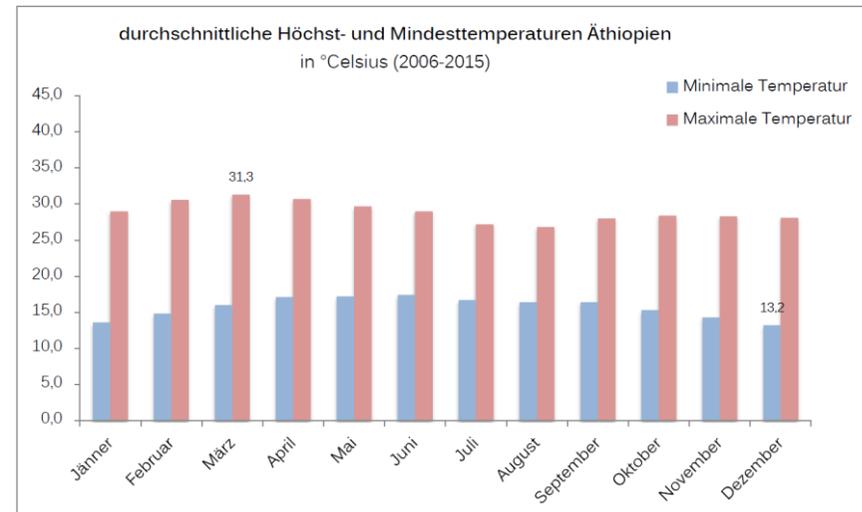


Tabelle 1 Durchschnittliche Höchst- und Mindesttemperaturen in Äthiopien von Jänner bis Dezember im Zeitraum von 2006 bis 2015 (nach CSA, 2016)

Die Niederschlagsverteilungen werden regional und nach Jahreszeiten abgegrenzt. Während der Trockensaison von Oktober bis Januar fällt im Süden, in einigen Teilen Somalias und im Südwesten des Landes Regen. In der Phase der kurzen Regenzeit, von Februar bis Mai, regnet es im Südwesten, Süden und Osten Äthiopiens. Die Hauptregenzeit, die von Juni bis September reicht, betrifft den größten Teil des Landes (www.csa.gov.et/...).

1.5 Dürrekrise und Überschwemmungen

Naturkatastrophen und klimatischen Phänomene schränken die Stabilität, Entwicklung und Umwelt in Äthiopien enorm ein und sind eine der großen Herausforderungen des Staates. Äthiopien erlebte im Laufe seiner Zeit existenzbedrohlichen Dürrekrise, die eine verheerende Lebensmittelknappheit und Hungernöte auslösten. Die sechs extremen Dürrephasen waren 1974, 1984, 1994, 2000, 2003 und 2016. In anderen Teilgebieten lösten massive Flussüberflutungen infolge von starken Regenfällen ebenfalls lebensgefährliche Probleme für die betroffene Bevölkerung aus, für die die Flüsse die Basis des Lebensunterhaltes darstellt (www.csa.gov.et/...).

Zu den am stärksten überschwemmten Gebieten Äthiopiens zählen die Ufer von Awash in der Region Afar, die Ufer von Wabisheble und Genale in der Region Somali, die Ufer des Flusses Omo in der Region der südlichen Nationen, Nationalitäten und Völker, die umliegenden Gebiete des Lake Tana in der Region Amhara und das Baro Flussufer in der Region Gambela (www.csa.gov.et/...).

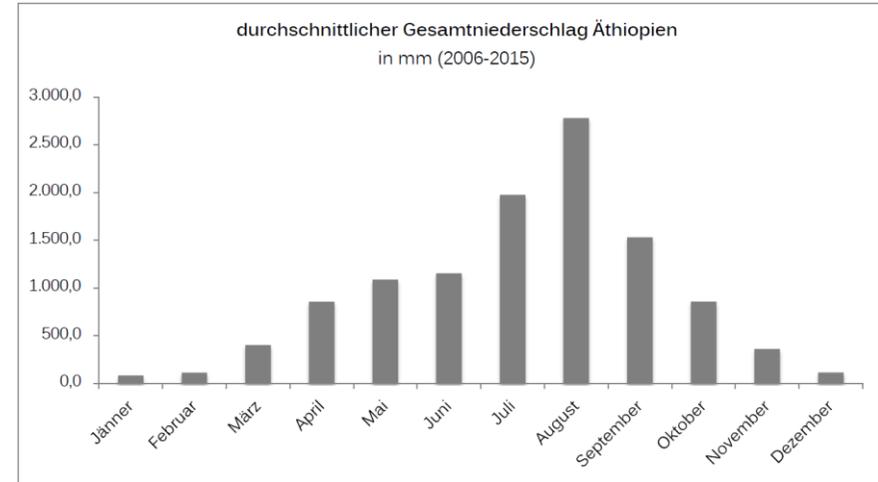


Tabelle 2 Durchschnittlicher Gesamtniederschlag Äthiopiens im Zeitraum von 2006 bis 2015 (nach CSA, 2016)



Tabelle 3 Vergleich der betroffenen Personen von Dürrekatastrophen in % im Vergleich zur Bevölkerungsdichte von 2006 bis 2016 (nach CSA, 2016 und knoema.de/...)

1.6 Topographie, Flora und Fauna

Die makro- und mikroklimatischen Bedingungen sind aufgrund der enormen Höhenunterschiede sehr vielfältig. Damit verbunden existieren über zehn Ökosysteme sowie 18 große und 49 kleinere agrarökologische Zonen. Eine bemerkenswerte Bandbreite an biogenetischen Ressourcen von Pflanzen, Tieren und Mikroben kommt in ihnen vor. Äthiopien ist ein Land mit einer enormen geographischen, ökologischen und klimatischen Diversität und besteht aus unterschiedlichen naturräumlichen Strukturen. Das bedingt wiederum eine hohe biologische Vielfalt sowie eine Menge an natürlichen Ressourcen. Die natur- und landschaftsräumliche Vielfältigkeit setzt sich aus hohen und schroffen Gebirgen, flachen Plateaubereichen, tiefen eingeschnittenen Schluchten, Flusstälern und Ebenen zusammen. Der tiefste Punkt Äthiopiens in der Danakil-Depression liegt 126 Meter unter dem Meeresspiegel. Der höchste Gipfel, Mount Ras Dashen, reicht bis zu 4.620 Meter über dem Meeresspiegel. Das landschaftsprägendste Naturelement in Äthiopien ist das sich diagonal in Nordost-Südwest-Richtung ziehende "Great African Rift Valley" (Große Afrikanische Grabenbruch). Der Graben ist der äthiopische Abschnitt einer über als 6.000 Kilometern langen kontinentalen Nahtstelle, die Afrika durchzieht und weist eine Breite zwischen 30 und 100 Kilometer auf. Seine Tiefe variiert zwischen 100 Meter und über 1.000 Meter. Der Grabenbruch verläuft vom Nordosten nach Südwesten des Landes und trennt das westliche und südöstliche Hochland voneinander. Das Hochland Äthiopiens mit seinen Plateauoberflächen befindet sich in Gebieten mit mehr als 3.000 Meter hohen Vulkanbergen. Dazu zählen das Nordwest-, Südwest-, West- und Ostplateau. Zusammen mit dem Staat Lesotho ist Äthiopien das am höchsten gelegene Land des afrikanischen Kontinents. Die Hälfte des äthiopischen Territoriums liegt oberhalb von 1.200 Meter. Mehr als ein Viertel des Landes befindet sich über 1.800 Meter. Der Simien-Nationalpark umgibt den höchsten Berg Äthiopiens und steht unter UNESCO-Weltnaturerbe. Ein Konflikt zwischen ökonomischen und ökologischen Interessen besteht im Umgang mit dem Waldbestand. Die grobe Flächenschätzung für den Waldverlust beträgt im Zeitraum von 2000 bis 2013 zirka 1,1 Millionen Hektar und für den Waldzuwachs 0,4 Millionen Hektar, was einem jährlichen Waldverlust von etwa 70.000 Hektar beziehungsweise jährlicher Waldzuwachs von zirka 30.000 Hektar entspricht ([www.csa.gov.et/...](http://www.csa.gov.et/)).

Äthiopien hat neun große Flüsse und zwölf große Seen. Zahlreiche Seen sind vulkanischen Ursprungs. Der größte See Äthiopiens und zugleich höchstgelegene

See Afrikas ist der Tanasee. Er liegt vergleichsweise in isolierter Lage im Nordosten des Landes. Weitere große Seen sind der Zway, Abijata, Shala, Hawassa, Langano, Abijata und Chamo. Neben den bedeutenden Blauen Nil, als großer Zustrom des Nilflusses, zählen der Akobo, Awash, Juba, Ganale, Omo, Tekeze-Setit und der Wabi Shebelle zu den weiteren wichtigen Flüssen des Landes ([www.csa.gov.et/...](http://www.csa.gov.et/)).

Die Flora und Fauna ist durch eine hohe biologische Vielfalt gekennzeichnet. Die Artenvielfalt wildlebender Tierarten wie Säugetiere, Vögel, Reptilien, Amphibien, Fische und Insekten besteht aus zirka 6.500 Arten. Global gesehen ist Äthiopien mit einer enorm großen Nutztierpopulation (weltweit fünftgrößter Rinderviehbestand, weltweit größte Eselpopulation, Schafe, Ziegen, Hühner, Kamele, Pferde, Maultiere und Bienenstöcke) ausgestattet und hat eine hohe Rassenvielfalt. Mehr als 98% des Bestandes sind heimische Rassen ([www.csa.gov.et/...](http://www.csa.gov.et/)).

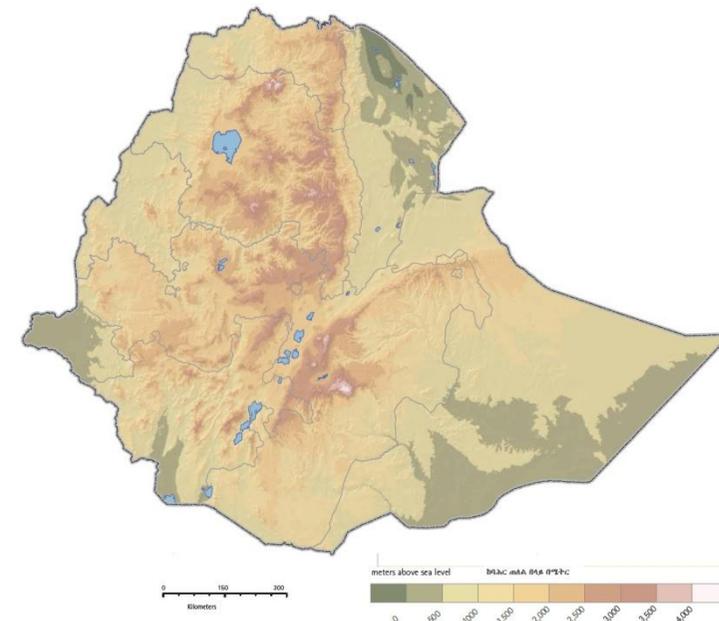


Abbildung 1-7 Topographie Äthiopiens - Anzeige in Meeresspiegel ([www.csa.gov.et/...](http://www.csa.gov.et/))

2 Nomaden der Afar Region

Die Afar Region ist eine der neun Verwaltungsregionen Äthiopiens. Sie befindet sich im Nordosten des Landes und grenzt im Norden an Eritrea und im Osten an Dschibuti. Die Afar Region wird in fünf Zonen unterteilt, die wiederum in sogenannte Woredas (Verwaltungsbezirke) aufgeteilt sind. Seit der letzten Volkszählung 2007 lag die Einwohnerzahl in der Region bei rund 1,4 Millionen Menschen. Davon leben circa 87 % in ländlichen und 13% in städtischen Gebieten. 90 % der Bevölkerung gehören der ethnischen Gruppe Afar an und 95 % sind Muslime. Die Alphabetisierungsrate ist sehr gering. Rund 83 % der Bevölkerung (gezählt wird ab einem Alter von 5 Jahren) sind Analphabeten (CSA, 2007).

Die Afar Region ist eine der heißesten Orte der Erde. Es ist kaum vorstellbar, dass hier Menschen leben. In dieser Region fällt einem sogar das Atmen schwer (Browning et al. 2008). Das Land ist geprägt von Nomaden, die sich an die harten Lebensbedingungen der Wüsten- und Halbwüstenlandschaft angepasst haben.

Die äthiopische Regierung sieht den nomadischen Lebensstil als ein Hindernis für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, das Wachstum und den Wohlstand des Landes an. Infolge zunehmender Dürre und Hungersnöte wurde das Nomadentum als Versäumnis angesehen, den Menschen sichere Nahrungsmittel- und Einkommensquellen zur Verfügung zu stellen. Die Regierung förderte die Umstellung auf einen stabilen Lebensunterhalt, der auf landwirtschaftlichen Anbau basiert. Aufgrund mehrerer Faktoren, wie der Regierungspolitik und den starken Klimaschwankungen, entfernen sich immer mehr Menschen vom nomadischen Lebensstil und werden zu Kleinbauern. Die Regierung fördert diesen Wandel, der jedoch Auswirkungen auf die Einwohner der gesamten Afar Region hat. Die Nomaden leben hauptsächlich von der Viehwirtschaft. Sie wandern durch das Land und sind ständig auf der Suche nach Futter für ihre Tiere. Zunehmend wird auf Weideland Agrarwirtschaft betrieben, was die Bewegungsfreiheit der Nomaden erheblich einschränkt. Infolgedessen müssen die Hirten andere Weideflächen aufsuchen, was aufgrund des Eindringens in fremdes Territorium zu interethnischen Konflikten führen kann. Vor allem sind es Konflikte mit dem Issa Clan, der seit Jahrzehnten weit über die Grenzen Äthiopiens und Dschibuti hinausgeht. Es kommt immer wieder zu bewaffneten Zusammenstößen mit den Nachbarn und verlangt zahlreiche Opfer ([www.land-links.org/...](http://www.land-links.org/)).

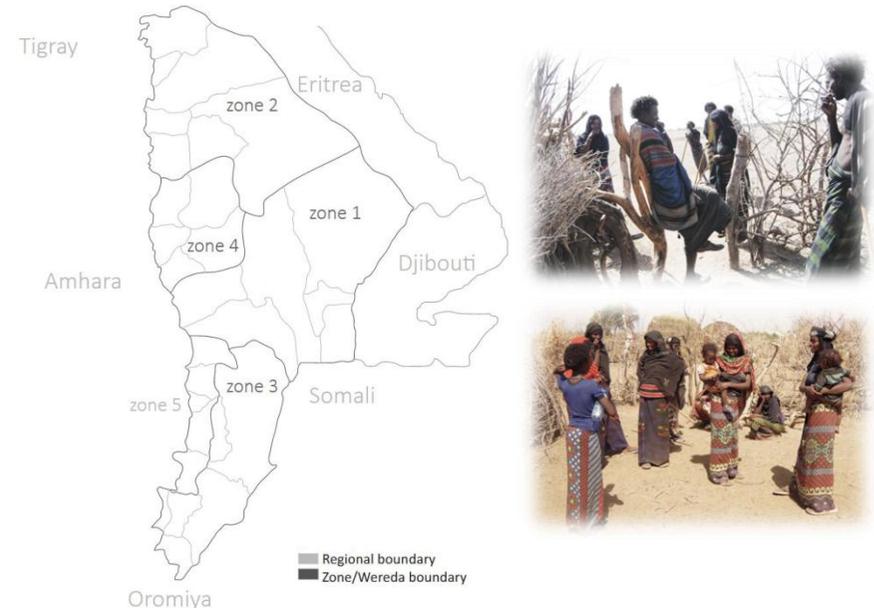


Abbildung 2-1 links: Afar Region und ihre 5 Zonen (Schönherr, 2015), rechts davon: Nomadische Frauen und Männer (Chocian, 2017)



Abbildung 2-2 typische Landschaft der Afar Region (Chocian, 2017)

Dieses Kapitel widmet sich den Nomaden der Afar Region in Äthiopien. Um einen Entwurf zu schaffen, der auf die traditionelle Lebensweise der Afar Hirten eingeht, muss diese verstanden und berücksichtigt werden. Die "neue Wohnunterkunft" soll auf ihre täglichen Rituale eingehen und darf diese auf keine Weise einschränken. Das Gebäude passt sich an sie an und nicht umgekehrt. Der Gebäudeentwurf nimmt sämtliche Funktionen ihres kulturellen Wohn- und Lebensstils auf. Die Nomaden der Afar Region sind einem permanenten Überlebenskampf in der Wüste bis Halbwüste ausgesetzt. Sie leben autark und haben eine Überlebensstrategie entwickelt, die ihre unmittelbare Umgebung in keiner Weise angreift. Sie sind immer auf der Suche nach Wasser und begeben sich mit ihrem gesamten Haushalt und ihrer Viehherde auf Wanderschaft.

Im Jahr 2011 und 2012 führten Alice Eigner und Emilia Chocian (damals Studentinnen an der Technischen Universität Wien) zwei Feldstudien in der Afar Region durch. Afar Bürger in ländlichen und städtischen Gebieten, Beamte der Regionalregierung, Mitarbeiter der lokalen Nichtregierungsorganisation APDA (Afar Pastoralist Development Association), kleine private Unternehmen und Werkstattbesitzer wurden befragt. Insgesamt wurden 55 Interviews geführt. Diese Daten fließen ebenso mit ein, wie die persönlichen Erfahrungswerte bei der aktiven Mitarbeit der Autorin in Logiya am Bau des Schülerhostels im Oktober 2016 (siehe Kapitel 3).

2.1 Lebensphilosophie und Nachhaltigkeit

Die Afar sind ein Volk, das auf pflanzliche und mineralische Ressourcen ihrer Umgebung zurückgreift und diese in nützliches Baumaterial umwandelt. Es zerstört beziehungsweise belastet seine Umwelt in keiner Weise. Diese Lebenseinstellung beruht auf Tradition und Wissen, dass den Nomaden über Generationen hinweg weiter gegeben wurde. Durch saisonale Wanderungen mit ihren Herden, wird der Weidebestand nachhaltig kontrolliert (Chocian, 2017).

"It is a brilliant illustration of the economic use of limited resources and invention forced by the conditions of life..." (Prussin et al., 1997:170)

Das Fällen eines gesunden Baumes ist vor allem für die ältere Generation der Afar Hirten ein absolutes Tabu. Lediglich lose Äste und Zweige, die unter den Bäumen liegen, werden für den Bau von Tiergehegen verwendet. Bäume sind Teil der verletzlichen Umwelt und aus diesen Grund darf man nur tote Bäume fällen. Die meisten traditionellen Nomaden sammeln lediglich Brennholz für Kochzwecke und fällen nur den invasiven Woyane-Baum, der schon zur Plage in der Afar Region wurde (Interview Valerie Browning 2011 nach Chocian, 2017). Dieser Baum wurde vor etwa 40 Jahren eingeführt und nimmt anderen Pflanzen das Wasser weg. Er verbreitet sich wie Unkraut. Ihn zu fällen wird geradezu von den traditionellen Hirten befürwortet. In Woyane Wäldern verirren sich nicht selten Kinder und sterben durch diese stacheligen strauchartigen Bäume (informelles Interview Afar Lehrer, Oktober 2016).

"...They [Afar] are conservers of the forest ... when they see a highland house, they cry. They don't think it's a good idea. When the whole stem, a trunk of a tree is taken, they cry ... they say that the soul of the land has gone".
(Interview Valerie Browning, 2011 nach Chocian 2017)



Abbildung 2-3 Woyane in der Umgebung Logiyas

Das Afar Volk respektiert die Natur und deren Verletzlichkeit, jedoch ist ein Wandel dieses Verständnisses spürbar. Vor allem die jüngere Generation ist ihrer Verantwortung gegenüber der nachkommenden Generationen weniger bewusst. Diese Werte verblassen schleichend. Abgeholzte Bäume oder Konzessionen für die Rodung werden an Ausländer verkauft. Einige Afar Bewohner in Logiya gaben zu, aus den Wäldern ihres Clans, Holz zu verkaufen (Interview mit einem Holzverkäufer 2012 nach Chocian, 2017).

2.2 Überlebensstrategie und pastorale Fähigkeit

Das Wohlergehen der Tiere hat in den Nomadengesellschaften einen hohen Stellenwert. Ohne ihre Tiere können sie nicht überleben. Die ungünstigen klimatischen Bedingungen und unfruchtbare Böden in der Wüste und Halbwüste erschweren den Zugang zu Futter für die Tiere. Daher ist ihre einzige Option, auf der Suche nach Wasser und fruchtbaren Weidelandschaften zu sein (Oliver, 2003).

Die pastorale Fähigkeit ist in Zeiten der Dürre äußerst wichtig, da entsprechende Handlungsstrategien sofort umgesetzt werden müssen. Die schrumpfenden Weideflächen erfordern eine sorgfältige Planung und Entscheidungen über die Aufspaltung der Herde, sowie die Verteilung der verschiedenen Aufgaben innerhalb der Clanmitglieder (Chocian, 2017). Die Größe und das Wohlergehen der Herde sind maßgeblich für den Wohlstand eines Clans. Wirtschaftlich unabhängige Clans sind in den Tiefen der ländlichen Gebiete zu finden. Sie haben große Herden mit verschiedenen Tieren unterschiedlichen Alters, sodass im Fall von Krankheit oder erschwerten Futterbedingungen nicht die gesamte Herde auf einmal verloren geht. Die schwächeren und kleineren Nomadenfamilien sind eher in der unmittelbaren Umgebung der Städte angesiedelt (Brocklesby et al., 2009).

Die Größe und Zusammensetzung der Viehherde variiert nach Clangröße, Region und verfügbaren Ressourcen, wie Wasser und Futter (Getachew, 2001). Es gibt Tiere, die weniger Ansprüche an Weideland haben als andere. Ziegen und Schafe sind generell anspruchsloser als Kamele, Rinder und Esel. Vor allem das Rindvieh kann nur in Gebieten überleben, die an das Hochland grenzen beziehungsweise an dauerhaft wasserführenden Flussbecken liegen. Kamele und Rinder sind sehr wertvoll, besonders die weiblichen Tiere. Generell werden weibliche Tiere auf lokalen Märkten zu höheren Preisen verkauft als die männlichen (Interview Mr. Mohamed, 2012 nach Chocian, 2017).

2.3 Gesellschafts- und Siedlungsstrukturen der Afar Hirten

2.3.1 Der Clan (kedo) und seine Herden

Die politische Struktur der Afar Hirten ist in Stämme (clans) aufgeteilt. Entscheidungen bezüglich der Weidelandnutzung und Ressourcenverwaltung werden vom Clanführer (kedo abbas) und dem Clan-Ältesten (idalto) getroffen. Die Clanführer vertreten die Interessen aller Clanmitglieder und sind das Bindeglied zwischen ihrem Volk und der Zentralregierung (Eigner, 2014).

Die Reproduktion und Verteilung der Tiere, sowie deren Überwachung, liegt in der Verantwortung der ganzen Familie. Die Kernfamilie (burra) und die Großfamilie (dahla), sind gleichermaßen für das Wohlergehen der Tiere verantwortlich (Getachew, 2001). Da in der Nähe der Wohnunterkunft nicht immer genügend Futter für den gesamten Viehbestand vorhanden ist, werden die Tiere aufgeteilt. Auch die Siedlungen werden oftmals in permanente und vorübergehende Wohnstätten getrennt (Chocian, 2017).

Die dauerhafte Besiedlungsherde (homa) enthält hauptsächlich kleine Tiere und Milchkühe, die auf weiter entfernten Weidegebieten nicht überleben würden. Sie sind in der Nähe von permanenten Wasserquellen anzutreffen. Die Compounds (Siedlungsanlage) bestehen aus Wohnstätten und eingezäunten Gehegen für den Viehbestand. Jungtiere, alle milchgebenden und trächtigen Tiere werden innerhalb des Compounds untergebracht, während der Rest in der Nähe des Geländes weidet. In permanenten Siedlungen leben Frauen mit ihren kleinen Kindern und ältere Menschen beider Geschlechter (Getachew, 2001). Das mobile Lager (magida), in dem die sogenannte Trockenherde untergebracht ist, zieht zu abgelegenen Weidegebieten, die sich vorzugsweise auf dem eigenen Clanland befinden. Zwischen der dauerhaften und mobilen Herde können mehrere Stunden bis zu zwei Tage Wegzeit liegen. In der Nacht werden provisorische Lager errichtet, die Tiere eingezäunt und von Männern und Jungen bewacht (Chocian, 2017). Die Herde wird in Gruppen von Kamelen, Rindern, kleineren Ziegen und Schafen unterteilt, um sie leichter hüten zu können. Auch die Herdenaktivitäten werden auf die Männer und Jungen verteilt (Getachew, 2001). Die Trennung der Tiere in verschiedene Lager minimiert die Risiken von Tierkrankheiten, Verlust aller Tiere bei rarer Futtersuche oder bei Überfällen benachbarter Stämme. Auf diese Weise kann die Herde besser kontrolliert werden (Chocian, 2017).

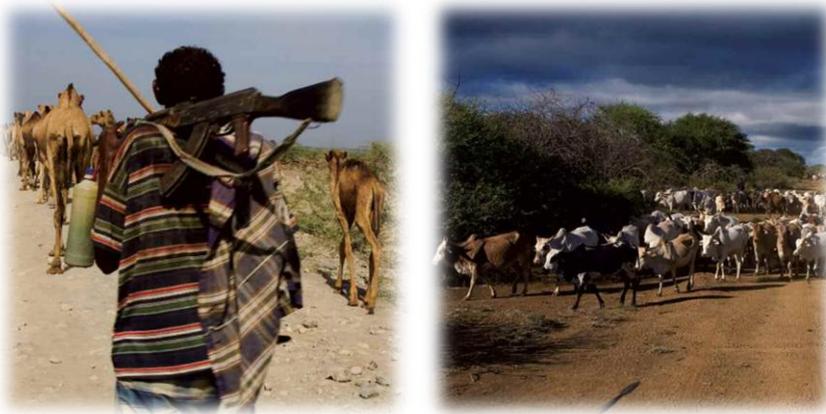


Abbildung 2-4 Trockenherde - magida (www.pastoralists.org/...)



Abbildung 2-5 Clanführer - kedo abbas (www.pastoralists.org/...)

Nicht nur die Herden werden unterteilt, auch die Siedlungen wandern nach den zwei Hauptsaisonperioden, der Trockenperiode (giilal) von Oktober/November bis Ende Jänner/Februar und der Regenperiode (karma) von Juli bis August/September. Während dieser unterschiedlichen Klimazeiten wechseln die Afar Hirten ihren Wohnsitz mit ihrer gesamten Herde zu den Trockenweiden von Kalo beziehungsweise zu den Regenweiden von Duka'a oder Alta (Chocian, 2017). Während den Migrationsperioden folgen die Nomaden bestimmten Routen. Meist liegen diese im eigenen Clanland oder im Land der Nachbar- oder Partnerclans (Getachew, 2001).

Die Clan Struktur ist so ausgerichtet, dass sie einen Zyklus des gegenseitigen Gebens und Nehmens suggeriert. Es wird als Einheit agiert, die sich zwischen Burra (engere Familie) und Dahla (erweiterte Familie) bis zur Kooperation mit benachbarten Stämmen bewegt. Die natürlichen Ressourcen werden so verwaltet, dass sie auch in Zukunft verfügbar sind. Menschliche und soziale Werte, der Einklang mit der Natur, sowie das Streben nach dem Wohlbefinden der Tiere macht diese autarke Siedlungsstruktur einzigartig.

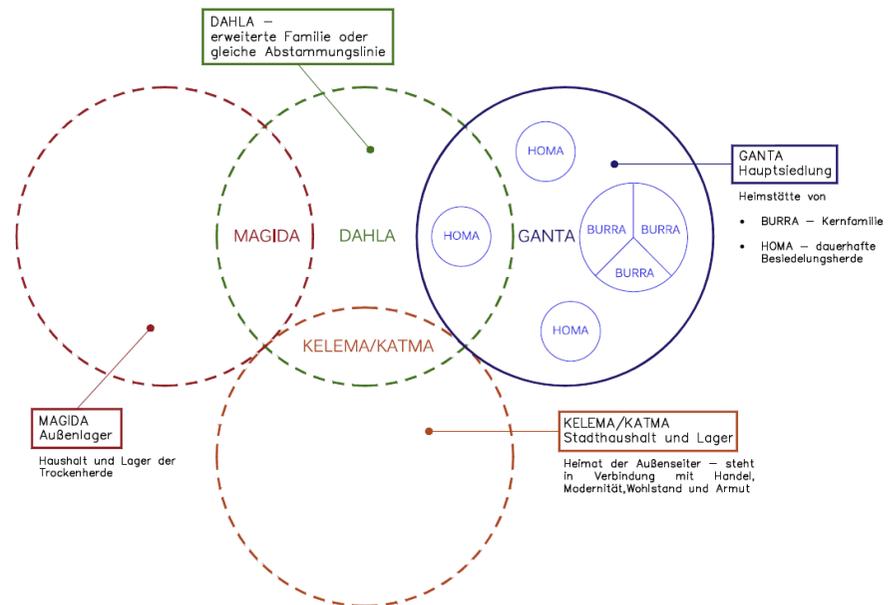


Abbildung 2-6 Clanstruktur (nach Getachew, 2001:21)

Burra - die Kernfamilie

Im Rahmen der **traditionellen Ehe (absuma)** wird eine Burra von einem frisch verheiratetem Paar ohne Kinder gegründet (Interview Mr. Mohammed, 2012 nach Chocian, 2017). Auch verheiratete Paare mit ihren halbwüchsigen Kindern (Interview Mrs. Moomina, 2012 nach Chocian, 2017) oder verwitwete Frauen, deren Kinder bereits verheiratet sind, bilden eine Burra. Im physischen Sinn besteht eine Burra aus einem einzigem Gehöft einer Kernfamilie mit ihren Tiergehegen in verschiedener Größen (Getachew, 2001).

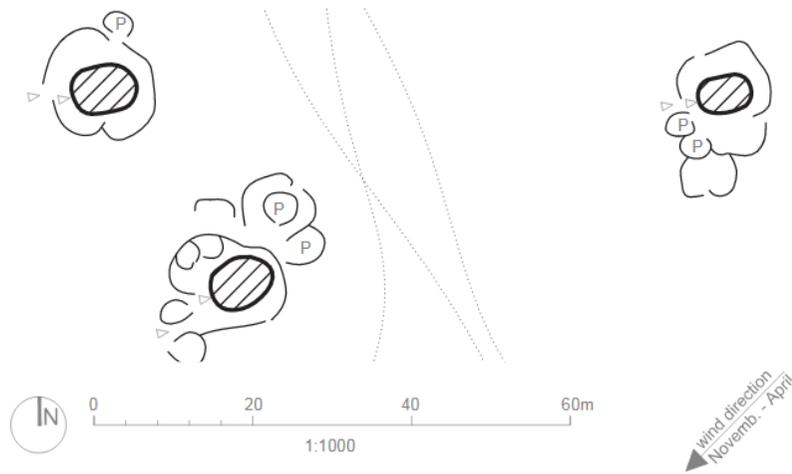


Abbildung 2-7 einzelne Burra eingezäunt und Pferche für die Tiere (Chocian, 2017)



Abbildung 2-8 einzelne Burra mit Pferche für Tiere (Chocian, 2017)

Dahla - die Großfamilie

Wenn mindestens zwei eng verwandte Kernfamilien in einem Compound leben oder in separaten Compounds, die aber noch eng genug beieinander liegen, um im Alltag miteinander kooperieren zu können, spricht man von einer Dahla (Getachew, 2001).

LEGENDE: P...pen (Pferch für die Tiere), B...barra (milchgebende Kühe), Ov...bread oven (Erdofen mit einer Grube für Kohle zum Brot backen), S...storage (Lager), W... washing spot (Waschstelle), T...pit toilet (Plumpsklo)

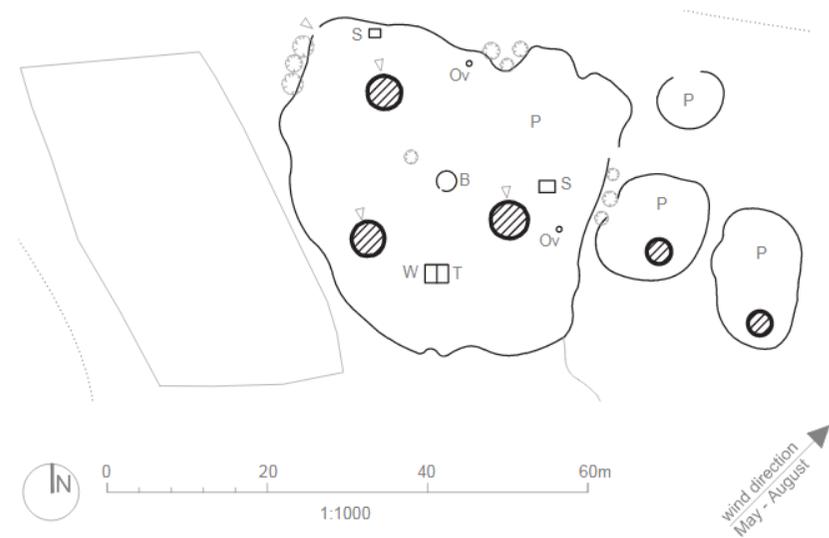


Abbildung 2-9 Dahla und einzelne Burras (Chocian, 2017)



Abbildung 2-10 Ganta mit Burras und Dahlas (Chocian, 2017)

2.3.2 Traditionelle Eheschließung und Rollenverteilung

Compounds der Großfamilie (dahla) können zwei bis über zwanzig Burra Einheiten umfassen und drei bis vier Generationen von Bewohnern beherbergen. Alle Männer des Compounds haben einen gemeinsamen, älteren männlichen Vorfahren. Sämtliche Männer und Kinder gehören der gleichen Siedlung (ganta) an, wiederum sind alle verheirateten Frauen Töchter anderer Gantas (Getachew, 2001). In der Praxis zieht das Ehepaar, kurz nach der Heirat oder der Geburt des ersten Kindes, in die Siedlung der Eltern des Ehemannes. Je mehr männliche Nachkommen es gibt, desto größer werden die Siedlungen (Interview Mr. Dewud, 2012 nach Chocian, 2017). In der Afar Region ist die Polygynie gebräuchlich und so kann ein Mann mehrere Ehefrauen in einer Dahla haben (Getachew, 2001). Verwandtschaftsgrad, Institution der traditionellen Ehe und Zugehörigkeit zu einem bestimmten Gebiet bestimmen die Etablierung der Siedlungen.

Heirat (absuma)

Die traditionelle Absuma-Ehe ist die gebräuchlichste Eheschließung innerhalb der Nomadenstämme der Afar Region. Es wird in eine verbundene Abstammungslinie eines Clans oder zweier Clans eingeheiratet (Interview Mr. Tibo, 2012 nach Chocian, 2017). Eine Frau heiratet ihren Cousin mütterlicherseits und ein Mann die Tochter seiner Tante väterlicherseits. Diese arrangierten Ehen sind vor allem in den ländlichen Gebieten der Afar Region sehr geläufig. Wenn man aus Liebe heiraten möchte, muss der Mann seinen Vater informieren. Der Vater oder Onkel bittet die Familie der Frau um Erlaubnis. Heirat aus Liebe ist eher bei höherer Bildung zu finden (www.barefootinitiative.org/...).

Bei der traditionellen Ehe wird das Vieh auf die Familie des Bräutigams übertragen und eine Mitgift an die Familie der Braut, in Form von Kleidung, Lebensmittel für die Hochzeitszeremonie und Konsumgüter, bezahlt. Nahe mütterliche und väterliche Verwandten des Bräutigams, sowie enge Freunde übernehmen die meisten Hochzeitsausgaben. Dadurch besitzt der Haushaltsvorstand das gesamte Familienvermögen, zu dem auch die laktierenden Tiere der Braut zählen. Den Frauen gehört die Wohnunterkunft, sowie deren Einrichtungsgegenstände und ein kleines Vorratslager. Der Familie der Braut wird kein Vieh übertragen. Durch diese Art der Eheschließung verbleiben die gesamten Besitztümer innerhalb einer Clanfamilie (Getachew, 2001).



Abbildung 2-11 (von links nach rechts): Bräutigam und Braut mit ihrer Mutter am Hochzeitstag (www.barefootinitiative.org/...)

Rollenverteilung

Respekt vor menschlichen Werten, Religion, Tradition, dem hohen Alter und sozialen Hierarchien sind für die Afar von großer Bedeutung. Frauen und Männer leisten getrennt voneinander ihre täglichen Aufgaben. Diese Verteilung beruht auf ein stilles Übereinkommen beider Geschlechter. Die getrennten Zuständigkeiten ergeben sich aus praktischen Gründen und nicht durch strenge Vorschriften oder Religion. Auch das Alter spielt bei der Aufgabenverteilung eine große Rolle. Es ist ein Prozess, der von der unproduktiven frühen Kindheit zum produktiven Jugend- und Erwachsenenalter bis zur Unproduktivität im hohen Alter von statten geht. Im höheren Alter steigen wiederum Mitspracherecht bei der Entscheidungsfindung und der Rang innerhalb der Gemeinschaft (Chocian, 2017).

Frauen sind für die haushaltsbezogenen Aufgaben verantwortlich. Männer passen auf die Herde auf, wandern zu Märkten, um Tiere zu verkaufen oder Waren zu beschaffen oder nehmen manchmal auch Gelegenheitsjobs in den Städten an (Browning et al., 2008). Des Weiteren besuchen sie Verwandte in anderen Compounds, um Informationen über die örtlichen Gegebenheiten und Weidebedingungen auszutauschen (Chocian, 2017). Zu den zahlreichen Aufgaben der Frauen gehören Kochen, Brot backen, Wasser holen, Wäsche waschen, sich um die Kinder und das laktierende Vieh kümmern, Feuerholz sammeln, Milch zu Butter verarbeiten, Getreide mahlen, Aufstellen der Wohnunterkunft, sowie die Pflege und Reinigung dieser und die

Herstellung von Möbeln und Utensilien für den täglichen Gebrauch. Kinder werden ermutigt in die Schule zu gehen, jedoch helfen sie meist bei den alltäglichen Aufgaben und passen auf die Jungtiere auf (Browning et al., 2008). Es ist nicht immer einfach öffentliche Schulen zu finden. Darüber hinaus ist das informelle Bildungssystem lokaler NGO's noch nicht in allen, vor allem in den abgelegenen, Gegenden eingeführt worden. Unter schwierigeren Lebensbedingungen werden oft nur einige Kinder in die Schule geschickt. Das älteste, meist weibliche Kind bleibt zu Hause und hilft im Haushalt (Interview Mr. Dewud, 2012 nach Chocian, 2017). Die APDA, eine lokale NGO in der Afar Region, hat ein Bildungsprogramm von mobilen Schulklassen für die Nomaden entwickelt. Die von ihnen ausgebildeten Lehrer ziehen mit den Nomadenstämmen mit. Kinder und Erwachsene werden an dem Ort unterrichtet, an dem sie sich gerade befinden ([www.sonne-international.org/...](http://www.sonne-international.org/)).



Abbildung 2-12 mobile Schulklassen ([www.sonne-international.org/...](http://www.sonne-international.org/))

Nicht nur die Aufgabenverteilung wird getrennt abgehalten, sondern auch die Mahlzeiten, das Beten und soziale Treffen (Getachew, 2001). Die getrennte Nutzung gemeinsamer Räume ist optisch nicht ersichtlich. Es gibt unausgesprochene Verhaltensregeln, an die sich beide Geschlechter halten. Es ist nicht üblich, dass sich Männer und Frauen gleichzeitig in einem Gemeinschaftsraum aufhalten. Aus diesem Grund steht oft ein zusätzlicher Raum im Außenbereich zur Verfügung. Wenn der Mann männlichen Besuch empfängt oder die Frau sich nach der Geburt eines Kindes erholen muss, wird darauf Rücksicht genommen. In einigen Gebieten werden größere Wohnunterkünfte gebaut und einzelne Bereiche durch Vorhänge oder Wände getrennt. Manchmal sind zusätzliche Gästehäuser errichtet, die für den Besuch von Familienmitgliedern gedacht sind. Für den täglichen Gebrauch werden diese als "Wohnzimmer" von der gesamten Familie und ihren Besuchern genutzt (Chocian, 2017).

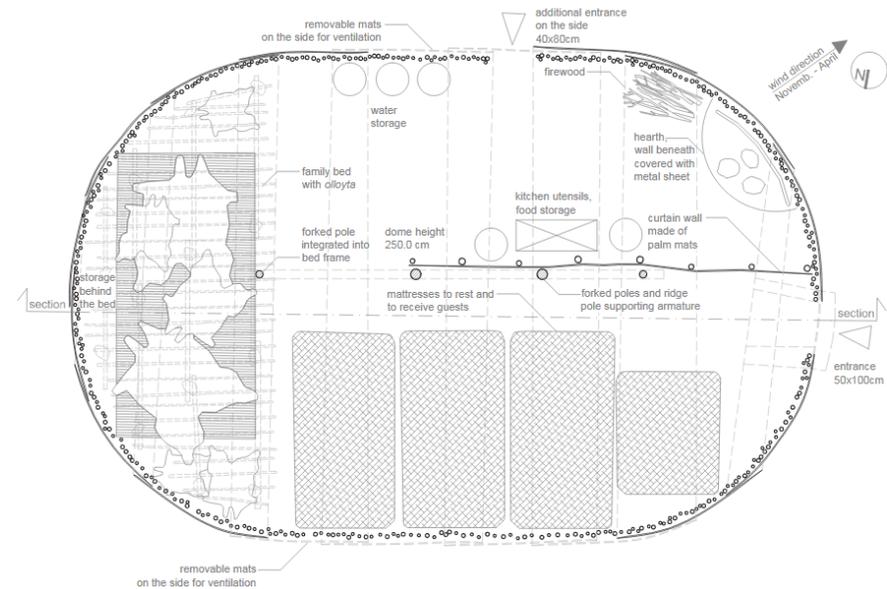


Abbildung 2-13 Langgestreckte Wohnunterkunft mit Palmenmatten bedeckt (Chocian, 2017)

2.4 Umgang mit pflanzlichen und mineralischen vorhandenen Ressourcen

In der Afar Region, die großteils aus Wüsten- und Halbwüstengebieten besteht, sind vor allem zwei potenzielle Holzquellen aus der Akazien- und Palmenfamilie von großer Bedeutung. Sie werden für verschiedenste Zwecke eingesetzt. Besonders die Äste und langen flexiblen Wurzeln der Akazienfamilie eignen sich als Bauholz für die Menschen dieser Region. Viele Produkte der Akazienbäume dienen den Nomaden als Brennholz zum Kochen der Mahlzeiten, Futter für die Tiere und finden auch Anwendung in der traditionellen Medizin (Prussin et al., 1997). Die Fasern der Baumrinde verarbeiten die Hirten zu Seilen für die Befestigung der Zelte. Dickere Holzquerschnitte dienen als Konstruktionsholz für das Zeltgerüst, traditionelle Betten (Bettgestell und Lattenrost) und Kamel- oder Eselsättel. Zweige und Dornen werden für Zäune und Tierställe verwendet. Dünnere Zweige werden zu Körben und anderen Haushaltsgeräten geflochten (Interview Valerie Browning, 2012 nach Chocian, 2017). Palmen sind seltener zu finden, aber für die Afar Hirten sehr wertvoll. Aus ihren langen, dünnen, faserigen Blättern werden die Abdeckungen ihrer mobilen Zelte gewebt (Chocian, 2017). Andere Baumarten, die vor allem in Flussgebieten vorkommen, sind für die Nomaden weniger von Nutzen, da diese mit Werkzeugen bearbeitet werden müssen. Nur lose Äste werden zum Bau für die Tiergehege verwendet (Prussin et al., 1997).

Viele Gebiete der Afar Region sind mit alten Lavaablagerungen, großen Salzflächen, verwittertem Gestein, Sand, Kies und flachen Vulkansteinen bedeckt (Chocian, 2017). Die Nomaden haben nicht die geeigneten Werkzeuge, um die mineralischen Ressourcen zu bearbeiten. Sie nutzen lediglich herum liegende große Steine und stapeln sie zu Wänden um ihre Tiere einzuzäunen. Manchmal schichten sie die Steine zu kleinen Kragkuppeln, die Schutz vor wilden Tieren bieten (Interview Mr. Youssef, 2012 nach Chocian, 2017). Steine werden auch anderweitig eingesetzt. Sie formieren eine Feuerstelle oder fungieren als stabilisierende Wände im Boden für den Brotfen. Steine dienen zur Bewehrung der Zeltmatten, damit sie bei starkem Wind nicht weg fliegen können. Es werden ebenfalls Gräber und Wasserbrunnen damit gebaut. Entlang der Überschwemmungsgebiete findet man Ablagerungen aus Sand und Lehm, die für Bauzwecke gut geeignet sind. Für die Nomaden sind diese auf ihre mobilen Unterkünfte nicht anwendbar. Sie kennen die Herstellungstechniken von Tonwaren. Geflochtene Körbe sind jedoch für die Wanderschaft viel leichter und praktischer (Interview Mr. Tibo, 2012 nach Chocian, 2017).



Abbildung 2-14 Akazienbüsche (Chocian, 2017)



Abbildung 2-15 (von links nach rechts): Afar Frauen und temporäre Umzäunung (Eigner, 2014)



Abbildung 2-16 Afar Hirten auf Wanderschaft (Schönher, 2015)

2.5 Traditionelle Bau- und Lebensformen

2.5.1 traditionelles Nomadenzelt (daboyta)

Die Wohnunterkunft der Afar ist die Daboyta, ein mobiles Kreuzbogenzelt, welches sich schnell auf- und abbauen lässt. Im abgebauten Zustand wird sie lediglich von zwei Kamelen getragen. In Daboytas wird geschlafen, gekocht und es werden Gäste empfangen. Die Konstruktion variiert in der Größe und ist abhängig von den vorhandenen lokalen Ressourcen. Das Tragwerk besteht aus Zweigen und wird mit Lederstreifen, Textilstücken, gewebten Palmematten oder anderen Pflanzenfasern bedeckt. In manchen Regionen wird nicht nur ein Kuppelzelt zum Wohnen errichtet, sondern zwei Einheiten nebeneinander gebaut, die mit einem Durchgang verbunden sind. Auch langgestreckte Kuppelzelte sind in einigen Teilen des Landes anzutreffen (Schönher, 2015).

Die äußere Gebäudehülle der Daboytas besteht aus mehreren Schichten leicht durchlässiger Materialien. Durch die vielen Schichten können sie den starken Temperaturschwankungen standhalten. Sie schützen vor extremer Hitze am Tag und kühleren Temperaturen in der Nacht. Die dicht gewebten Palmematten spenden den Bewohnern Schatten. Ihre relativ gute Dämmeigenschaft reicht dafür aus, dass die Menschen eine angenehme Temperatur im Innenraum empfinden. Die Mattenelemente sind leicht zu öffnen und sorgen auf diese Weise für eine ausreichende Luftzirkulation. Bei extremen Sandstürmen werden sie geschlossen (Mrs. Moomina, 2012 nach Chocian 2017). Die Größe eines Nomadenzelts ist an die örtlichen Windbedingungen angepasst. In Regionen, wo starke Winde und Sandstürme vorherrschen, sind die Zelte niedriger gebaut. Auch die kuppelige Form der Daboytas ist auf klimatische Bedingungen zurückzuführen. Diese Form kann den aerodynamischen Kräften besser standhalten. Die elastischen Wurzeln der Akazienbäume gleichen die wechselnden Windlasten aus. Die Öffnungen sind immer an der windabgewandten Seite platziert, damit weder kalter noch heißer Wind in den Innenraum gelangen kann. (Chocian, 2017).

Nomadensiedlungen sind kreisförmig angelegt. Die natürliche runde Form der Siedlungsstruktur wird zu Beginn der Einrichtung am Grundstück festgelegt. Ein neuer Platz wird gefunden, Frauen bauen ihre Zelte auf und Männer legen Pferche für die wertvollsten Tiere an. Erst wenn die wichtigsten Funktionen sichergestellt sind, wird das Hauptgehege angelegt (Interview Valerie Browning, 2012 nach Chocian 2017).



Abbildung 2-17 Nomaden auf Wanderschaft (Eigner, 2014)



Abbildung 2-18 (von links nach rechts) Daboyta mit geöffneten Matten für die Luftzirkulation und gewebte Deckung aus Palmematten (Chocian, 2017)



Abbildung 2-19 Nomadensiedlung (Eigner, 2014)

Funktionen sind nicht an Räume angepasst, sondern der Raum entwickelt sich erst nach Anlegen der Funktionen (Chocian, 2017). Durch die organische Struktur kann die Siedlung in allen Richtungen erweitert werden und sich den aktuellen Bedürfnissen der Bewohner anpassen.

Durch die Wärmestrahlung der Erdoberfläche von Wüstenlandschaften ist es beinahe unmöglich, sich während der Mittagshitze in der Sonne aufzuhalten. Sowohl Mensch auch als Tier sucht zu dieser Zeit schattenspendende Elemente auf. Morgens und abends, wenn Zelte und Zäune an der Ost- beziehungsweise Westseite tiefe Schatten werfen, können die Haushaltstätigkeiten im Freien durchgeführt werden. Manchmal werden Bäume und einzelne Sträucher zur Erweiterung der Lebensräume genutzt und als Schattendach für die Gemeinschaft verwendet. (Prussin et al., 1997). Wenn es in der Früh zu kalt ist, verrichten die Bewohner ihre morgendlichen Aufgaben in der Sonne oder im Inneren der Zelte, wo sie eine kleine Feuerstelle wärmt (Chocian, 2017). Natürliche Formen, wie Räume unter Bäumen und Büschen, natürliche Flachbrunnen und Gesteinsformationen werden in eine nomadische Siedlung integriert (Oliver, 2003).

2.5.2 Exkurs: Abweichungen der traditionellen Daboyta

An der Ostgrenze der Afar Region leben beide Stämme der Afar und Issa hauptsächlich von der Weidewirtschaft. Sie sind sehr mobil und wechseln dadurch des Öfteren ihren Wohnsitz. Im Nordosten der Afar Region passen sich die Nomaden an die karge Landschaft an. Wo hingegen in den Gebieten des Middle-Awash die Afar Hirten sesshafter werden und größere Wohneinheiten bilden (vgl. Abbildung 2-21). Es entstehen, im Gegensatz zum Nordosten der Region, langgestreckte Gebäudestrukturen, die von der traditionellen Daboyta abweichen. Ihre Wohnunterkunft wird mit Schilfmatten bedeckt, die auf lokalen Märkten gekauft werden (Interview Mr. Tibo nach Chocian, 2017). Seit der Hungersnot von 1980, als die Afar Hirten gemeinsam mit den Bewohnern der Amhara und Tigray Region ohne staatliche Unterstützung um ihr Überleben kämpfen mussten, hat sich die traditionelle Lebensweise der Afar Hirten verändert. Viele Nomaden zogen ins westliche Hochland, da sie ihr Vieh nicht mehr erhalten konnten. Sie ließen sich an der Grenze nieder, in der Hoffnung dort bessere Lebensbedingungen zu finden. Dadurch passten sie sich an lokale Typologien an, da die traditionellen Baumaterialien nur im Osten erhältlich waren (Interview Valerie Browning, 2012, nach Chocian, 2017).

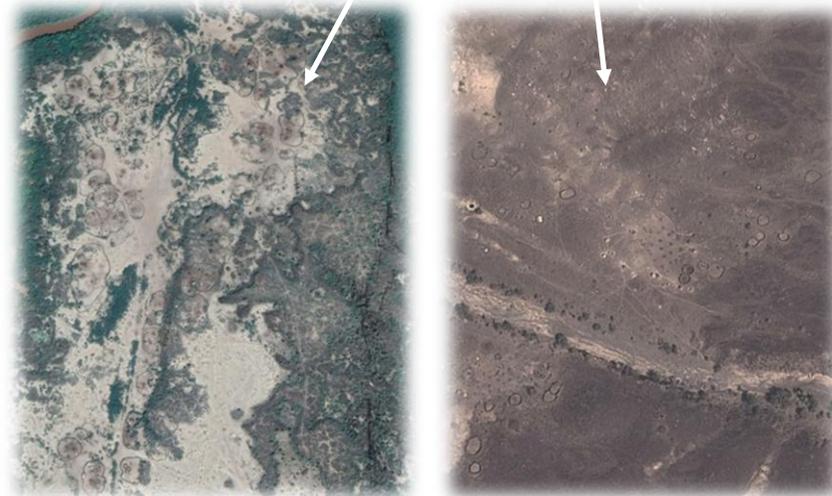


Abbildung 2-20 oben: Verortung der Afar Region (Google Earth, 2015)

Abbildung 2-21 unten: (von links nach rechts) Nomadensiedlung im Middle-Awash (Google Earth, 2018) und teils verlassene Siedlungseinheiten an der Ostgrenze (Google Earth, 2014)

2.5.3 Aufbau und Funktionen der Daboyta

In Gebieten, wo Nomaden sesshafter werden, sind zwei bis drei Daboytas miteinander verbunden. Man unterscheidet zwischen permanenten Daboytas mit einer Schilfüberdeckung und mobilen Daboytas mit einer traditionellen Deckung aus Palmenmatten. Die permanente Daboyta fungiert als sogenanntes "Gästehaus" oder als Schlafplatz für den Mann. Die mobile Daboyta wird von den Frauen und Kindern genutzt. Manchmal sind beide Einheiten durch eine kleinere Daboyta miteinander verbunden. Dieses Bindeglied der zwei Wohneinheiten wird zum Eingang und Lagerraum von Vorräten (Schönher, 2015). Abhängig vom Wohlstand einer Familie kann eine Daboyta bis zu zehn Personen beherbergen. Dies ist der Fall, wenn Eltern viele Kinder haben oder ein frisch verheiratetes Paar vorübergehend - bis eine eigene Burra gegründet wird - mit der Mutter der Braut und den Geschwistern das Zelt teilt (Interview Mrs. Zahara und Mr. Mohammed, 2012 nach Chocian, 2017). Somit hängt die Größe und Anzahl der Zelte davon ab, wie groß und wohlhabend die Familie ist.

Das Traggerüst der Daboyta besteht aus gebogenen Zweigen. Eine Reihe wird in einer Linie in den Boden gesteckt und eine zweite Reihe um 90 Grad gedreht. Es entsteht eine Art Netz, welches in sich stabil ist. In manchen Gebieten wird die Grundstruktur durch zusätzliche gebogene Zweige am Rand unterstützt (Schönher, 2015).

Zum Teil besitzen Daboytas am Boden ein **kleines Fenster (loita)**. Es kann mit diversen verfügbaren Materialien, wie einem Stück Holz, großen Steinen oder Matten geschlossen werden. Im Innenraum der Daboyta befindet sich eine Feuerstelle. Diese liegt am Rand der Wände des kuppelförmigen Zeltes. Meist ist sie in der Nähe einer Öffnung zu finden, damit der Rauch besser abziehen kann. Generell gibt es keinen konstruktiven Rauchabzug. Um die Zeltkonstruktion vor Feuer zu schützen, wird dieser Wandteil mit einem großen Stein, einem Stück Metall oder Lehm bedeckt. Während gekocht wird, ist die Luftqualität im Inneren der Daboytas sehr schlecht und gefährdet die Gesundheit der sich darin aufhaltenden Menschen. Auf der anderen Seite hilft der durch das Feuer entstandene Ruß Schädlinge fernzuhalten. Das traditionelle Bett der Afar Hirten besteht aus einer Holzrahmenkonstruktion, die auf Holzpfosten oder Steinen befestigt ist. Auf ihr liegt der **traditionelle Lattenrost (aloita)**. Die Aloita wird von den Frauen aus dünnen Holzzweigen, die mit Tierhautfäden zusammengenäht sind, hergestellt. Das traditionelle Bett verweilt immer im Zelt. Es bringt Unglück das Bett nach außen zu tragen (Interview Valerie Browning, 2011 nach Schönher, 2015).



Abbildung 2-22 (von links nach rechts) Traggerüst der Daboyta (Schönher, 2015) und permanente Daboyta mit Schilfdeckung (Chocian, 2017)



Abbildung 2-23 Permanente Daboyta; mobile Daboyta (Chocian, 2017)



Abbildung 2-24 Mobile Daboyta; Eingang; permanente Daboyta (Schönher, 2015)

In der Nähe der Siedlung wird ein Brotbackofen (gaambo) angelegt, eine Grube im Boden, die mit flachen Steinen ausgelegt wird. Auf den erhitzten Oberflächen der Steine wird das Brot gebacken. Er liegt außerhalb des Compounds, um die Daboytas und Tiergehege zu schützen, falls ein Feuer ausbricht. Jede Burra hat einen Gaambo für sich. Manchmal wird er auch unter mehreren Familien geteilt und möglichst in der Nähe von Büschen errichtet, die für einen natürlichen Windschutz sorgen (Interview Ali Adayto, 2011 und Mrs. Moomina, 2012 nach Chocian, 2017).

Anwendung von Lehm

An Flussbetten in den Überschwemmungsgebieten der Afar Region sind zahlreiche Sand- und Tonablagerungen zu finden. Der Lehm wird bei den Nomaden nicht für Bauzwecke eingesetzt. Er findet seine Verwendung bei der Errichtung von Tongruben. Solche Gruben werden zum Räuchern des Körpers und von Kleidungsstücken verwendet. Da das Wasser primär zum Trinken und Tränken der Tiere gedacht ist, wurde eine intelligente Alternative gefunden den Körper zu reinigen. Die traditionelle Rauchdusche (bodo) in der Afar Sprache oder ch's in der amharischen Sprache ist eine Art Räucherofen, den Frauen für hygienische Zwecke nutzen (Chocian, 2017). Um die Intimität zu wahren, liegt dieser hinter der Wohnunterkunft in der Nähe der Tiergehege, die vor neugierigen Blicken und Wind schützen (Interview Mr. Tibo und Mrs. Moomina, 2012 nach Chocian, 2017). Für das Bodo wird ein 50 cm tiefes Loch mit einem Durchmesser von 30 bis 40 cm in den Boden gegraben und mit Lehm verputzt. Nachdem das erste Feuer in der Tongrube entzündet wurde, werden die Wände stabilisiert und die Rauchdusche kann sofort benutzt werden. Manchmal wird um das Bodo ein kleiner Tonsitz gebaut, damit es Frauen bei der täglichen Körperhygiene komfortabler haben. Abends suchen Frauen die Rauchdusche zur Entspannung auf. Der gesamte Körper wird mit einem Tuch bedeckt, damit der Rauch nicht in die Atemwege gelangt (Interview Mr. Tibo und Mrs. Moomina, 2012 nach Chocian, 2017). Des Weiteren schützt die Rauchdusche vor Mückenstichen und beugt zu einem gewissen Grad der Ansteckung von Malaria vor. Malaria ist, neben Cholera, eine der tödlichsten Krankheiten der Afar Region (Browning et al., 2008). Auch frisch gewaschene Wäsche wird über dem Bodo getrocknet und ausgeräuchert. Dies hält Insekten fern und der Kleidung wird ein angenehmer Duft verliehen. Man legt ein kuppelförmiges Holzgeflecht, ähnlich wie das Traggerüst der Daboyta, über die mit Weihrauch und Kohle gefüllte Grube. (Interview Mr. Sale, Mrs. Barka, Mrs. Moomina und Mr. Tibo, 2012 nach Chocian, 2017).



Abbildung 2-25 traditionelles Bett mit Aloita (Chocian, 2017)



Abbildung 2-26 (von links nach rechts): Bodo und Gaambo (Chocian, 2017)



Abbildung 2-27 (von links nach rechts): Gerüst zum Räuchern der Kleidung und Kleidung wird darüber geräuchert (Chocian, 2017)



Abbildung 2-28 (von links nach rechts): Schlafbereich und Feuerstelle in Daboyta (Eigner, 2014)



Abbildung 2-29 (von links nach rechts): Nackenstütze aus Holz und geflochtene Gebrauchsutensilien (Chocian, 2017)

Kunsth Handwerk

Wenn den Frauen nach einem harten Arbeitstag etwas Zeit übrig bleibt, nutzen sie die Gelegenheit und fertigen dekorative Matten oder andere Haushaltsutensilien für die Daboyta an. Manchmal werden auch geflochtene Körbe mit Riemen verziert. Oft werden diese Tätigkeiten gemeinsam mit anderen Bewohnerinnen, während tägliche Angelegenheiten besprochen werden, durchgeführt (Interview Mrs. Zahara, 2012 nach Chocian, 2017). Viele Männer benutzen traditionelle Kopfstützen aus Holz, um ihren Nacken zu entspannen und damit ihr Haar im Schlaf nicht verlegt wird. Im Allgemeinen schlafen Afar Hirten ohne Kissen und Matratzen auf dem flachen mit Tierfellen bedeckten Bett (Interview Valerie Browning, 2011 nach Chocian, 2017). Im Nomadentum der Afar Region hat Kunsthandwerk einen niedrigen Stellenwert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es vorrangig ist, das Überleben der Familie und der Tiere zu gewährleisten.

2.6 politische Konflikte der Region und deren Auswirkungen auf das Nomadentum

Der Zugang zu Weideland ist eine der wichtigsten und zugleich kritischsten Bedingungen für das Überleben der Afar Hirten. Weideland wurde in den letzten Jahren nach Wasser die zweite meist gefährdete Ressource. Der Rückgang von wertvollen Weideflächen führt immer wieder zu Konflikten, vor allem im Middle-Awash und Lower-Awash wo intensiver Ackerbau zum Zweck einer modernen Wirtschaft immer größer wird. Traditionelle Landrechte sind von einigen Einzelpersonen oder der lokalen Regierung ignoriert worden (Getachew, 2001).

Das Afar Land (baado) und seine traditionellen Landbesitzregeln werden von verschiedenen Clans geteilt. Jedes Clanmitglied kann sich frei auf dem eigenen Clanland niederlassen und teilt sich die Weidelandschaften mit den anderen. Durch den Rückgang von Weideflächen werden immer häufiger Vereinbarungen mit anderen Clans zur gegenseitigen Weidelandverpachtung getroffen. Die Entscheidung solcher Abkommen obliegt dem Clanältesten. Er bestimmt, ob das verpachtete Weideland durch Tiere abgegolten wird oder das Weideland benutzt werden kann und zwar dann wenn der eigene Clan Unterstützung benötigt. Die traditionelle Landverpachtung unter Clans wurde insbesondere durch die Regierung verletzt, die angeeignetes Land für wirtschaftliche Zwecke nutzen will. Einzelne Clanmitglieder haben gegen diesen Grundsatz des gemeinsamen Gewohnheitsrechts ebenso verstoßen, indem sie Grundstücke umzäunen und für eigene landwirtschaftliche Zwecke nutzen (Getachew, 2001). Die gemeinsame Landressource ist dadurch stark gefährdet und eine der wichtigsten Überlebensstrategien der Nomaden. Auch der Zugang zu Wasser wird durch die Bildung umzäunter Parzellen, die sich meist in der Nähe zu Flussufern befinden, erschwert. Folglich kommt es immer häufiger zu bewaffneten Auseinandersetzungen in solchen Gebieten (Getachew, 2001).

Weidelandflächen wurden zusätzlich reduziert, da die verbleibenden Weiden mit anderen Stämmen geteilt werden mussten. Dies führte zu Konflikten zwischen den Clans. Die Gebiete im Südosten und Osten der Afar Region zwischen den Afar und den Issa bringen jedes Jahr viele Menschenopfer und Tierverluste mit sich (Getachew, 2001). In den letzten 70 Jahren wurden die Afar 150 km nach Westen vom Issa-Clan vertrieben und mussten ihre traditionellen Regenzeitweiden aufgeben. Sie bewegen

sich nur noch in kleinen Radien in den Trockengebieten, um Konflikten aus dem Weg zu gehen (<http://citeseerx.ist.psu.edu/...>).

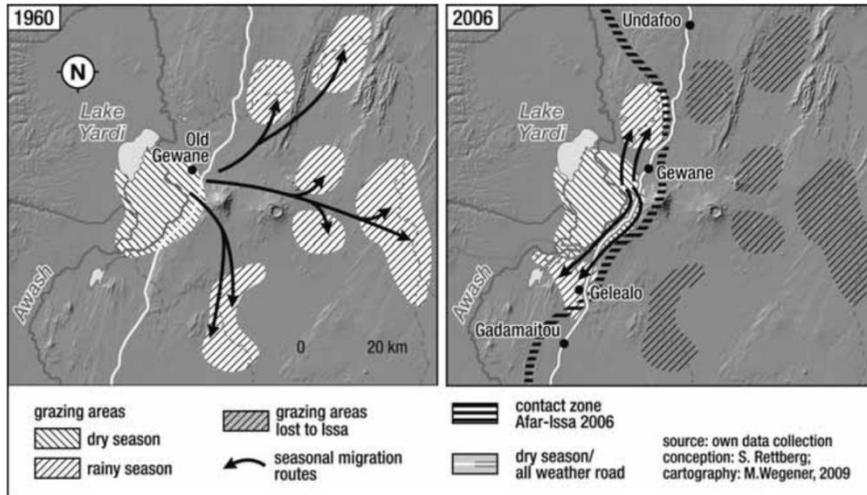


Abbildung 2-30 Veränderung des Migrationsmuster der Afar Hirten aufgrund der Ausdehnung des Issa-Clans (<http://citeseerx.ist.psu.edu/...:256>)

Durch die Entwicklung neuer Herdenmanagement-Strategien passen sich die Afar Hirten dieser Situation an. Die Herden werden zwar immer noch in mobile und permanente Einheiten aufgeteilt, dafür wird die Anzahl der Tiere in den mobilen Lagern reduziert. Beide Viehbestände sind so organisiert, dass eine größere Vielfalt an Tieren besteht als früher. Wenn die mobile Herde verloren geht, sind noch genügend Tiere in der permanenten Siedlung vorhanden. Kamele und Rinder weiden in der Nähe der Siedlung und kehren in der Nacht zurück. Größere Gehege werden neben dem laktierendem Vieh angelegt. Compounds werden größer und liegen näher beieinander. Sie kooperieren mit anderen Haushalten. Dadurch entstehen größere Siedlungen (Rettberg, 2009).

Durch diese zahlreichen Faktoren müssen einige Nomaden ihren pastoralen Lebensstil aufgeben, um ihr Überleben zu sichern. Sie lassen sich in der Nähe von Städten nieder um Gelegenheitsjobs anzunehmen oder engagieren sich sogar in der Landwirtschaft (Getachew, 2001).

Es gibt immer mehr Beweise dafür, dass es für die Afar Hirten immer schwieriger wird, den Zugang zu ihrem traditionellen Weideland zu erhalten. Sie werden gezwungen andere Gebiete aufzusuchen, die oft weniger geeignet sind. Zum Teil werden sie sesshaft und leben von der Vieh- und Landwirtschaft. Oft widmen sie sich zur Gänze dem Ackerbau und geben ihr Nomadentum vollständig auf. Der Landdruck ist von mehreren Faktoren abhängig, die sich gegenseitig verstärken können. Sie beinhalten zum einen die Landnutzungspolitik der lokalen Regierung, das ökonomische Interesse an Weideland und zum anderen den Wettkampf um gute sich verringemde Weideland- und Wasserressourcen (www.land-links.org/)

"Baadu is in problem... There is no more Baadu. The Woyane tree is destroying Baadu. And now there is the flooding of Awash. We are being killed in all directions. The military kills us, the Issa kill us, and then there is the government. There is nowhere to turn to. Baadu is destroyed...There is no place to hide; there is no place to go. We can't go to the sky; we can't go into the ground, unless we die." Afar Frau, 2004 (citeseerx.ist.psu.edu/...:255)

2.7 Landenteignung im Raum Logiya

Im August 2010 wurde die Stadt Logiya, Samara, Dupti und die gesamte Umgebung vom Logiya River und Mile River, Nebenflüsse des Awash River schwer überflutet (Interview Mr. Mohammed, 2012, nach Chocian, 2017). Die Ursache der Katastrophe war das neue Projekt der Bundesregierung, die einen Staudamm am Awash River baute. Er sollte das Wasser durch den neu angelegten Kanal auf die Zuckerrohrplantage leiten. Der sich damals noch im Bau befindliche Kanal konnte das Wasser nicht durchleiten. Aus diesem Grund wurde das gesamte Gebiet überschwemmt und viele Häuser zerstört (Interview Bureau of Works and Urban Development Samara, 2012 nach Chocian, 2017). Direkt nach der Flut verteilte die örtliche Regierung Trockenfuttersrationen und die lokalen NGO's halfen bei dem Wiederaufbau zerstörter Häuser und der Aufstockung der Viehbestände (Interview Valerie Browning, 2012 nach Chocian, 2017). Die Bewohner rückten näher in die Stadt, da es verboten wurde, sich in der Nähe des Kanals nieder zu lassen (Interview Mr. Mohammed 2012 nach Chocian, 2017). Es wird vermutet, dass die Flut lediglich als Rechtfertigung benutzt wurde, um weitere Nomaden vom Land in die Stadt zu vertreiben (Chocian, 2017).

3 Logiya im räumlichen Kontext

Die Stadt Logiya befindet sich im Nordosten Äthiopiens in der Zone 1 der Afar Region und ist 5 km von der Hauptstadt Samera entfernt. Samera ist eine der jüngsten Städte in der Afar Region. Sie wurde erst 2003/2004 gegründet wurde und löste die damalige Hauptstadt Asayita ab. Die neue Hauptstadt wurde nahezu in der Mitte der Afar Region gegründet, um einen zentralen Zugang in allen Richtungen zu gewährleisten (Eigner, 2014). Dort befinden sich der Flughafen, der seit Dezember 2013 von Ethiopian Airlines angefliegen wird ([www.ethiopianairlines.com/...](http://www.ethiopianairlines.com/)) und die Samara University of Ethiopia, die im Jahr 2007/2008 in Betrieb genommen wurde. Zurzeit der Gründung gab es drei Fakultäten. Eine davon ist die Faculty of Dryland Agriculture. Gemeinsam mit der Jijjiga Universität in der Somali Region haben sie einen Lehrplan entwickelt, der Fachkräfte für den Ausbau der Agrarwirtschaft ausbildet, um die Lebensbedingungen der Nomaden zu verbessern. Der pastoralorientierte Studienplan wurde 2016 erstmals umgesetzt ([www.safe-africa.org/...](http://www.safe-africa.org/)).



Abbildung 3-1 Samera, Universität und Flughafen (Google Earth, Juni 2016)

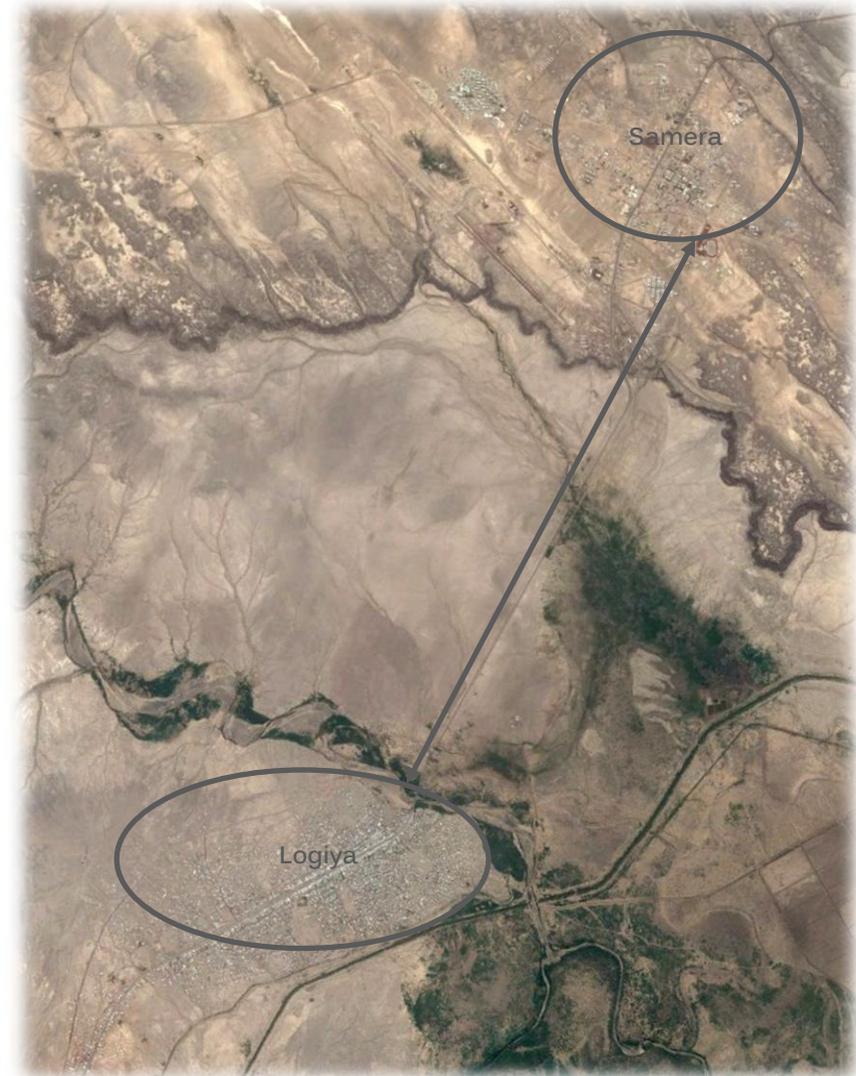


Abbildung 3-2 oben Samera, unten Logiya (Google Earth, Februar 2017)

3.1 Stadt Logiya

Logiya ist eine stark anwachsende Stadt, die sich entlang des Addis Ababa-Dschibuti Highways, der von den Chinesen gebaut wurde, erstreckt. Am Stadtbauanfang ist das Zentrum mit seinem Hauptplatz und dem Gemüse- und Obstmarkt. Von hier aus fahren diverse Busse und das Haupttransportmittel "Bajaj", das man von Thailand als "Tuctuc" kennt. Am Hauptplatz befindet sich auch die stark besuchte älteste Moschee der Stadt. Geht man als weiße Person durch die Straßen spazieren, rufen viele Kinder einem "Tscheina Tscheina" hinterher, da sie nur hellhäutige Chinesen vom Straßenbau in Logiya kennen. Manchen Kindern war es schwierig zu erklären, dass man nicht aus China, sondern aus Österreich kommt.

Die Menschen in Logiya sind sehr freundlich, aufgeschlossen und neugierig. Der Schuhmacher begrüßt einen jeden täglich mit einem Lächeln, man wird oft und gerne in ein herzliches Gespräch verwickelt und wird gefragt, warum man in der Stadt ist. Das Leben in der Gemeinschaft ist wichtig und der Zusammenhalt ist sehr stark. Bleibt ein Transportmittel stecken und behindert andere am Weiterfahren, wird bereitwillig geholfen und so fließt der Verkehr genauso schnell wieder weiter, wie er zuvor zum Stocken kam. Menschen mit einer Behinderung - die sich nicht mehr so gut selbstständig fortbewegen können - werden großteils kostenfrei mitgenommen.

Gleichgeschlechtliche Beziehungen sind stark verboten, jedoch spazieren die Menschen gleichen Geschlechts öffentlich Hand in Hand in der Stadt herum. Dies ist ein Ausdruck der Freundschaft. Nirgends können sich gleichgeschlechtliche Personen ein Zimmer gemeinsam teilen, egal ob man nur befreundet ist. Man muss auf ein Einzelzimmer zurück greifen. Die Stadt ist ständig in Bewegung, erst in der Nacht wird es ruhiger.

Im Oktober 2016 wurde in Äthiopien der Ausnahmezustand ausgerufen. Die Internetverbindung funktionierte nicht mehr und die Menschen bekamen eine Ausgangssperre ab 21 Uhr. Im Gegensatz zur Hauptstadt Addis Abeba war in Logiya wenig davon spürbar. Valerie Browning sagte bei einem Gespräch, die Afar Region wäre wahrscheinlich gerade der sicherste Platz in ganz Äthiopien. Jedoch war nach einiger Zeit das Militär auch hier zu spüren. Abends verschwanden die Menschen schleichend von den Straßen und eine gewisse Anspannung unter den Einheimischen war festzustellen.



Abbildung 3-3 Hauptplatz in Logiya, 2016



Abbildung 3-4 (von links nach rechts): Gemüsemarkt und Addis Ababa-Dschibuti Highway in Logiya, 2016



Abbildung 3-5 (von links nach rechts): Verkauf von Kamelfleisch am Highway und lokaler Markt in Logiya, 2016

3.2 Vorherrschendes Klima

Logiya liegt in der tropischen Kolla Klimazone, in der die höchsten Temperaturen von Mai bis September und die niedrigsten Temperaturen von Oktober bis April sind. Die jährliche Durchschnittstemperatur liegt bei 27°Celsius und die jährliche Niederschlagsmenge bei 510 mm. (www.ethiopiantreasures.co.uk/...). Im Jahr 2018 lagen die Höchsttemperaturen von Samara im März bei 40,0°C, im September bei 41,6°C und im November bei 38°C (www.ethiomet.gov.et/...). Die Afar Region ist eine der heißesten Orte der Erde, vor allem in der Danakil Depression können die Temperaturen auf 50°C ansteigen.

3.3 NGO APDA

Die Nichtregierungsorganisation APDA (Afar Pastoralist Development Association) setzt sich vor allem für die Bildung und medizinische Versorgung der Menschen in der Afar Region ein. Der Fokus liegt auf Frauen und Kinder. Sie hat ihren Sitz in Logiya und wurde von der Australierin Valerie Browning gemeinsam mit ihrem Ehemann, Ismael Ali Gordo - der ein Afar ist - gegründet. In den ländlichen Gebieten der Afar Region ist der Zugang zu Schulen für die Nomadenkinder sehr schwer. Gemeinsam mit der Hilfsorganisation Sonne International bildet APDA Lehrer aus, die mobile Schulklassen unterrichten, die mit den Nomaden "mitwandern". Jedoch werden diese Lehrer oft von der Regierung abgeworben. Die NGO's zahlen viel weniger als die Regierung und so verlieren sie oft ihre Lehrer nach der Ausbildung wieder. Die ganze Arbeit fängt von vorne an. Angestrebt wird eine Übereinkunft mit der Regierung, um dieses Problem zu lösen (Interview Erfried Malle, Sonne International, Film: Die Wüstennomaden von Afar: ORF, 2011).

*To give and not count the cost.
To fight and not heed the wounds.
To toil and not seek rest.
To labour and not ask for any reward,
save that of knowing that we do your will."*
St. Ignatius of Loyola
(Browning et al., 2008)



Abbildung 3-6 Kinder in Logiya, 2016



Abbildung 3-7 Compound von APDA, Logiya 2016

3.4 Afar Kindergarten Project

Die NGO APDA besitzt ein Baugrundstück in Logiya auf dem das Afar Kindergarten Project gemeinsam mit Katharina Schönher umgesetzt werden soll. Bis jetzt wurden drei Schülerhostels vor Ort gebaut. Das Konzept beinhaltet einen Bildungskomplex zu errichten, der Schülerunterkünfte, einen Kindergarten, Gemeinschaftsräume und Wohnungen für die Mitarbeiter schafft. Bei der aktiven Mitarbeit am Bau des ersten Hostels im Oktober 2016 wohnten wir im Compound von APDA und durften einen Einblick in das Leben der Bewohner von Logiya werfen.

3.4.1 Konzept

Der neue Compound für Bildung und Kultur soll 56 Studenten aus der ländlichen Afar Region die Möglichkeit bieten unter Aufsicht in Logiya zu leben. Zusätzlich beinhaltet das Konzept 60 Kinder mit vier ausgebildeten Lehrern zu unterrichten. Zwei Betreuer, vier Köche und ein Hausverwalter sorgen für das Wohlergehen der Kinder und Jugendlichen. Zusätzlich werden zwei Wachkräfte für die Sicherheit einbezogen. Geplant sind vier Studentenhostels (56 Betten, 50% Mädchen und 50% Jungen), vier Kindergartenkomplexe, ein Gemeinschaftsbereich zum Spielen in der traditionellen Afar Bauweise (Daboytas), zwei Gebäude für das Personal, eine Küche, ein Sanitärblock mit zwei Duschen und zwei Toiletten und ein Gebäude für die Wachkräfte. Zusätzlich wird ein Garten und ein Bereich für Tiere angelegt (Schönher, 2015). Realisiert wurden bis jetzt drei Studentenhostels in unterschiedlichen Bauweisen.



Abbildung 3-8 Kindergarten und Spielbereich (Schönher, 2015)



Zones

- 1 Garden and farming
- 2 Student hostel
- 3 Communal space and kitchen
- 4 Residence staff
- 5 Kindergarten
- 6 Public zone (entrance shop and mosque)

Abbildung 3-9 Konzept Afar Kindergarten Project, (Schönher, 2015)

Gearbeitet wurde gemeinsam mit Katharina Schönher am ersten Hostel des Bildungscampus. Bei der Erstbegehung des Grundstücks im Oktober 2016, waren Fundament und Teile des Lehmsteinmauerwerks bereits errichtet. Unsere Aufgabe bestand darin den Rest der Lehmsteinwand zu mauern, die Fenster und Türen aus Holz zu bauen und Stürze aus Bewehrungsstahl und Beton herzustellen. Diese Arbeiten erwiesen sich bei extremer Hitze, trotz der "kühlen" Temperaturen dieser Jahreszeit in der Afar Region, als eine Herausforderung. Mit der Zeit gewöhnte man sich an das Klima und konnte seinen täglichen Aufgaben nachgehen. Gearbeitet wurde immer von 7 Uhr früh bis 19 Uhr abends. In der Mittagszeit fuhren wir zum Compound zurück um zu essen und der Hitze zu entfliehen. Um 21 Uhr war Bettruhe angesagt, um am nächsten Morgen voller Energie in den Tag zu starten. Um die

Baustelle zu erreichen fuhren wir täglich mit einem Bajaj und gingen die restlichen 500 m zu Fuß. Da sich das Grundstück am anderen Stadtende und nicht am Stadtfang mit seinem Hauptplatz befindet, war es am Abend schwierig ein Bajaj für die Rückfahrt zu bekommen. Für alle Arbeiten, die man im Schatten bewerkstelligen konnte waren wir dankbar. Die Stürze aus Bewehrungsstahl und Zement wurden in eine selbst gebaute Schalung aus Holzbrettern gegossen und die dafür notwendigen Stahlbügel per Hand mit einer Zange als Hilfsmittel gebogen. Es war nicht einfach die Bügel in die entsprechende Form zu bringen. Bei der Herstellung der Fenster standen wir vor einem Problem, das wir zuvor nicht bedacht hatten. Es gab kaum gerade Bretter im Baumarkt zu kaufen. Jedes Holzbrett war gebogen und musste an die Lücken der Wände angepasst werden. Am Ende gelang es uns trotzdem stabile Rahmen für die Öffnungen zu bauen. Der Rahmen der Klappfenster wurde mit einer traditionellen Afar Matte bespannt. Zum Glück waren alle benötigten Werkzeuge auf der Baustelle vorhanden. Im Lagerraum türmten sich Lehmsteine aus der Produktion des Frühjahrs 2016. Einige Lehmsteine konnten wir aber dennoch selbst herstellen. Zum Mauern wurde ein selbstgebautes Gerüst verwendet. Zuschlagsstoffe, wie Sand und Kies wurden mit einem Sieb in unterschiedliche Korngrößen eingeteilt. Das Sieb musste des Öfteren repariert werden, da das Netz immer wieder Risse bekam. Ab und zu machten wir eine "Buna Break", eine Kaffeezeremonie, bei der selbst gemahlener Kaffee dreimal aufgegossen und mit viel Zucker getrunken wird.



Abbildung 3-10 Kaffee Pause mit dem gesamten Team, Logiya 2016



Abbildung 3-11 Erstes Hostel bei Ankunft, Logiya 2016



Abbildung 3-12 Bewehrungsstahl und Schalung für Sturz, Logiya 2016



Abbildung 3-13 Lagerraum und Gerüst, Logiya 2016

Alle drei Hostelgebäude wurden im Frühjahr 2017 fertiggestellt. Die tragende Konstruktion des ersten Gebäudes ist aus Lehmsteinen und der zweite Stock aus einer Holzkonstruktion, die mit Afar Matten bekleidet wurde. Das zweite Gebäude aus Stampflehm von Matthias Kraßnitzer das dritte aus Zementsteinen von einem externen regionalen Bau-Unternehmer sind ebenfalls schon bewohnbar.



Abbildung 3-14 Erstes Hostelgebäude von Katharina Schönher (Kraßnitzer, 2018)



Abbildung 3-15 Zweites Hostelgebäude von Matthias Kraßnitzer (Kraßnitzer, 2018)

3.5 Einwohneranzahl und Bevölkerungsentwicklung

Im Jahr 2007 wurde eine umfassende Volkszählung in Äthiopien von der Central Statistical Agency of Ethiopia (CSA) durchgeführt, die auch Aufschluss über die Wohnweisen, Konstruktion der Gebäude und Wohnbedingungen gibt. Zusätzlich wurde im Jahr 2012 eine Hochrechnung erstellt, die den Zuwachs der Stadt prognostiziert.

In der aktuellsten Prognose von 2012 (CSA, Juli 2012) wurde Logiya auf nahezu 20.000 Einwohner geschätzt. Es wurde angenommen, dass die Anzahl der Einwohner von 2007 auf 2012 um 40,5% steigt. Wenn man annimmt, dass alle fünf Jahre ein Zuwachs von 40% zu erwarten ist, würde sich die Einwohnerzahl auf circa 31.000 Bewohner im Jahr 2019 erhöhen.

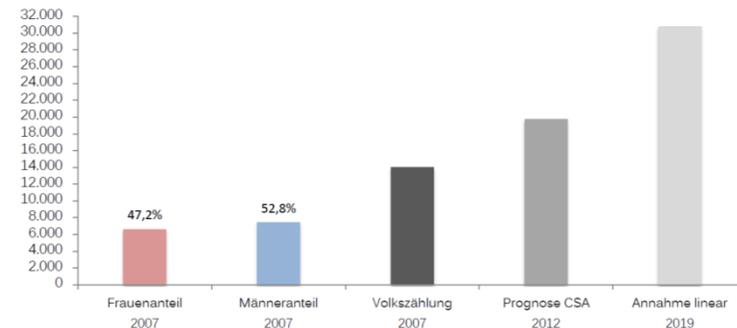


Abbildung 3-16 Einwohner Logiya 2007 und Prognose 2012 (nach CSA 2007, 2012)

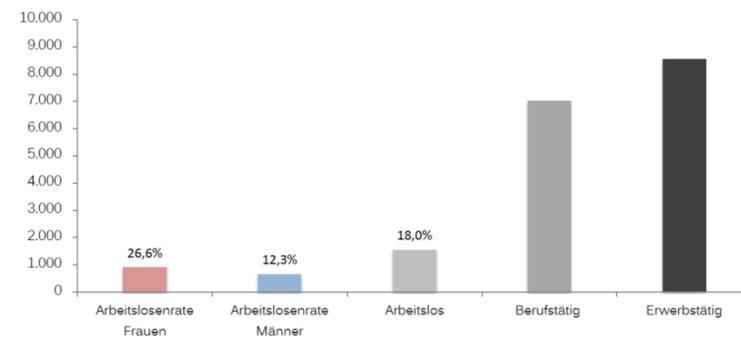


Abbildung 3-17 Erwerbstätige Bevölkerung Logiya, Volkszählung 2007 (nach CSA, 2007)

3.6 Verdichtung und Wachstum der Stadt

Die Stadt Logiya hat sich entlang des Addis Ababa-Dschibuti Highways etabliert, über den der ganze Import- und Exporthandel Äthiopiens transportiert wird. Der gesamte Verkehr konzentriert sich auf diesem Highway. Viele Lastkraftwagenlenker bleiben in Logiya stehen, um eine Pause einzulegen. Logiya wurde durch die Nähe zu Samera immer attraktiver. Viele Menschen leben in Logiya und pendeln nach Samera um zu arbeiten. In Samera gelten strenge Bebauungsvorschriften. Hier sind die Chikka-Häuser, die in Logiya vorherrschend bestehen, verboten (Eigner, 2014).

In den letzten 15 Jahren hat sich die Bevölkerung fast verdreifacht und die Stadtgrenzen haben sich sehr stark in alle Richtungen ausgedehnt (Eigner, 2014). Der Logiya River fließt im Süden unterhalb der Stadt und bildet eine Begrenzungslinie. Der im Osten liegende Stadtanfang wird durch Bäume begrenzt. Im Westen (Stadtende) und im Norden ist mehr Spielraum für die Verdichtung gegeben. Der Süden ist für die Menschen attraktiver, da Wasser immer ein wichtiger Anziehungspunkt ist. Seit einigen Jahren ist der Logiya River allerdings die meiste Zeit trocken und füllt sich erst mit Wasser sobald es regnet. Die immer häufigeren Dürreperioden zwingen viele Nomaden ihre pastorale Fähigkeit aufzugeben und in Städte zu ziehen, um dort zu arbeiten oder Handel zu betreiben. Die Stadt wird in Zukunft noch weiter wachsen.

In den Abbildungen 3-18, 3-19 und 3-20 sind Luftbilder der Stadt Logiya festgehalten. Man kann deutlich erkennen wie schnell die Stadt innerhalb von zehn Jahren gewachsen ist. Die Verdichtung an der Handelsstraße und die Ausdehnung der Stadtgrenzen sind signifikant. Vor allem im Westen (Stadtende) und Süden ist eine starke Ausdehnung der Ansiedlung festzustellen. Womöglich wird sich die Stadt weiterhin entlang des Addis Ababa-Dschibuti Highways ausdehnen.

Der Entwurf dieser Arbeit beinhaltet, einen Gebäudetypus zu entwickeln, der nicht nur in ländlichen, sondern auch in städtischen Gebieten der Afar Region angewendet werden kann. Sowohl Logiya, als auch das Grundstück des Afar Kindergarten Projekts bieten sich an, die erste Einheit dieser neuen Bauform zu realisieren. In Kapitel 7 und 8 werden unterschiedliche Szenarien vorgestellt, wie der Gebäudeentwurf in der Stadt und in der landschaftlichen Umgebung Afars umgesetzt werden könnte.



Abbildung 3-18 Logiya April 2006 (Google Earth)



Abbildung 3-19 Logiya Oktober 2014 (Google Earth)



Abbildung 3-20 Logiya 2017 Februar (Google Earth)



Abbildung 3-21 Stadtende, Logiya April 2006 (Google Earth)



Abbildung 3-23 Zentrum, Logiya April 2006 (Google Earth)



Abbildung 3-22 Ausdehnung am Stadtende, Logiya Juni 2016 (Google Earth)



Abbildung 3-24 Verdichtung im Zentrum, Logiya Juni 2016 (Google Earth)

3.7 Wohnkenndaten und Wohnbedingungen

Um einen Überblick der Situation in Logiya zu schaffen, wurden hier die wichtigsten Fakten zusammengefasst. Neue Daten sind leider nicht bekannt, daher dienen diese nur zur allgemeinen Anschauung und um einen Richtwert der dortigen Wohnsituation zu erhalten. Die Daten sind auf der offiziellen Website der Central Statistical Agency of Ethiopia unter www.csa.gov.et im pdf. Format erhältlich.

In Logiya leben 97,6% der Bevölkerung in konventionellen Haushalten. Dieser Wert ist im Vergleich zu anderen städtischen Gebieten der Afar Region (92,8%) um rund 5% höher. Ein konventioneller Haushalt bedeutet, dass in der selben Wohneinheit gelebt, gemeinsam gekocht und gegessen wird. Der Rest lebt in sogenannte unkonventionellen Haushalten. Personen die nicht miteinander verwandt sind, bewohnen ein Gebäude oder einen Gebäudekomplex und teilen sich diese Einrichtung. Dies können Sammelunterkünfte wie Hostels, Hotels, Internate und Gefängnisse umfassen. Außerdem werden Obdachlose dazu gezählt. In Logiya leben im Durchschnitt 3,1 Personen in einer Wohneinheit. Eine Wohneinheit bezieht sich auf das Gebäude. Es können auch mehrere Haushalte in einer Wohneinheit leben. In Logiya haben 97,5% der Bevölkerung nur einen Haushalt in einer Wohneinheit. Im Durchschnitt beinhaltet eine Wohneinheit 1,6 Räume. Die meisten Einwohner Logiyas leben in einem Zweipersonenhaushalt, gefolgt von einem Dreipersonenhaushalt. In der Zone 1 der städtischen Gebiete der Afar Region ist eine Personendichte von 3,1 Personen pro Wohneinheit relativ gering. In Samara sind es 3,9, in Dupiti 3,5 und die größte Dichte hat Afambo mit 11 Personen pro Wohneinheit (Census, CSA 2007).

Die meist verbreitete Bautechnik in Logiya ist die "Chikka" Bauweise, die von den Amharen des Hochlands in die Stadt gebracht wurde. Der rechteckige Gebäudegrundriss besteht großteils aus einem Raum. Größere Einheiten bilden zwei Räume. Die Konstruktion ist aus Holz, die mit einer Strohlehmischung ausgefacht und einem Flach- oder Giebeldach aus Blech überdeckt wird. Diese Häuser besitzen kein Fundament und sind daher sehr anfällig für Termitenschäden, die sich vom Boden in das Holz fressen. Die Lebensdauer dieser Bauten ist sehr kurz. Sie können bereits nach 5 bis 10 Jahren einstürzen. Manchmal werden Steine an der Außenseite des Gebäudes platziert, um die Wände zu stabilisieren. Die Fußböden sind meist aus Lehm und mit einer dicken Plastikfolie überdeckt. Der Trend zur Verwendung eines Zementstrichs ist steigend und wird gerne mit einer Plastikfolie überzogen.



Abbildung 3-25 Konstruktion Chikka Haus (links) und Lehmausfachung (rechts), Logiya 2016



Abbildung 3-26 Chikka Haus verputzt, Logiya 2016

Da Logiya eine stark wachsende Stadt ist, wurde das Holz in der Umgebung für den Hausbau beinahe vollständig gefällt. Nun gibt es nur noch wenige einheimische Bäume in der Nähe des Logiya Rivers. Durch die Abholzung der einheimischen Bäume hat sich der Woyane Baum sehr stark in der Nähe zum Awash und Logiya River ausgebreitet (Interview: Valerie Browning, 2012 nach Eigner, 2014). Das Holz muss nun importiert werden, wodurch der Preis eines Chikka Hauses steigt (Eigner, 2014).

3.7.1 Bebauungsbestimmungen

Die Grundstücke in Logiya werden von der Bevölkerung gekauft beziehungsweise gepachtet und von der Regierung zugewiesen. Man kann sich die Parzelle nicht selbst aussuchen. Bebauungsbestimmungen, wie wir sie in Österreich kennen, gibt es in Logiya nicht und sind auch in Zukunft nicht vorgesehen. Jeder Bewohner kann auf seinem erworbenen Grundstück bauen was und wie er will. Auch die Bebauungsdichte spielt keine Rolle. Brandschutzvorkehrungen durch Abstandsflächen zum Nachbarn sind ebenfalls nicht vorgegeben. Die einzige Einschränkung besteht aus der Funktion des Grundstücks: Wenn es explizit für Wohnzwecke gedacht ist, darf es auch nur für diese genutzt werden (Interviews: Office for Urban Planning, Sanitation and Beautification Core-Process und Semera Logya City Administration, 2012 nach Eigner 2014).

Sobald ein Grundstück erworben wurde, ist man berechtigt einen eigenen Wasseranschluss vom Urban Development Department zu erhalten. Abgerechnet wird durch eine Gebühr nach dem tatsächlichen Wasserverbrauch (Interview: Semera Logya City Administration, 2012 nach Eigner 2014). Die Umzäunung der Parzellen besteht meist aus einfachen Holzstäben, die lose in den Boden gesteckt werden.

3.7.2 Bestandteile eines Compounds

Sämtliche Daten in diesem Kapitelabschnitt wurden aus dem Census der CSA 2007 entnommen und in Balkendiagrammen zusammengefasst. Erhoben wurden die wichtigsten Kennwerte von bestehenden Wohngebäuden in Logiya. Diese beinhalten: Welche Art der Wasserversorgung besteht, auf was für eine Weise gekocht wird, ob und welche Sanitäreinrichtungen vorhanden sind, wie die Bewohner ihren Müll entsorgen, aus welchen Materialien die Fußböden bestehen und wann die bestehenden Gebäude errichtet wurden.



Abbildung 3-27 Woyane und abgeholzte Baumstämme in der Nähe des Logiya Rivers, 2016



Abbildung 3-28 Begrenzung der Grundstück durch einfache Holzzäune, Logiya 2016

Küche

Als Küche wird im Zensus ein Raum definiert, der eine Größe von mindestens 4m² hat. In ländlichen Gebieten wird auch in ihr geschlafen (Daboyta). Eine traditionelle Küche ist eine offene Feuerstelle auf der gekocht oder auch Brot gebacken wird. Eine moderne Küche verfügt über Leitungswasser und eine Spüle. Ein klassisches Gericht der Afar Küche ist das Shiro. Ein Pulver aus Kichererbsen oder Bohnenmehl, das mit Wasser zu einem Brei aufgekocht wird. Gegessen wird es mit einem Injera, ein Hefebrot, das einer großen Palatschinke gleicht.

Die meisten Bewohner Logiyas kochen in einer traditionellen Küche im Freien und wenige im Inneren des Gebäudes. Allerdings haben 37% der Wohneinheiten keinen geschützten Raum, der als Küche dient und man kocht direkt am Grundstück. Die Mahlzeiten werden an den Außenwänden der Wohnunterkunft oder unter einem improvisiertem Dach zubereitet. Angeheizt wird hauptsächlich mit Holzkohle oder Brennholz.

Toilette

In Logiya teilen sich die meisten Bewohner ein sogenanntes "Plumpsklo". Eine tiefe Mulde im Boden, die entleert werden kann und von Wänden umschlossen ist. Ein belüftetes Plumpsklo (VIP - ventilated improved pit) hat zusätzlich ein Belüftungsrohr an der Außenseite der Toilette. Zum besseren Verständnis wird in dieser Arbeit das Plumpsklo als "Trockentoilette" bezeichnet. Knapp ein Viertel der Einwohner Logiyas besitzen keine Toilette am eigenen Grundstück.

Waschmöglichkeit

Die Mehrzahl der Wohneinheiten haben keinen eigenen Raum, der für die Körperpflege verwendet werden kann. Die Menschen waschen sich vor dem Haus im Freien. 35,5% der Bewohner steht ein eigener Raum für die Körperhygiene zur Verfügung. Private Duschen oder Badewannen sind sehr rar. Wenn eine Duschbeziehungsweise Bademöglichkeit besteht, wird diese häufig geteilt.



Abbildung 3-29 Traditionelle Küche im APDA Compound und Injera mit Shiro, 2016



Abbildung 3-30 Grube für Trockentoilette und Trockentoilette in Logiya, 2016



Abbildung 3-31 Trockentoilette; Gemeinschaftsdusche; Spül-WC (von links nach rechts) und Dusche von innen im APDA Compound, 2016

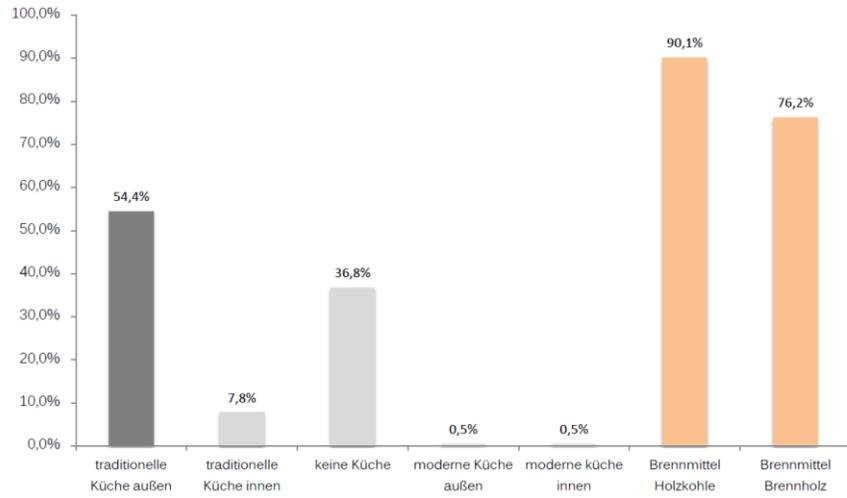


Abbildung 3-32 Art der Küche in Logiya (nach CSA, 2007)

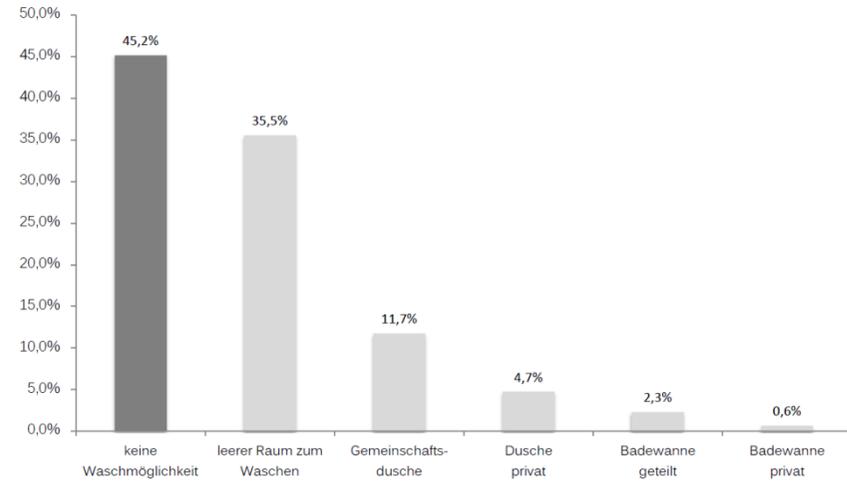


Abbildung 3-34 Art der Waschmöglichkeit in Logiya (nach CSA, 2007)

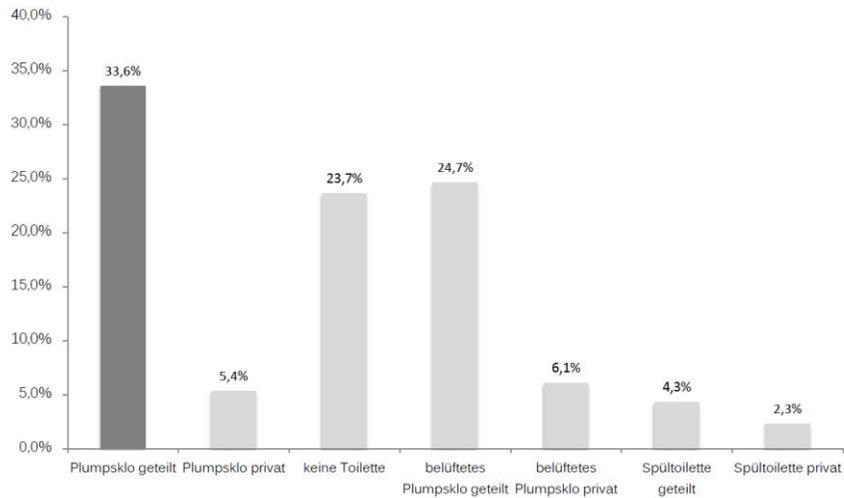


Abbildung 3-33 Art der Toilette in Logiya (nach CSA, 2007)

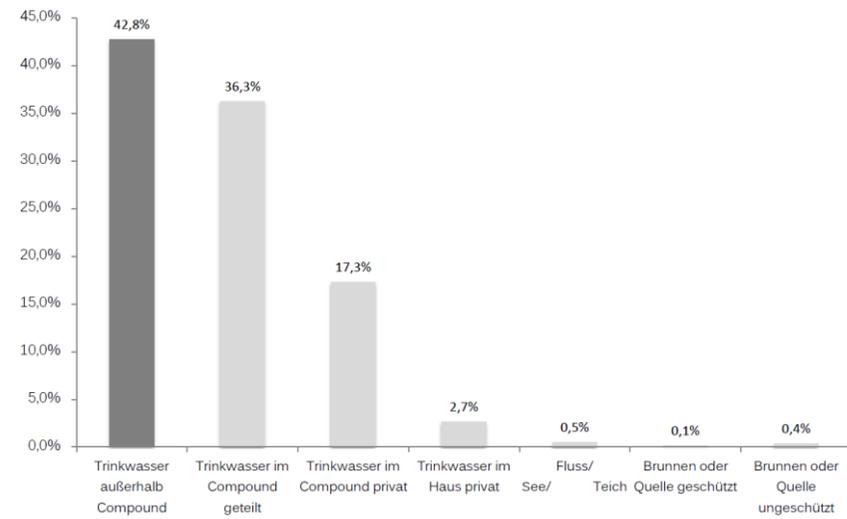


Abbildung 3-35 Art der Trinkwasserversorgung in Logiya (nach CSA, 2007)

Trinkwasserversorgung

Nur 2,7% der Bewohner Logiyas besitzen einen eigenen Wasseranschluss im Haus. Die Mehrheit muss auf eine Trinkwasserquelle außerhalb ihres Grundstücks zurück greifen. Wenn eine Trinkwasserquelle in einem Compound besteht, wird sie oft von vielen Menschen gemeinsam benutzt. 17,3% der Einwohner Logiyas besitzen einen privaten Trinkwasseranschluss am eigenen Grundstück.

Müllentsorgung

Die meisten Einwohner Logiyas verbrennen ihren Müll am eigenen Grundstück oder in der unmittelbaren Umgebung. Manchmal wird der Abfall auch hinter dem Haus entsorgt und dort einfach liegen gelassen. Die Stadt ist generell sehr dreckig. Eine Müllabfuhr gibt es hier nicht. An vielen Stellen liegt der Abfall am Straßenrand oder hinter Büschen herum.

Beleuchtung

Rund 92% der Stadtbewohner haben einen eigenen elektrischen Stromanschluss im Haus, wobei sich viele einen gemeinsamen Stromzähler teilen. Nur wenige müssen auf Kerzenlicht oder Feuerholz zurückgreifen.

Fußbodenmaterial

Die Fußböden der Gebäude bestehen zu 82,6% aus Lehm. Der überwiegende Teil davon ist auf die Chikka-Bauweise zurückzuführen. Der Fußbodenaufbau wird, wie die Ausfachung der Wände, mit einer Strohlehmischung hergestellt und danach mit einer Plastikfolie überdeckt. Dies geschieht vor allem aus praktischen Gründen, da die Bodenoberfläche besser gereinigt werden kann. Meist sind diese Folien sehr bunt. Generell sind die Afar begeistert von farbenfrohen Bekleidungen jeglicher Art. Immer mehr Stadtbewohner leisten sich einen Zementestrich. Jedoch ist dieser sehr teuer. Einige legen ihre Fußböden auch mit Kunststofffliesen aus.

Bestandsgebäude

Über 50% der bestehenden Gebäude sind vor weniger als fünf Jahren errichtet worden. Dieser Wert deutet auf ein schnelles Wachstum der Stadt Logiya hin und führt zur Annahme, dass die Lebensdauer der Gebäude sehr niedrig ist. Rund 30% der Gebäude wurden in den letzten neun Jahren gebaut.



Abbildung 3-36 Müllentsorgung im Freien, Logiya 2016



Abbildung 3-37 Fußböden mit Plastikfolien in Logiya, 2016 (Bild rechts: Eigner, 2014)



Abbildung 3-38 Neue Chikka Gebäude in Logiya, 2016

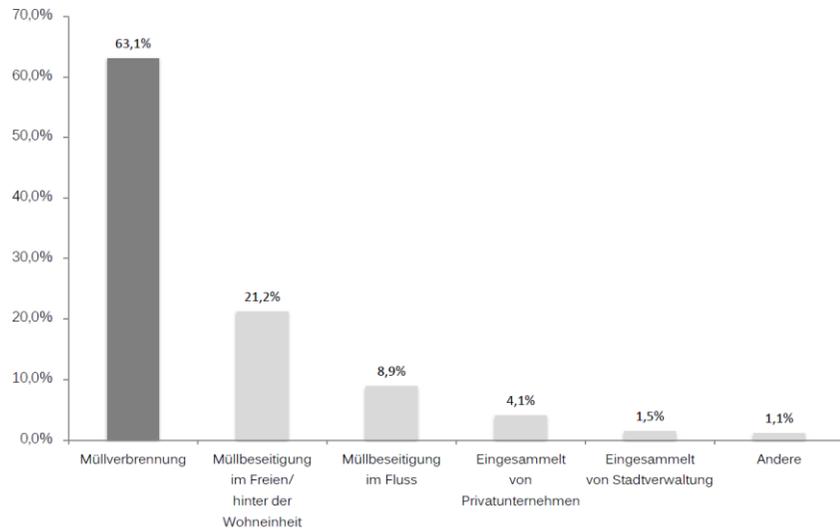


Abbildung 3-39 Art der Müllentsorgung in Logiya (nach CSA, 2007)

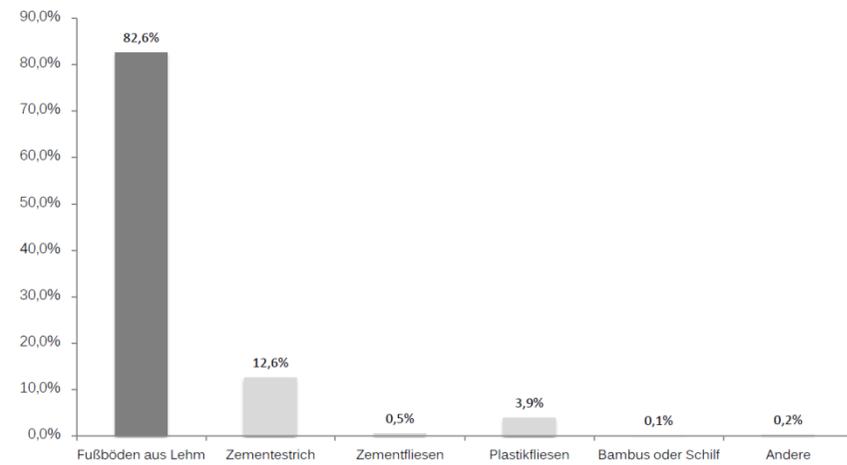


Abbildung 3-41 Art des Fußbodenmaterials (nach CSA, 2007)

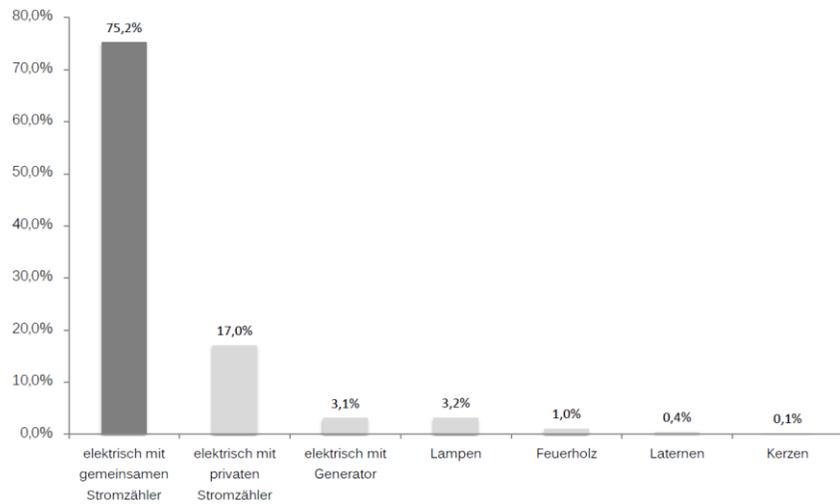


Abbildung 3-40 Art der Beleuchtung in Logiya (nach CSA, 2007)

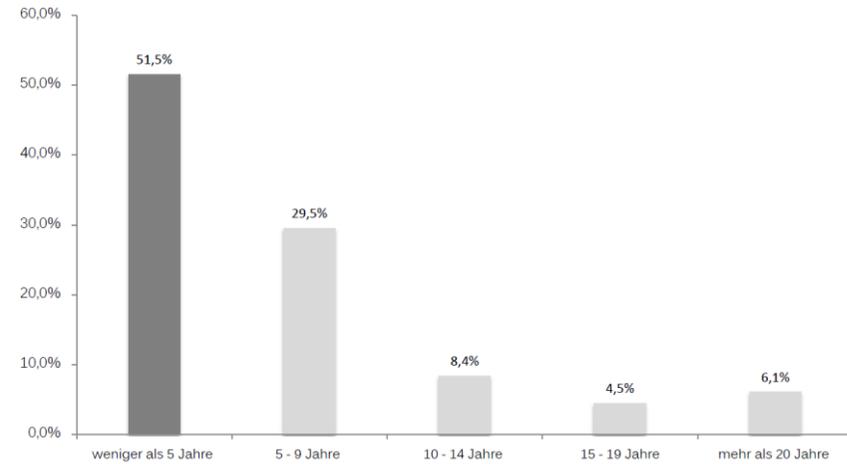


Abbildung 3-42 Anzahl der Jahre seit der Gebäudeerrichtung (nach CSA, 2007)

3.7.3 Vergleich zu anderen städtischen Gebieten

Die Abbildung 3-43 zeigt eine Gegenüberstellung der wichtigsten zuvor beschriebenen Wohnkenndaten der Stadt Logiya und anderen städtischen Gebieten der Afar Region (Census, CSA 2007).

In Logiya wird der Müll zum Großteil verbrannt. In anderen urbanen Gebieten wird dieser eher im öffentlichen Raum oder im Freien hinter der Wohneinheit deponiert. Dabei handelt es sich vor allem um den Plastikmüll. Dagegen werden organische Abfallprodukte dem Vieh als Futter gegeben. In Logiya war häufig zu beobachten, wie Ziegen sogar Papier fraßen.

Aus dem Vergleich der Beleuchtungsquellen geht hervor, dass in Logiya der Stromzähler öfters geteilt wird als in anderen Städten.

Ein eigener Raum für eine traditionelle Küche im Freien ist in Logiya häufiger anzutreffen als in anderen urbanen Gegenden. 43,8% der Bewohner anderer Städte besitzen keine Küche und kochen unter freiem Himmel.

Die Waschmöglichkeiten in städtischen Gebieten sind sehr rar. Nur einem Zehntel der Stadtbevölkerung steht ein eigener Raum zum Waschen zur Verfügung. In Logiya sind es immerhin 35,5%.

Mehr als die Hälfte der Einwohner anderer Städte besitzen keine eigene Toilette. Der Anteil an Trockentoiletten in Logiya ist vergleichsweise relativ hoch.

Der Wert bezogen auf eine verfügbare Trinkwasserquelle außerhalb des Compounds ist beinahe der selbe. In Logiya wird der Trinkwasseranschluss häufiger geteilt als in anderen städtischen Gebieten.

Lehmfußböden sind Vorreiter in allen urbanen Gebieten der Afar Region. Die Wahl von Zementestrich als Fußbodenmaterial ist im Vergleich zu Logiya jedoch höher. Dies ist wiederum auf die vorherrschende Chikka-Bauweise aus Holz und Lehm zurück zu führen.

Der Vergleich der Prozentwerte an Bestandsgebäuden, die seit ihrer Errichtung jünger als fünf Jahre alt sind, zeigt, dass Logiya im Durchschnitt schneller wächst als alle anderen Städte.

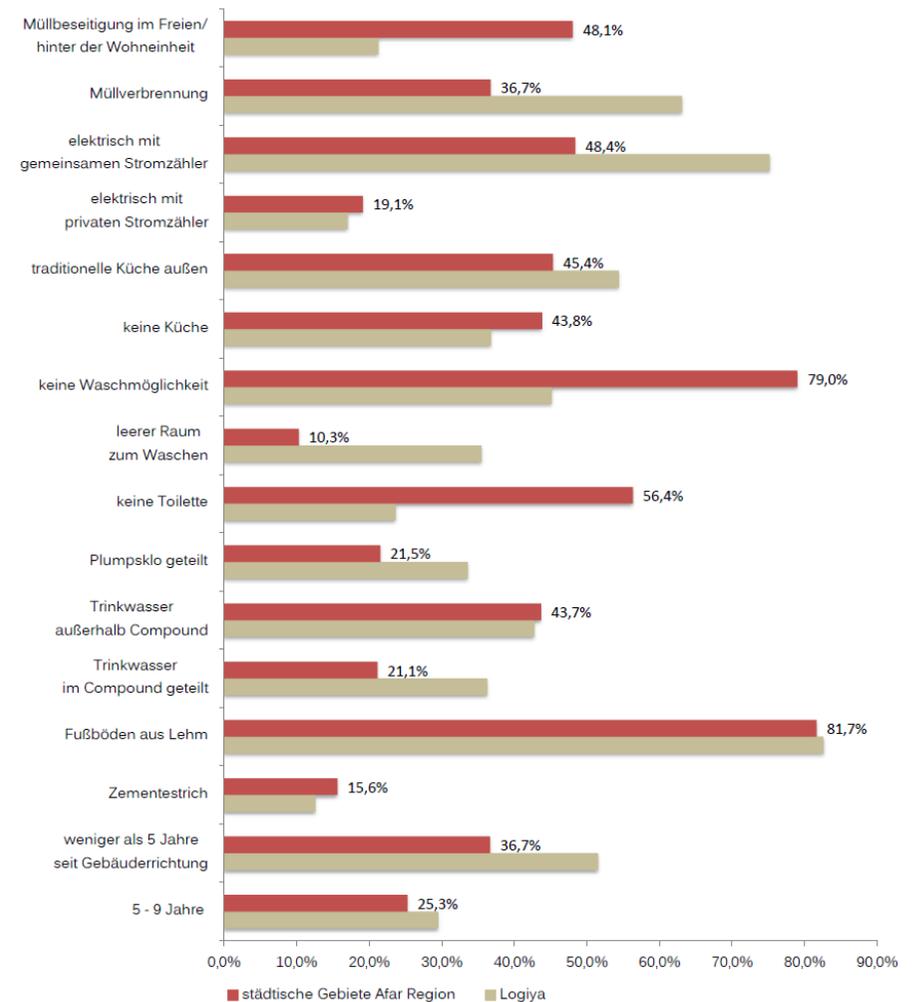


Abbildung 3-43 Vergleich einzelner Wohnkenngößen zu anderen städtischen Gebieten der Afar Region (nach CSA, 2007)

3.7.4 Relevante Wohnkenndaten der Stadt Logiya für den Gebäudeentwurf

Wie bereits zuvor erwähnt, bestehen derzeitige Wohngebäude aus einem Raum oder maximal zwei Räumen. Im Durchschnitt leben drei Personen in einer Wohneinheit. Viele Menschen schlafen daher gemeinsam in einem Raum. Um eine höhere Wohnqualität beziehungsweise mehr privaten Raum zu schaffen, wäre ein Gebäudetypus, der in allen Richtungen erweiterbar ist, erstrebenswert. Eine Art "Prototyp", der vervielfältigt werden kann, aber auch in seiner Dimension anpassungsfähig ist.

Ein privater geschützter Bereich für die individuelle Körperpflege ist ein wichtiger Bestandteil für das Wohlbefinden jedes Menschen. Der neue Gebäudetypus sollte daher auch andere Funktionen aufnehmen können, als nur das Wohnen. Die unterschiedlichen Gebäudegrößen sind je nach der benötigten Funktion, wie zum Beispiel der Raum für eine Trockentoilette, Dusche oder Küche zu wählen. Traditionelle Küchen bestehen meist aus einem eigenen Raum im Freien oder es wird gänzlich unter offenem Himmel gekocht. Dies ist insofern sinnvoll, da sich sonst der Rauch im Inneren der Wohngebäude ausbreiten würde, da man auf einer offenen Feuerstelle kocht. Eine Möglichkeit zum Kochen im Innenbereich der Wohnunterkünfte, die zu keiner starken Rauchentwicklung führt, ist daher gefragt.

Durch das schnelle Wachstum der Stadt sollte die neue Behausung rasch errichtet werden können, aber auch von Dauer sein. Es gilt der geringen Standhaftigkeit der Chikka Häuser in Logiya entgegen zu wirken. Dachabdeckungen aus Blech sind in dieser Region sehr bedenklich und der Hitzestau im Inneren oft unerträglich. Alternative Dachformen müssen angedacht werden, die für ein kühleres Raumklima innerhalb der Wohnunterkunft sorgen. Fußböden aus Lehm haben sich in dieser Region bewährt und sind daher nicht zu ändern. Lehmfußböden sind viel billiger als ein Zementestrich und bei der richtigen Pflege durchaus dauerhaft. Das Problem der Müllentsorgung bleibt bestehen, vor allem Plastikflaschen sind kaum zu verbrennen. Die Trinkwasserversorgung wird von der Stadt am eigenen Grundstück zur Verfügung gestellt.

Die Chikka Häuser sind aufgrund des hohen Holzverbrauchs relativ teuer und nicht jeder Stadtbewohner kann sich den Hausbau leisten. Um vor allem die Kosten niedrig zu halten, sollte eine Bauform gewählt werden, die im Selbstbau errichtet werden kann. Es bietet sich der Baustoff Lehm an. Er ist in Logiya und in fast allen Gebieten der Afar Region vor der eigenen Haustür zu finden.

"Noch heute leben über 1 1/2 Milliarden Menschen in Häusern aus Lehm [...] in der sogenannten Dritten Welt wird Erde das Hauptbaumaterial für die ländliche Bevölkerung auch in Zukunft bleiben." (Wichmann et al., 1983:22)

4 Lehm als Baustoff

Diese Kapitel widmet sich dem Baustoff Lehm. Um das Bauen mit Lehm erfassen zu können, wird die Zusammensetzung baufähiger Lehmmaterialien sowie deren Vorzüge kompakt erörtert. Um ein Gespür für die richtigen Mischungen und die Anwendung von Lehmbauteilen zu bekommen, ist es wichtig, den Lehm mit seinen Eigenschaften zu verstehen und diese zu kennen. Mit der Zeit versteht man wie das Arbeiten mit diesem Baustoff gelingt und was für ein fabelhaftes Baumaterial er widerspiegelt.

"Lehmbautechniken sind seit mehr als 9000 Jahren bekannt ... Lehm wurde in allen alten Kulturen als Baustoff nicht nur für Wohnbauten, sondern auch für Befestigungsanlagen und Kultbauten verwendet." (Minke, 1995:13)

4.1 Was ist Lehm?

Lehm setzt sich generell aus Ton, Schluff und Sand zusammen und kann ebenso größere Bestandteile von Kies, Gestein und anderem organischen Material enthalten. Der Tonanteil im Lehm wirkt als Bindemittel zwischen Schluff, Sand und Kies. Er hält diese Bestandteile zusammen und ist für die Bindekraft verantwortlich. Er ist ein Verwitterungsprodukt aus Feldspat und anderen mineralischen Urgesteinen. Tonminerale haben eine hexagonale kristalline plättchenförmige Struktur, die wie ein Kleber zwischen den Füllstoffen fungiert. Lehm besitzt die Eigenschaft Wasser zu binden und ist dadurch plastisch formbar. Dringt Wasser in das blättrige Kristallgefüge werden diese von einem dünnen Wasserfilm umhüllt und bewirken eine Volumenzunahme, was man Quellen nennt. Wasser wird im Lehm aufgenommen und weitergeleitet, Bereiche hoher Feuchtigkeit wandern zu Bereichen niedriger Feuchtigkeit. Die Kristallplättchen des Tons lagern sich beim Austrocknen dicht aneinander. So entstehen Kohäsionskräfte, die dem Lehm im plastischen Zustand seine Zugfestigkeit und im trockenen Zustand seine Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit bewirken (Minke, 1995).

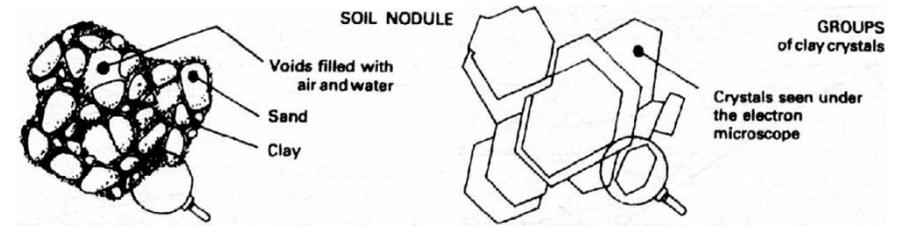


Abbildung 4-1 (von links nach rechts): Erdbodenprobe und Tonkristalle (Houben et al., 1989)

"Man unterscheidet zwischen fetten Lehmen mit großem Tongehalt und mageren Lehmen mit einem geringen Tongehalt. Andere Bezeichnungen hängen von der Beschaffenheit des Mineralgerüsts ab. So spricht man von steinigen, grob-, fein- und schluff-sandigen Lehmen." (Wichmann et al., 1983:21)

Es gibt unterschiedliche Lehmarten, die je nach Art der Verwitterung entstehen. **Berglehme** (Gehängelehme) entstehen durch Verwitterung von Gestein an Berghängen und sind mit größeren und kleineren Gesteinsbrocken durchsetzt. Sie eignen sich besonders für den Stampflehmbau, da sie eine hohe Bindekraft und Druckfestigkeit besitzen. **Geschiebelehme** kommen im europäischen Flachland durch Ablagerungen der Eiszeiten vor und sind sehr kalkhaltig. Bei hohem Kalkgehalt nennt man ihn Mergel bzw. Tonmergel, sie sind jedoch für den Lehmbau aufgrund ihrer geringen Bindekraft mäßig geeignet. **Schwemmelhme** nennt man Geschiebelehme, die durch Wasser von ihrem ursprünglichen Standort umgelagert worden sind, also abgeschwemmt wurden. **Lößlehme** sind aus den Sandstürmen der letzten Eiszeit entstanden und haben einen geringen Tongehalt, was eine geringe Bindekraft bedeutet. Jedoch weisen sie einen hohen Anteil an Schluff und Feinkorn auf. **Auelehme** (Schlicklehme) findet man in Flusstälern. Sie bilden sich durch Ablagerungen aus dem Wasser (Minke, 1995).

Lehm besitzt die Eigenschaft die Feuchtigkeit der umgebenen Luft aufzunehmen. Je höher die Luftfeuchte, desto mehr Feuchtigkeit nimmt er auf. Dieses Verhalten wird Absorption genannt. Wiederum bezeichnet man die Abgabe von Feuchtigkeit eines Baustoffes Desorption. Die Gleichgewichtsfeuchte ist die spezifische Restfeuchte eines Bauteils im ausgetrockneten Zustand und das Maß der maximalen Feuchte, die er bei konstanter Temperatur und Luftfeuchte aufnehmen kann (Minke, 1995).

"Die Saugfähigkeit eines Baustoffes wird als Kapillarität, der Vorgang der Weiterleitung als kapillarer Feuchtetransport bzw. kapillarer Wassertransport bezeichnet." (Minke, 1995:44)

4.2 Einteilung der Korngrößen

Dieser Kapitelabschnitt behandelt die Einteilung der Korngrößen nach Houben. Die oberste Schicht des Mutterbodens ist meist mit Humus bedeckt, der nicht für das Bauen geeignet ist, darunter befinden sich die mineralischen Bestandteile, deren Zuordnung nach Korngrößen klassifiziert wird.

Kieselsteine (20-200 mm) haben eine grobkörnige raue Struktur, die sich aus dem Zerfall des Muttergesteins bildet. Junge Kieselsteine haben scharfe Ecken und stark verwitterte sind abgerundet. Auch die, die durch Wasserläufe oder Gletscher transportiert wurden.

Kies (2-20 mm) bildet ein feinkörniges raues Material aus dem Zerfall des Muttergesteins und der Kieselsteine. Er kann ebenfalls scharfkantig oder abgerundet sein. Er ist das Gerüst des Bodens und begrenzt seine Kapillarwirkung und Schrumpfung.

Sand (0,6-2 mm) besteht aus Kiesel- oder Quarzpartikel. Ein Sandstrand kann auch Teile von Schalenfragmenten (Muscheln) beinhalten. Die sandigen Bestandteile des Bodens zeichnen sich durch ihre hohe innere Reibung aus. Die geringe Absorption der Oberfläche begrenzt die Schwellung und Schrumpfung von Sand, so ist das Material sehr durchlässig.

Schluff (0,002-0,06 mm) aus physikalischer und chemischer Sicht ist er praktisch ident mit der Sandkomponente und unterscheidet sich nur in der Größe.

Ton (> 0,002 mm) hat eine andere chemische und physikalische Zusammensetzung als die zuvor genannten Körnungen. Er bildet eine kristalline plättchenförmige Struktur. Durch die große spezifische Oberfläche des Materials ist es sehr anfällig für das Quellen und Schwinden. Aus chemischer Sicht handelt es sich um hydrathaltige Aluminium-Silikate.

Kolloide (> 0,002 mm) wirken wie eine klebrige Paste und überziehen die sandigen Bestandteile zu einem Gefüge. Der Hauptbestandteil der mineralischen Kolloiden, die aus dem Muttergestein entstanden sind, ist der Ton. Er ist oft mit feinen Quarzkörnern mit hydrathaltiger Kieselsäure, sehr feinen Kristallen aus Kalkstein- und Magnesiumkolloide, sowie mit kolloidalen Eisen- und Aluminiumoxiden versehen. Organische Kolloide resultieren aus der Zersetzung von organischem Material wie Humus und Bakterienleime.



Abbildung 4-2 Kies (buhck.de/...)



Abbildung 4-3 Schluff (www.lfu.bayern.de/...)



Abbildung 4-4 Sand (buhck.de/...)



Abbildung 4-5 Ton (www.lfu.bayern.de/...)

4.3 Festigkeiten

Die unterschiedlichen Festigkeitseigenschaften von Lehm werden hier nach Minke, 1995 zusammengefasst:

Bindekraft (g/m^2)

Der Tongehalt des Lehms und die Art der vorhandenen Tonminerale sind Merkmale seiner Bindekraft. Tone, die viel Natrium oder Kalium beinhalten, haben eine hohe Bindekraft, wiederum Tone mit viel Kalzium eine geringe Bindekraft. Man teilt den Lehm zufolge seiner Bindekraft in fette, magere und sandige Lehme. Die Bindekraft ist für die Zugfestigkeit von plastischem Lehm verantwortlich.

"Je größer die Bindekraft eines Lehms, um so größer ist meist auch seine Druck- und Abriebfestigkeit im trockenen Zustand." (Minke, 1995:78)

Trockendruckfestigkeit (N/mm^2)

Die Druckfestigkeit trockener Lehmteile wird Trockendruckfestigkeit genannt und ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Zum einen vom Tonanteil und der Art des Tons (wie bei der Bindekraft), sowie von der Größe und Menge der Zuschlagstoffe, wie Schluff, Sand und Kies und zum anderen von mechanischen Faktoren, wie die Aufbereitung des Lehms, sowie die Art der Verdichtung. Die Druckfestigkeit trockener Lehmteile beträgt im allgemeinen 0,5 und 5,0 N/mm^2 .

Elastizitätsmodul (N/mm^2)

Das E-Modul ist ein Maß für die Steifigkeit eines Werkstoffes. Je steifer er ist, desto geringer ist seine Verformung unter Lasteinfluss. Er liegt bei Lehmen zwischen 6.000-7.000 N/mm^2 .

Beton der Druckfestigkeitsklasse C20/25 hat im Vergleich ein größeres E-Modul von 30.000 N/mm^2 ([www.betontechnische-daten.de/...](http://www.betontechnische-daten.de/)). Lehm gibt also bei gleicher Belastung und Geometrie schneller nach.

Biegezugfestigkeit (N/cm^2) und Kantenfestigkeit

Lehmteile sollen nicht biegebeansprucht werden, daher ist die Biegezugfestigkeit - außer bei Lehmputzen und Lehmsteinen - eher von geringer Bedeutung. Lehmsteine müssen beim Transport und bei der Montage kantenfest sein. Lehmputze dürfen nicht brechen oder reißen. Wie bei der Bindekraft ist die Biegezugfestigkeit vom Tongehalt und der Art des Tones abhängig. Bei einer geringen spezifischen Oberfläche der Tone, also je größer und dicker die kristalline Plättchenstruktur ist, desto geringer ist die Biegezugfestigkeit. Durch die Zugabe von Montmorillonit, ein Tonmineral, welches einen großen Bestandteil von gewöhnlichem Bentonit (als Sackware erhältlich) ausmacht, kann die Biegezugfestigkeit erhöht werden.

Gegenüber der Druckfestigkeit sind jedoch die Zug- und Schwerfestigkeit sehr klein. Durchschnittliche Zugfestigkeitswerte liegen zwischen 3 und 10 kg/cm^2 - je nach Bodenart." (Wichmann et al., 1983:23)

Haftzugfestigkeit (N/mm^2)

Die Haftzugfestigkeit spielt bei Lehmputzen eine wichtige Rolle und ist von der Haftung des Putzes abhängig. Im besten Fall ist der Untergrund rau, damit der Putz besser haften bleibt. Auch die Biegezugfestigkeit des Putzes ist wesentlich für eine gute Haftung am Untergrund.

Abriebfestigkeit

Durch mechanische Beanspruchung, wie zum Beispiel bei Sandstürmen oder schleifenden Bewegungen beim Gehen wird die Oberfläche von Lehmputzen oder Lehmfußböden abgerieben. Je höher die Bindekraft und umso glatter und geschlossener die Oberfläche der Lehmteile ist, desto besser ist ihre Abriebfestigkeit.

4.4 Lehmbaustoffe

Die unterschiedlichen Lehmbaustoffe werden hier kompakt vorgestellt. Detaillierter eingegangen wird jedoch auf die für das Bauhandbuch relevanten Baustoffe. Generell können Lehmbaustoffe durch mechanische Zerkleinerung und deren erneuten Aufbereitung mit Wasser wiederverwendet werden. Baulehm ist ein sehr nachhaltiger Baustoff und kann umweltfreundlich deponiert werden (Volhard et al., 2009).

"Lehmbaustoffe werden nach Dichte, Zuschlag, Verarbeitung oder Verwendungszweck bezeichnet." (Volhard et al., 2009:19)

4.4.1 Lehmsteine

Je nach Art der Herstellung werden Lehmsteine in Lehmquader, Lehmpatzen oder Grünlinge eingeteilt. Lehmquader sind schwere und großformatige Lehmsteine, die aus erdfeuchten, mageren Lehm in eine Form gestampft werden. Bei Lehmpatzen wird eine nasse, mittelfettige Lehmmischung, meist mit organischen Zuschlagsstoffen, in Holzformen geworfen. Grünlinge sind durch ein Strangpress-Verfahren industriell hergestellt und bestehen aus fettem, steinfreiem Lehm. Das "Patzen" - Hineinwerfen der Lehmmischung in eine Form - ist die meist angewandte Herstellungsart für Lehmsteine. Das gilt vor allem für Entwicklungsländer (Minke, 1995).

Die Rohdichte von Lehmsteinen beträgt zwischen 600 und 2.200 kg/m³, alle Lehmsteine unter 1.200 kg/m³ können als Leichtlehmsteine bezeichnet werden (Volhard et al., 2009)

"Mit der Bezeichnung „Lehmziegelbau“ oder „Lehmsteinbau“ sind ungebrannte „Steine“ bzw. „Ziegel“ aus Lehm gemeint, die mit Lehm- oder Kalkmörtel vermauert sind." (Minke, 1995:115)

Herstellung und Vermauern der Lehmsteine

Beim Patzen wird mit Schwung die aufbereitete Lehmmischung in die zuvor vorbereitete Holzform geworfen. Die Dimension der Form ist je nach der benötigten Größe der Lehmsteine zu wählen. Generell werden zwei bis drei Lehmsteine in einem Arbeitsvorgang gleichzeitig produziert. Diese Anzahl kann man erhöhen. Jedoch bei großformatigen Steinen wird die Verwendung einer Einsteinform empfohlen. Nach dem Einwerfen steift man den überschüssigen Lehm mit der Hand, einem flachen Stück Holz, einem Draht oder einer Kelle ab. Damit entsteht eine plane Oberfläche. Die Form wird vorsichtig nach oben gezogen und die Lehmsteine nach einer kurzen Trocknungszeit an ihren endgültigen Trocknungsplatz gebracht. Das Patzen bewirkt eine größere Dichte der Lehmsteine. Damit wird eine höhere Festigkeit nach dem Austrocknen der Lehmsteine erreicht als beim Pressverfahren. Ungefähr 300 Steine pro Tag kann eine einzelne Person inklusive Aufbereitung, Transport der Lehmmischung und Stapelung der getrockneten Steine herstellen (Minke, 1995).



Abbildung 4-6 (von links nach rechts): gepatze Lehmsteine beim Trocknen und gestapelt

"Je kraftvoller die Lehmklumpen in die Form geworfen werden, umso besser ist die Verdichtung und die Festigkeit des Steins nach der Austrocknung." (Minke, 1995:119)

Das Mauern der Lehmsteine erfolgt im Verband mit Lehmmörtel oder anderen Mörtelarten. Die Stoß- und Lagerfugen sind vollfugig in einer Stärke von circa 1 cm auszuführen. Die Druckfestigkeit des Mörtels muss auf die Festigkeit der Lehmsteine abgestimmt werden (Volhard et al., 2009). Die Lehmmörtelmischung wird mit grobem Sand gemagert. Durch das Einkerbten der Fugen entsteht eine bessere Putzhaftung. Statt Lehmörtel ist auch die Verwendung eines hydraulischen Kalkmörtels möglich, jedoch sollte kein reiner Zement- oder Kalkzementmörtel benutzt werden, da diese sehr spröde sind und leicht reißen. Eine optimale Kornverteilung beugt Schwindrisse beim Austrocknen der Lehmbauteile vor. Keine Schwindrisse zeigt die Kornverteilungskurve eines mageren, sandigen Lehms mit circa 14 % Ton, 22 % Schluff, 62 % Sand und 2 % Kies Anteilen. Das Herstellen von Lehmsteinen mit mechanischen Pressen hat den Vorteil, dass der erdfuchte Lehm direkt verarbeitet werden kann und die Steine sofort stapelbar sind. In manchen Fällen ist es notwendig die Mischung mit Zement anzureichern, da durch das fehlende Kneten oder Rühren der gepressten Lehmsteine, das Aktivieren der Bindekraft des Tons fehlt (Minke, 1995).

Historische Formate von Lehmsteinen

Bereits in der Antike war das Bauen mit Lehmsteinen geläufig. Lehmsteine wurden in der traditionellen Läufer-Binder-Technik mit Lehmörtel oder auch mit Bitumen gemauert. Schon damals wurde Bitumen in Hīt am mittleren Euphrat (Irak) gewonnen (Wichmann et al., 1983).

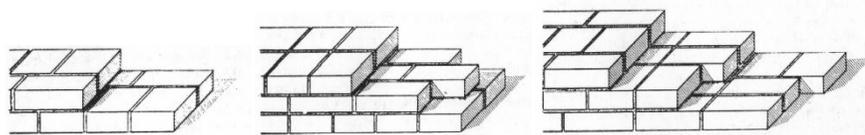


Abbildung 4-7 traditionelle Ziegelverbände in Isin, Irak (Wichmann et al., 1983)

"In der altbabylonischen Zeit (1. Hälfte des 2. Jahrtausends) wurde schon ein Ziegelformat von 28 x 18 x 9 cm, das unserem heutigen gebräuchlichen ungefähr entsprach, verwendet." (Wichmann et al., 1983:55)

4.4.2 Lehmplatten

Lehmplatten sind plattenförmige Baustoffe, die als nichttragende Wände, Ausfachungen von Balkendecken oder Dachschrägen und als Deckenauflagen dienen. Sie werden vermauert oder im trockenen Zustand miteinander verbunden. Als Verkleidungen sind sie im Trockenbau anzutreffen. Ihre Rohdichte liegt unter 1.200 kg/m³ (Volhard et al., 2009)

4.4.3 Faser- und Strohlehm

Man spricht von Faserlehm, wenn der Lehmmischung pflanzliche Fasern zugefügt werden. Der Strohlehm wird mit Stroh angereichert. Er dient zur Ausfachung von Fachwerkwänden und Balkendecken, aber auch für putzähnliche Aufträge. Lehmsteine und Lehmplatten können auch aus Strohlehm bestehen. Stroharten wie Roggen, Gerste, Hafer und Grobheu eignen sich besonders gut. Das Stroh wird, bevor es der Lehmmischung zugefügt wird, zerkleinert. Faserlehm hat eine Rohdichte von 1.200 bis 1.700 kg/m³ (Volhard et al., 2009).

4.4.4 Leichtlehm

Leichtlehm wird mit organischen oder mineralischen Leichtzuschlägen, wie Blähton, Perlite oder Bims gemischt. Nach der Aufbereitung der Mischung hat er eine flüssige bis breiige Konsistenz. Leichtlehm darf außer seinem Eigengewicht keine Lasten tragen. Durch Verdichtung wird er zu Steinen und großformatigen Elementen verarbeitet. Aus Leichtlehm bestehen Vorsatzschalen und Deckenausfachungen. Die Rohdichte liegt zwischen 300 und 1.200 kg/m³ (Volhard et al., 2009).

4.4.5 Lehmschüttungen

Die Trockenrohichte von Lehmschüttungen beträgt 300 bis 2.200 kg/m³. Wenn sie eine Rohdichte unter 1.200 kg/m³ haben, kann man sie als Leichtlehmschüttungen bezeichnen (vgl. Rohdichte Leichtlehm). Den Lehmschüttungen werden gelegentlich organische oder mineralische Zuschlagsstoffe beigemischt (Volhard et al., 2009).

"Lehmschüttungen sind lehmgebundene, schüttfähige Aufbereitungen aus Baulehm und Zuschlagstoffen zur Verfüllung waagerechter Bauteile." (Volhard et al., 2009:33)

4.4.6 Lehmörtel

Zuschlagsstoffe wie Sand oder feine Strohhäcksel werden mit einem nicht zu mageren Baulehm, der eine hohe Bindekraft aufweist, vermischt. Für Putzmörtel verwendet man teilweise historische und regionale Zusätze, wie Molke oder Dung. Ausschlaggebend für die Vermeidung von Rissbildungen ist das Magern des Lehmörtels. Ein zu hohes Abmagern führt aber wiederum zu einer Verminderung der Druck-, Haft-, und Abriebfestigkeit von Lehmputzen. Als Leichtlehmörtel werden wiederum Lehmörtel bezeichnet, die eine Rohdichte unter 1.200 kg/m^3 aufweisen (Volhard et al., 2009).

4.4.7 Wellerlehm

Der Wellerlehm wird vor allem für die Sanierung historischer Wellerwände, aber auch für die Errichtung neuer tragender und nichttragender Wände verwendet. Er besteht aus einem Gemisch von Lehm und Stroh und wird feucht aufbereitet. Im trockenen Zustand hat er eine Rohdichte von 1.400 bis 1.700 kg/m^3 . Für deren Errichtung benötigt man keine Schalung. Die Lehmischung wird schwingvoll mit einer Heugabel in 80 cm hohen Schichten gestapelt. Nach einer ausreichenden Antrocknungsphase sticht man die Wände zu einer glatten Oberfläche ab. Bis man sie verputzen kann, muss oft bis zu einem Jahr gewartet werden, um Setzungsschäden und Verformungen zu vermeiden (Volhard et al., 2009).

4.4.8 Stampflehm

Für diesen Baustoff ist eine Schalung notwendig. Der erdfeuchte Lehm wird in die Schalung gefüllt und dabei mechanisch verdichtet. Für diese Technik eignet sich besonders eine trockene Mischung aus körnigem bis steinigem Lehm (Berg- oder Gehängelehm). Sehr fette Lehme sind daher nicht sinnvoll. Wenn der Lehm ein zu hohes Schwindmaß aufweist, muss dieser mit Zuschlägen stabilisiert werden. Die Trockenrohichte beträgt 1.700 bis 2.400 kg/m^3 . Die Verarbeitung des Stampflehms erfolgt in 10 bis 15 cm hohe Schichten (Volhard et al., 2009).

4.4.9 Stranglehm

Mit dem Stranglehmverfahren lassen sich Wände, Gewölbe, Einbaumöbel und Sanitäröbekte errichten. Die Lehmischung wird mit einem Lehmstrangpressgerät zu Lehmsträngen extrudiert. Um das Aufreißen der Kanten zu verringern, wird eine Lehmischung mit einem hohen Tonanteil verwendet (Minke, 1995).



Abbildung 4-8 Wellerlehm-bau ([www.lehmbau-atlas.de/...](http://www.lehmbau-atlas.de/))



Abbildung 4-9 Stampflehm-bau in Logiya, Äthiopien (Kraßnitzer, 2018)

4.4.10 Exkurs: Nasslehm

Die einfachste Lehm- bautechnik ist das Formen von plastischem Lehm, die noch heute in Afrika und Asien weit verbreitet ist. Für diese traditionelle Technik kann der Lehm ohne Geräte und Zwischenlagerung direkt verwendet werden. Nachdem er mit den Füßen aufbereitet wird, wird er per Hand zu Klumpen geformt. Jedoch ist das lineare Trockenschwindmaß durch den hohen Ton- und Wasseranteil von fetten Lehmen ziemlich hoch (bis zu 10%). Dies führt wiederum zu Rissbildungen während der Austrocknung. Auch bei mageren Lehmen bewegt sich das Schwindmaß zwischen 3 und 6% . Der plastische Lehm wird durch Stampfen, Schlagen, Drücken oder Werfen in eine Form gebracht (Minke, 1995).

Nasslehmtechnik in Ghana

Eine einfache Methode zur Herstellung von runden Wänden wird im Nordosten Ghanas angewendet. Lehm und Wasser wird mit den Füßen zu einer Masse gestampft. Aus dieser Mischung formt man Lehmklumpen, die schichtweise auf die Wand gepatzt werden. Durch direkte Sonneneinstrahlung trocknet der Lehm ziemlich schnell an. Danach überzieht man die Wand mit einem Lehmputz. Die Glättung der Oberfläche erfolgt durch einen flachen Stein, um diese wasserbeständiger zu machen (Minke, 1995).

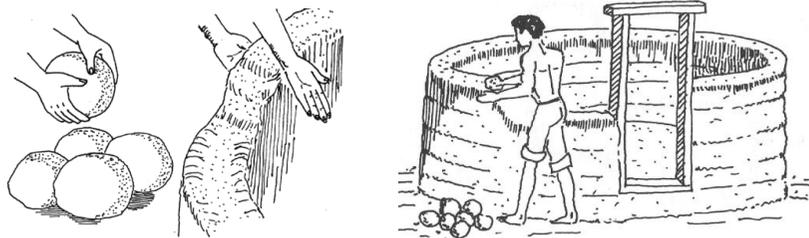


Abbildung 4-10 Formen einer Wand aus Lehmklumpen, Nordost-Ghana (Minke, 1995)



Abbildung 4-11 Gehöft im Nordosten Ghanas, 1970 (Denyer, 1978)

Zabur-Technik im Jemen

Die Zabur-Technik aus dem Norden Jemens ist der Nasslehmtechnik im Nordwesten Ghanas sehr ähnlich. Hier werden massive Wände errichtet, indem eine Mischung aus Lehm und Stroh zu Lehmklumpen geformt und mit Schwung von oben auf die Wand gepatzt wird (Minke, 1995). Die Sockel bestehen aus harten Trümmersteinen, die mindestens einen Meter über der Erdoberfläche ragen und an den Ecken einen halben Meter hochgezogen werden. Dies bewirkt eine Entlastung der Ecken und damit das Auseinanderbrechen der Lehmschichten. Die fertige Lehmmischung wird in brotleibförmige Klumpen geknetet und in Staub oder Stroh gewälzt, um eine formstabile Oberfläche zu erhalten (Wichmann et al., 1983)

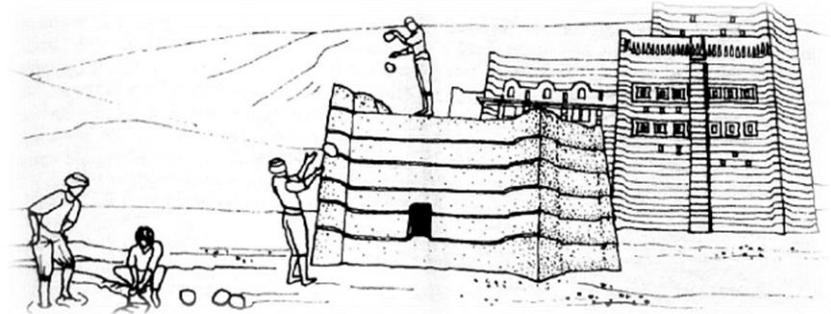


Abbildung 4-12 Zabur Technik im Norden Jemens (Houben et al., 1995)



Abbildung 4-13 (links) Zabur-Konstruktion unverputzt (Wichmann et al., 1983)

Abbildung 4-14 (rechts) Herstellen der Lehmwände in der Zabur-Technik (Minke, 1995)

4.5 Lehmbauteile

Lehmbauteile werden in tragende und nicht tragende Wände, Gewölbe und Decken, Lehmputze und Fußböden unterteilt. Die Tabelle zeigt die Verwendung der Lehmstoffe bezogen auf die Lehmbauteile.

	Stampflehm	Wellerlehm	Strohlehm	Leichtlehm	Lehmschüttung	Lehmmörtel	Lehmsteine	Lehmplatten
	ungeformte Lehmstoffe						geformte Lehmstoffe	
Fußboden	x					x		
Wand tragend	x	x				x	x	
Wand nichttragend	x	x	x	x		x	x	x
Decken und Dach			x	x	x		x	x
Trockenbau							x	x
Putz			x	x		x		

Tabelle 4 Verwendung von Lehmstoffen (nach Schroeder, 2013)

4.5.1 Tragende Wände

Wände, Stützen und Balken müssen vertikale und/oder horizontale Lasten aufnehmen können, sprich mehr als ihr Eigengewicht tragen Sie dienen auch zur Knickaussteifung von tragenden Wänden unter starker Druckbeanspruchung (Volhard et al., 2009).

Lehm ist nicht wasserresistent. Die Lehmteile müssen während der Bauausführung vor Regen geschützt werden. Zudem sollte man auf ein Mischmauerwerk verzichten, da dies zu starken Setzungsschäden führen kann. Generell sind alle Lehmteile vor aufsteigender Bodenfeuchtigkeit und Spritzwasser zu schützen. Der Sockel sollte aus wasserfesten Baustoffen bestehen. Sockelvorsprünge unterhalb der tragenden Lehmteile muss man vermeiden, um die Ansammlung von Wasser fern zu halten. Schäden an tragende Lehmteile lassen sich ziemlich einfach instand setzen. Der beschädigte Wandteil wird herausgeschnitten und mit neuen Lehmstoffen, wie zum Beispiel Lehmsteinen gefüllt. Kleine Risse sind mit Lehmmörtel zu verfügen. Die beschädigte Stelle wird zuvor vorgehästet und dann mit Lehmmörtel verfüllt (Volhard et al., 2009).

4.5.2 Gewölbe

Die Form der Gewölbe ist so zu wählen, dass sie nur auf Druck beansprucht werden. Dies erreicht man durch die Form einer Stützlinie. Bei niedrigen Spannweiten genügen auch kreisförmige Überdeckungsformen. Lehmgewölbe werden mit einer entsprechenden Schalung oder durch das Mauern von Lehmsteinen mit Lehm- oder Kalkmörtel hergestellt. Wenn sie als Dach fungieren und dadurch ständiger Witterung ausgesetzt sind, müssen sie vor Wasser geschützt werden (Volhard et al., 2009).

„Tonngewölbe sind einseitig, Kuppeln zweiseitig gekrümmte Tragwerke. Kappen sind Tonngewölbe geringer Höhe und kurzer Spannweite und werden als tragende Ausfachung zwischen Balken oder Trägern verwendet.“ (Volhard et al., 2009:56)

4.5.3 Nichttragende Wände und Ausfachungen

Lehmsteine, Stampflehm und Lehmplatten können als nichttragende Wände ausgeführt werden oder finden Verwendung als Vorsatzschalen. Eine nichttragende Stampflehmwand sollte eine Mindestdicke von 20 cm aufweisen. Ausfachungen von Fachwerken werden mit Lehmsteinen, Strohlehm, Leichtlehm oder Lehmmörtel hergestellt (Volhard et al., 2009).

„Nichttragende Wände und Ausfachungen werden überwiegend nur durch Eigenlast sowie in der Gebäudehülle durch Windkräfte beansprucht. Sie wirken nicht aussteifend.“ (Volhard et al., 2009:57)

4.5.4 Balkendecken

Die Hohlräume von Decken sind mit Stroh- oder Strohleichtlehm, Faserlehm, Lehmschüttungen oder mit Lehmplatten ausgefacht. Je nachdem welche Anforderungen der zu füllende Baustoff aufweisen muss (Volhard et al., 2009).

4.5.5 Lehmputze

Lehmputze werden meist mehrlagig und entsprechend ihren Anforderungen ausgeführt. Außenputze müssen wetterbeständig sein, wobei Innenputze weniger anspruchsvoll sind. Mehrlagige Putze bestehen aus einem oder mehreren Unterputzen und einem Oberputz und müssen am Untergrund haften bleiben (Minke, 1995).

"Putz ist aus Putzmörtel hergestellter Belag auf Wänden, Decken und Dachschrägen, der seine endgültigen Eigenschaften erst durch Verfestigung am Baukörper erreicht." (Volhard et al., 2009:76)

Die Bindekraft und die Haftungsfähigkeit eines Lehmputzes hängt vom Tonanteil ab, der nicht höher als 12 % sein sollte. Stark sandige und schluffige Lehmputze mit 5 % Tonanteil gelten generell als ausreichend. Nicht nur die Tonmenge, sondern auch die Art des Tones, die Korngrößenverteilung des Sandes, die Zuschläge (Fasern), der Wassergehalt und die Aufbereitung des Lehmputzes sind von seiner Festigkeit abhängig. Um die richtige Mischung zu erhalten, sollten Probeflächen angelegt werden (Minke, 1995). Da der Lehmputz keine chemische Verbindung mit dem Untergrund eingeht, muss dieser zuvor geraut werden. Bei einem Mauerwerk kann dies durch das Auskratzen der Lagerfugen und/oder das Aufrauen der Oberfläche mit einem Nagelbrett oder Nageleisen geschehen. Der Untergrund soll frei von losen Partikeln sein und bei Bedarf vorher abgebürstet werden. Noch eine bessere Haftung wird erreicht, wenn die Oberfläche vorher genässt wird und der Lagerfugenmörtel vor dem Austrocknen 1 cm tief mit einer Kelle ausgekratzt wird. Das Anbringen von Putzträger, wie Draht- oder Kunststoffgitter und Schilfrohmatten dienen ebenso zur besseren Haftung am Untergrund. Schilfrohmatten sind für Außenwände ungeeignet, da diese zu verrotten beginnen oder von Insekten befallen werden können. Um Schwindrisse zu vermeiden muss der Putz gewisse Anforderungen erfüllen. Er sollte viel Grobsand und eventuell Fasern aus Tier- oder Menschenhaar oder organische Zuschläge wie Sisalfasern, Stroh- oder Heuhäcksel enthalten. Die Lehmmischung kann schon bei der Aufbereitung zu einer besseren Bindekraft führen, indem die Tonanteile gleichmäßig vermischt werden. Der fertig gemischte Putz muss an der senkrecht gehaltenen Kelle kleben bleiben und beim Anwerfen auf die Wand gut von dieser gleiten (Minke, 1995).



Abbildung 4-15 Probeflächen auf der Baustelle, Logiya (Filmausschnitt Kießling, 2017)

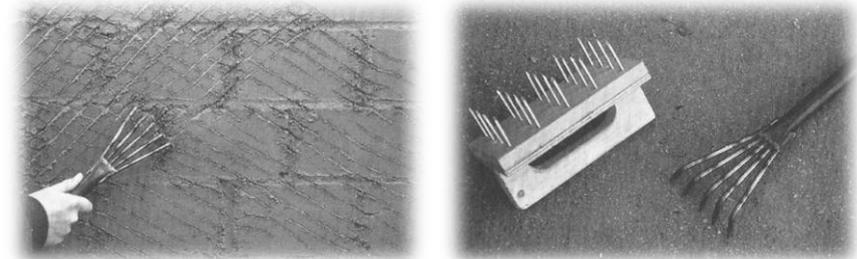


Abbildung 4-16 (von links nach rechts): Aufrauen der genässen Lehmoberfläche und Geräte zum Aufrauen (Minke, 1995)



Abbildung 4-17 Strohlehmputz in Logiya, 2016

Außenputze müssen vor allem an den Wetterseiten (Wind und Regen) witterungsbeständig sein. Bei mehrlagigen Putzen sollte man darauf achten, dass der Unterputz vor Auftrag des Oberputzes weitgehend trocken ist und eine Dicke von über 2 cm aufweist. Zur Weiterbehandlung, wie das Anbringen eines wetterfesten Anstrichs, muss der Oberputz ausreichend fest sein. Er darf das Schwindmaß von 2 % nicht überschreiten (Volhard et al., 2009). Der Lehmmischung für Außenputze können Kuhdung, Kasein oder andere Mittel zugesetzt werden, um die Wasserbeständigkeit zu erhöhen. Auch durch die mechanische Nachverdichtung, wie das Glätten der Oberfläche mit einem flachen Stein wird der Außenputz widerstandsfähiger gegenüber Regen und Wind (Minke, 1995).

Innenputze sind weit anspruchsloser und feine Schwindrisse nicht weiter problematisch. Sie werden mit einer Stärke von 1,5 cm aufgetragen. Durch Zuschläge der richtigen Kornverteilung lassen sich Wisch- und Abriebfestigkeit erhöhen. Eine geringere Schwindrissbildung wird erreicht, wenn der Sand hauptsächlich aus Grobsand und etwas Feinkies (2 bis 4 mm Körnung) besteht (Minke, 1995).



Abbildung 4-18 Glätten des Unterputzes und Bildung von Löcher, Logiya (Filmausschnitt Kießling, 2017)

4.5.6 Anstriche

Wetterfeste Anstriche aus reinem Kalk, Kalk-Kasein, Kalk-Talg und Bitumen müssen in regelmäßigen Abständen erneuert werden, da sie sich mit der Zeit durch Regen, Wind und Sonneneinstrahlung zersetzen. Dünnflüssige, reine Kalkanstriche werden in drei bis vier Lagen ausgeführt. Bewährt hat sich eine Mischung aus 50 kg Kalkhydrat mit 50 bis 60 l Wasser verrührt. Ein Zuschlag von 1 bis 2 kg Salz hält den Anstrich länger

feucht. Der Kalkanstrich ergibt ein sehr helles weiß und ist nicht wischfest. Durch die Zugabe von Magerquark, Molke oder Kaseinpulver wird eine haltbarere und wischfestere Oberfläche erzielt. Auch Kalk in Verbindung mit pflanzlichen Zuschlägen wie Roggenmehlkleister, der Saft von Agaven, gekochten Bananenblättern, des Feigenkaktus oder der Wolfmilchgewächse erhöhen die Wasserfestigkeit. Ein Bitumenanstrich von einem Teil erhitztem Bitumen der Klasse 80/100 in zwei Teile Petroleum gelöst, hat sich als guter Regenschutz bewährt. Der Anstrich wird in zwei Lagen ausgeführt. Wenn die erste Lage trocken ist, erfolgt die zweite Lage. Da Bitumen die Oberfläche abdunkelt, kann man einen Kalkanstrich als letzte Schicht auftragen (Minke, 1995).

"Außenanstriche sollen wasserabweisend und gleichzeitig offenporig sein, d.h. ein durchgängiges Mikroporengefüge haben, damit die Wasserdampfdiffusion nur wenig behindert wird. Dies ist notwendig, damit Feuchtigkeit, die durch Schlagregen oder Wasserdampfkondensation in die Wand eingedrungen ist, nach außen entweichen kann." (Minke, 1995:192)

4.5.7 Stampflehmfußboden und Sockel

Die Anforderungen an einen Stampflehm Boden sind sehr hoch. Er sollte abrieb-, wasser- und druckfest sein. Zur Erhöhung der Abriebfestigkeit ist das Einlegen von Holz- oder Ziegelpflaster oder das Bedecken der Lehmoberfläche mit Korkplatten oder Strohmatte sinnvoll. Ein traditioneller Lehm Boden nach Niemeyer ist in der Abbildung 4-19 zu sehen.

"Für die Herstellung von Stampflehmfußböden wird Stampflehm lagenweise eingebaut und durch Rütteln, Stampfen oder Schlagen verdichtet. [...] Die einzelnen Lagen können eingebaut werden, wenn die Schwindrissbildung in der darunterliegenden Schicht abgeschlossen ist. Eine vollständige Austrocknung ist nicht erforderlich." (Volhard et al., 2009:87)

Fetter Lehm in einer Stärke von 15 cm wird als Sperrschicht gegen drückendes Wasser 2-lagig aufgetragen und durch Schlagen oder Stampfen verdichtet. Eine Schotterschicht von 20 cm schützt vor aufsteigender Feuchtigkeit. Darüber wird eine 10 cm dicke Schicht aus einer Mischung aus fettem Lehm und Strohhäcksel, Spreu, Sägemehl oder Holzspäne. angebracht. Der gleichen Mischung wird Zement und Sand im Verhältnis 1:6 zugesetzt und in einer Stärke von 4 cm aufgetragen. Der Zement dient zur Aufnahme größerer Lasten. Danach folgt eine 2 cm dicke Schicht aus je einem Teil Sand, Sägemehl und Zement. Nach vollständiger Austrocknung wird die Oberfläche mit Wachs gestrichen und geglättet. Der Zementestrich kann durch eine Lehmmischung aus fettem Lehm, Grobsand und Feinschotter ersetzt werden. Die Stärke beträgt dann 7 cm. Die Oberfläche bearbeitet man so lange mit einem Schlagholz, bis keine Risse mehr zu sehen sind. In die abschließende Schicht wird Rinderblut, Rindergalle, Hammerschlag oder Teer eingeschlagen (Minke, 1995).

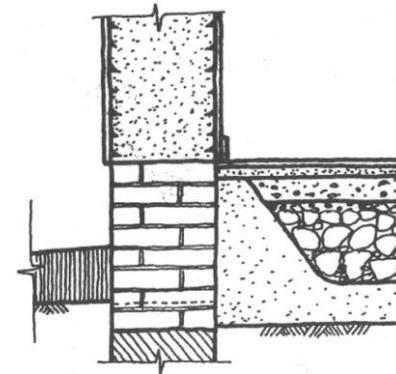


Abbildung 4-19 traditioneller Fußbodenaufbau für Wohnräume, nach Niemeyer 1946 (Minke, 1995)

In der ägyptischen Provinz El Giza werden bei lehmige Böden die Steinfundamente zwischen 50 und 80 cm unter der Erdoberfläche mit einer Gesamthöhe von bis zu 120 cm errichtet. Darüber mauert man die Wand aus ungebrannten Lehmsteinen. Die Ausbildung des Sockels ist vor allem im Spritzwasserbereich von hoher Bedeutung und schützt die Lehmwand vor aufsteigender Feuchtigkeit (Shihata, 1997).

Nach Abtragen des Mutterbodens wird dieser Oberfläche planiert und mit einer 20 bis 25 cm dicken Schicht aus Grobsand, Kies oder Schotter verfüllt. Mittelfetter bis fetter Lehm wird mit Sand gemagert, kräftig eingestampft und mit einem Schlagholz so lange bearbeitet bis die Oberfläche glatt und glänzend ist (Shihata, 1997).

"Im Allgemeinen sind bei ägyptischen Lehmziegelbauten die Sockel und Fundamente aus Naturstein hergestellt und in Lehmmörtel verlegt." (Shihata, 1997:351)

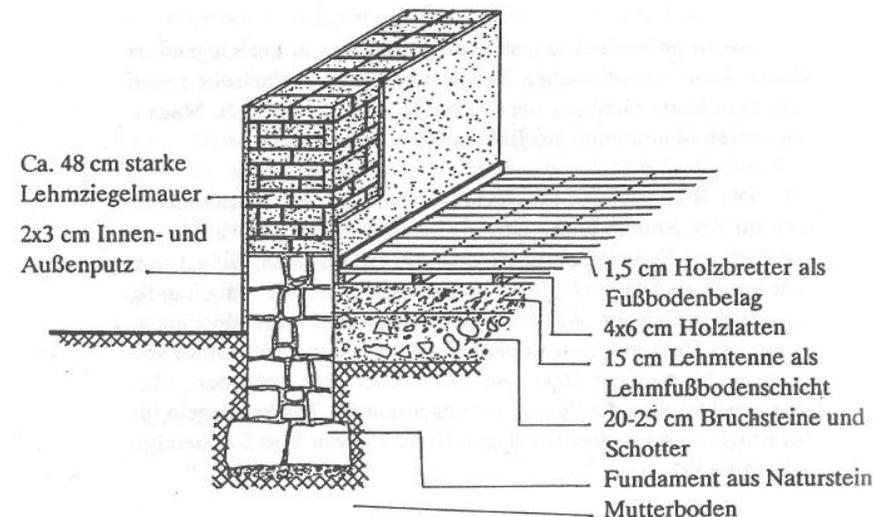


Abbildung 4-20 Fundament, Sockel und Fußboden: Beispiel aus der Region El Giza, Ägypten (Shihata, 1997)

4.6 Vor- und Nachteile von Lehmbauten

Umweltverträglichkeit

Viele Baustoffe, wie Stahl und Zement sind mit einem hohen Energieverbrauch verbunden. Die Gewinnung, Herstellung und Verarbeitung solcher Baustoffe greifen in den natürlichen Umwelthaushalt ein. Der Lehm ist ein natürlicher und nachhaltiger Baustoff. Der CO₂ Anteil eines erdfeucht gelieferten Lehmputzes beträgt nur 5 % eines zementgebundenen Putzes (Röhlen et al., 2014). Bei lehmreichen Böden wird direkt der Bodenaushub verwendet. Auf diese Weise spart man sich den Abtransport des überschüssigen Materials. Der trockene Lehm lässt sich schnell wiederverwerten indem er mit Wasser angefeuchtet und dadurch wieder plastisch formbar wird. So belastet er die Umwelt in keiner Weise als Bauschutt (Minke, 1995).

Positive Auswirkungen auf das Raumklima

In Deutschland klagen circa 2 Millionen Menschen über innenraumbedingte Befindlichkeitsstörungen. Oberflächen von Wandbaustoffen sollten in der Lage sein veränderlich wirkende Einflüsse, wie die Ansammlung von Feuchtigkeit beim Duschen oder Kochen, aber auch die trockene Heizungsluft, auszugleichen (Röhlen et al., 2014). Der Lehm besitzt die Eigenschaft relativ schnell Luftfeuchtigkeit aufzunehmen und diese bei Bedarf wieder abzugeben und trägt somit zum Feuchteausgleich des Raumklimas bei. Er verringert den Feinstaubgehalt in der Luft und die Lebensdauer von Bakterien und Viren, reduziert unangenehme Gerüche und vermeidet eine elektrostatische Aufladung im Raum. Die Gleichgewichtsfeuchte beschreibt die maximale Feuchte, die ein Baustoff aus der Luft aufnehmen kann (Minke, 1995).

"Es ist bekannt, dass eine relative Luftfeuchte von weniger als 40 % zu einer Austrocknung der Schleimhäute und somit zu einer erhöhten Anfälligkeit für Erkältungskrankheiten führen kann, denn trockene Luft beeinträchtigt die Reinigungsfunktion der Luftröhrenoberfläche." (Minke, 1995:20)

Wärmespeicherung und Wärmedämmung

Man kann die Wärmespeicherung des Lehms durch die Wärmespeicherzahl und der Wärmespeicherfähigkeit berechnen. Die Wärmespeicherzahl gibt an, wie viel Wärmemenge notwendig ist, um 1 m³ um 1°C zu erwärmen. Sie errechnet sich durch Multiplikation der spezifischen Wärmekapazität und der Rohdichte (J/m³K). Die Wärmespeicherfähigkeit wird durch die Bauteildicke bestimmt (Minke, 1995).

"Als Wärmedämmung wird bei einer Außenwand die Eigenschaft bezeichnet, Schwankungen der Außentemperaturen verzögert und verringert an die Innenoberfläche weiterzugeben." (Minke, 1995:56)

Eine große Wärmespeicherung von Bauteilen hängt somit mit der Wärmedämmung zusammen und verzögert den Wärmedurchgang der Außentemperatur zur Innenraumtemperatur. Vor allem in Klimazonen mit hohen Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht ist diese Eigenschaft von großer Bedeutung und kann für ein angenehmes Wohnklima sorgen. In Kairo wurden 1964 ein Testgebäude aus Lehmsteinwänden mit Lehmgewölbe und eines aus Betonfertigteilen mit einem Flachdach bezüglich der Wärmedämmung getestet. Die Studie ergab, dass um 16 Uhr die Innenraumtemperatur des Lehmbaus um 5°C niedriger und die des Betonbaus um 5°C höher war, als die Außenlufttemperatur (Minke, 1995).

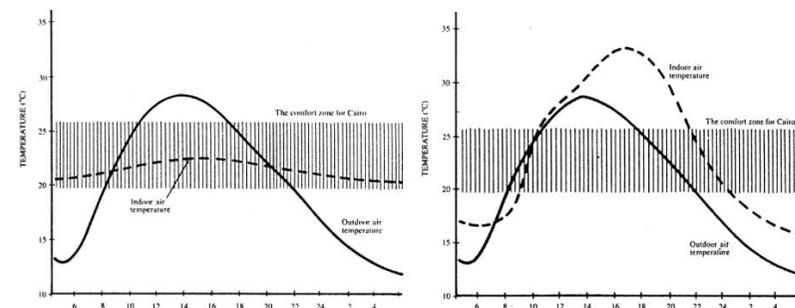


Abbildung 4-21 Außen- und Innentemperaturschwankungen zweier Testgebäude nach Fathy, 1986, links: Lehmsteinwand mit Lehmgewölbe; rechts: Betonfertigteilmur (Minke, 1995)

Selbstbau

Der Lehm eignet sich wie kein anderes Baumaterial für den Selbstbau. Das Bauen mit Lehm ist zwar sehr arbeitsintensiv, jedoch hat man bei den traditionellen Lehmbautechniken keinen hohen Geräteaufwand. Lehmbauarbeiten können von Laien ausgeführt werden, wenn sie von Personen angeleitet werden, die schon Erfahrung mit dem Baumaterial haben (Minke, 1995).

Konserviert organische Stoffe

Lehm kann Holz und andere organische Stoffe entfeuchten oder trocken halten. Er verhindert, je nach Tonanteil, Tonart und Feuchtgehalt der Luft, den Befall von Pilzen und Insekten. Vorsicht ist geboten bei der Verbindung von Lehm und Stroh, da das organische Material bei zu langsamer Austrocknung, verrottet (Minke, 1995).

Bindet Schadstoffe

Durch die große innere Oberfläche der Tonminerale bei Lehmbaustoffen bindet der Lehm Gerüche und Schadstoffe (Röhlen et al., 2014).

"Dass Lehm die Raumluft reinigt, wurde häufiger beschrieben. Dieses Phänomen beruht auf subjektiven Wahrnehmungen, die bisher noch nicht wissenschaftlich nachgewiesen wurden. Dass Lehm im Wasserdampf gelöste Stoffe aus der Luft absorbiert, ist dagegen belegbar." (Minke, 1995:20)

Schwindverhalten

Manchmal entstehen Trocken- bzw. Schwindrisse, wenn der Lehm zu schnell austrocknet. Die richtige Zusammenstellung der Kornverteilung, der Tonanteil und die Menge des Anmachwassers kann das Schwinden verringern und wird durch das lineare Trockenschwindmaß bestimmt (Minke, 1995).

Geringe Wasserbeständigkeit

Da Lehm nicht wasserfest ist, muss er vor allem im feuchten Zustand vor Regen geschützt werden. Durch konstruktive Maßnahmen, wie ein Spritzwassersockel oder Dachüberstand, und einer entsprechenden Oberflächenbehandlung, wie Anstriche und Putze kann dem entgegengewirkt werden (Minke, 1995).

4.7 Prüfung von geeignetem Baulehm

Es gibt mehrere Möglichkeiten den Mutterboden auf Lehmvorkommnisse zu testen. Im folgenden Kapitel werden einige Prüfverfahren beschrieben, die leicht im Feldversuch gemacht werden können. Jedenfalls sollten vor Baubeginn an mehreren Stellen Bodenproben entnommen und analysiert werden.

"Mit Baulehmen bezeichnet man Gemenge von Ton mit feinsandigen bis steinigen Bestandteilen, dem Mineralgerüst, das sie für Bauzwecke geeignet macht. Man könnte auch sagen: Lehm ist ein Mörtel aus Ton als Bindemittel und Sand als Mineralgerüst." (Wichmann et al., 1983:21)

Kugelglanztest

Aus den Bodenproben wird eine Kugel mit 5 cm Durchmesser geformt und mit einem Messer in der Mitte durchgeschnitten. Ist die Innenfläche mattglänzend, deutet dies auf einen schluffigen Boden, ist sie starkglänzend auf einen Boden mit viel Tonanteil hin (Houben et al., 1989).

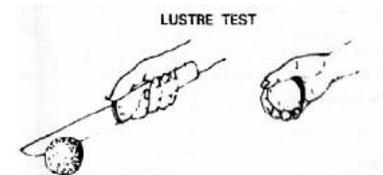


Abbildung 4-22 Lustre Test (Houben et al., 1989)

Sedimentationstest

Um die Textur des Mutterbodens und die Größe und Qualität der Fraktionen festzustellen braucht man lediglich ein zylindrisches Gefäß aus Glas mit einem Fassungsvermögen von einem Liter. Man füllt ein Viertel des Erdbodenmaterials in das Gefäß und gießt die restlichen drei Viertel mit Wasser auf. Nachdem das Füllmaterial völlig durchtränkt ist, wird das Gefäß heftig geschüttelt und das trübe Wasser abgegossen. Nach einer Stunde wiederholt man diesen Vorgang. Nach circa 45 Minuten sieht man bereits die unterschiedlichen Schichten des Bodens und kann diese nach ungefähr acht Stunden abmessen. Das schwere Material (Kies und Sand) setzt sich am Boden ab und das leichtere Material (Schluff und Ton) an der Oberfläche

(Houben et al., 1989). Jedoch ist dieser Test zur Bestimmung der Kornverteilung nicht zuverlässig und führt zu einer sehr hohen Fehlerquote (Minke, 1995).

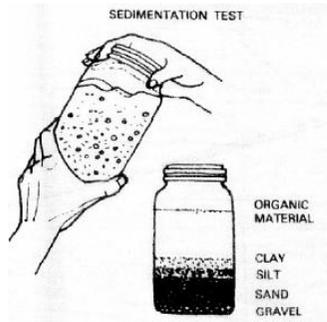


Abbildung 4-23 Sedimentation Test (Houben et al., 1989)

Konsistenztest

Der Konsistenztest wird zur Ermittlung des Tonanteils verwendet. Man formt eine Kugel mit einem Durchmesser von 2 bis 3 cm und befeuchtet diese mit Wasser. Das Material darf nicht an den Händen kleben bleiben. Danach rollt man die Kugel auf einer glatten Fläche zu einem dünnen Faden aus. Wenn der Faden bricht bevor er einen Querschnitt von 3 mm erreicht hat, muss Wasser hinzugefügt werden. Der Faden sollte brechen, wenn er einen Durchmesser von 3 mm erreicht hat. Daraus werden wieder kleine Kugeln geformt und in der Hand zerquetscht (Houben et al., 1989). Wenn man keine Kugel mehr formen kann, hat der Boden einen zu hohen Sandanteil und ist als Baulehm ungeeignet. Bricht sie sehr leicht deutet dies auf einen tonarmen Boden hin. Lässt sich die Kugel kaum bis schwer zwischen den Fingern zerquetschen spricht man von einem fetten Lehm, der für Bauzwecke gemagert werden muss (Minke, 1995).

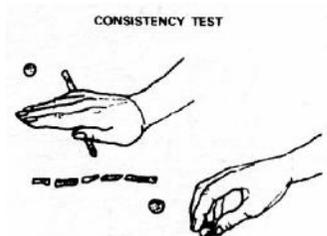


Abbildung 4-24 Consistency Test (Houben et al., 1989)

Trockenschwindmaßtest

Eine einfache Methode um das Schwinden des Lehmbodens festzustellen ist das Abmessen der Differenz einer getrockneten Lehmprobe. Eine hölzerne Box wird mit einer Länge von 60 cm, einer Breite und Höhe von 4 cm gebaut, eingefettet und mit Bodenmaterial gefüllt. Die Masse wird mit einer Spachtel verdichtet und geglättet. Nach einer Aushärte- und Trocknungszeit von drei Tagen in der Sonne oder einer Woche im Schatten kann das Maß der Trockenschwindung bestimmt werden (Houben et al., 1989).

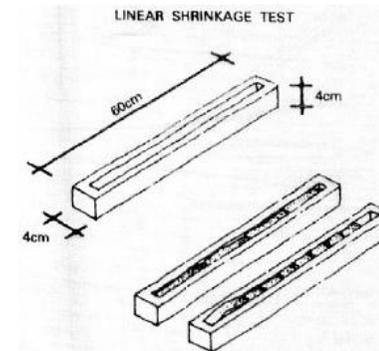


Abbildung 4-25 Linear Shrinkage Test (Houben et al., 1989)

Kugelfalltest

Trockener Lehm wird zu einer 4 cm dicken Kugel geformt und aus einer Höhe von 150 cm auf den Boden fallen gelassen. Die Kugel formt sich zu einem Fladen mit kaum oder ohne Risse, wenn der Tonanteil sehr hoch ist, der dann gemagert werden muss. Zerfällt der Prüfkörper, beinhaltet er zu viel Sand und ist für Bauzwecke ungeeignet (Minke, 1995).



Abbildung 4-26 Fetter bis magerer Lehm - von links nach rechts (Minke, 1995)

4.8 Aufbereitung von Lehm für Bauzwecke

Man unterscheidet zwischen mageren und fetten Lehm. Magerer, erdfeuchter Lehm kann grundsätzlich direkt für den Stampflehmbau oder für die Herstellung der Lehmsteine und Lehmputze, wenn er zuvor mit Wasser angemacht wird, verwendet werden. Fetter Lehm muss vor seiner Verwendung mit Zuschlagsstoffen gemagert werden. Wenn der Lehm zu große Klumpen aufweist, wird er eingesumpft. Dieser Vorgang sollte zwei bis vier Tage dauern. Nach dem Einsumpfen wird der Lehm entweder mit den Händen geknetet oder mit den Füßen beziehungsweise mit Hilfe eines Räderwerks, dass von Tieren gezogen wird, gerührt (Minke, 1995).

Wenn der Lehm zu fett ist, magert man ihn durch Zugabe mineralischer oder organischer Stoffe. Für die Erhöhung der Druckfestigkeit sollte bei mineralischen Zuschlägen scharfkantiges Material verwendet werden. Organische Zuschläge, wie Kuhdung, Haare, Stroh, trockenes Gras, Sägemehl oder ähnliches werden zur Reduzierung der Trockenschwindrisse und Erhöhung der Wärmedämmfähigkeit verwendet. Die richtige Korngröße mineralischer Zuschlagstoffe sind mit einem Sieb festzustellen. Die einfachste Lösung die Zuschläge zu unterteilen, ist das Material auf ein schräg gestelltes Sieb zu werfen (Minke, 1995).



Abbildung 4-27 Stampfen der eingesumpften Mischung, Logiya (Filmausschnitt, Kießling, 2017)



Abbildung 4-28 Sieben der Zuschlagsstoffe, Logiya (Filmausschnitt Kießling, 2017)

Die aufbereitete Lehmmischung muss vor ihrer weiteren Verarbeitung mauken, was in der Regel 12 bis 18 Stunden dauert. Sie wird feucht gelagert und kann auf diese Weise ihre Bindekraft - durch das Ziehen lassen - erhöhen. Die Tonminerale werden in dieser Zeit umgelagert. Durch elektrochemische Anziehungskräfte formieren sie sich zu einer dichteren Packung. Bei zu magerem Lehm wird durch die Zugabe einer angerührten Lehmschlämme die erforderliche Lehmmischung erreicht (Minke, 1995).

4.9 Lehmschäden ausbessern

Sanierung von Putzschäden

Es kann vorkommen, dass sich der Putz vom Untergrund eines Bauteils löst oder Risse bekommt, die sich am besten mit Lehmörtel ausbessern lassen. Wichtig ist, dass die zu behandelnde Oberfläche vorgenässt und eventuell auch eingekratzt wird. Der Putz wird in 1 bis 1,5 cm dicken Lagen ergänzt. Sollten die Abplatzungen tiefer als 5 cm sein, sollte der betroffene Bauteil soweit vertieft werden, um ihn mit Lehmsteine füllen zu können. Die Lehmmasse muss relativ trocken sein, damit sich der Putz beim Trocknen nicht zusammenzieht und keine erneuten Risse entstehen (Minke, 1995).

Ausbessern von Fugen

Risse in Lehmbauteilen lassen sich mit einer Fugenmasse ausbessern. Durch die entsprechende Vorbehandlung des beschädigten Bauteils wird dieses verfüllt. Die Risse werden vergrößert, lose Partikel entfernt und so lange genässt bis der Lehm zu quellen beginnt. Man muss eine Verbindung zwischen der neuen feuchten Fugenmasse und dem beschädigten Bauteil herstellen. Man beginnt die Ränder der Fugen mit der Masse zu füllen und in den aufgequollenen Lehmbauteil einzudrücken. Für den Rest der Fugen sollte eine etwas trockenere Mischung verwendet und mit einem Holzgegenstand leicht eingeschlagen werden (Minke, 1995).



Abbildung 4-29 Ausbessern von Schäden einer Lehmsteinwand, Logiya 2016

4.10 Optimierungsmöglichkeiten von Lehmstoffen und Lehmteilen

Durch den Zusatz mineralischer oder organischer Zuschläge, der richtigen Wahl der Menge und Verteilung der Korngrößen, sowie die Art der Verarbeitung und Verdichtung von Lehm können seine Eigenschaften stark bestimmen. Zuschläge beeinflussen viele Festigkeitsfaktoren des Lehms und sind dementsprechend auf das benötigte Baumaterial anzuwenden. Für Lehmsteine ist die Druckfestigkeit und das Trockenschwindmaß ausschlaggebend. Bei Lehmputzen spielt die Bindekraft und Biegezugfestigkeit beziehungsweise Kantenfestigkeit eine große Rolle (Minke, 1995).

In der Abbildung unten sind die unterschiedlichen Optimierungsmöglichkeiten nach Houben dargestellt.

STABILIZATION MODES FOR DISTURBED SOILS						
STABILIZER	NATURE	METHOD	MODE	PRINCIPLE	SYMBOL	
WITHOUT STABILIZER		MECHANICAL		DENSIFICATION	CREATE A DENSE MEDIUM, BLOCKING PORES AND CAPILLARITY	
WITH STABILIZER	INERT STABILIZER	MINERALS	PHYSICAL	REINFORCEMENT	CREATE AN ANISOTROPIC NETWORK, LIMITING MOVEMENT	
		FIBRES		CEMENTATION	CREATE AN INERT MATRIX OPPOSING MOVEMENT	
	PHYSICO-CHEMICAL STABILIZER	BINDERS	CHEMICAL	LINKAGE	CREATE STABLE CHEMICAL BONDS BETWEEN CLAY CRYSTALS	
				IMPERVIOUSNESS	SURROUND EARTH PARTICLES WITH A WATERPROOF FILM	
				WATER-PROOFERS	ELIMINATE ABSORPTION AND ADSORPTION	

Abbildung 4-30 Stabilisierungsmethoden von Lehm (Houben et al., 1989)

4.10.1 Materialverdichtung

Durch das Verdichten der Lehm Masse erhöht sich die Trockendichte und damit auch seine Druckfestigkeit. Der Bruchverlauf nimmt immer den Weg des geringsten Widerstands, der meist durch große Poren im Bauegefüge gekennzeichnet ist. Ergo sollten die Poren im Material sehr klein und gut verteilt sein (Houben et al., 1989).

Mechanische Verdichtung

Die mechanische Verdichtung kann durch Rühren, Kneten, Pressen oder Stampfen erfolgen (Houben et al., 1989). Das Kneten der Lehm Mischung hat Einfluss auf die Bindekraft, sowie auf seine Druck- und Abriebfestigkeit im trockenen Zustand. Sie werden durch die Dauer und Art der Verdichtung beeinflusst. Zehn Minuten Rühren oder Kneten erhöhen die Bindekraft um mehr als das doppelte, wobei das Kneten eine bessere Ordnung der Tonminerale bewirkt, als das Mischen mit einem Rührwerkzeug. Jedoch nimmt bei zu langem Bearbeiten der Lehm Mischung die Bindekraft wieder ab (Minke, 1995).

„Das Geheimnis des Lehms liegt in der Blättchenstruktur der Tonminerale und deren Anziehungskräfte, die erst durch Wasser und Bewegung aktiviert werden. Durch das Kneten in feuchtem Zustand werden die Tonminerale durch diese Anziehungskräfte „geordnet“, sie lagern sich in einer dichteren Packung paralleler Anordnung.“ (Minke 1995:80)

Verdichtung durch die richtige Kornverteilung

Durch die Reduzierung der Lücken und Erhöhung der Kontakte zwischen den Körnern wird die Festigkeit und Wasserbeständigkeit des Lehms erhöht (Houben et al., 1989). Zur Erhöhung der Druckfestigkeit sollte der Lehm mit gebrochenen, scharfkantigen mineralischen Zuschlägen vermengt werden. Wenn der Lehm zu fett ist wird er auf diese Weise gemagert. Die grobkörnigen Zuschlagsstoffe wie Sand und Kies werden in den zuvor mit Wasser angemachten Lehm eingerührt. Bei der Herstellung von Lehmsteinen oder Lehmputzen, ist es wichtig Risse zu vermeiden und somit das Trockenschwindmaß zu reduzieren. Das Einkornmaterial Sand verringert dieses Maß besser als Kies und Schotter. Auch die Korngröße von Sand trägt dazu bei. Generell

gilt, dass grobkörniger Sand zu einer schlechteren Verringerung der Trockenschwindrisse führt, als feinkörniger mit einer Korngröße zwischen 0,25 und 1 mm (Minke, 1995).

Im Forschungslabor für experimentelles Bauen der Gesamthochschule Kassel wurden Tests über die Zusammensetzung der Hauptbestandteile Ton, Schluff, Sand und Kies, und deren Zugabe verschiedenster Zuschlagsstoffe zur Bestimmung des linearen Trockenschwindmaß durchgeführt. Die Tabelle unten zeigt, dass durch die Reduzierung des Tonanteils und Erhöhung der Zugabe von Sand und Kies bei gleichem Anteil von Schluff, ein geringeres lineares Trockenschwindmaß ergibt als bei fast doppelt so hohem Tonanteil. Dies führt zu einer geringeren Rissbildung getrockneter Lehmsteine. Durch die Zugabe von Rinderblut, Stroh oder Heu lässt sich das lineare Trockenschwindmaß nochmals reduzieren (Yazdani, 1985).

Nr	T	Sch.	Zuschlagstoff										Anstrich Putz	Lineares Trockenschwindmaß (%)	Bemerkungen	Herstellungsdatum			
			S+K	Kn	ST	H	Rb	Ka	Gl	Aö	Be	Z					Mo	Aö	Ka
1	20,5	28,5	51	0														10,8	23.2.78
2	11,2	20,4	68,4															2,9	"
3	"	"	"	4														1,7	"
4	"	"	"		4													1,1	"
5	"	"	"			5												2,7	"
6	"	"	"				5											3,4	"
7	"	"	"						1,5									1,8	"
8	"	"	"					5										3,0	"
9	"	"	"																"
10	"	"	"									*						100 g/m ²	"
11	"	"	"									*						150 g/m ²	"
12	"	"	"									*						68 g/m ² 1:1 verdünnt	"
13	"	"	"									*						21 g/m ² 1:1 verdünnt	"
14	"	"	"	4								*						100 g/m ² + H ₂ O	"
15	"	"	"	4								*						30 g/m ² 1:1 verdünnt	"
16	"	"	"										1:2					5% Bitumenanstrich	"
17	"	"	"										1:2					5% Bitumen+Strohanstrich	"
18	"	"	"									*						100 g/m ²	"
19	"	"	"									*						Bitumen+Zeitungs-papier	"
20	"	"	"					20											6.78
21	"	"	"					10											"
22	"	"	"	4				5										2,3	6.79
23	"	"	"	4				5	5									1,25	"
24	"	"	"	4				4		5								-	nicht auswertbar
25	"	"	"	4				10										-	nicht auswertbar
26	"	"	"	4						5								1,35	"
27	"	"	"	4					5	5								-	nicht auswertbar
28	19,6	16,4	64,0	4														1,41	"
29	"	"	"					5	10									1,15	2.80
30	"	"	"	4					10									1,72	"
31	"	"	"	4						5								2,1	"
32	"	"	"	4						10								1,25	"
33	"	"	"	4							5							1,5	"
34	"	"	"	4							10							2,6	"

T = Ton K = Kies H = Heu Gl = Gips Z = Zement
 Sch. = Schluff Kn = Kiefernadel Rb = Rinderblut Aö = Altöl
 S = Sand St = Stroh Ka = Kalk Be = Bitumenemulsion RT = Rohton

Tabelle 5 Prozentwerte für Zuschläge, Kassel 1978 - siehe Spalte 1 bis 5 (Yazdani, 1985)

4.10.2 Materialverstärkung

Zugabe pflanzlicher Produkte

Pflanzliche Fasern vermindern Risse beim Austrocknen und sorgen für eine gute Verteilung der Spannungen, die beim schrumpfen der Lehmmasse entstehen. Sie beschleunigen den Trocknungsprozess und Erleichtern das Material. Das Volumen von Stroh ist relativ groß und verringert so die Rohdichte des Lehms, was zu einer besseren Wärmedämmeigenschaft führt. Ebenso erhöhen sie die Zugfestigkeit. Mögliche Zuschläge von pflanzlichen Fasern sind zum Beispiel: Stroh aller Art, wie Gerste, Roggen, Hart- und Weichweizen, Wintergerste, Lavendel, Spreu von Weizen, Reis, Gerste usw., leichte Füllstoffe wie Sägemehl und Späne, Fasern von Heu, Hanf, Hirse und Zuckerrohrbagasse (Abfallprodukt), Kokosfaser, Sisalfasern (Agave) und Elefantengras. Auch tierische Fasern wie Felle und Haare und synthetische Fasern wie Zellophan, Stahl und Glaswolle können beigemischt werden (Houben et al., 1989).



Abbildung 4-31 (links): Zuckerrohrbagasse (wood-pellet-line.com/...)

Abbildung 4-32 (rechts): Heu (de.depositphotos.com/...)



Abbildung 4-33 (links): Sägemehl (www.brueuning-gruppe.de/...)

Abbildung 4-34 (rechts): Kamelhaar (rhlindsaywool.com/...)

4.10.3 Materialverbindung

Zugabe von Zement

Die größte Druckfestigkeit wird mit Kies und Sand erzielt. Die Zugabe der Zementmenge hängt von der Art und Menge der Körnungen ab. Je nachdem für welche Bauzwecke der Baustoff eingesetzt wird. Gute Ergebnisse erhält man mit einer Zementzugabe zwischen 6 und 12 %. Es ist wichtig, dass der Zement nur mit trockenem, zerkleinertem Bodenmaterial vermengt wird und die Zugabe von Wasser erst am Ende des Mischungsprozesses erfolgt. Die fertige Zement-Lehm-Mischung muss so schnell wie möglich verarbeitet werden, bevor sich der Zement aushärtet. Die Aushärtezeit beträgt mindestens 14 Tage, nach 28 Tagen ist er vollständig ausgehärtet. Es ist darauf zu achten, dass die in Form gebrachte Mischung vor direkter Sonneneinstrahlung und Wind geschützt wird, damit die Oberfläche nicht zu schnell aushärtet, um Rissbildungen zu vermeiden (Houben et al., 1989).

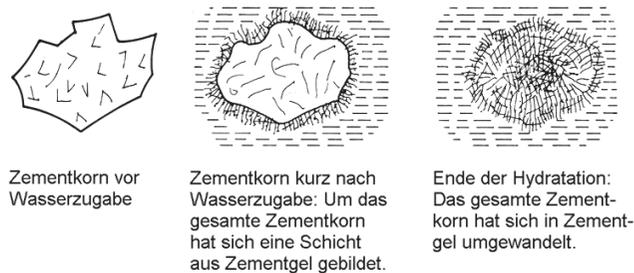


Abbildung 4-35 Zementgel (www.beton.wiki/...)

4.10.4 Materialverknüpfung

Zugabe von Kalk

Die Lehmmischung kann auch mit Kalk stabilisiert werden, indem die Tonkristalle miteinander verknüpft werden. Die Mengenzugabe von Branntkalk für einen gewöhnlichen Verfestigungsprozess liegt, wie beim Zement, zwischen 6 und 12 %. Schon ein Zuschlag von 1 bis 2 % kann zu einem geringeren Quellen und Schwinden des Baustoffes führen. Diese Art der Stabilisierung eignet sich vor allem für Böden mit einem großen Tonanteil. Vor der Zubereitung der Mischung muss der gewonnene, trockene Lehm zerkleinert werden. Je feiner die Tonbestandteile sind, desto besser greift der Kalk diese an. Der Mischungsprozess muss sehr sorgfältig durchgeführt

werden, um eine gute Durchmischung von Bodenmaterial und Kalk zu erhalten. Bei sehr plastischen Lehmen wird der Mischungsprozess zweimal durchgeführt, wo ein bis zwei Tage dazwischen liegen. Diese Prozedur kann jedoch einen negativen Einfluss auf die Festigkeit des Kalkes haben. Die Homogenität der Mischung wird durch die Gleichmäßigkeit der Farbe beobachtet, bis kein Kalk mehr zu sehen ist. Wenn das feuchte Verfahren angewendet wird, sollte die Mischung mindestens 2 Stunden ruhen, jedoch führt die Verlängerung der Ruhezeit auf 8 bis 16 Stunden zu einer größeren Festigkeit. Die Mischungen von plastischen Lehmen sind vor allem für Putze geeignet, da diese fettiger und klebriger werden (Houben et al., 1989).

4.10.5 Materialundurchlässigkeit

Zugabe von Bitumen

Bitumen wird schnell mit einer asphaltierten Straße in Verbindung gebracht, jedoch wurde das Wort Bitumen ursprünglich für ein natürlich vorkommendes Material hergenommen. Schon im 5. Jahrhundert v. Chr. wurde Bitumen in Babylon für den Mörtel verwendet. Vor den Gebrauch muss er entweder erhitzt, mit Lösungsmitteln vermischt oder eine Emulsion durch Zugabe von Wasser zubereitet werden. Bitumen wirkt wasserabweisend und kann die Haftfestigkeit von Böden verbessern, indem er als Bindemittel wirkt. Er hat nur eine geringe Auswirkung auf die Farbe des Materials und keinen typischen Geruch, wenn er erstmals vollständig ausgetrocknet ist. 2 bis 3 % (maximal 8 %) Bitumen wird mit dem Erdboden vermischt und nach Verdampfen des Wassers beziehungsweise der Lösungsmittel breiten sich die Bitumentropfen aus. Diese haften am Korn- und Tonmaterial. Organische Stoffe, wie pflanzliche Faserstoffe, behindern die Bitumenstabilisierung, da sie die Haftung von Bitumen an das körnige, tonige Material verhindern (Houben et al., 1989).

„Bei der Herstellung von Lehmsteinen wird der Zusatz von Zement, Kalk oder Bitumen nicht wegen einer eventuell höheren Belastbarkeit in Erwägung gezogen, sondern wegen der dadurch erreichten Verringerung der Regenerosion und des Quellens. Als Faustregel gilt allgemein: Zement und Bitumen sind für sandige, tonarme Lehme, Kalk dagegen ist für tonige Lehme geeignet.“ (Minke, 1995:74)

4.10.6 Erhöhung der Wasserfestigkeit

Zugabe tierischer Produkte

Blut, Urin, Kot, Kasein und Knochenleim bewirkt eine Erhöhung der Wetterfestigkeit an den Bauteiloberflächen, wie dem Putz. Bei der Zugabe von Kot bzw. Mist soll die feuchte Lehmischung mind. 1 bis 4 Tage trocknen bis ein Fermentationsprozess eintritt. In Indien ist bis heute ein Lehm-Kuhmist-Gemisch gebräuchlich. Es wird getrockneter Kuhmist mit Wasser angerührt und einen Tag stehen gelassen. Danach mischt man den Lehm unter und lässt die Mischung nochmal für einen halben bis ganzen Tag ruhen. Die stabilisierende Wirkung durch den Kasein im Kuhmist macht die Oberflächen wisch- und abriebfest (Minke, 1995).

Zugabe pflanzlicher Produkte

Pflanzliche Öle müssen - wenn sie in Kontakt mit Luft kommen - schnell trocknen beziehungsweise aushärten und in Wasser unlöslich sein. Kokosnuss-, Baumwoll- und Leinsamenöl eignen sich gut für Lehm-bauarbeiten. Für den Außenputz eignet sich besonders das Öl der Karité-Nuss (Shea). Es wird auch für die Seifenproduktion verwendet. Tannine wirken als Dispergiermittel und verringern die Wasserundurchlässigkeit. Die erforderliche Menge an Tannine kann von einem geringen Prozentsatz, der dem Mischwasser zugesetzt wird, bis zum vollständigen Ersatz des Mischwassers reichen. Die bekanntesten Tannine sind aus der Baumrinde von Nere, Eiche, Kastanie und Akazien. Der Saft von Bananenblättern in der Verbindung mit Kalk erhöht die Erosionsbeständigkeit und verringert die Wasseraufnahme. Der Latex bestimmter Bäume der Gattung Wolfsmilchgewächse kann ebenso die Wasserdurchlässigkeit verringern (Houben et al., 1989).

Es würde genügen, einen wetterfesten Anstrich auf die Außenhülle der Gebäudeteile anzubringen, jedoch sollten die Bauteile auch vor mechanischer Beanspruchung geschützt werden (vgl. Kapitel 4.5.6). Durch eine mögliche Rissbildung kann Wasser in das Innere gelangen und zu einem Quellen und zerstören der Oberfläche führen (Minke, 1995).

Zugabe synthetischer Produkte

Verschiedenste Kunstharze, Paraffine, synthetische Wachse und Latex erhöhen die Wasserbeständigkeit. Diese Produkte sind jedoch ziemlich teuer (Minke, 1995).



Abbildung 4-36 (von links nach rechts): Nere Baum und Nereschoten ([www.westafricanplants.senckenberg.de/...](http://www.westafricanplants.senckenberg.de/))



Abbildung 4-37 (von links nach rechts): Karité-Baum und Karité-Nuss ([tropical.theferns.info/...](http://tropical.theferns.info/))

"Die traditionellen Verfahren, die Oberfläche des Lehms dauerhafter gegen Erosionen zu machen, greifen auf die natürlichen Produkte zurück. In ariden Gebieten wird Termitenerde mit Lehm gemischt. Bei den Bisa in Süden Obervoltas wird der ölige Extrakt der Karité-Nuss auf die Außenseite der Häuser aufgetragen, bei einer Reihe weiterer Völker der Sud der Néré-Schote." (Wichmann et al., 1983:155)

4.10.7 Konstruktive Maßnahmen

Artgerechte Trocknung

Die Reduzierung der Rissbildung beim Austrocknen von Lehmsteinen vermeidet man durch richtige Lagerung und Trocknung. Die Lehmsteine sollten sich beim Trocknen langsam und gleichmäßig zusammenziehen können. Durch die Vermeidung direkter Sonneneinstrahlung, das Herstellen einer Sandgleitschicht am Boden - damit die Lehmsteine nicht am Boden haften bleiben - und das baldige Aufstellen der Lehmsteine auf die schmale Kante vermindern die Rissbildung (Minke, 1995).

Reparaturarbeiten

Auch anfallende Reparaturarbeiten können durch einfache konstruktive Maßnahmen erleichtert werden. An der Außenwand sind oft vorstehende Steine oder Hölzer eingebaut, um das Dach von außen besteigen zu können. Die anfallenden Reparaturarbeiten und das Trocknen von Früchten auf dem Dach können auf diese Weise einfacher gehandhabt werden (Löbbecke, 2012).

Sockel

Die Lehmwand ist vor aufsteigender Bodenfeuchtigkeit zu schützen. Dies geschieht in der Regel durch eine horizontale Sperrschicht oder durch einen hohen Steinsockel. Äußere Sockelvorsprünge direkt unter einer Lehmwand sind zu vermeiden (Volhard et al., 2009).

Dachüberstand

Ein großer Dachüberstand kann die Außenwand von Lehmbauteilen ebenfalls vor Schlagregen schützen.

5 Kuppel- und Gewölbebau

Im Gewölbebau unterscheidet man zwischen einfach gekrümmten (Tonne) und zweifach gekrümmten Schalen (Kuppel). Die Konstruktion von Gewölbe wird wiederum in "echte" Gewölbe und "unechte" beziehungsweise "falsche" Gewölbe unterteilt (Schroeder, 2013). Dem etwas undefinierten Begriff "unechte" und "falsche" Gewölbe wird 1964 von Hans Soeder und 1974 von Franz Josef Hamm durch den Terminus "Kragsteinkuppel" oder "Kragkuppel" entgegengesetzt (Löbbecke, 2012). In der Baustatik spricht man von einem Gewölbe, wenn:

"Ein Tragwerk ist dann ein Gewölbe, wenn die zur Sicherung der Raumüberspannung erforderliche Tragfunktion allein durch druckfeste Baustoffe mit vernachlässigbarer Zugfestigkeit füglich verwirklicht wird." (Kurrer, 2002:120)

Ferner bedeutet dies, dass bei Gewölbebaukonstruktionen nur Druckspannungen vorherrschen, wenn ihre Form aus der umgekehrten Kettenlinie - der Stützlínie - hervorgeht.

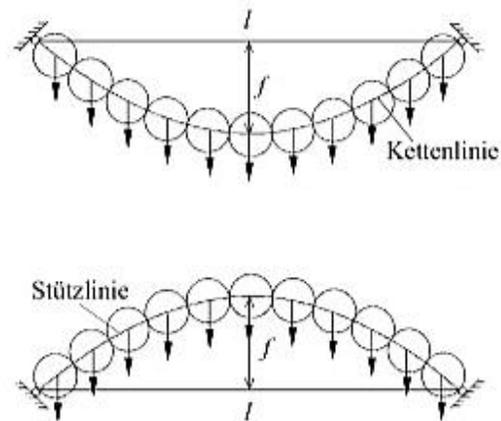


Abbildung 5-1 Kettenlinie und Stützlínie unter Eigenlast eines Bogens (Widjaja, 2013)

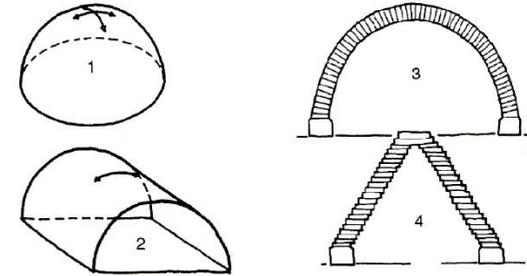


Abbildung 5-2, 1: Kuppel, 2: Tonne, 3: echtes Gewölbe, 4: Kraggewölbe (Schroeder, 2013)

5.1 Gewölbeformen

Die echten Gewölbe werden in folgende Formen unterteilt: Beim Tonnengewölbe wird der Wölbungsquerschnitt entlang der Wölbungsachse verschoben. Das Kreuzgewölbe ist die Verschneidung zweier Tonnengewölbe um 90°, die sich in der Mitte treffen. Es ist die Grundform für das gotische Kreuzrippengewölbe, welches sich wiederum in ein Netz-, Sternen- oder Fächergewölbe unterteilt. Das Kloostergewölbe wird über einem quadratischen oder polygonalen Grundriss aus Tonnengewölben hergestellt. Eine Abwandlung davon ist ein Spiegel- oder Muldengewölbe. Eine Kuppel kann auch auf einem quadratischen Grundriss errichtet werden. Die Überleitungen werden Pendentifs genannt ([www.wissen.de/...](http://www.wissen.de/))

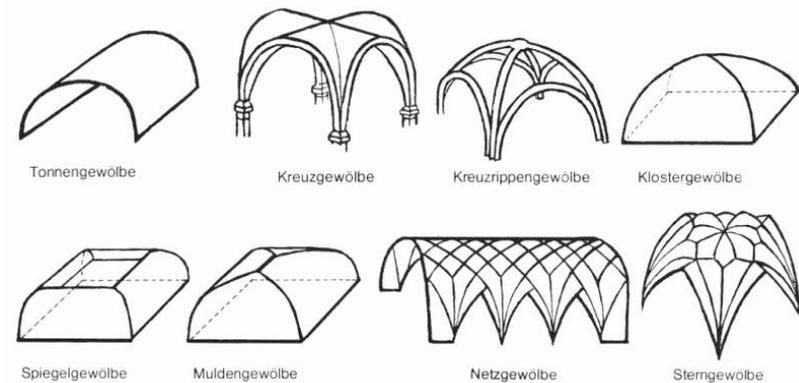


Abbildung 5-3 Gewölbeformen ([www.wissen.de/...](http://www.wissen.de/))

5.2 Echtes Gewölbe

Keilstein- oder Radialwölbung

Beim echten Gewölbe sind die Lagerfugen so ausgerichtet, dass sie radial auf den Krümmungsmittelpunkt gerichtet sind. Mit dieser Technik können Tonnen als auch Kuppeln gebaut werden. Bei der Errichtung von echten Gewölben muss man ein Lehrgerüst verwenden (Löbbecke, 2012).

"Eine aufstrebende Deckenkonstruktion, deren Wölbelelemente derart angeordnet sind, dass die Fugenlinien radial auf einen oder mehrere Punkte der räumlichen Zentralachse (→ Kuppel) bzw. eine oder mehrere Linien in der lotrechten Mittelebene (→ Tonnengewölbe) zulaufen." (www.enzyklo.de!...)

Gewölbebauten mit einer radialen Wölbung gehen auf die Etrusker von Etrurien (Toskana) zurück, deren Blüte der Macht von 800 bis 400 v.Chr. reichte. Orientalische, ägyptische und griechische Einflüsse zeigten sich in ihrer Baukunst. Zwar kannten bereits die Ägypter und Griechen den Gewölbebau, jedoch haben ihn die Etrusker für sämtliche Nutzbauten wie Tore, Brücken, Kanäle und Tunnel angewendet (Kuhn, 2013). Weiterentwickelt wurde die Technik von den Römern, die die Gewölbeform zu einer Kuppel perfektionierten. Die wohl bekannteste Kuppel mit einer Radialwölbung ist das Pantheon in Rom (Löbbecke, 2012).

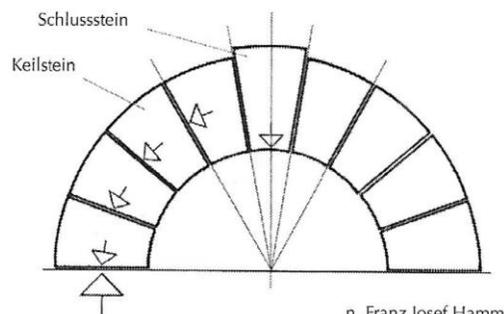


Abbildung 5-4 Konstruktionsprinzip der radialen Wölbung (Löbbecke, 2012)



Abbildung 5-5 Pantheon in Rom von außen

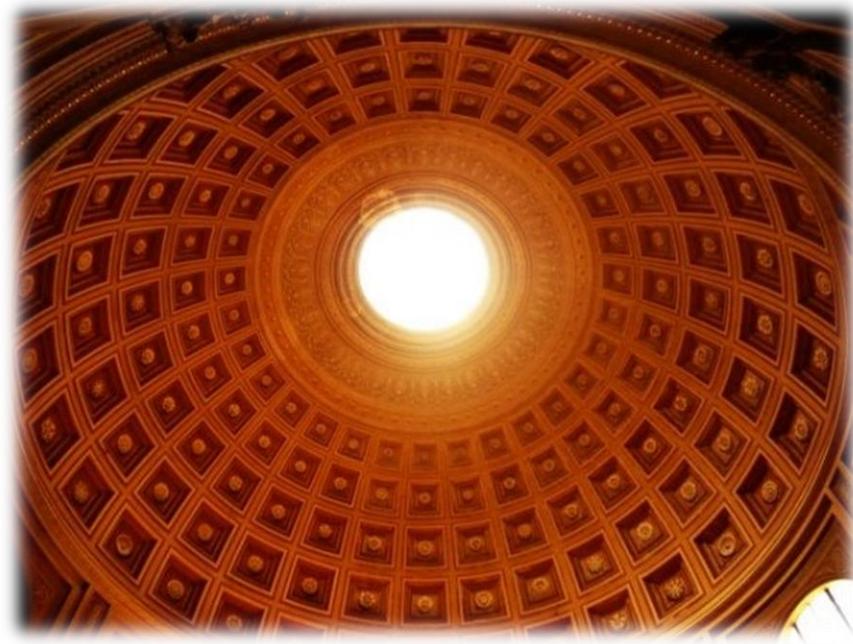


Abbildung 5-6 Kuppel des Pantheons von innen

5.3 Falsches Gewölbe

Krag(stein)gewölbe oder Kragkuppel

Im Unterschied zur Radialwölbung sind bei einer Kragwölbung die Lagerfugen horizontal ausgerichtet und werden Schicht für Schicht auskragend angeordnet, bis sie sich im Scheitelmittelpunkt treffen (Löbbecke, 2012). Diese Art der Wölbung geht auf das Bauen mit organischen Materialien zurück und wurde vielleicht von Formen, die in der Natur auftraten, übernommen (Lehner, 1990).

"Die Kragwölbung ("unechte" oder "falsche" Wölbung) beruht auf dem Prinzip von Stein- oder Ziegelscharen, die - einander nach innen überkragend - bis zum Scheitel hochgeführt werden, wobei im Gegensatz zur "echten" Wölbung (Radialwölbung) beim Kraggewölbe die Lagerfugen horizontal verlaufen."
(Lehner, 2003:104)

Bei einem Kraggewölbe benötigt man im Gegensatz zur einer Radialwölbung kein Lehrgerüst. Je nachdem aus welcher Materialität das Gewölbe besteht, kann die Kuppel ohne Mörtel errichtet werden. Die stabilste Form erhält eine Kragkuppel auf einem runden Gebäudegrundriss. Der Querschnitt einer Kragkuppel ähnelt einer Parabel. (Löbbecke, 2012).

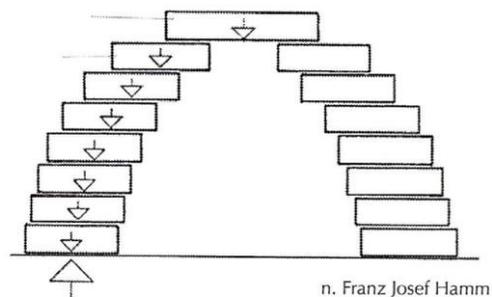


Abbildung 5-7 Konstruktionsprinzip der Kragwölbung (Löbbecke, 2012)



Abbildung 5-8 Kragkuppelgewölbe aus geschichteten Steinen von innen (Löbbecke, 2012)

Um sich Material zu ersparen ist es sinnvoll, die einzelnen Kragsschichten progressiv auskragen zu lassen. Dadurch sind größere Spannweiten möglich als bei einer linearen Auskragung (Lehner, 1990). Demnach ist es effizienter die einzelnen Schichten immer um ein Stück mehr auskragen zu lassen, je weiter man nach oben kommt.

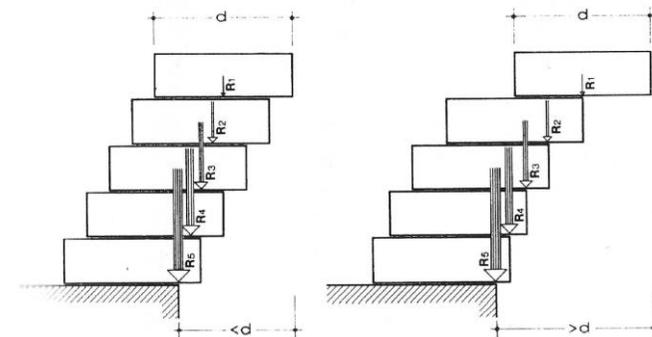


Abbildung 5-9 (von links nach rechts): Kippsverhalten von linearer und progressiver Auskragung (Lehner, 1990)

5.4 Lehmkuppelbauten

Die seit über 9.000 Jahren bekannten Lehmbautechniken wurden nicht nur für Wohnbauten, sondern auch für Kultbauten und der Errichtung von Befestigungsanlagen angewendet. Die chinesische Mauer, die vor etwa 4.000 Jahren errichtet wurde, ist mit der Stampflehmtechnik hergestellt worden und wurde mit Natursteinen und Ziegeln versehen (Minke, 1995).

Die Form der Dächer wurde an regionale Klimazonen angepasst. In trockenen heißen Gebieten wurde ein Ausweg gefunden, der starken Hitze, der trockenen Luft und heftiger Sandstürme entgegenzuwirken. Man errichtete Wohnunterkünfte aus Lehmkuppeln (Wichmann et al., 1983).

5.4.1 Eigenschaften von Lehmkuppeln

In der Regel haben Gewölbebauten eine relativ hohe Raumhöhe und eine kleine Kuppelöffnung im letzten Dachabschnitt. Die warme Raumluft sammelt sich im oberen Bereich der Kuppel, die durch die Öffnung entweichen kann. Kuppelförmige Gebäude können den starken Temperaturschwankungen in trockenen heißen Gebieten besser standhalten als flachgeneigte Dächer. Sie sorgen für eine gute klimatische Belüftung im Innenraum und werden als sehr angenehm empfunden, da sie weniger bedrückend wirken. Da Gewölbebauten im Vergleich zu eckigen Gebäuden ihr umschlossenes Volumen eine kleinere Oberfläche aufweist, können sie sich nicht so leicht erhitzen (Minke, 1995). Durch die runde Form von Kuppeln wird die Strahlung der Sonne abgeschirmt, sodass im unteren Bereich niedrigere Temperaturen vorherrschen als im oberen Abschnitt. Da sich die Kuppel selbst beschattet, wird nur ein kleiner Teil durch direktes Sonnenlicht bestrahlt (Wichmann et al., 1983). Bei einer Kuppel fallen die Sonnenstrahlen punktförmig auf die Oberfläche. Auf diese Weise wird die einwirkende Wärmelast reduziert (Schroeder, 2013)

"Die Kuppeldächer vergrößern den Raum und das Behaglichkeitsklima innerhalb der Räume. Sie reflektieren und zerstreuen die einfallenden Sonnenstrahlen und vermindern die Absorption von Strahlenmengen auf dem Kuppelleib."

(Shihata, 1997:332)

5.4.2 Lehmkuppeltechniken

Lehmkuppeln der Musgum - Kamerun

Eine der eindrucksvollsten Lehmkuppelbauten, die ohne Schalung errichtet werden, stellen die Wohnbauten der Musgum in Kamerun dar. Der erdfeuchte Lehm wird, je nach Beschaffenheit des Erdbodens, gewässert, geknetet und zu Rollen geformt. Manchmal wird das Lehmmaterial mit pflanzlichen oder tierischen Zusatzstoffen und gelegentlich auch mit organischen Abfallresten ergänzt. Techniken der Töpferei wurden auf die Architektur angewendet. Nach Houben werden die geformten Rollen schräg verflochten und dann geglättet. Im Sockelbereich haben die Wände eine Stärke von 15 bis 20 cm und im oberen Bereich sind sie lediglich 5 cm dick. Die Kuppeln können 7 bis 8 m hoch sein und werden ohne ein Gerüst gebaut. Die an den Außenwänden dekorativen Verzierungen dienen nicht nur der Ästhetik, sondern erleichtern das Hinaufsteigen auf die Kuppel für Wartungsarbeiten und dienen zum besseren Abfließen des Regenwassers (Houben et al., 1989).

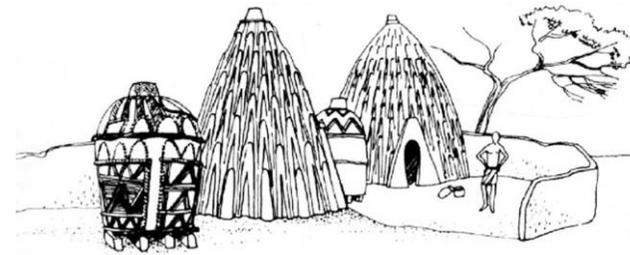


Abbildung 5-10 Wohnhäuser der Musgum (Houben et al., 1989)



Abbildung 5-11 Wohnhäuser der Musgum, Kamerun (www.designboom.com/...)

Nubische Kuppeln - Oberägypten

Die nubische Kuppelbauweise ist schon seit Jahrtausenden bei den Oberägyptern bekannt. Mit Hilfe eines beweglichen, zentrisch angeordneten Lehrgerüsts wird eine Kuppel, mit radial angeordneten Lagerfugen errichtet. Die einzelnen Lehmsteine werden miteinander verkantet, indem sie sich am zuvor aufgelegten Stein abstützen und der letzte Stein vom Lehrgerüst gehalten wird. Jedoch müssen bei dieser Methode zeitaufwendige, keilförmige Zwischensteine produziert werden. Vor allem im oberen Bereich der Kuppel wird die Anzahl der benötigten Keilsteine höher. Zudem können aufgrund der halbkugelförmigen Form bei größeren Spannweiten Ringzugkräfte entstehen. (Minke, 1995). Demnach handelt es sich bei dieser Herstellungstechnik um ein echtes Gewölbe. Der bereits verstorbene ägyptische Architekt Hassan Fathy (1900-1989) hat die nubische Bauweise adaptiert (Houben et al., 1989). Die von ihm entworfene und gebaute "New Gournia Village" in Luxor (Ägypten) sollte nach einer UNESCO-Initiative zum Weltkulturerbe werden. Jedoch wurde das Projekt im Jahr 2011 eingestellt ([www.whc.unesco.org/...](http://www.whc.unesco.org/)).

Nach Houben wird diese traditionelle Technik auch ohne Lehrgerüst hergestellt. Lediglich eine Schnur, die an einem Pflock in der Mitte der Kuppel und mit dem Handgelenk verbunden wird, reicht aus. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Lehmsteine ohne Verdrehung durch Auskrägung nach innen herzustellen. Die äußeren Fugen werden mit kleinen Steinen gestopft. Die einzelnen Schichten sind zwischen 10 und 15 Grad nach innen geneigt. Diese Art von Kuppeln sind zwischen 10 und 30 cm dick. 15 cm reichen für Spannweiten zwischen 3 und 4 m aus. Zwei bis drei erfahrene Mauer können an einem Tag eine Kuppel mit einem Durchmesser von 3 m bauen (Houben et al., 1989).

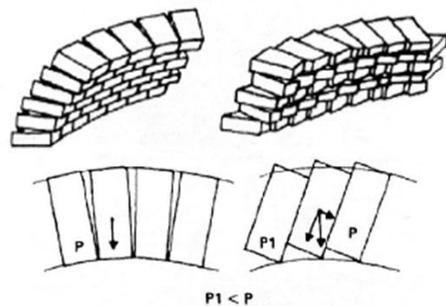


Abbildung 5-12 Konstruktion von Kuppeln (Houben et al., 1989)

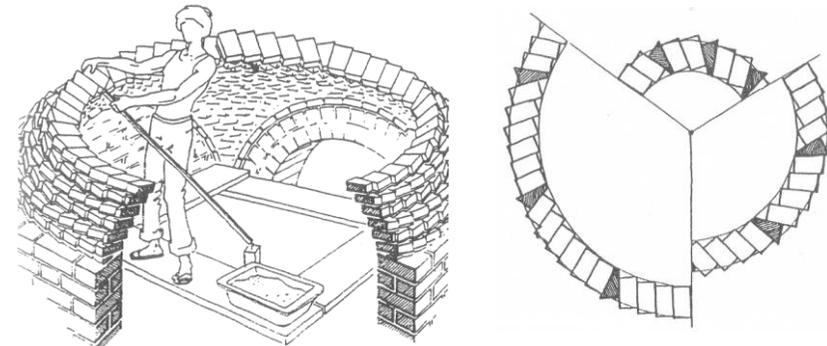


Abbildung 5-13 Nubische Kuppelbauweise nach CRATerre, 1979 (Minke, 1995)



Abbildung 5-14 New Gournia Village in Luxor, Ägypten ([www.whc.unesco.org/...](http://www.whc.unesco.org/))

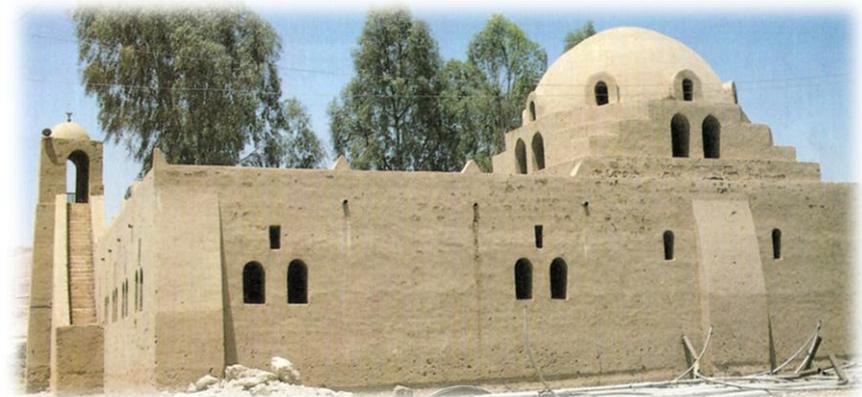


Abbildung 5-15 Moschee in New Gournia (Minke, 1995)

5.4.3 Beispiele von Lehm(krag)kuppelbauten als Inspirationsquelle für den Gebäudeentwurf

Lehmkrugkuppelbauten in Srouj - Syrien

Diese Kuppelbauten einer Familie in Srouj (östlich von Hama) werden im unteren Bereich verputzt und mit einem weißen Kalkanstrich versehen. Der obere Teil der Kuppel ist lediglich weiß gekalkt. Diese Wohnbauten besitzen keine Fenster. Am Boden befindet sich eine kleine Öffnung, die verschlossen werden kann. In der Fassade der bis zu 6 m hohen Kuppel sind Trittsteine eingebaut. Die Sockel bestehen aus Steinmauerwerk (Löbbecke, 2012).

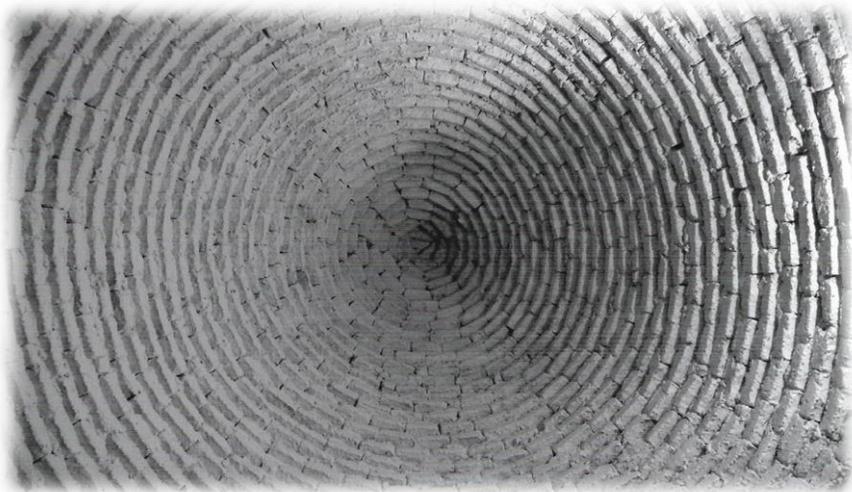


Abbildung 5-16 Kragkuppelbauten in Srouj, Syrien (Löbbecke, 2012)

Lehmkrugkuppelbauten in Harran -Türkei

Das Dorf Harran ist circa 20 km südlich von der syrischen Grenze entfernt. Vor etwa 150 bis 200 Jahren brachten die Araber die ihnen bekannte Kragkuppeltechnik aus Lehmsteinen in das Dorf. Die Lehmkuppeln haben einen inneren Durchmesser von 3 bis 4 m und sind 5 bis 6 m hoch. An der Fassade sind gelegentlich Trittsteine angebracht. Gemauert wird die Kuppel aus nur einer Lehmziegelschicht. Der Sockel besteht aus Steinen (Löbbecke, 2012).

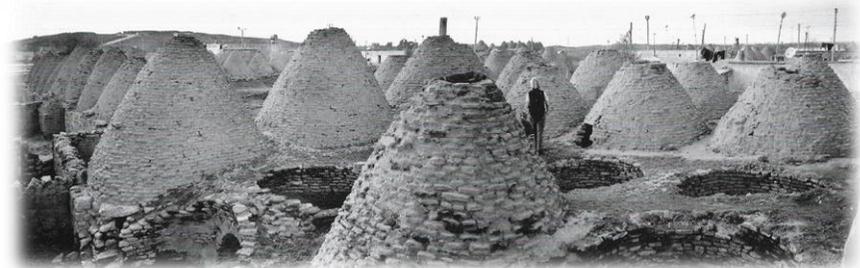


Abbildung 5-17 Kragkuppelbauten in Harran, Türkei (Löbbecke, 2012)

Sandbag Shelters - Superadobe

Der berühmte Architekt Nader Khalili entwarf das System der sogenannten "Superadobe" und gründete 1991 "The Californian Institute of Earth Art and Architecture (The Cal-Earth Institute). Das Institut befindet sich in der Mojave Wüste, die 50 km östlich von Los Angeles liegt. Dort herrschen große Temperaturunterschiede zwischen extremer Hitze und Kälte, sowie Erdbeben und starke Winde prägen die Landschaft ([www.world-habitat.org/...](http://www.world-habitat.org/)). Nader Khalili entwickelte ein Gebäudesystem, inspiriert durch traditionelle Erdarchitektur aus dem Iran, das den heutigen globalen Sicherheitsbestimmungen entspricht. Gebäude aus Superadobes haben die kalifornische Erdbebenprüfung bestanden und in Nepal bei einem Erdbeben der Stärke 7,6 standgehalten. Die Sandbag Shelters bestehen aus mit Erde gefüllten Sandsäcken, die zu einem Bogen, einem Gewölbe oder zu einer Kuppel geformt werden ([www.calearth.org/...](http://www.calearth.org/)). Besonders eignet sich dieses Gebäudesystem für Notunterkünfte, da es den Menschen, die durch Krieg oder Naturkatastrophen ihr Zuhause verloren haben, eine bessere und dauerhafte Wohnunterkunft bietet als ein Zelt. Zudem ist es sehr billig (kostet etwas mehr als ein Zelt) und kann schnell errichtet werden. Eine typische Notunterkunft beinhaltet einen großen gewölbten Raum mit zusätzlichen Nebenräumen, wie einer Küche und Sanitärbereiche ([www.world-habitat.org/...](http://www.world-habitat.org/)).

Der Bauprozess ist sehr einfach und wurde so entwickelt, dass jeder in der Lage ist diese Art von Wohnunterkunft zu errichten. Das Tragsystem basiert zum einen auf mit Erde gefüllte Sandsäcke, die die Druckkräfte aufnehmen und zum anderen auf Stacheldraht, der nach jeder Schicht aufgelegt wird und für die Zugfestigkeit sorgt. Die Konstruktion besteht idealerweise aus feuchter Erde, die in einen UV-resistenten synthetischen abbaubaren Gewebeslauch gefüllt wird. Zwischen den einzelnen Schlauchschichten wird Stacheldraht verwendet, um die Säcke zusammenzuhalten. Nach Fertigstellung der Tragstruktur wird das Gebäude mit Lehm verputzt. Zusätze wie Zement, Kalk oder Bitumen können der Mischung hinzugefügt werden, um ein stabileres Gefüge zu schaffen. Alles was man für die Errichtung dieses Systems braucht sind Wasser, Schaufel, Stampfer, Schere, große Pflöcke oder Rohre für die Öffnungen, ein Stab mit Seilen und kleine Gefäße, um die Säcke zu füllen ([www.calearth.org/...](http://www.calearth.org/)). Zuzufolge der horizontalen Anordnung der Sandsäcke und der Auskragung nach innen handelt es sich bei diesem System um eine moderne Form des Kraggewölbes.



Abbildung 5-18 Building Sandbag Shelters ([www.world-habitat.org/...](http://www.world-habitat.org/))



Abbildung 5-19 Sandbag Shelter in Ahwaz, Iran ([www.caoi.ir/...](http://www.caoi.ir/))



Abbildung 5-20 Superadobe im Oman ([www.calearth.org/...](http://www.calearth.org/))

Bürogebäude in New Delhi - Indien

Das 1990 aus Lehmkuppeln und Lehmtonnen fertiggestellte Bürogebäude für das "Indian Institute of Technology" in New Delhi wurde nach dem Entwurf von Gernot Minke gebaut. Die Tonnengewölbe sind in einer verbesserten nubischen Tonnennbauweise und die Kuppeln mit einer am Forschungslabor für experimentelles Bauen (FEB) speziell entwickelten Rotationslehre errichtet. Gebaut wurde das Gebäude aus Lehmsteinen, die in einer Handhebelpresse hergestellt wurden. Die größte Kuppel mit einer lichten Spannweite von 5,4 m, die auf vertikalen oktogonalen Wänden aufliegt, wurde mit einem Ringzugbalken stabilisiert. Bei den zwei kleineren Kuppeln war keine Stabilisierungsmaßnahme nötig, da die entstehenden Druckkräfte unmittelbar in das Fundament geleitet werden (Minke, 2009).

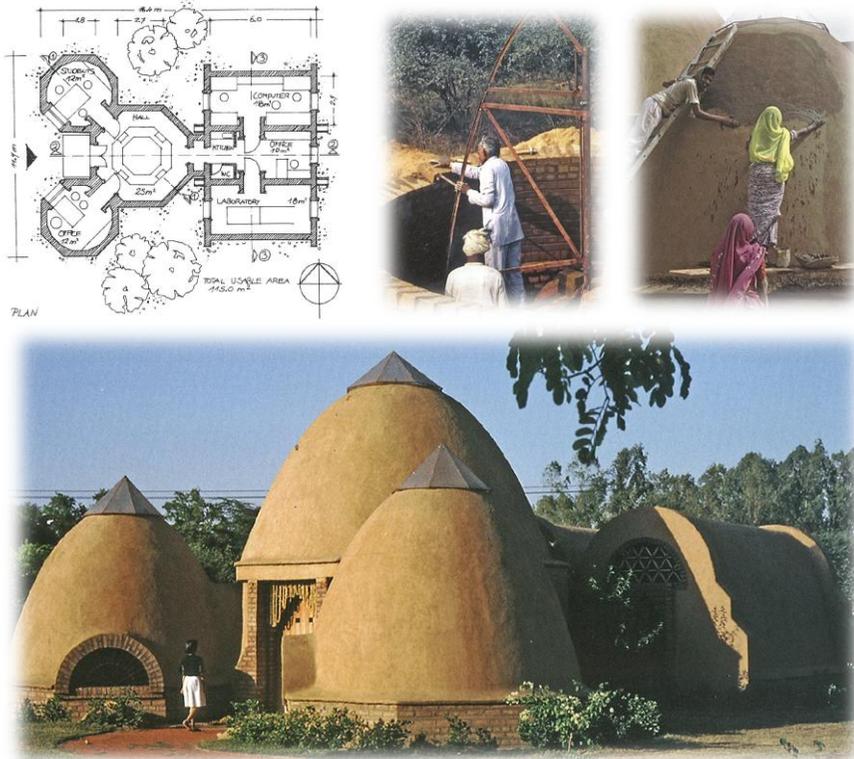


Abbildung 5-21 Bürogebäude des IIT in New Delhi, Indien (Minke, 2009)

5.4.4 Dachabschluss von Kuppeln

Um eine gute Luftzirkulation im Innenraum zu erreichen, wird des Öfteren eine zentrale Öffnung am höchsten Punkt der Kuppel belassen. Diese Öffnung ist auch dann sinnvoll, wenn in der Wohnunterkunft gekocht wird, damit der Rauch besser abziehen kann (Löbbecke, 2012). Lüftungsöffnungen sorgen für ein angenehmes Raumklima und können bei Bedarf durch einen großen Stein, ein Stück Blech, Holzbretter oder anderen Materialien geschlossen werden. Im Kuppelbau sind die Öffnungen relativ einfach herzustellen.



Abbildung 5-22 (von links nach rechts): Beispiele von Lüftungsöffnungen in Dolatabad und in Zabol, Iran (Wichmann et al., 1983)



Abbildung 5-23 Lüftungsöffnung eines Kraggewölbes im Oman (Löbbecke, 2012)

6 Gebäudeentwurf

Die neue Bauform soll den Menschen der Afar Region eine Möglichkeit bieten eine permanente Wohnunterkunft im Selbstbau zu schaffen, die in ländlichen und städtischen Gebieten angewendet werden kann. Die Nomaden haben sich an die klimatischen Verhältnisse und harten Lebensbedingungen dieser Region angepasst. Sie sind zum Großteil auf Wanderschaft. Ihr gesamtes Hab und Gut, sowie ihr traditionelles Nomadenzelt passen auf zwei Kamele. Bei den alten Baukulturen hat sich die Form der Dächer aus den klimatischen Bedingungen der trockenen heißen Zonen etabliert. Die Lehmkuppel ist die optimale Lösung für Gebiete in denen extreme Hitze am Tag und kühle Temperaturen in der Nacht herrschen und kein Holz vorhanden ist.

Viele Afar Hirten verlassen ihren ländlichen Lebensraum und lassen sich allmählich in Städte nieder. Die Hintergründe der Landflucht sind verschieden. Manche verloren ihr Vieh durch Dürre und damit ihre Lebensgrundlage, andere wiederum wurden von ihrem Land verdrängt. In urbanen Gebieten wächst die Nachfrage an Wohnraum. Wie soll sich die lokale Bevölkerung den Hausbau leisten können? Wohngebäude die aufgrund des starken Bevölkerungswachstums errichtet werden müssen, sind wegen des umfangreichen Materialaufwands sehr kostspielig. Die Baumaterialien wie Konstruktionsholz und Zement müssen importiert werden.

Für die neue Bebauung wird der Baustoff Lehm verwendet. Das natürliche Rohmaterial ist in der Afar Region allgegenwärtig und frei verfügbar. Um den Holzverbrauch niedrig zu halten, bildet die tragende Struktur der neuen Bebauung eine Lehmkrugkuppel. Es wird darauf geachtet, nur vorhandene und natürliche Ressourcen der Umgebung zu verwenden. Der Archetyp in Kuppelbauweise kann aus Lehmklumpen oder luftgetrockneten Lehmsteinen errichtet werden. Der runde Grundriss ist durch seine Form eine Anlehnung an die traditionelle Daboyta der Afar Hirten.

"In vielen trockenen Zonen unserer Erde, in denen Holz als Baumaterial fehlt, sind Bauweisen für Gewölbekonstruktionen aus luftgetrockneten Lehmsteinen entwickelt worden, mit denen ein schützendes Dach nicht nur ohne Holzbalken, sondern auch ohne Schalung erstellt werden kann." (Minke, 1995:229)

6.1 Ansprüche in ländlichen Gebieten

Aufgrund der aktuellen Situation in der Afar Region wird die Herdenverteilung der Nomaden neu strukturiert. Ihre Siedlungen werden zwar immer noch in mobile und permanente Lager getrennt, jedoch reduzieren immer mehr Familien ihren Viehanteil der mobilen Lager und halten es nahe der Hauptsiedlung. Dadurch werden diese größer und die Afar Hirten sesshafter. Die Gefahr die Herde durch Raub benachbarter Stämme oder Dürre zu verlieren, wird immer größer.

Die traditionelle Daboyta funktioniert als mobile Unterkunft einwandfrei und hat sich über Generationen bewährt. Jedoch ist sie für eine dauerhafte Ansiedlung eher ungünstig. Die Frauen der Afar Hirten bestimmen über die Unterkunft. Sie kümmern sich bei der Übersiedelung um den Auf- und Abbau der Zelte und entscheiden über deren Einrichtung. Die traditionelle Lebensweise der Nomaden darf in ihrer kulturellen Vielfalt keinesfalls eingeschränkt werden und muss in ihrer etablierten Form erhalten bleiben. Es ist wichtig, dass das neue Gebäude auf ihre täglichen Rituale eingeht. Durch einen runden Gebäudegrundriss werden alle Funktionen der Daboyta übernommen.

Wie schon in Kapitel 2.3.1 beschrieben, besteht die kleinste Haushaltseinheit aus einer Burra, die sich meist aus frisch verheirateten Ehepaaren mit oder ohne Kinder zusammensetzt. Mehrere dieser Einheiten bilden die Dahla. Sie besteht aus den nächsten Verwandten, die sich in einem eingezäunten Gelände zu einem Compound gruppieren. Teilen sich mindestens zwei dieser Compounds ihre alltäglichen Aufgaben, werden sie Ganta (Siedlung) genannt.

Die neue Wohnunterkunft muss auf die Bedürfnisse und traditionelle Lebensweise der Nomaden eingehen. Die organische Siedlungsstruktur ergibt sich aus ihren Funktionen. Eine Gebäudeform, die das traditionelle Siedlungsmuster der Afar Hirten flexibel zulässt, ist eine Grundvoraussetzung für diesen Entwurf.

6.2 Ansprüche in urbanen Gebieten

Der Zuwachs der Stadt Logiya wurde in Kapitel 3.5 und 3.6 erörtert. Die neue Gebäudeform muss auf das starke Wachstum der Städte reagieren. Die Bebauung soll schnell und kostengünstig errichtet werden können. Die Anordnung der Gebäude ist ebenso flexibel zu gestalten wie die Veränderung der Gebäudedimension. Je nach Anspruch kann der runde Gebäudetypus angepasst werden.

In der Stadt Logiya bestehen die meisten Gebäude aus der Chikka-Bauweise, die sich seit Jahrzehnten etabliert hat. Jedoch ist der Holzverbrauch dieser Häuser ziemlich hoch und auch die Preise sind gestiegen. In der Hauptstadt Samara sind Chikka-Häuser verboten. Aus diesem Grund siedeln sich immer mehr Menschen in Logiya an. Ziel ist es, die neue Bauform in allen Städten der Afar Region etablieren zu können. Da Bauholz teuer erworben werden muss, sollte sich dieses nur auf die notwendigsten Bauteile, wie Fenster und Türen beschränken.

Des Weiteren besteht die Nachfrage an Sanitäranlagen und Küchen mit einem Rauchabzug. Viele Menschen städtischer Gebiete haben keinen eigenen Raum zum Kochen (vgl. Kapitel 3.7.2). Auch Räume für die tägliche Körperpflege sind rar. Die neue Bauform muss neben der Aufgabe des Wohnens auch andere Funktionen aufnehmen können.

6.3 Anspruch an das Gebäude selbst

Es ist wichtig, dass das Gebäude auf die klimatischen Bedingungen der Afar Region eingeht. Es muss der starken Sonnenbestrahlung am Tag und den heftigen Sandstürmen in der Regenzeit standhalten. Da sich das Gebäude nicht zu schnell aufheizen darf, ist für eine gute Luftzirkulation und Kühlung im Raum zu sorgen. In kalten Nächten soll es die Menschen warm halten. Ausreichend Schutz vor Ungeziefer sowie wilden Tieren ist ebenso eine Grundvoraussetzung wie die notwendige Standhaftigkeit gegenüber Sandstürmen, Erdbeben und Überschwemmungen. Alle Öffnungen des Gebäudes sind an der windabgewandten Seite zu platzieren. Eine permanente Wasserquelle ist sowohl für den täglichen Haushaltsbedarf, als auch für die Errichtung der Unterkunft aus Lehm sicherzustellen. Wasserleitungen sind auf den meisten Grundstücken Logiyas vorhanden. In ländlichen Gebieten sollte eine natürliche Wasserquelle in der Nähe des Bauplatzes liegen. Der Zugang zu lokalen Märkten, Schulen und Moscheen ist für die Situierung der neuen Wohnunterkunft zu

beachten. Jedoch hat das Schaffen von Vertrauen der lokalen Bevölkerung zur neuen Wohnunterkunft aus Lehm höchste Priorität.

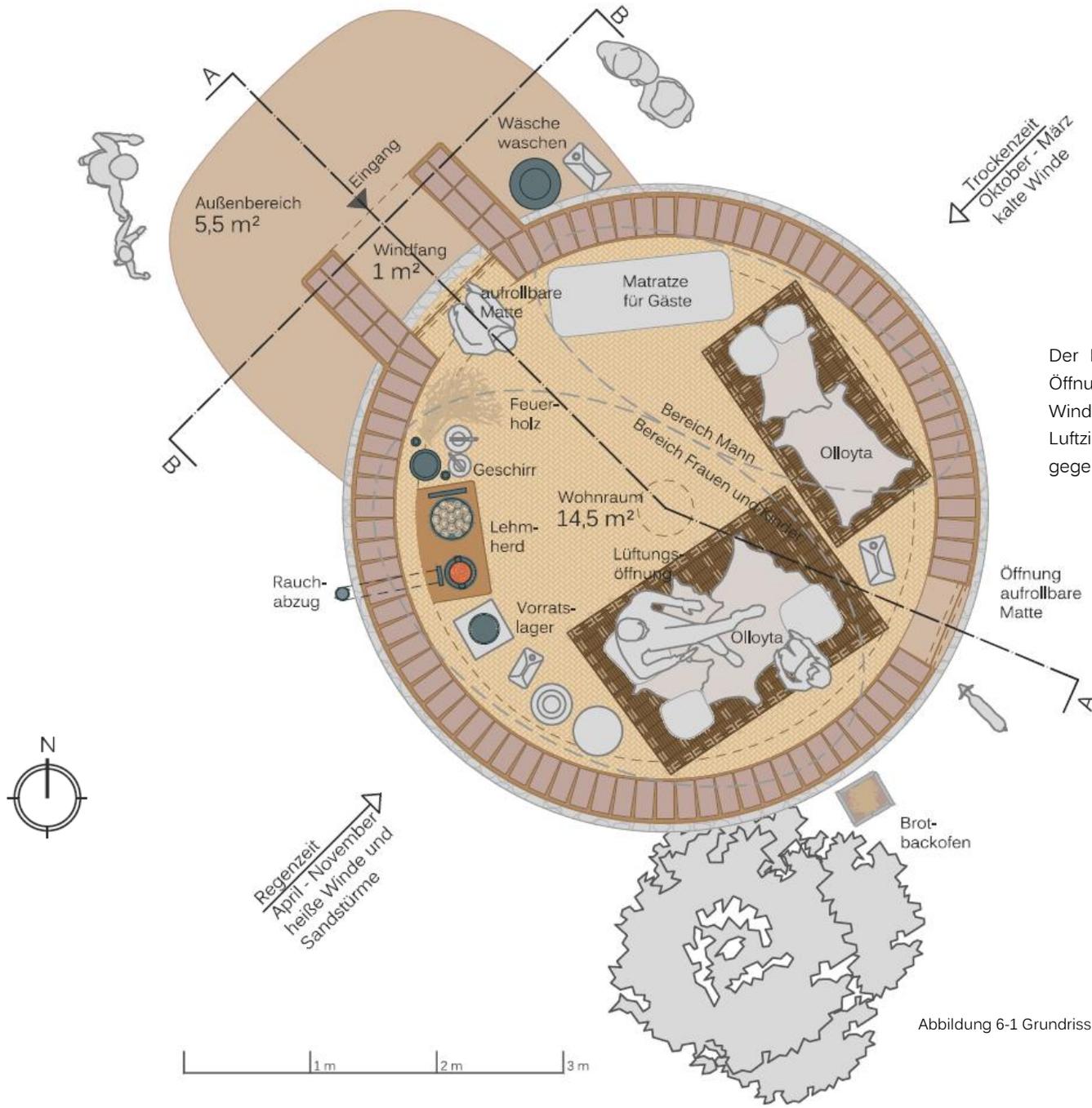
6.4 Grundriss und Schnitt

Vorgestellt wird der Archetyp einer Lehmkrugkuppel, der in seiner Dimension und Funktion individuell ausgebaut werden kann. Die Grundform gliedert in sich in zwei Bereiche. Den Innenraum zum Wohnen, Schlafen und Kochen und den Außenbereich zum Verrichten alltäglicher Arbeiten. Bei Bedarf können eigene Gebäude für die Küche und Sanitäranlagen errichtet werden. Es werden Vorschläge zur Anordnung mehrerer Gebäudeeinheiten sowie die Veränderung der Gebäudedimension in Bezug auf die Schaffung neuer Funktionen erörtert.

Der Kuppelbau hat einen inneren Durchmesser von 430 cm mit einer Wandstärke von 30 cm. Da die Lehmkrugkuppel die Form einer Stütze annimmt, kann auf einen Ringbalken, der für die Aufnahme von Zugkräften verantwortlich ist, verzichtet werden. Vertikale Lasten werden direkt in das Bruchsteinfundament geleitet.

Der Innenraum hat eine Wohnfläche von circa 14,5 m². Er dient hauptsächlich zum Kochen, Schlafen, Wohnen und der Lagerung von Geschirr und Lebensmittel. In ländlichen Gebieten werden die Funktionen der traditionellen Daboyta übernommen. Das Gebäude wird um 30 cm über dem Geländeniveau angehoben, um vor Überschwemmungen zu schützen und für eine bessere Luftzirkulation im Innenraum zu sorgen. Der Fußboden wird aus Stampflehm hergestellt und mit traditionellen Afar Matten belegt, die ein angenehmes und vertrautes Wohngefühl schaffen. Der Eingangsbereich dient mit einer Fläche von circa 1 m² als Windfang und bietet Schutz vor heißen Luftzügen und Niederschlägen. Der Außenbereich kann individuell gestaltet werden. Größe und Form richten sich nach den Bedürfnissen der Bewohner.

Die Lehmkrugkuppel kann aus Lehmsteinen oder Lehmklumpen hergestellt werden. Die Abmessungen der Lehmsteine im getrockneten Zustand betragen 30x14,5x10 cm. Folgende Pläne stellen die Lehmsteinbauweise dar und beziehen sich auf die Gebäudefunktionen einer Nomadenfamilie der Afar Region.



Der Kuppelbau wird so situiert, dass die Öffnungen nicht den starken lokalen Winden ausgesetzt sind. Für eine bessere Luftzirkulation ist ein Fenster schräg gegenüber dem Eingang angelegt.

Abbildung 6-1 Grundriss, Archetyp

Den Dachabschluss der Kragkuppel bildet eine kleine Öffnung, die für das Abweichen der angestauten warmen Luft im Innenraum sorgt. Die Dachöffnung wird bei Regenfällen mit einem Stück Blech oder anderem Material, was in der Umgebung gefunden wird, abgedeckt. Da in ländlichen Gebieten an einer einfachen Feuerstelle im Innenraum gekocht wird, kann der Rauch auf diese Weise besser abziehen. Ein Vorschlag zu einem Lehmherd wird in Kapitel 6.9 beschrieben. Dieser beinhaltet einen direkten Rauchabzug durch ein Rohr ins Freie. Nachdem Frauen meistens am Boden arbeiten beziehungsweise kochen, soll ihnen der Lehmherd diese Aufgaben erleichtern.

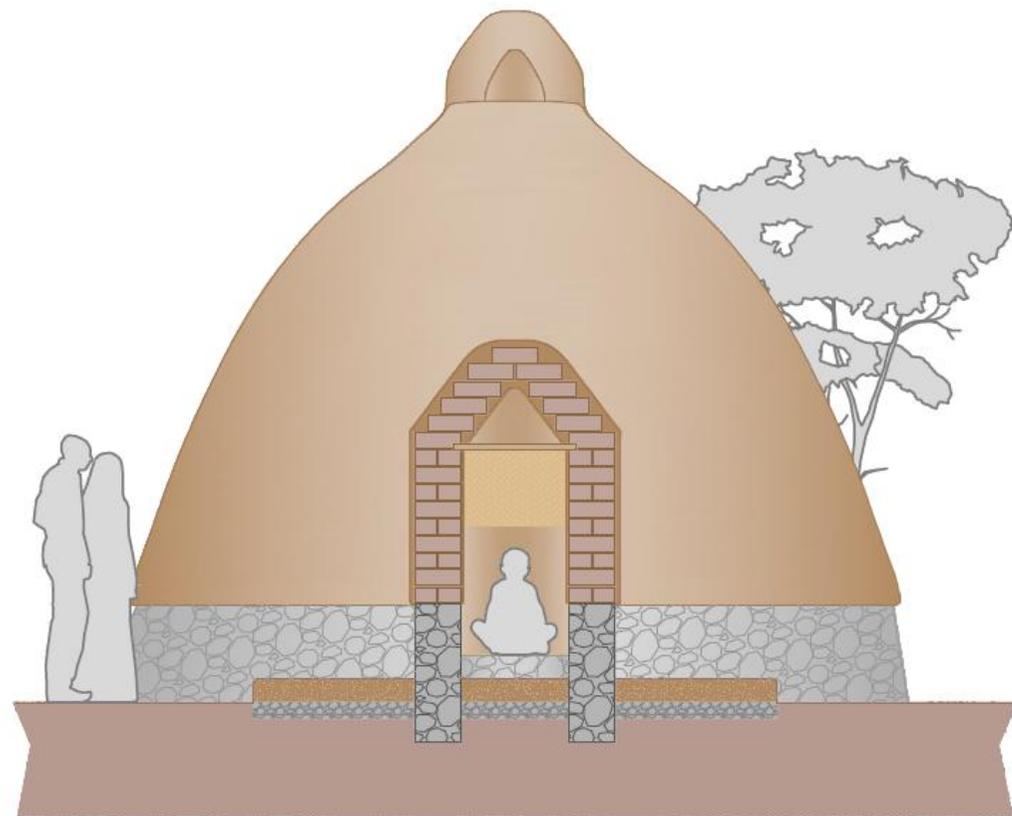


Abbildung 6-2 Schnitt B-B, Archetyp



In den Schnitten A-A und B-B lassen sich die unterschiedlichen Höhen der Aufbauten und der Dachabschluss ablesen. Der Niveauunterschied zum Geländeniveau ist deutlich zu erkennen. Der Eingang und das Fenster werden mit traditionellen Afar Matten bekleidet und damit blickdicht gemacht. Während der Bauausführung wird ein Holzbalken in die Wände gelegt, an dem ein Mattenrollo befestigt ist. Auf diese Weise wird die Privatsphäre geschützt und die Luftzu-/abfuhr geregelt. Diese simple Methode kann durch Tür- und Fensterrahmen ersetzt werden (siehe Kapitel 6.8).

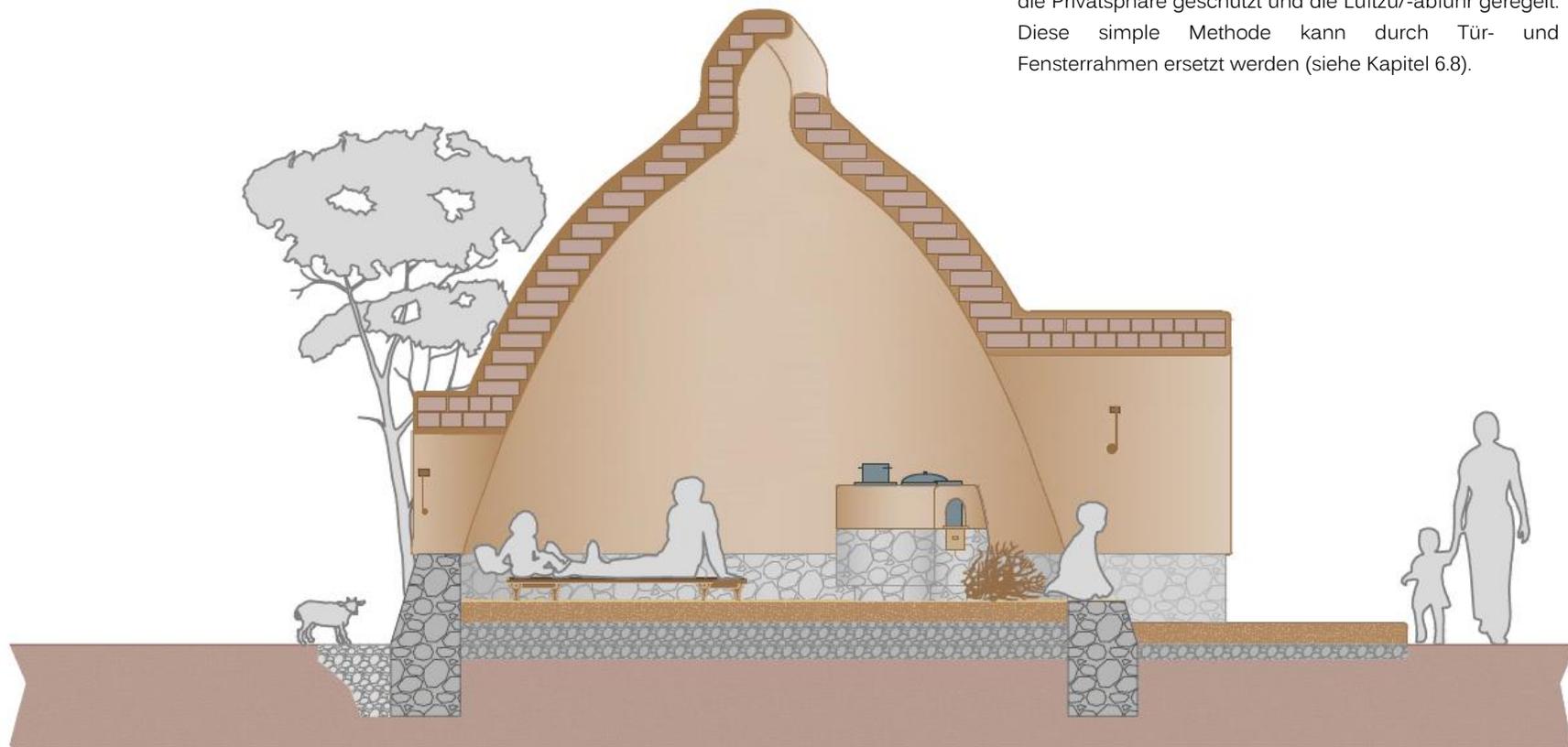


Abbildung 6-3 Schnitt A-A, Archetyp

1 m 2 m 3 m

6.5 Optimierung durch Holzbalkendecke

Der Dachraum der Lehmkrugkuppel kann zu einer Art Galerie umfunktioniert werden. Die Kuppel wird auf die gewünschte Höhe angehoben. Durch die Einlage von Holzbalken mit einem Durchmesser von circa 10 cm wird die tragende Konstruktion der Zwischenecke geschaffen. Sie werden beim Mauern der Kragkuppel im Lehmmörtelbett in einem Achsabstand von 45 cm parallel verlegt. Darüber folgt eine Konterlattung, auf der eine traditionelle Olloyta liegt. Optional wird der Boden mit Afar Matten belegt.

Der Dachraum wird durch eine Leiter zugänglich. Der gewonnene Platz kann auf unterschiedliche Weise genutzt werden, sei es zum Schlafen oder Lagern von Gegenständen. Lagerware, die ein geschütztes Umfeld verlangen, können in einer zweiten Ebene deponiert werden. Die hohe Raumhöhe der Kuppel bietet sich an, eine Decke einzuziehen.

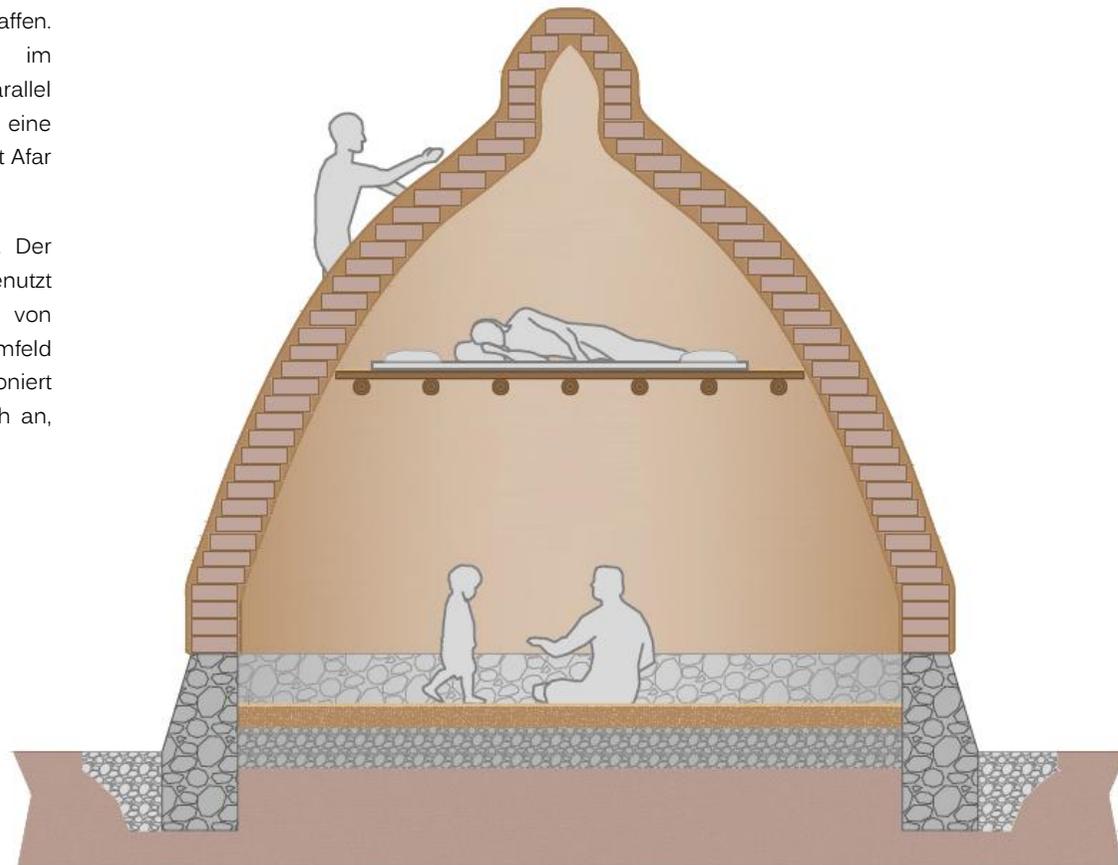
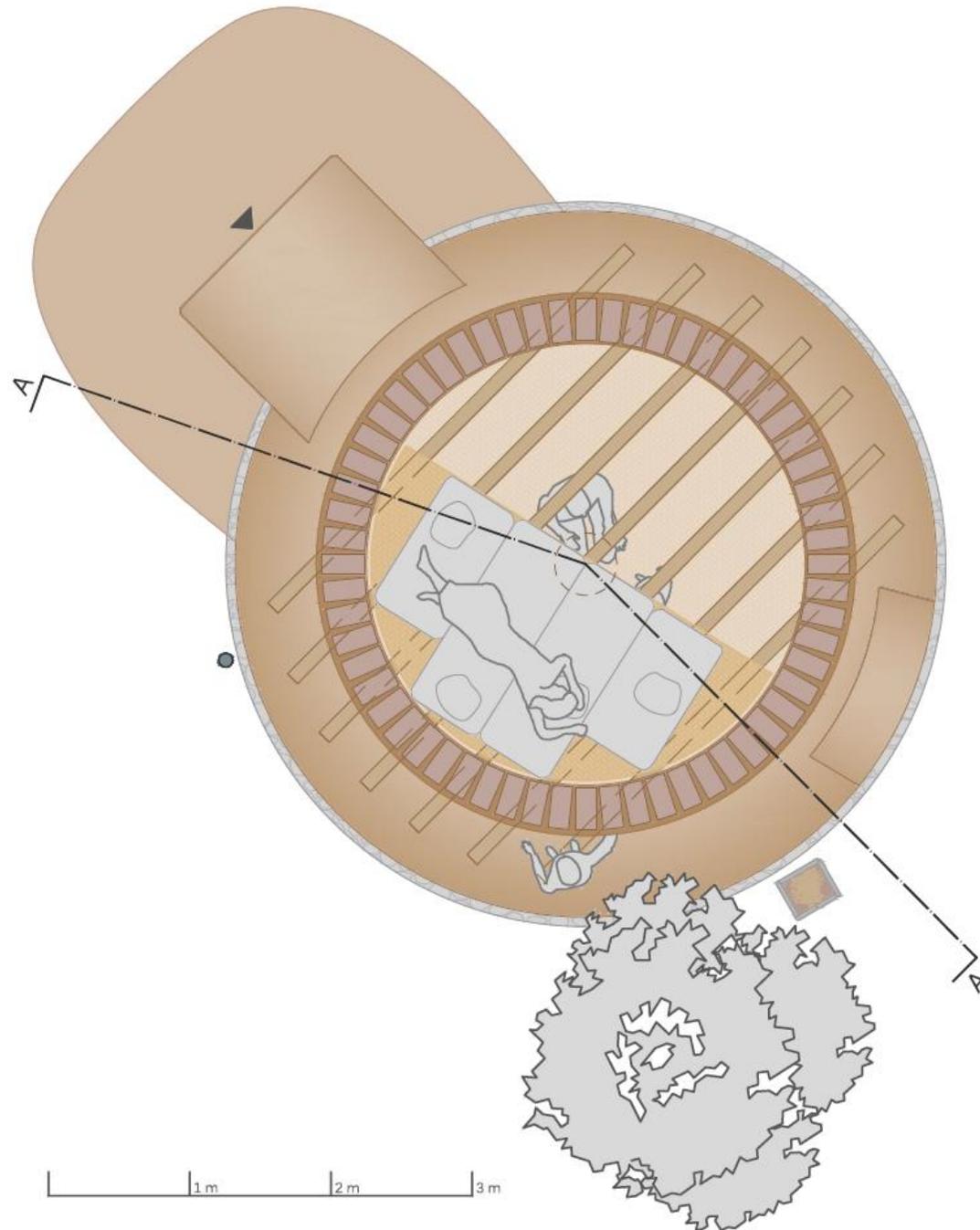


Abbildung 6-4 Schnitt A-A, Holzbalkendecke





Die Holzbalkendecke hat nicht nur die Funktion der Nutzflächen-Erweiterung, sondern dient auch als Gerüst bei der Sanierung der äußeren Gebäudehülle. Da der Lehmputz beziehungsweise Anstrich der Dachhaut periodisch erneuert werden muss, erleichtern die Holzbalken die Putzarbeiten durch eine bessere Zugänglichkeit der Kuppel. Eine Option wäre den Dachüberstand mit einem Blech und einer Regenrinne auszustatten. Dadurch wird die darunterliegende Wand vor Niederschlägen geschützt. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit das Regenwasser in eine Zisterne zu leiten.

Abbildung 6-5 Grundriss, Holzbalkendecke

6.6 Sanitäreinrichtungen

Durch die flexible Anpassung der Gebäudedimension ist es möglich Sanitäreinrichtungen in der gleichen Bauweise zu errichten. Gezeigt wird eine belüftete Trockentoilette und ein Waschraum. Beide Räume haben den gleichen Durchmesser. Dieser ist je nach Bedarf anzupassen. Auch die Anordnung der einzelnen Gebäude kann variieren oder man bildet separate Einheiten. Im Gegensatz zum Archetyp werden kleinere Gebäudedimensionen mit einer lotrechten Wand aus Lehmsteinen errichtet und anschließend mit einem Kragkuppeldach geschlossen. Die Abmessungen der Lehmsteine werden gemäß der Gebäudegröße angepasst. Beide Räume haben einen inneren Durchmesser von circa 160 cm und eine Fläche von rund 2,3 m². Sie liegen aneinander. Wenn eine Wasserquelle zur Verfügung steht, kann ein überdachter Vorbereich gebaut werden. Der Vorbereich wird durch Afar Matten blickdicht gemacht. Das Anlegen von Zisternen ist optional.

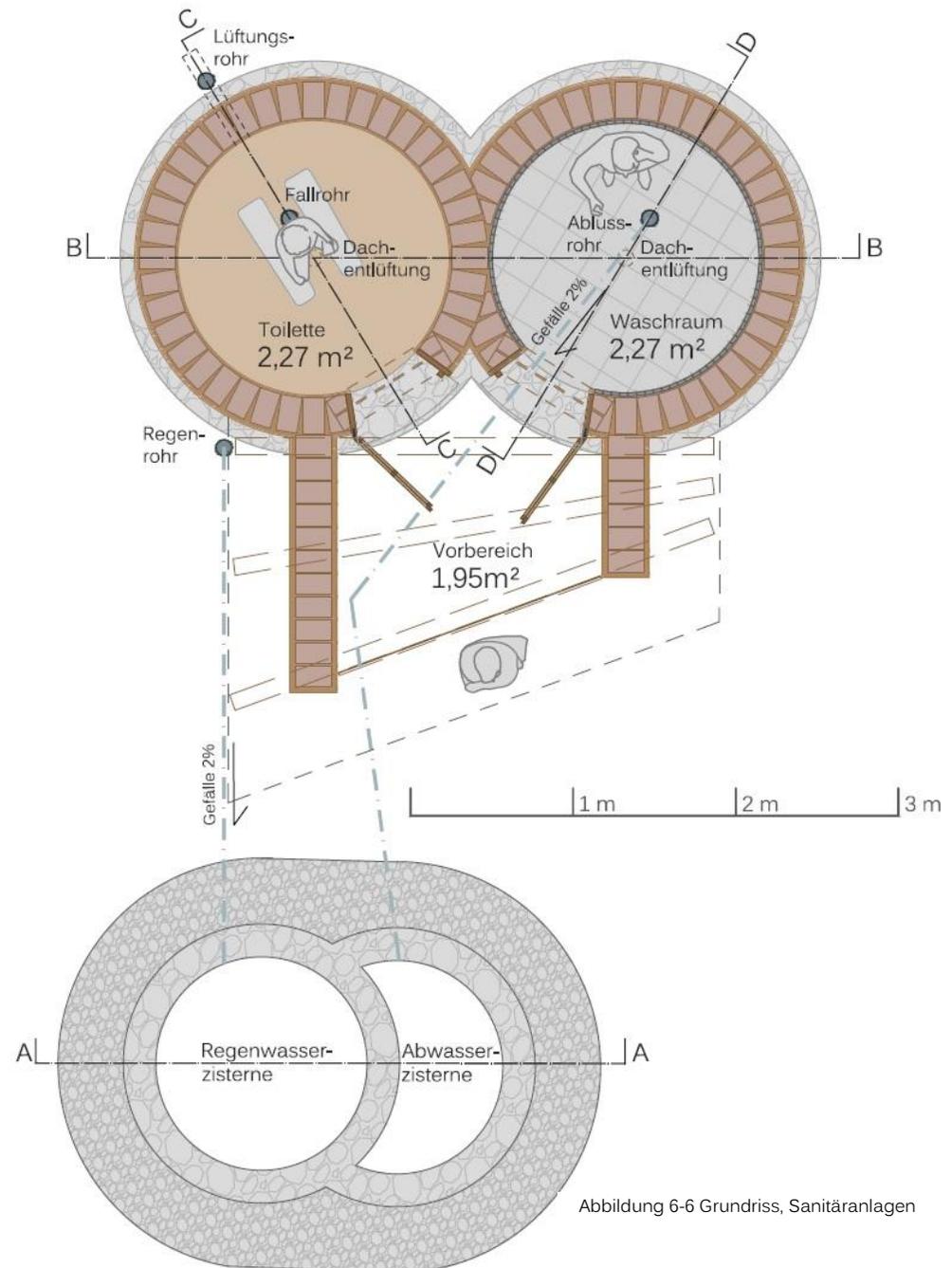


Abbildung 6-6 Grundriss, Sanitäreinlagen

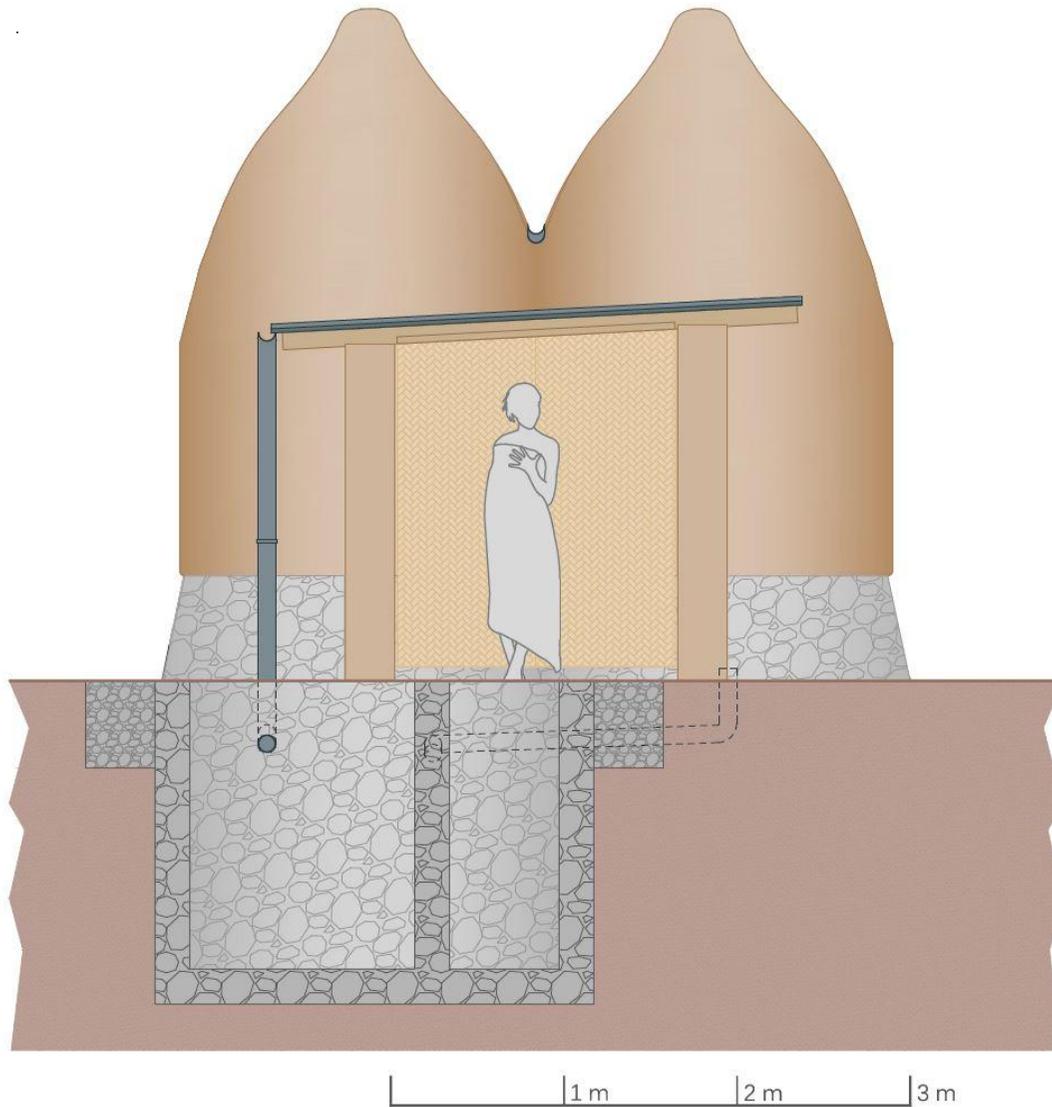


Abbildung 6-7 Schnitt A-A, Zisternen

Zisterne

Es bietet sich an in der Nähe der Sanitäranlagen Zisternen zu errichten, die das anfallende Ab- und Regenwasser sammeln. Das Fundament wird mit Bruchsteinen im Zementmörtelbett hergestellt. Eine zusätzliche Kiesschicht umschließt das Fundament. Auf diese Weise kann bei starken Regenfällen der aufgeschlämmte Erdboden in die Kiesschicht sickern. Das Abwasser vom Waschraum und Vorbereich wird in eine eigene Zisterne geleitet. Dieses Wasser eignet sich zum Beispiel für die Produktion von Lehmklumpen oder Lehmsteinen. Das Regenwasser wird durch den überdachten Vorbereich separat gesammelt. Es kann zur Bewässerung der Pflanzen oder zum Tränken der Tiere dienen. Durch eine Regenerinne zwischen den beiden Kuppeln und am geneigten Dachende der Blechdeckung des Vorbereichs wird das Regenwasser in ein Rohr geführt. Die im Erdboden vergrabenen Rohre werden im Gefälle von 2 % verlegt. Eine Zisterne kann auch einfacher errichtet werden, indem das ausgehobene Erdloch lediglich mit einer Plastikplane ausgelegt wird.

Trockentoilette

In der Afar Region sind Spültoiletten eine Seltenheit. Der überwiegende Teil der Bevölkerung urbaner Gebiete benutzt eine Trockentoilette. Selten ist sie belüftet. Durch die Dachöffnung des Kuppelgebäudes kann die Luft auf eine sehr einfache Weise abweichen. Für die Sammlung der Exkremente wird ein Loch von 185 cm Tiefe gegraben. Der äußere Durchmesser beträgt 230 cm. Anschließend wird ein Fundament aus Bruchsteinen im Zementmörtelbett hergestellt. Die Wandstärke des Fundaments beträgt 35 cm. Ab dem Geländeniveau verjüngt sie sich das Fundament um 15 cm. Der sichtbare Sockelbereich ist 60 cm hoch und an der höchsten Stelle nur noch 20 cm breit. Die vorgeschlagenen Abmessungen der gemauerten Lehmsteine betragen 20 x 13 x 10 cm. Die Fäkalgrube kann zusätzlich entlüftet werden. Die Verlegung des Entlüftungrohrs geschieht bei der Errichtung der Fundamente. Für die Zwischendecke werden Holzbalken mit einem Durchmesser von 10 cm in das Fundament eingesetzt. Danach folgt das Auflegen einer traditionellen Olloyta. Die Aussparung für das Fallrohr wird zuvor zugeschnitten. Nach dem Einlegen des Rohrs wird der Stampflehmfußboden hergestellt. Zwei große Steine um das Fallrohr erleichtern die Benützung der Trockentoilette.

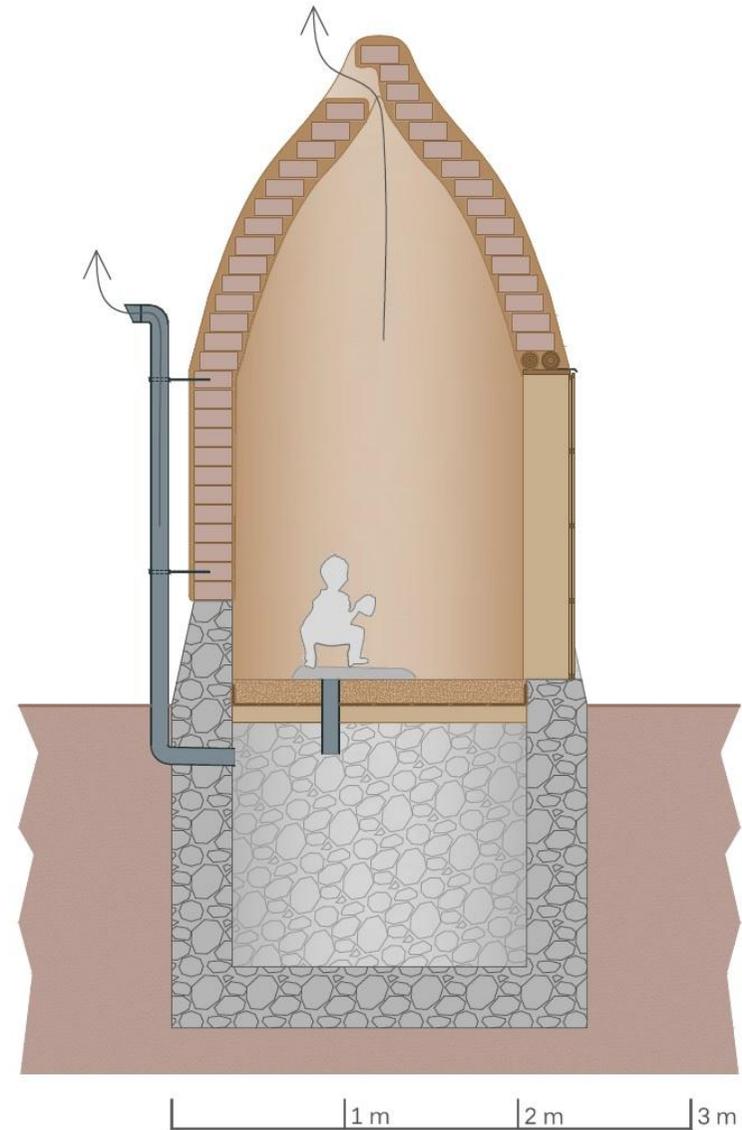


Abbildung 6-8 Schnitt C-C, Trockentoilette

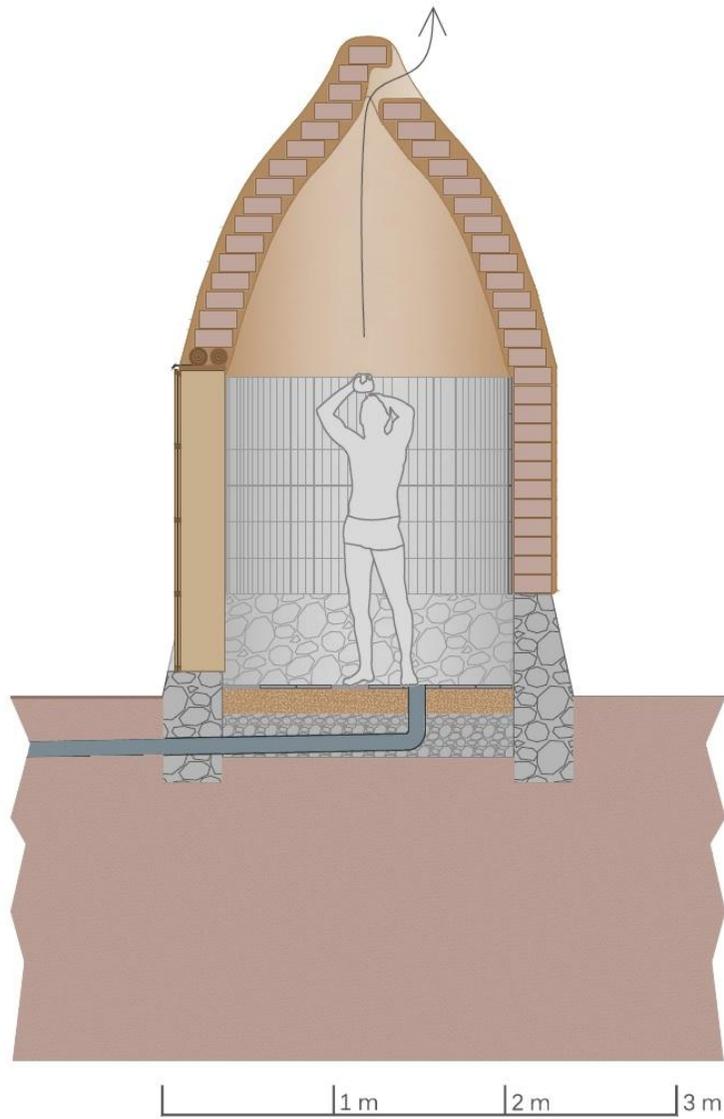


Abbildung 6-9 Schnitt D-D, Waschraum

Waschraum

In der Afar Region sind selten Duschen mit einer Armatur zu finden. Die Menschen waschen sich mit einem Kübel Wasser. Das Fundament des Waschraums ragt 50 cm in den Erdboden. Die Abmessungen der Lehmsteine sind die selben wie bei der Trockentoilette. Nachdem das Erdreich ausgehoben wurde, wird der Innenraum mit einer Kiesschicht gefüllt. In dieser Schicht verlegt man ein Abflussrohr. In weiterer Folge wird der Stampflehm Boden hergestellt und am Ende verfließt. Auch die Wände können optional mit Fliesen belegt werden. Die Raumentlüftung erfolgt durch die Öffnung in der Kuppel.

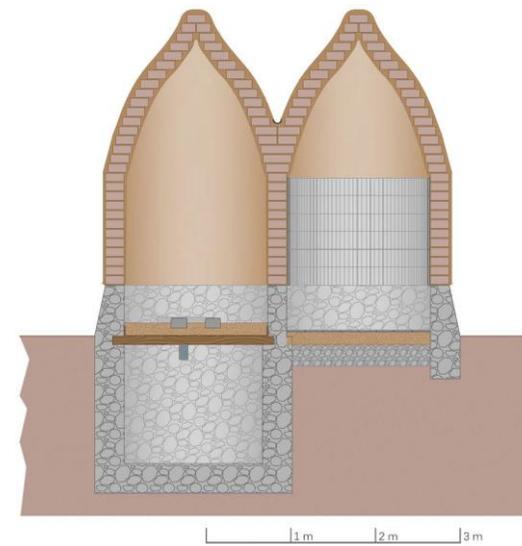


Abbildung 6-10 Schnitt B-B, Sanitäranlagen

6.7 Sockel und Fußbodenaufbau

Für das Gebäude wurde ein Fußbodenaufbau in Stampflehmbauweise gewählt, der sowohl innen als auch außen angewendet werden kann. Die Größe des Außenbereichs wird von seinen Nutzern bestimmt. Die Fundamente aus Bruchsteinen ragen 50 cm in den Mutterboden hinein. Sie werden optional im Lehm- oder Zementmörtelbett verlegt. Das Streifenfundament verjüngt sich ab dem Geländeniveau um 20 cm, bis eine Höhe von 60 cm erreicht wird. Im Bereich der Sockeloberkante beträgt die Tiefe des Fundaments 30 cm, um die erste Schicht der Lehmsteine bündig mauern zu können. Insgesamt ist der Sockel 110 cm hoch. Wenn man vom Geländeniveau ausgeht, liegt der angrenzende Außenbereich 15 cm beziehungsweise der Innenbereich 30 cm über dem Niveau. Aufgrund von periodischen Überschwemmungen in der Afar Region wird das ganze Gebäude um wenige Zentimeter angehoben, um die Regenwasseransammlung im Innenraum zu verhindern. Zusätzlich sorgt diese Maßnahme für eine bessere Luftzirkulation. Optional kann im Außenbereich der Fundamente eine Kiesschüttung angebracht werden. Dadurch wird das Wasser von starken Regengüssen besser in den Boden geleitet. Der Sockel bleibt dadurch vor Spritzwasser geschützt.

"In indigenen Bautraditionen Schwarzafrikas tritt das Bauen mit Steinmaterial relativ selten auf. Ausgenommen davon sind aus Stein errichtete Sockelbereiche, die eine bautechnische Funktion als Feuchtigkeitsschutz besitzen."
(Lehner, 2003:122)

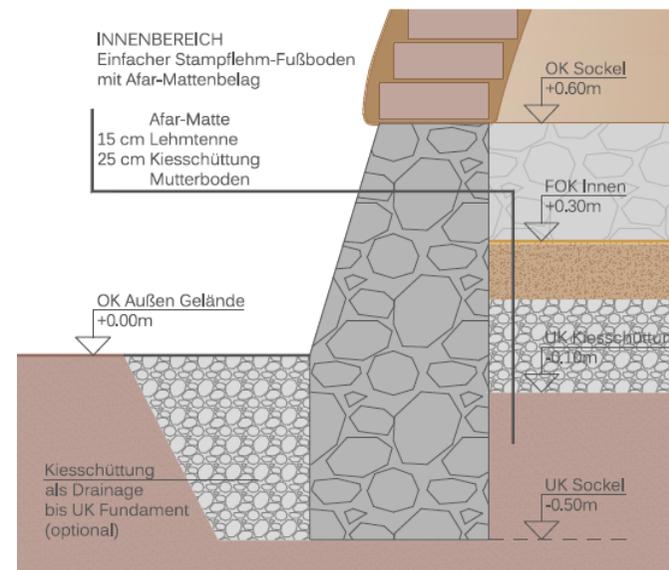


Abbildung 6-11 Fußbodenaufbau innen

"Die Errichtung eines Bauwerks in erhöhter Position bedeutet des Weiteren aber auch eine Verbesserung der klimatischen Verhältnisse von Behausungen in tropischen, feucht-heißen Zonen. Hier erreicht man bereits mit einer relativ geringen Erhöhung des Bauwerks über das Gelände eine stärkere Durchlüftung des Innenraums und kann den dadurch entstehenden Kühlungseffekt nutzen."

(Lehner, 2003:127)

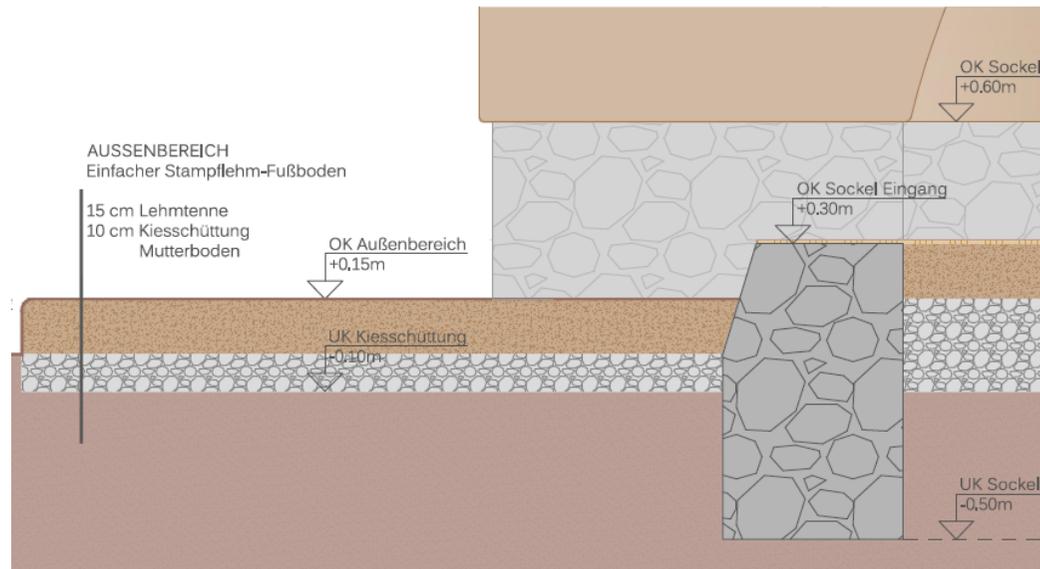
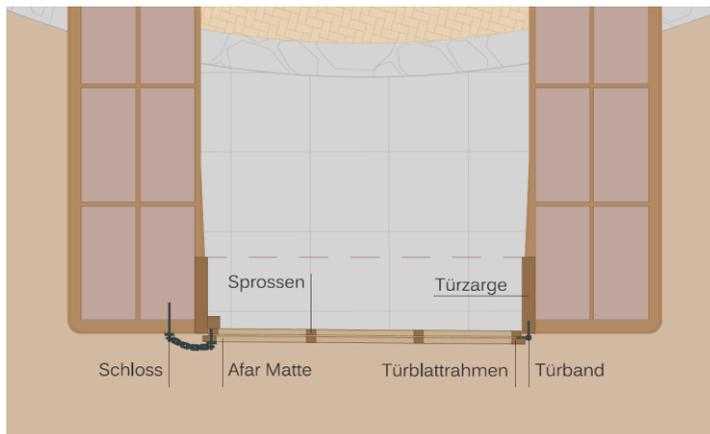


Abbildung 6-12 Fußbodenaufbau außen

Für die Herstellung der Fußböden wird das Erdreich um 10 cm abgegraben und mit einer Kiesschicht gefüllt, damit die aufsteigende Bodenfeuchtigkeit die Stampflehmschicht nicht angreifen kann. Die Schicht im Innenbereich beträgt 25 cm und im Außenbereich 10 cm. Der Kies wird nivelliert und darauf die zuvor aufbereitete Lehmischung in einer Stärke von 15 cm mit einem Stampfwerkzeug in zwei Schichten eingestampft. Danach ebnet man den Boden mit einer Glättekelle bis keine Risse mehr zu sehen sind. Optional kann etwas Öl zum Glätten verwendet werden, um alle Poren zu schließen. Um den Fußbodenaufbau so einfach wie möglich zu halten, ist er innen wie außen gleich. Lediglich die Verlegung von Afar Matten im Innenraum und die Stärke der Kiesschicht unterscheidet beide voneinander. Die Belegung des Innenraum durch Afar Matten ist lediglich ein Vorschlag für die Bewohner. Natürlich kann kein oder ein anderer Fußbodenbelag gewählt werden. Plastikfolien sind eine weitere Option, jedoch verhindern sie das Atmen des Lehmbodens. Auch die Verlegung von Fliesen im Innenraum ist möglich, die das Reinigen des Fußbodens erleichtern.

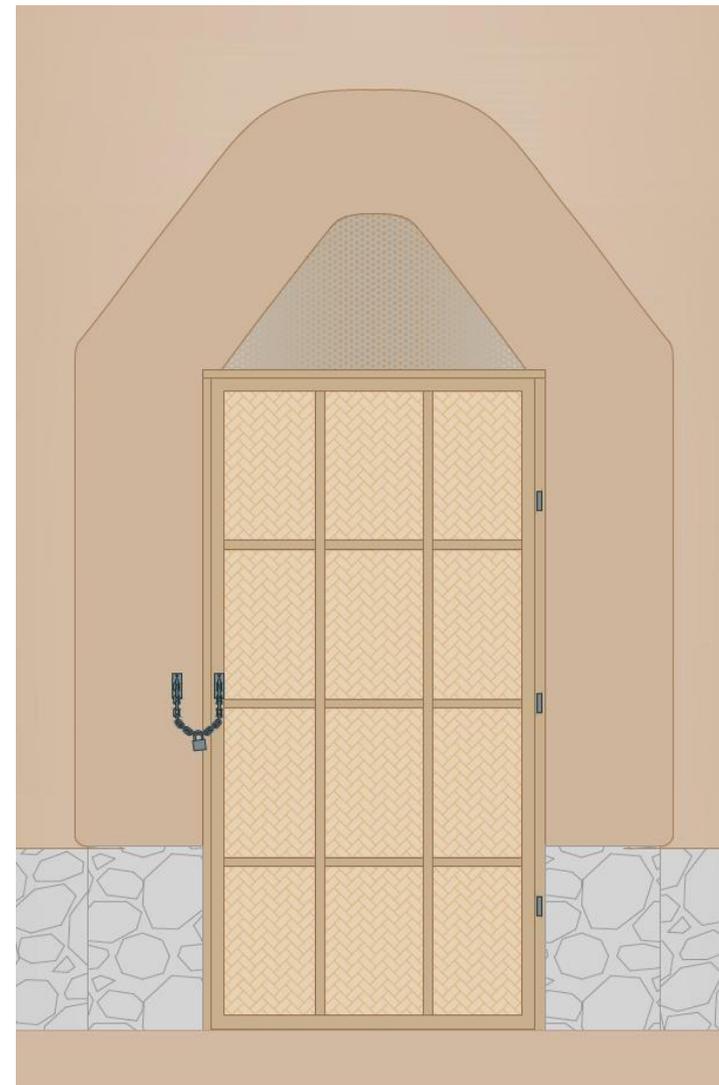
6.8 Türen und Fenster

Die zuvor beschriebene einfache Variante Fenster- und Türöffnungen durch ein Mattenrollo, das an einem Holzbalken befestigt ist blickdicht zu machen, kann durch Fenster- und Türelemente aus Holz ersetzt werden. Die einfache Methode eignet sich vor allem in ländlichen Gebieten, wo kein Konstruktionsholz gekauft werden kann. In urbanen Gebieten empfiehlt es sich eine stabilere Konstruktion zu wählen, die auch vor Einbruch schützt. Der Materialaufwand ist jedoch höher und kostspieliger. Es obliegt der individuellen Entscheidung zukünftiger Bewohner, auf welche Art und Weise sie Fenster- und Türöffnungen ihrer neuen Wohnunterkunft schließen möchten.



1 m

Abbildung 6-13 Grundriss, Eingangstür



1 m

Abbildung 6-14 Ansicht, Eingangstür

6.9 Lehmherd

In dieser Arbeit wird die zukünftige Kochstelle als "Lehmherd" bezeichnet, da sie mit zwei Herdplatten ausgestattet ist. Er wird nach den Plänen Gernot Minkes, Lehm-Bau-Handbuch 1995, entworfen. Der Lehmherd besteht aus einem Sockel aus Bruchsteinen und der Oberbau aus gestampftem Lehm. Positioniert wird er am Rand des Rundbaus, wo sich auch die Feuerstelle der traditionellen Daboyta befindet. Durch die Kuppelöffnung kann der Rauch über das Dach entweichen oder man verlegt im Vorhinein ein Abluftrohr in der Lehmkuppel. Es ist den Bewohnern überlassen, ob sie einen Lehmherd im neuen Gebäude errichten möchten. Der untere Teil des Sockels hat eine Länge von 70 cm, eine Breite von 40 cm und eine Höhe von 50 cm, wovon 40 cm in den Boden ragen. Der obere Teil ist etwas breiter und hat die Abmessungen 90 x 60 x 40 cm. Der untere Teil des Sockels ist schmaler ausgeführt, damit die Füße beim Kochen Platz haben. Dort wo sich die Feuerstelle befindet, wird eine Aussparung von 40 x 25 x 15 cm vorgenommen, in der die Schublade für das Auffangen der Feuerasche liegt. Ein schmales Holzbrett mit 30 x 6 x 1,5 cm sowie neun Stück Bewehrungsstähle mit einem Durchmesser von circa 0,8 cm und einer Länge von 30 cm, die den Rost bilden, werden auf den Steinsockel über der Aussparung aufgelegt. An dieser Stelle wird das Feuer für den Lehmherd entfacht.

"Die Begriffe Herd und Ofen sind nicht eindeutig zu trennen. Es hat sich aber eingebürgert, eine Feuerstelle zum Kochen als Herd und eine zum Heizen oder Backen als Ofen zu bezeichnen." (Minke, 1995:262)

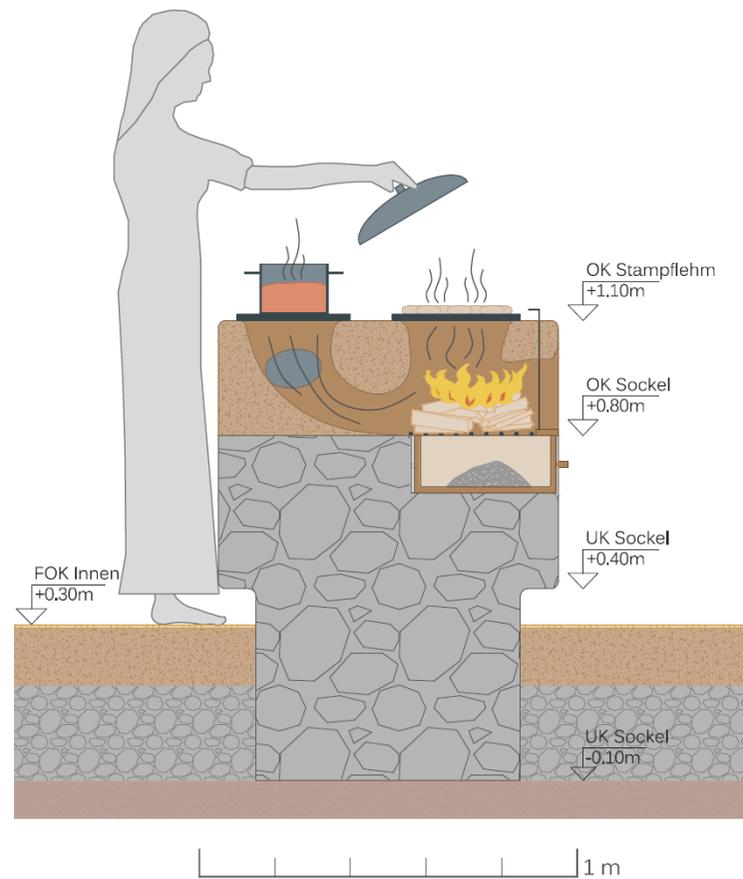


Abbildung 6-17 Schnitt A-A, Lehmherd

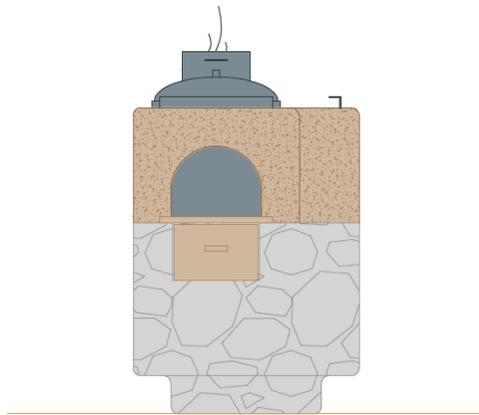


Abbildung 6-19 Ansicht von der Seite, Lehmherd

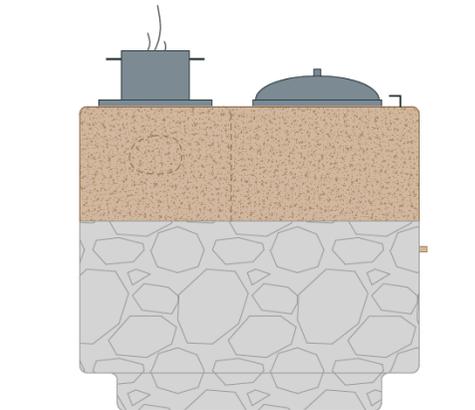


Abbildung 6-18 Ansicht von vorne, Lehmherd

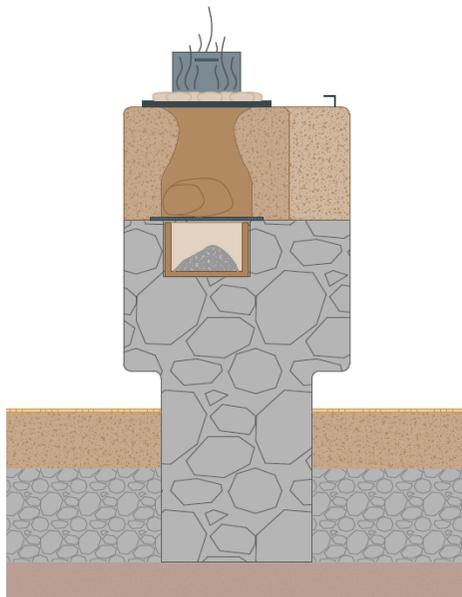


Abbildung 6-20 Schnitt B-B, Lehmherd

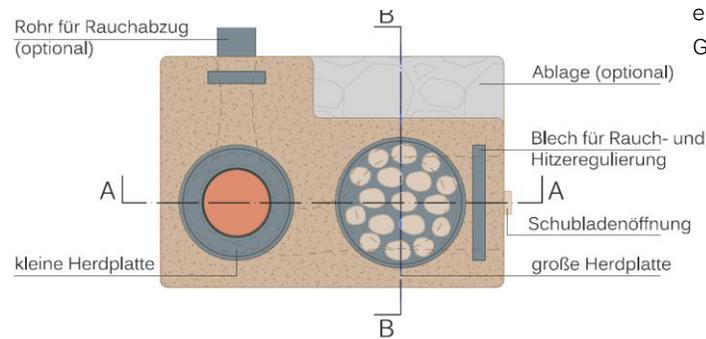


Abbildung 6-21 Grundriss, Lehmherd

Anschließend folgt eine Schalung aus Holzbrettern, die um den Sockel angebracht wird. Von außen muss man sie abstützen, um den Druck des Einstampfens standhalten zu können. Vor dem Stampfen wird der Rost mit einem flachen Brett oder Blech abgedeckt. Der nächste Schritt beinhaltet die Lehmischung in 10 cm hohe Schichten in die Schalung zu stampfen. Das Herstellungsverhältnis der Lehmischung sollte ungefähr doppelt so groß sein, da sich das Volumen beim Stampfen um etwa 40 % verringert. Wenn der Lehm fast zur Gänze ausgetrocknet ist, werden Hohlräume mit einem spitzen Werkzeug ausgekratzt. Auf diese Weise werden die Kanäle zur Erhitzung der Herdplatten hergestellt. Bei der Variante eines Rauchabzugs durch ein Rohr ins Freie regulieren zwei Bleche die Hitze im Herd. Die Bleche werden vorsichtig in den Stampflehmherd geschoben. Zum Schluss legt man zwei gusseiserne Platten auf die zuvor hergestellten Öffnungen. Die Herdplatte direkt unter dem Feuer eignet sich besonders für Gerichte, die starke Hitze benötigen. Hier könnte man zum Beispiel Brot backen. Die etwas kleinere Herdplatte daneben ist weniger heiß. Sie eignet sich zum Beispiel für das Shiro oder andere Gerichte, die weniger Hitze brauchen.

6.10 Instandhaltung

Außenwände von Lehmgebäuden müssen periodisch saniert werden, vor allem die Bauteile, die an den Wetterseiten liegen. Da die Lehmkrugkuppel gänzlich dem Klima ausgesetzt ist, muss sie regelmäßig gewartet werden. Wenn die äußere Lehmschicht durch Regenwasser weggespült wird, ist diese durch einen frischen Lehmputz zu ergänzen. Wie schon in Kapitel 4.9 erwähnt, können Risse problemlos mit Lehmörtel repariert werden. Dabei spielt das Verhältnis und die Art der Verarbeitung der Lehmmischung eine große Rolle. Zusätze, wie zum Beispiel Öl, Bitumen oder Kalk machen den Lehm beständiger. Auch ein wetterfester Anstrich muss in regelmäßigen Abständen erneuert werden.

Den zukünftigen Bewohnern dieses Gebäudetyps sollte daher bewusst sein, dass ihr neues Heim einer ständigen Pflege bedarf. Diesem Defizit stehen jedoch viele Vorteile gegenüber. Im Vordergrund steht eine günstige Bebauung zu schaffen. Diese Bauform kommt ohne Holz und Zement aus. Auch die Kuppelform bringt große klimatische Begünstigungen im Innenraum.

Die Instandhaltung fördert die Verbundenheit zum Eigenheim und das Entwickeln neuer Ideen. Je mehr man mit Lehm arbeitet, desto besser wird das Gespür für diesen Baustoff. Der spielerische Umgang durch die plastische Verformbarkeit des Materials steigert das Vertrauen in das Potential von Lehm sowie in die eigenen Fähigkeiten des Gestaltens. Die vielfältigen Formen-Möglichkeiten lassen der Fantasie hinsichtlich ihrer unterschiedlichsten Anwendungen freien Lauf. Der Entwicklung der menschlichen Kreativität im Bauen sind kaum Grenzen gesetzt, was einen kontinuierlichen Prozess des Ausprobierens, der Umgestaltung und der Verbesserungen zulässt und bewährte Architektur der Vergangenheit neu zu definieren vermag.

"Die kleinen schrittweisen Anpassungen während des ständigen Reparierens und Verbesserns der bestehenden Formen sind für die Bewohner eine tägliche Selbstverständlichkeit. Der Bauprozess hört nicht beim Einziehen in den neu errichteten Raum auf, sondern er setzt sich kontinuierlich fort. Allgemein lässt sich dazu feststellen: Je anfälliger ein Baumaterial ist, umso mehr kleine Reparaturen, Änderungen, verbunden mit Verbesserungen und Anpassungen, sind die Folge. Je stabiler und dauerhafter die Bauweise, umso seltener sind solche verbessernden Eingriffe und umso geringer ist die Anpassung der Bauformen an das sich stetig wandelnde Leben."
(Wichmann et al., 1983:19)



Abbildung 6-22 Archetyp

7 Vorschläge zur Etablierung des Lehmkuppelbaus in der Stadt Logiya

Die Stadt Logiya, die sich im Zentrum der Afar Region befindet, ist eine sehr stark anwachsende Stadt, dessen Einwohneranzahl sich in den letzten 15 Jahren verdreifacht hat. Im folgenden Kapitel werden drei mögliche Szenarien ausgearbeitet, wie sich die neue Bauform in der Stadt etablieren könnte. Voraussetzung ist die Grundeinschulung der Bewohner der Stadt, um die ihnen unbekannte Bautechnik näher zu bringen. Darauf wird im späteren Kapitel 9.1 eingegangen. Stadtbewohner, die bei der Errichtung des ersten Archetypen mitgearbeitet haben, können nach der Grundeinschulung im Selbstbau ihre neue Wohnunterkunft eigenständig gestalten.

Die Lehmkuppel ist für städtische und ländliche Gebiete der Afar Region entworfen worden. Der neue Gebäudetypus passt sich auf die individuellen Bedürfnisse der Menschen an. Die einzige Einschränkung besteht in der Spannweite des Gebäudes. Der Archetyp mit einem inneren Durchmesser von 430 cm und einer Wandstärke von 30 cm dient hier als Grundlage maximaler Gebäudespannweite. Größere Spannweiten können erreicht werden, indem die Mauerstärke dementsprechend angepasst wird. Auch die Stützlinie der Kuppelform spielt hierbei eine große Rolle. Je höher die Kuppel, gerechnet auf den inneren Durchmesser, desto größere Spannweiten können erzielt werden. Es wird angestrebt, durch den mit der Zeit erfahrenen und spielerischen Umgang dieses Gebäudetypus unterschiedliche Wohneinheiten entstehen zu lassen. Vorschläge werden diesbezüglich gemacht.

Der Gebrauch von Holz, bis auf Fenster- und Türelemente, fällt bei der Kuppelbauweise weg. Teures Konstruktionsholz muss daher nicht gekauft werden. Auch der Hitzestauung in Wohngebäuden der Chikka-Bauweise, die vor allem durch das Blechdach entsteht, wird entgegengewirkt. Für eine gute Luftzirkulation im Innenraum wird durch die Situierung der Öffnungen und durch das Anheben des Gebäudes auf wenige Zentimeter gesorgt. Wie bereits erwähnt besteht der größte Nachteil eines Lehmkuppelgebäudes darin, dass die äußere Gebäudehülle kontinuierlich gewartet werden muss. Mit der Zeit könnten die Hausbewohner eigene Ansätze und Ideen entwickeln mit diesem Defizit umzugehen und lernen, wie sie ihr neues Zuhause dauerhaft erhalten können. Kontinuierliche Wartungsarbeiten werden zwar für manche Menschen ein Hindernis darstellen, wenn allerdings der richtige Umgang mit dem Baustoff Lehm vermittelt wird, steht der neuen Bebauung nichts mehr im Wege.

In den folgenden Szenarien werden drei Familien vorgestellt: Zwei davon leben bereits in einem Chikka-Haus in Logiya. Die dritte fiktive Familie will sich in der Stadt niederlassen. Bei Szenario 2 und 3 wird davon ausgegangen, dass die neue Bauform bereits erprobt ist und komplexere Wohneinheiten entstehen können.

Szenario 1

Die Nomadenfamilie kommt mit der Stadt Logiya zum ersten Mal in Berührung. Sie erwerben ein Grundstück am Stadtrand Logiyas und beginnen ihre Wohnunterkunft zu bauen. Die einzelnen Bauphasen sowie die Anordnung der Funktionen werden erörtert. Da es sich lediglich um Vorschläge handelt, ist es den zukünftigen Hausbesitzern überlassen, wie sie ihre Parzelle gestalten.

Szenario 2

Eine Familie bewohnt seit längerem ein Grundstück in Logiya. Das Haus wurde in der Chikka-Bauweise errichtet. Nach einer Zeit verfällt das Gebäude und muss ersetzt werden. Es wird darauf geachtet, dass die ursprünglichen Funktionen des Compounds eingehalten werden. Zwei unterschiedliche Vorschläge zur Anordnung der Wohnräume werden gezeigt.

Szenario 3

Das bewohnte Grundstück einer Familie wird durch zusätzliche Funktionen, wie einer Küche und Sanitäranlage erweitert. In der Parzelle entstehen neue Einheiten, die im Einklang mit dem Bestandsgebäude stehen.

7.1 Szenario 1 - Bebauung einer neuen Parzelle

Eine Nomadenfamilie gibt ihre pastorale Lebensweise auf und zieht in die Stadt Logiya. Eine Parzelle von durchschnittlicher Größe wird bei diesem Szenario bezogen. Das gewählte Grundstück liegt im Süden Logiyas an einem Flussarm des Logiya Rivers (siehe Abbildung rechts). Angemerkt wird, dass die Luftaufnahme im Juni 2016 erfasst wurde. Die Parzelle könnte daher schon bebaut sein. Die Fläche des Grundstücks beträgt circa 420 m². Es wird auf die Funktionen des täglichen Lebens einer Nomadenfamilie eingegangen.

Ein frisch verheiratetes Paar will in Logiya sesshaft werden. An der Grundeinschulung der neuen Bauform wurde teilgenommen. In der Nomadengesellschaft der Afar Hirten ist es üblich, dass sich die Frauen um das Haus kümmern. Die Daboyta wird von ihnen aufgebaut. Frauen sind im gesamten Bauprozess der neuen Lehmkrugkuppel gleichermaßen involviert wie Männer.

In erster Linie sind ein Wohnraum, der gleichzeitig als Gäste- und Schlafraum dient, eine Waschmöglichkeit, eine Trockentoilette, ein Pferch für die wichtigsten Tiere und der traditionelle Brotbackofen gefragt. Wenn die Familie größer wird, sind Vorschläge zur Anordnung mehrerer Lehmkuppeln dargestellt. Da es sich lediglich um Empfehlungen handelt, ist es den Bewohnern des Grundstücks überlassen, in welcher Form sie die Bebauung erweitern wollen. Bei diesem Szenario wird das Konzept einer Wohnküche durch die Errichtung eines Lehmherdes im Wohn-, Schlaf- und Gästeraum erstellt. Durch das Ablufrohr des Herdes ins Freie kann der Innenraum ohne jeglicher Rauchentwicklung genutzt werden. Die Küche ist oft der Anziehungspunkt einer Wohnunterkunft, unabhängig davon, in welchem Land man sich befindet. Die Wohnküche demonstriert die täglichen Lebensabläufe einer Familie.

Begonnen wird mit der Errichtung einer belüfteten Trockentoilette und einem Waschraum, die in der Lehmklumpentechnik gebaut werden. Diese Bauweise ist einfacher als das Mauern von Lehmsteinen und eignet sich besonders für die Errichtung von Gebäuden, die eine dünnere Wandstärke zulassen, damit diese schneller trocknen kann. Die Lehmklumpentechnik kann auch für den Bau des Tiergeheges verwendet werden. Auf diese Weise erspart man sich das Umzäunen der Tiere aus teurem Holz.



Abbildung 7-1 Beliebiges Grundstück in Logiya (Google Earth, Juni 2016)

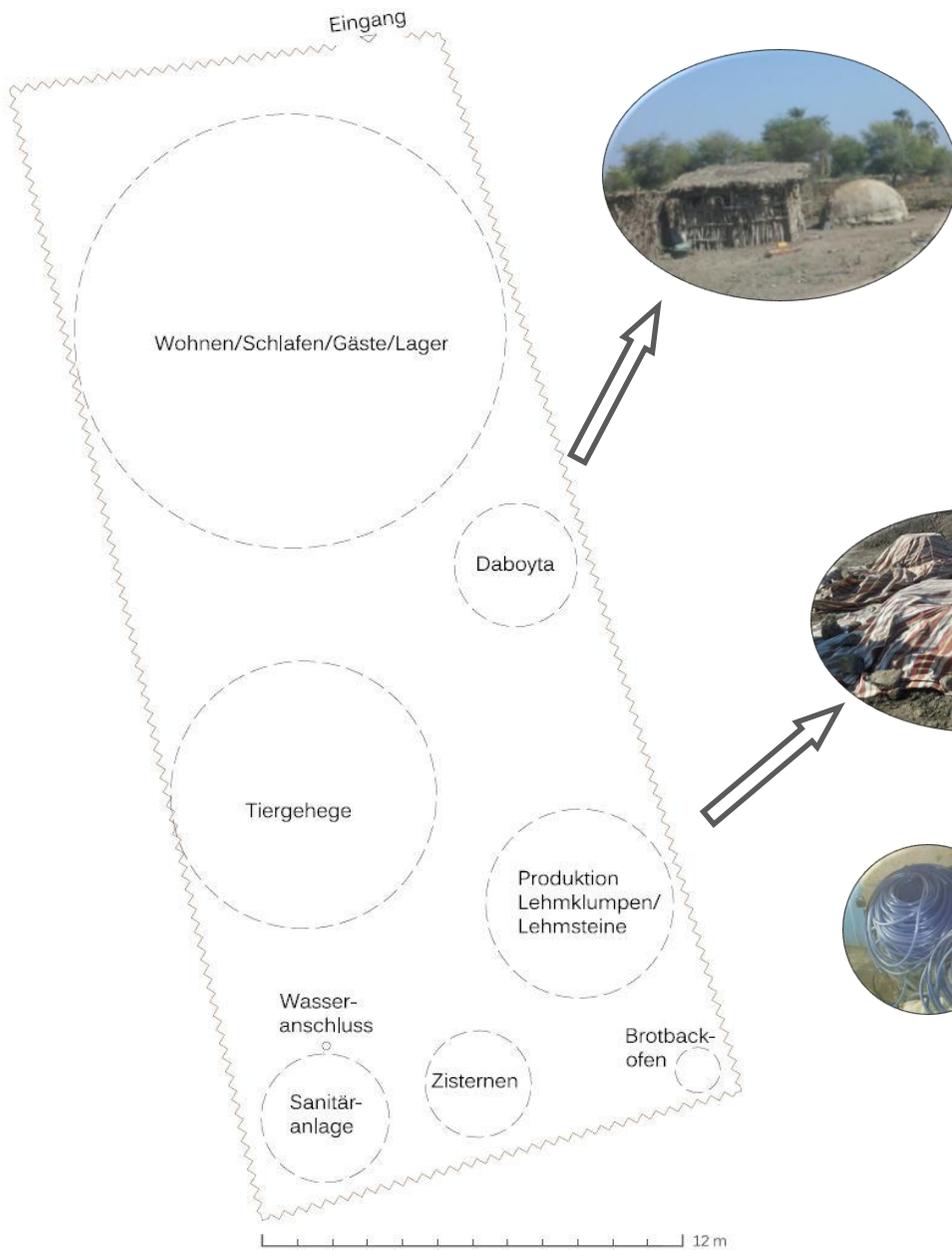


Abbildung 7-2 Einteilung der Funktionen am Grundstück

Bauplatzeinrichtung

In der Parzelle befindet sich eine Wasserleitung, die von der lokalen Stadtverwaltung zur Verfügung gestellt wird. Vor Baubeginn werden die einzelnen Funktionen am Grundstück festgelegt. Die Daboyta wird in der Nähe der Tiergehege aufgeschlagen und der Brotbackofen am Ende des Grundstücks errichtet. Damit ist vorübergehend das Bewohnen des Grundstücks in der traditionellen Lebensweise der Nomaden gewährleistet.

Der Bauplatz zukünftiger Wohneinheiten befindet sich im nördlichen Teil des Grundstücks. Der Bereich für die Sanitäreinrichtungen ist in der Nähe der Wasserquelle platziert. Der Standort der Wasserleitung wird angenommen. Die Materialien werden herbeigeschafft und die Bauausführung kann beginnen.



Abbildung 7-3 Materialien, Logiya 2016

Bauphase 1

Begonnen wird mit der Errichtung der Sanitäranlage aus Lehmklumpen. Da die Lehmklumpentechnik sehr einfach ist, kann auf diese Weise das Bauen mit Lehm erprobt werden. Auch durch die geringe Spannweite der Sanitäräume ist die Kuppelform leicht anzuwenden.

Das Anlegen von Zisternen ist optional, jedoch durch die vorherrschende Wasserknappheit in der Region sinnvoll. Sobald der Waschraum gebaut ist, wird das anfallende Abwasser gesammelt und kann für die Produktion der Lehmsteine verwendet werden. Der Bau einer Zisterne für die Sammlung von Regenwasser ist auch zu einem späteren Zeitpunkt möglich. Mit der Bauaufgabe wird grundsätzlich in regenfreien Perioden begonnen.

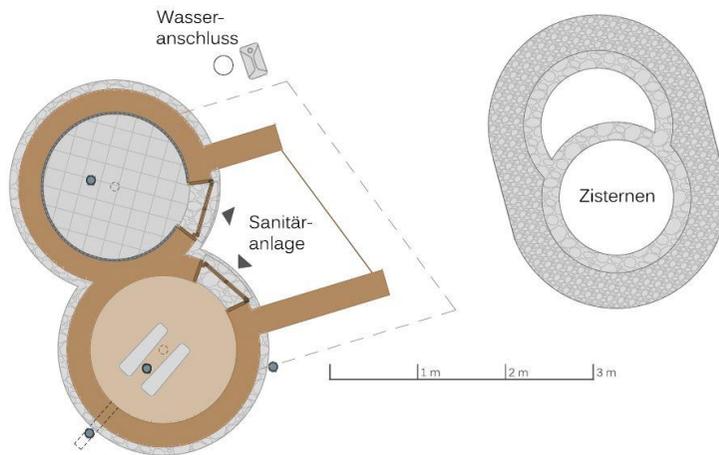


Abbildung 7-4 Grundriss Sanitäranlage

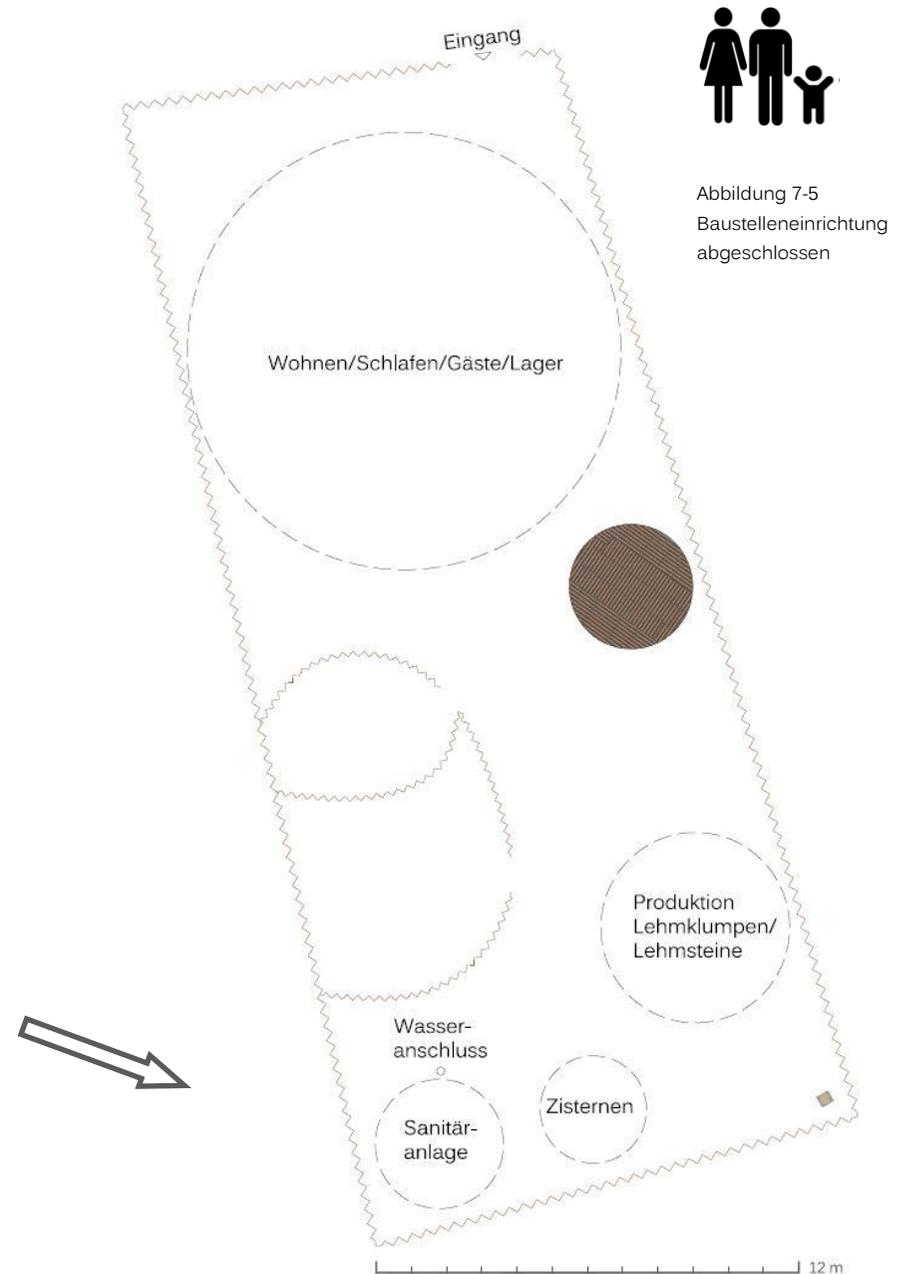


Abbildung 7-5
Baustelleneinrichtung
abgeschlossen

Bauphase 2

Wenn der Bau der Sanitärzellen abgeschlossen ist, wird mit der Errichtung der Wohnunterkunft aus Lehmsteinen begonnen. Zum Trocknen der Lehmsteine (3 Tage im Schatten) wird die Daboyta verwendet. Die Bewohner schlafen vorübergehend im Freien, was in dieser Region nicht unüblich ist. Wenn der erste Kuppelbau errichtet wurde, kann die Daboyta gänzlich zum Trocknen zukünftiger Lehmsteine verwendet werden.

Der Lehmherd befindet sich in der Nähe des Eingangs. Der sich beim Kochen bildende Rauch wird durch ein Rohr ins Freie geleitet. Zusätzlich unterstützt die Lage des Herdes das Abweichen anfallender Hitze. Der Innenraum der Kuppel wird mit Afar Matten ausgelegt. Im Koch- und Eingangsbereich sind Fliesen verlegt, da diese leichter zu Reinigen sind und im Kochbereich ein Entflammen der Matten verhindern.

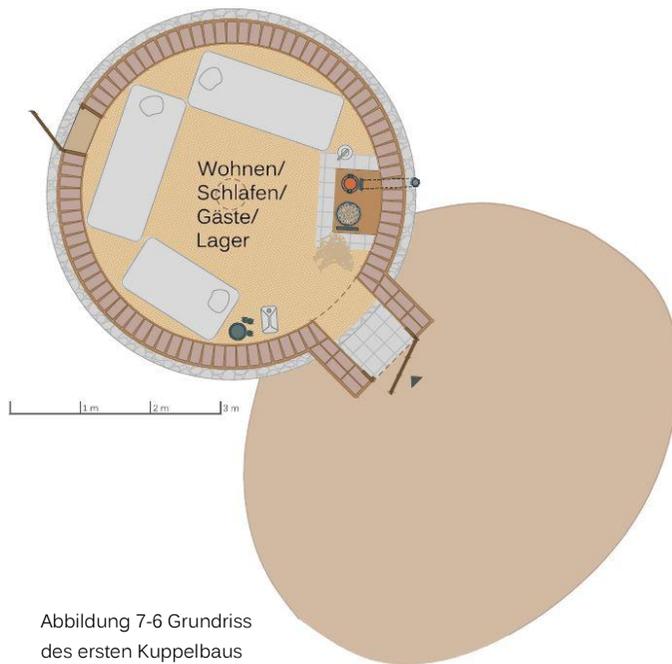


Abbildung 7-6 Grundriss des ersten Kuppelbaus

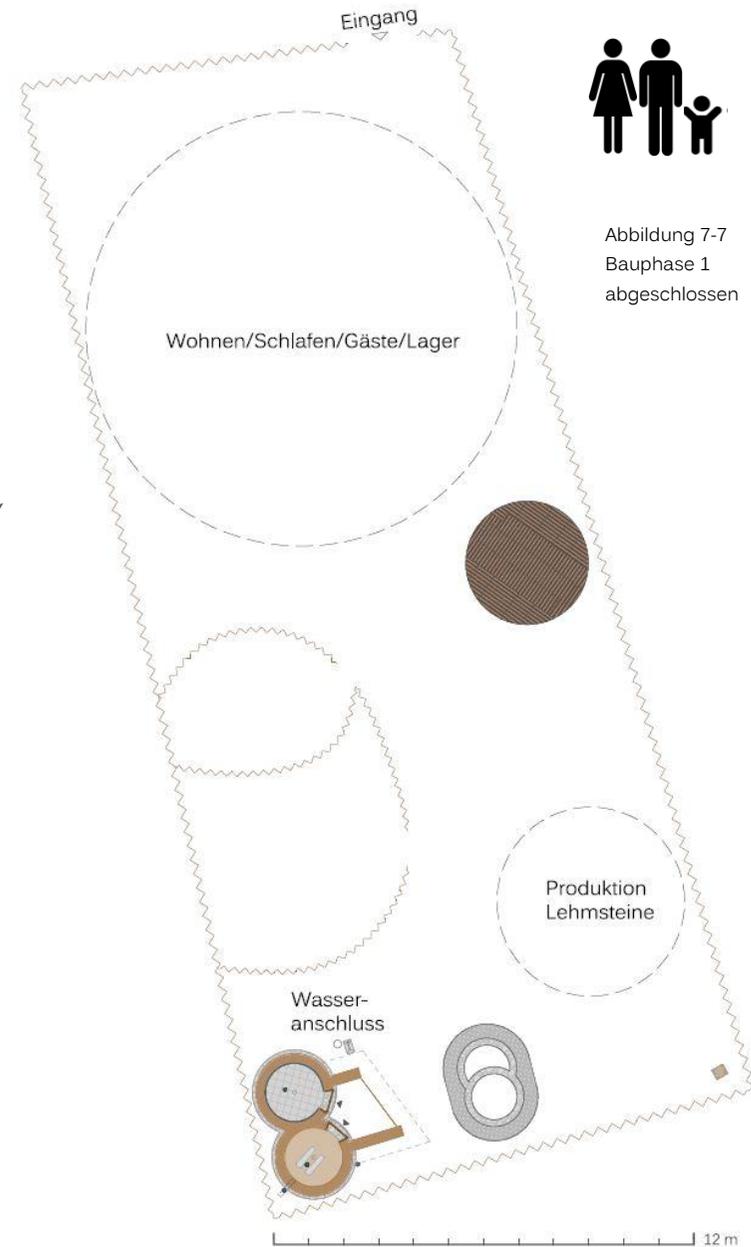
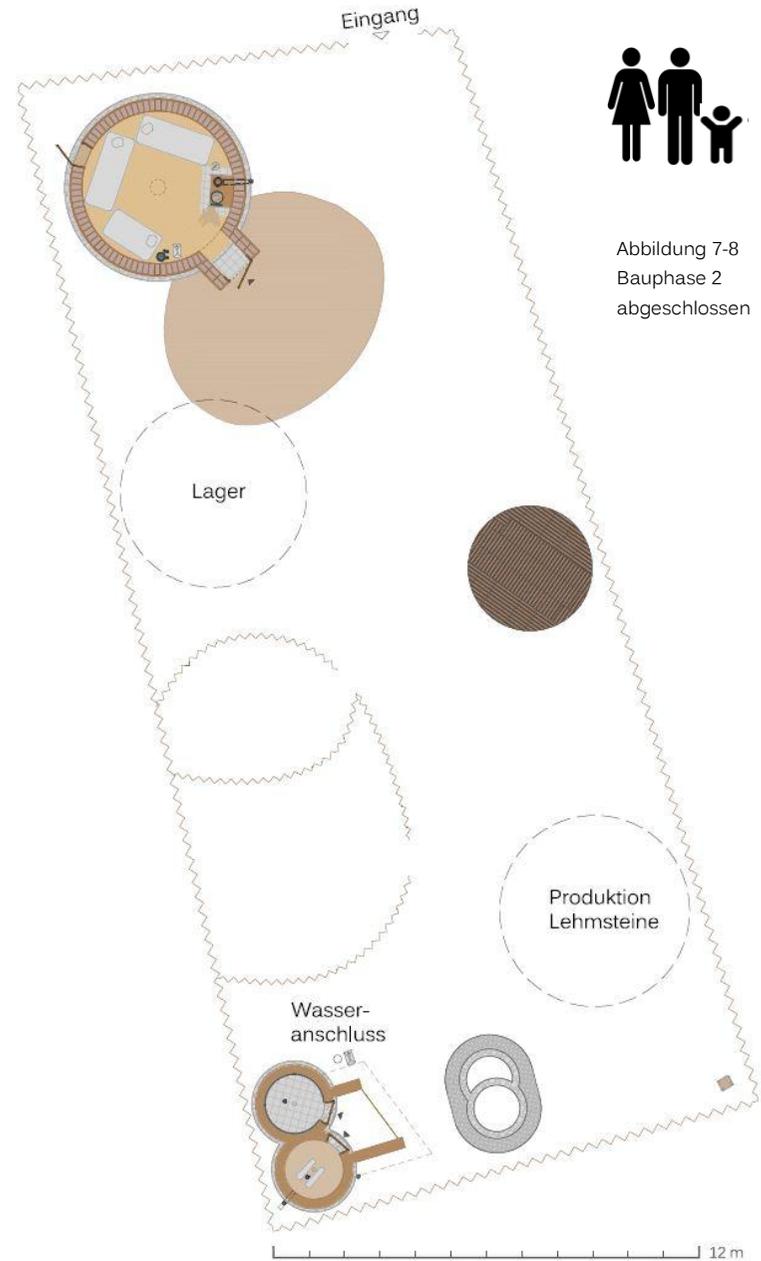
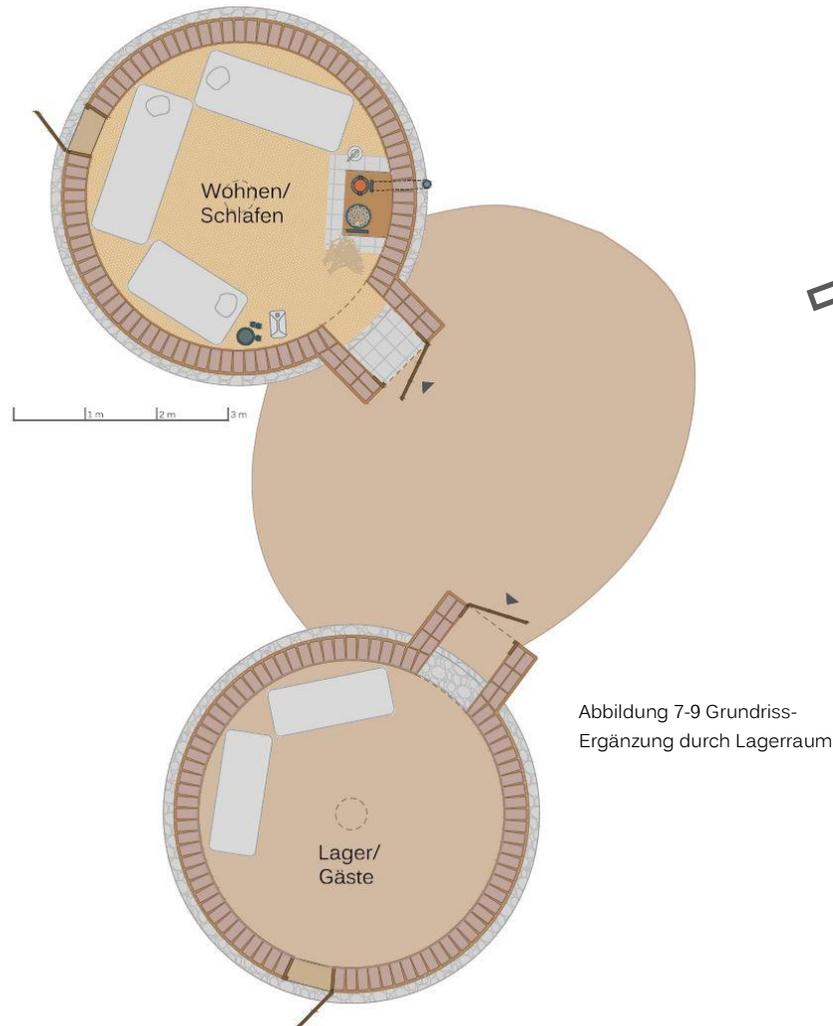


Abbildung 7-7
Bauphase 1
abgeschlossen

Bauphase 3

Als nächstes wird mit dem Bau eines Lagerraums begonnen. Dieser befindet sich neben der Wohnunterkunft. In größeren Wohneinheiten der Nomaden wird der Verbindungsraum zweier Wohngebäude als Lager genutzt. Der Lagerraum dient nicht nur zur Aufbewahrung von Vorräten und Haushaltsgegenständen, sondern es werden auch Gäste dort empfangen. Nach dieser Bauphase sind alle Funktionen eines traditionellen Nomadenlebens hergestellt. Wenn die Familie wächst oder zusätzliche Wohneinheiten gewünscht sind, können weitere Kuppelgebäude errichtet werden.



Bauphase 4 - optional

Zum Trocknen der Lehmsteine ersetzt der Lagerraum die Daboyta. Das Nomadenzelt wird somit nicht mehr benötigt. Ein zusätzliches Kuppelgebäude ergänzt das Grundstück. Um mehr Privatsphäre innerhalb der Familie zu schaffen, werden die Gebäude in Wohn- und Schlafräume unterteilt. Der ergänzte Kuppelbau dient ausschließlich zum Schlafen. Der erste errichtete Archetyp wird zum Gästeraum umfunktioniert.

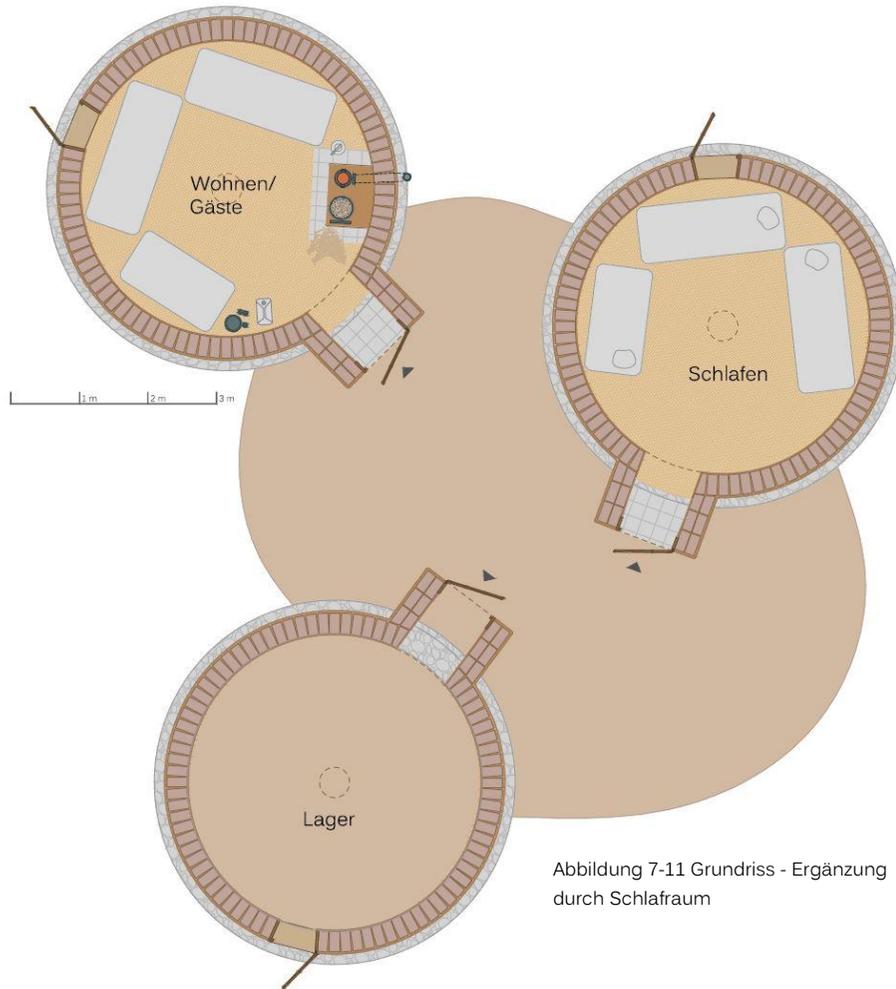


Abbildung 7-11 Grundriss - Ergänzung durch Schlafräum

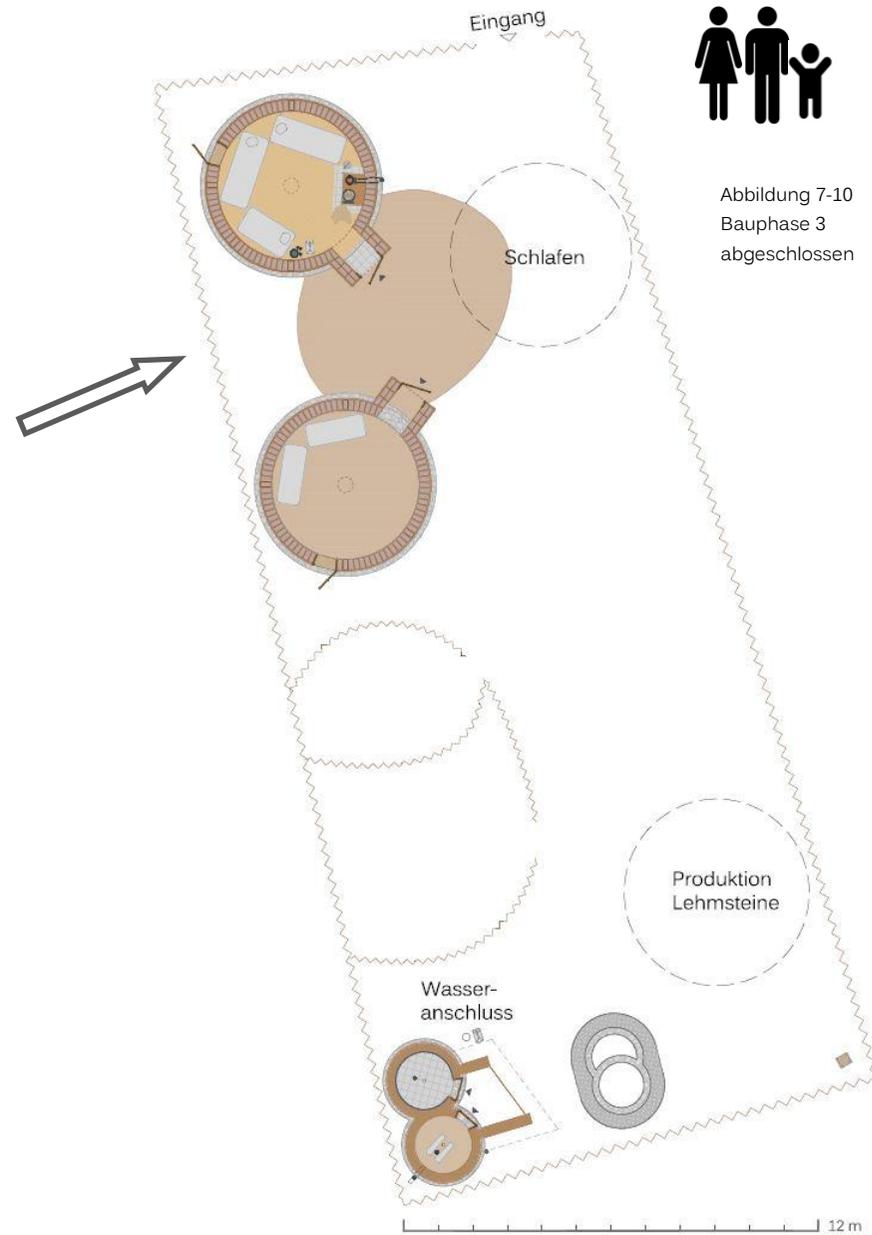


Abbildung 7-10
Bauphase 3
abgeschlossen

Bauphase 5 - Überdachung

Um den Außenbereich optimal ausnutzen zu können, wird dieser überdacht. Nachdem die Menschen in sehr heißen Nächten im Freien schlafen, wird dadurch der Wohnraum zusätzlich erweitert. Auch am Tag bietet das Dach Schutz vor der Sonne. Alltägliche Aufgaben können so im Freien angenehmer verrichtet werden.

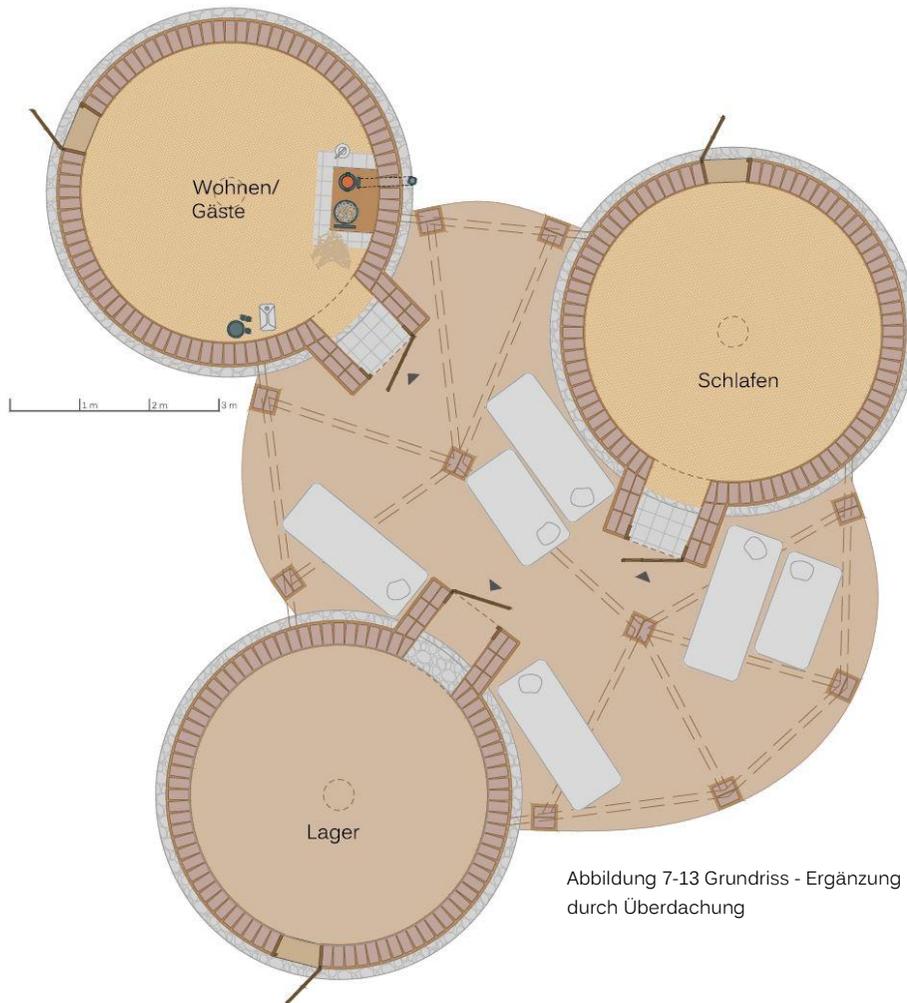


Abbildung 7-13 Grundriss - Ergänzung durch Überdachung

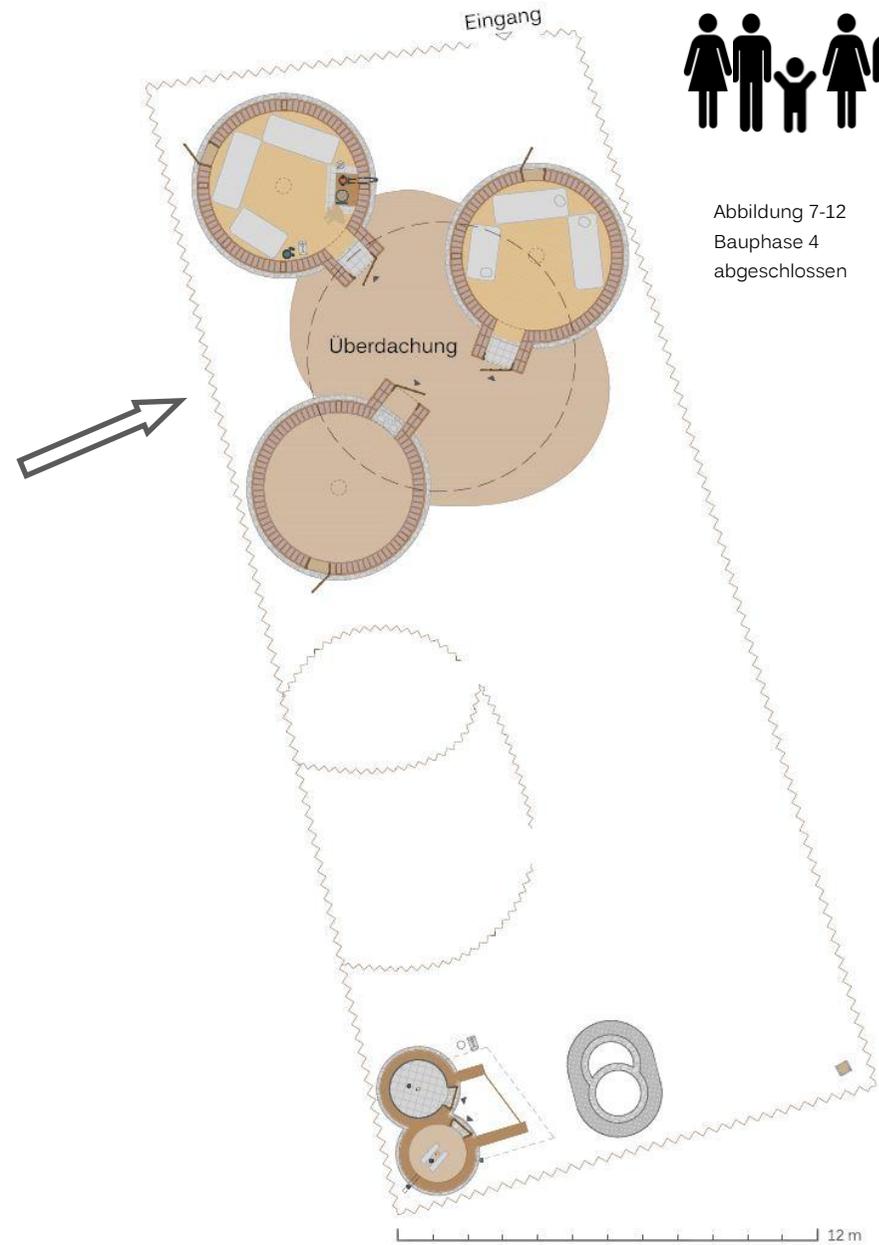


Abbildung 7-12
Bauphase 4
abgeschlossen

7.2 Szenario 2 - Bebauung ersetzt bestehendes Wohngebäude

Die Lebensdauer von Chikka-Häuser ist sehr kurz. Das Szenario beschreibt, wie das Chikka-Haus ersetzt werden kann, nachdem es eingestürzt ist. Für diesen Fall wird das Grundstück von Mr. Mohamed in Logiya (Stand 2012) hergenommen. Der Bestandsgrundriss ist nach den Plänen Alice Eigners Diplomarbeit dargestellt.

Mr. Mohamed kam mit seinen Eltern vor acht Jahren in die Stadt Logiya, da sie ihr pastorales Leben aufgeben mussten. Zuvor lebten sie in einer Daboyta. Sie verloren ihren gesamten Viehbestand durch eine Dürre. Nun leben zu fünft in einem Chikka-Haus. Da sein Vater starb, wohnen nur noch Mr. Mohamed, sein Bruder, seine Schwester, seine Mutter und Großmutter auf dem Grundstück.

Mr. Mohamed teilt sich mit seiner Schwester das Wohn- beziehungsweise Schlafzimmer, in dem auch Gäste empfangen werden. Dieses Zimmer ist der wichtigste Raum im ganzen Haus. Hier wird geschlafen, gewohnt und gegessen. Sein älterer Bruder hat ein eigenes Schlafzimmer für sich allein. Er ist der Eigentümer dieses Hauses, da er der älteste Mann in dieser Wohngemeinschaft ist. Die Mutter und Großmutter teilen sich ein separates Zimmer. Am Grundstück sind eine eigene Wasserquelle, eine traditionelle Küche außerhalb der Wohneinheit, ein Sanitärbereich und Lagerraum enthalten. Sie verfügen über Elektrizität und eine Satellitenschüssel. Ein wichtiger Bestandteil dieses Hauses ist die kleine überdachte Terrasse. Sie dient in sehr heißen Nächten als Schlafplatz (Interview: Mr. Mohamed 23.02.2012 in Logiya nach Eigner, 2014).

In der Afar Region ist es üblich, dass sich mehrere Personen ein Zimmer teilen. Wegen den hohen Temperaturen in der Nacht ist auch das Schlafen im Freien hier geläufig. Die Wände der Chikka-Häuser sind nicht sonderlich dick. Je massiver eine Wand ist, desto mehr hält sie der Hitze stand. Das Grundstück wird durch dicke Holzpfosten und einem Maschendrahtzaun begrenzt.

Das Grundstück hat eine Fläche von circa 240 m². Davon sind rund 45 m² für Wohnzwecke verbaut. Die Terrasse hat eine Größe von 8 m². Alle anderen Funktionen, wie Küche, Sanitäranlage, Lagerraum und Stall betragen circa 37 m². Der Rest des Grundstücks dient als Freifläche im Compound. Die Küche mit ihren 13 m² ist im Vergleich zu anderen Wohneinheiten in Logiya ziemlich groß.

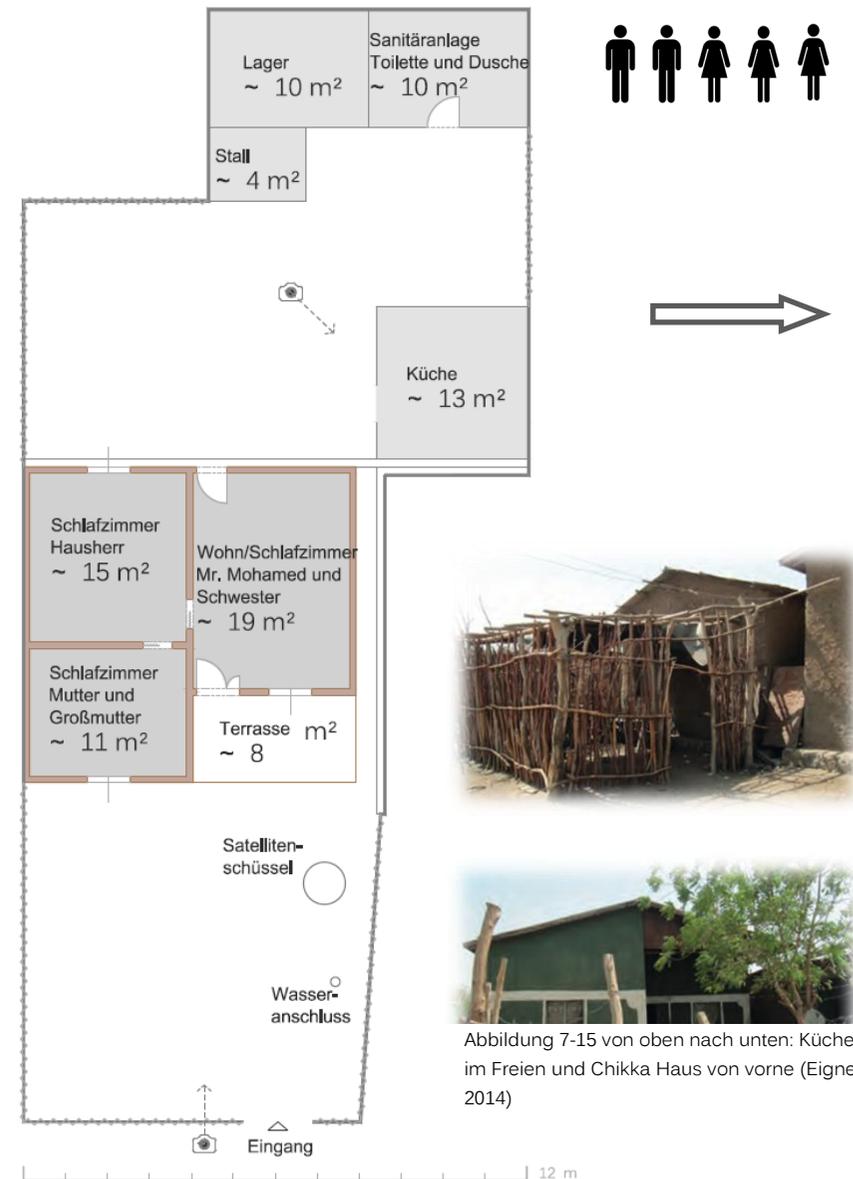
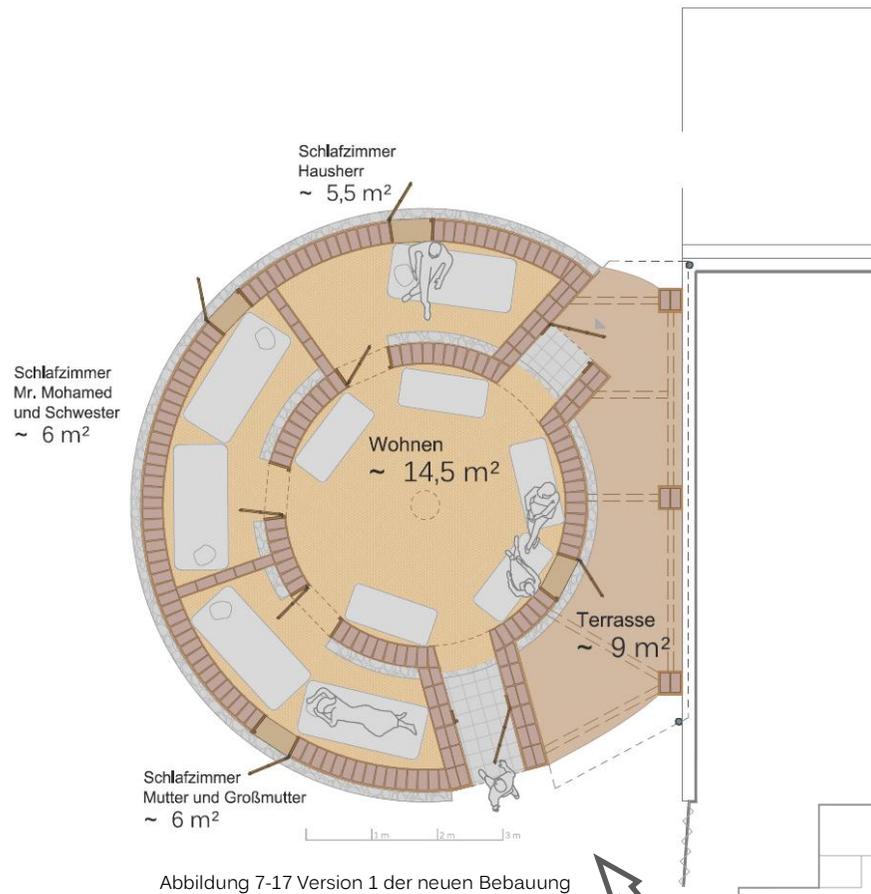
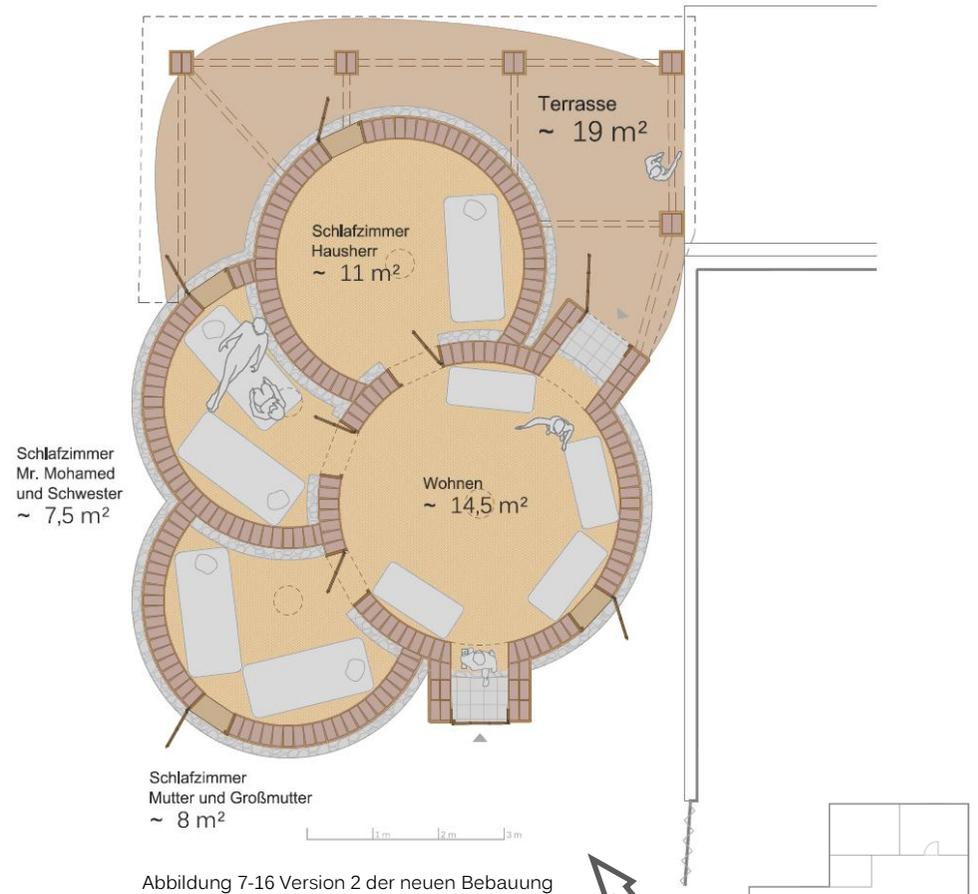
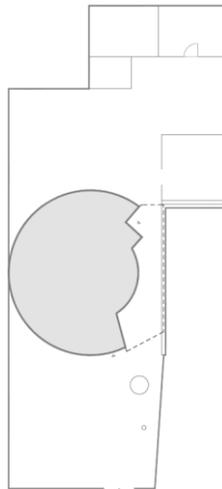


Abbildung 7-15 von oben nach unten: Küche im Freien und Chikka Haus von vorne (Eigner, 2014)

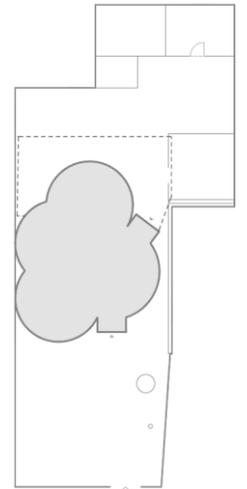
Abbildung 7-14 Bestandsgrundriss Chikka Haus Mr. Mohamed



Die Aufteilung der Schlafplätze wird beibehalten. Um mehr Privatsphäre zu schaffen, wird allerdings bei beiden Versionen das Schlafen und Wohnen gänzlich voneinander getrennt. Mr. Mohamed und seine Schwester teilen sich ein Zimmer sowie die Mutter und Großmutter. Der ältere Bruder behält sein eigenes Schlafzimmer. Alle Schlafräume sind über den zentralen Wohnraum begehbar.



Bei Version 1 umschließt eine äußere Kuppel die Hauptkuppel. Der Außenbereich wird so angelegt, dass der Platz im Innenhof die gleiche Größe beibehält. Bei Version 2 reihen sich mehrere kleinere Kuppeln um die Hauptkuppel. Die Terrasse erstreckt sich über den Innenhof und schafft eine überdachte Verbindung zur Küche.



7.3 Szenario 3 - Verdichtung einer bestehenden Parzelle

Dieses Grundstück ist im Vergleich zu anderen Grundstücken in Logiya relativ klein. Der bebaubare Innenhof beträgt lediglich 20 m². Es werden Gebäude errichtet, die zusätzliche Funktionen schaffen. Diese beinhalten eine Küche und eine Sanitäreinrichtung mit einem Waschraum und einer Trockentoilette.

Das Grundstück ist Eigentum von Mrs. Zahara. Sie lebt seit 58 Jahren in Logiya und ist 70 Jahre alt. Ihr Mann ist bereits verstorben. Sie wohnt mit vier ihrer insgesamt fünf Töchter in Logiya. Die Älteste ist 18 Jahre alt. Gemeinsam, immer auf der Suche nach Arbeit, bewohnen sie diesen Haushalt. Ihr Haus steht auf einem Steilhang und wird dadurch in zwei Ebenen geteilt. Es ist vor zwölf Jahren in der Chikka Bauweise errichtet worden. Das Gebäude liegt direkt am Addis Ababa-Dschibuti Highway. Die Grundstücke direkt an der Hauptstraße sind generell kleiner, als die am Stadtrand. Der Bestandsgrundriss ist nach den Plänen Alice Eigners Diplomarbeit dargestellt.

An der obersten Ebene (Straßenebene) betreibt Mrs. Zahara ein Geschäft mit einem zusätzlichen Lagerraum. Unten wird gewohnt und geschlafen. Auf dem Grundstück gibt es keinen eigenen Raum für eine Küche. Sie nutzt den Gang zwischen ihr und den Nachbarn für die täglichen Rituale. Wäsche wird im Hof gewaschen. Die Familie muss sich Sanitäreinrichtungen mit den Nachbarn teilen, da sie keine am Grundstück besitzen. Erschwert wird ihnen das Leben durch eine fehlende Wasserquelle (Interview: Mrs. Zahara 22.03.2012 in Logiya nach Eigner, 2014).

Nach der Wohndatenerhebung der CSA im Jahr 2007 ist es nicht unüblich, dass Logiyas Grundstücksbesitzer keine eigene Küche oder Sanitäreinrichtungen besitzen.

Mrs. Zahara nutzt eine Gebäudenische zum Kochen und den Empfang von Gästen. Geschützt vor der intensiven Sonne bietet sich diese an. Um ihr das Kochen zu erleichtern, wird die neue Küche mit einem Lehmherd ausgestattet. Die belüftete Trockentoilette und der Waschraum sind auch ohne einer Wasserquelle zu bauen.



Abbildung 7-19 von links nach rechts: Chikka Haus und Nische (Eigner, 2014)

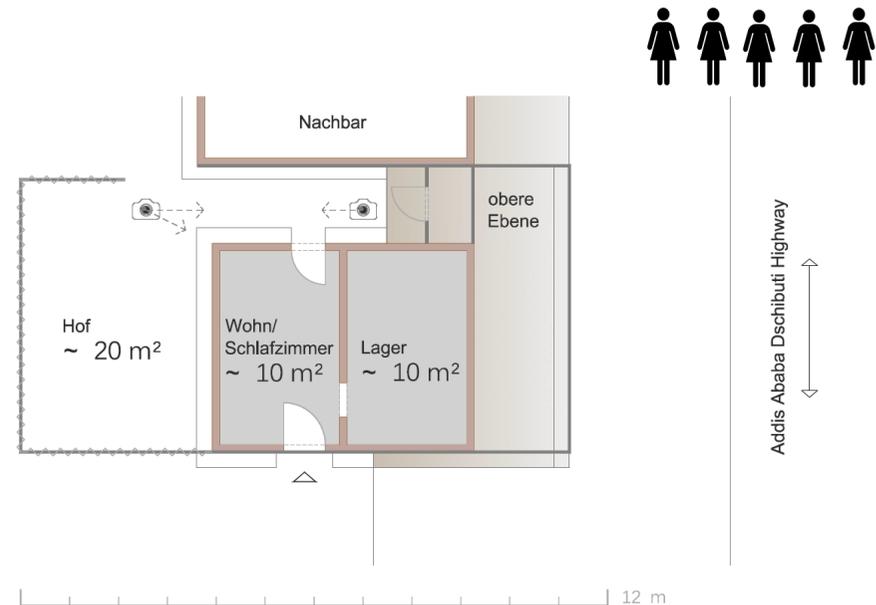
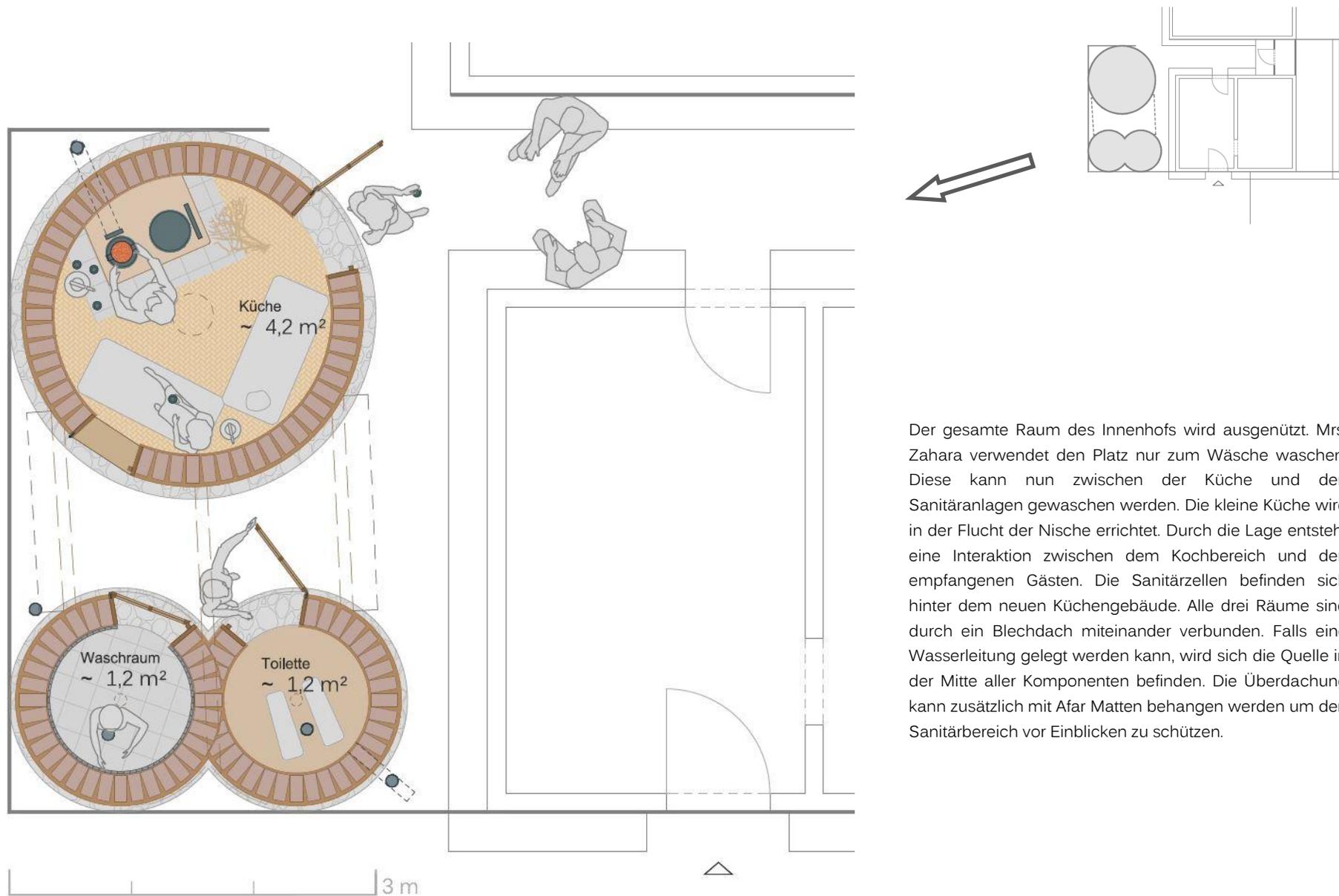


Abbildung 7-18 Bestandsgrundriss Chikka-Haus Mrs. Zahara untere Ebene



Der gesamte Raum des Innenhofs wird ausgenützt. Mrs. Zahara verwendet den Platz nur zum Wäsche waschen. Diese kann nun zwischen der Küche und den Sanitäranlagen gewaschen werden. Die kleine Küche wird in der Flucht der Nische errichtet. Durch die Lage entsteht eine Interaktion zwischen dem Kochbereich und den empfangenen Gästen. Die Sanitärzellen befinden sich hinter dem neuen Küchengebäude. Alle drei Räume sind durch ein Blechdach miteinander verbunden. Falls eine Wasserleitung gelegt werden kann, wird sich die Quelle in der Mitte aller Komponenten befinden. Die Überdachung kann zusätzlich mit Afar Matten behangen werden um den Sanitärbereich vor Einblicken zu schützen.

Abbildung 7-20 Neue Bebauung von Küche und Sanitäranlage

7.4 Exkurs: Beispiele verdichteter Lehmkuppelbauten

Im folgenden Kapitelabschnitt werden drei Städte vorgestellt, wo sich verdichteter Lehmkuppelbau etabliert hat. Die Städte befinden sich im Iran und in Ägypten.

Die Verdichtung von urbanen Gebieten ist in der Afar Region gegenwärtig. Der Gebäudetyp muss sich diesen Veränderungen anpassen können. Die Referenzobjekte zeigen, dass sich verdichteter Lehmkuppelbau bewährt hat. In der iranischen Stadt Kashan und Zābol sind die Kuppelbauten von rechteckigen Grundrissen geprägt. Für den Gebäudeentwurf wurde bewusst ein runder Grundriss aufgrund der besseren Standhaftigkeit gegenüber Erdbeben beziehungsweise starken Stürmen gewählt. Zudem bedeutet ein runder Grundriss weniger Materialverbrauch, da rechteckige Wände über denen eine Kuppel errichtet wird dicker ausgeführt werden müssen. Die runde Form ist eine Anlehnung an die traditionelle Daboyta der Afar Hirten.

Die Stadt Minia liegt entlang dem Nil und dem Ibrahimayya Kanal im mittleren Ägypten. Sie ist 250 km südlich von Kairo entfernt ([looklex.com/...](http://looklex.com/)).

Die iranische Stadt **Kashan** befindet sich in der Provinz Isfahan, zirka 200 km südlich von der Hauptstadt Teheran. Ihre Lage ist am Rande der zentraliranischen Wüste entlang der Straße von Qom nach Kerman ([kashanu.ac.ir/...](http://kashanu.ac.ir/)).

Zābol liegt in der östlichen Provinz Sistan und Beluchestan an der Grenze zu Afghanistan (www.iranchamber.com/).



Abbildung 7-21 Die Stadt Minia in Ägypten (Google Earth, 2016)



Abbildung 7-22 Die Städte Kashan und Zābol im Iran (Google Earth, 2016)

Zābol - Iran

In der Region Sistan und Beluchestan herrschen Wüsten- und Halbwüstenklimabedingungen. Im heißen und trockenen Klima Zābols beträgt die jährliche Durchschnittstemperatur 22° Celsius. In den sieben Dürremonaten im Jahr gibt es keinen Regenfall und in den Wintermonaten fällt der meiste Niederschlag (www.bagh-sj.com/...).

Angepasst an die klimatischen Bedingungen, werden die meisten Häuser aus lokal vorhandenen Materialien wie dem Lehm gebaut. Die Gebäudehülle ist, wie auch in anderen heißen und trockenen Regionen des Landes, sehr dick. Traditionelle Gebäudedecken haben die Form von geneigten Flachdächern (Yazdi-Decke) und Kuppeldächern (Sistani). Die Ausrichtung der Wegepassagen orientiert sich an der Windrichtung, um die Windkraft zum Transport von Sand zu nutzen. Würde man die Straßen zwischen den Häusern senkrecht zur Windebene bauen, wäre eine Ansammlung des Sandes in den Passagen und an den Gebäudewänden die Folge. In den Wänden von Kuppelhäusern befindet sich ein S-förmiges Fenster, das als Sourak bezeichnet wird. Wenn sich ein solches Fenster in der dem Nordwind zugewandten Wand befindet, dient es für den Lufteintritt. Liegt er in anderen Wänden, bezieht sich die Funktion auf den Luftaustritt. Der Staub wird durch die Form der Öffnung am Boden des Fensters gesammelt. Auf den Kuppeldächern befindet sich eine Dachöffnung, mit dem Namen Koulak. Sie leitet den Wind in den Innenraum und sorgt auf diese Weise für die Belüftung des Gebäudes (www.bagh-sj.com/...).

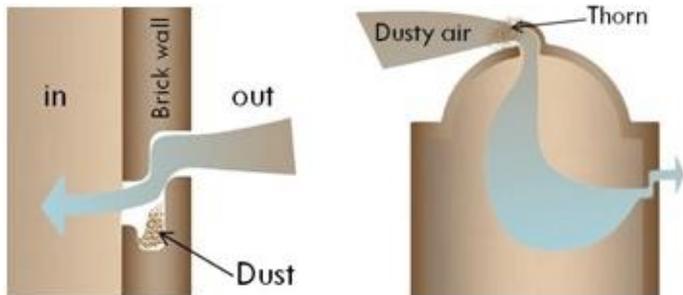


Abbildung 7-23 (von links nach rechts): Sourak und Koulak (www.bagh-sj.com/...)



Abbildung 7-24 Dachlandschaften am Stadtrand von Zābol (Google Earth, 2015)



Abbildung 7-25 Häuser in Zābol (journals.worldnomads.com/...)

Kashan - Iran

Das zentrale Plateau im Iran ist ein heißes und trockenes Gebiet. Die durchschnittliche Maximaltemperatur pro Jahr beträgt 40° bis 50° Celsius. Im Winter kann es mit durchschnittlichen Minimumtemperaturen zwischen 0° und 5° Celsius durchaus kalt werden. Es herrschen dort große Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht (www.researchgate.net/...).

Standort und Ausrichtung eines Gebäudes hängen von der Hanglage eines bestehenden Hügels ab. Sie sind so angeordnet, dass sie einen Freiraum für schattige Bereiche zwischen den einzelnen Gebäuden zulassen. Bedingt durch das regionale Klima werden für den Gebäudebau Materialien mit großer thermischer Masse verwendet. Durch die hohe Wärmekapazität der Gebäudehülle wird der Einfluss der Außentemperatur, speziell in heißen und trockenen Klimazonen, verringert. Für diese klimatischen Anforderungen werden bevorzugt Schlamm, Kalkstein, Stein sowie die Kombinationen dieser Materialien verwendet. (www.researchgate.net/...).



Abbildung 7-26 Kuppelbau in Kashan (Google Earth, 2016)



Abbildung 7-27 Kashan, Iran (Google Earth, 2016)



Abbildung 7-28 Gewölbte Dachlandschaft von Kashan (Filmausschnitt SOMOF, 2017)



Abbildung 7-29 Bazar von Kashan und Umgebung (Google Earth, 2013)

Der Bodenaushub wird als Material für den Hausbau eingesetzt. Der Lehm wird mit Spreu angereichert und zu Lehmsteinen verarbeitet. Ein Charakteristikum der Häuser in Kashan sind die Innenhöfe. Ein oder mehrere Höfe verbinden alle Räume eines Wohnhauses. Durch die dicken hohen Mauern und den Pflanzen in der Mitte wird ein eigenes Mikroklima geschaffen und dadurch die relative Luftfeuchtigkeit erhöht ([www.mukogawa-u.ac.jp/...](http://www.mukogawa-u.ac.jp/)).

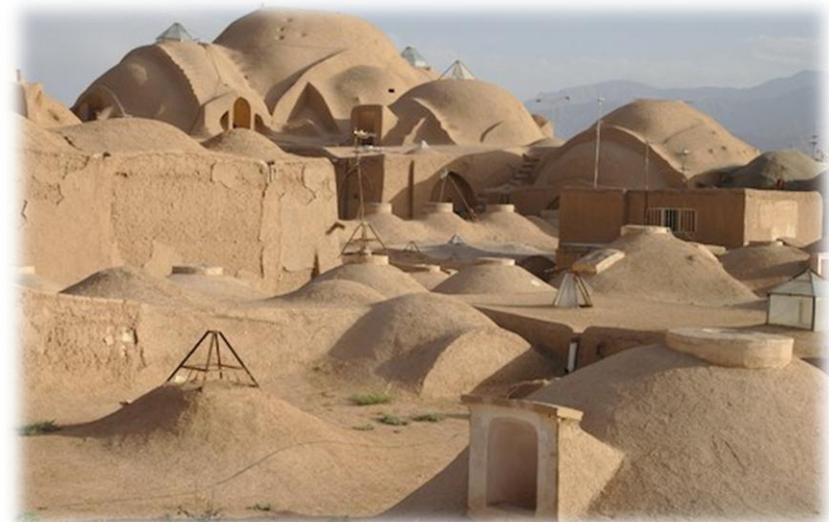
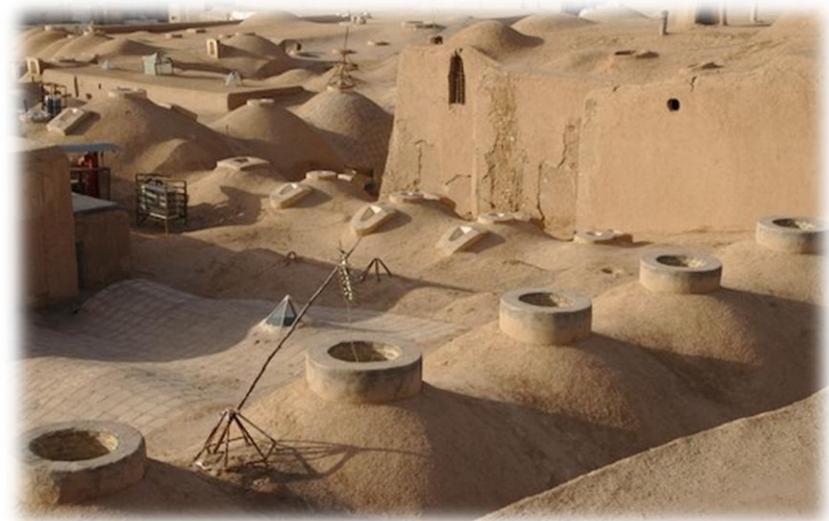


Abbildung 7-30 und 7-31 Dachlandschaft vom Bazar in Kashan ([www.riennek.de/...](http://www.riennek.de/))

Minia - Ägypten

Der Friedhof Zawiyet al-Mayyiteen liegt etwas außerhalb des Stadtzentrum Minias. Er erstreckt sich über mehrere Kilometer und wird auch "City of the Dead" genannt. Hier sind Moslems und koptische Christen begraben. Er ist einer der größten Friedhöfe weltweit. Die Nekropole zeichnet sich durch ihre Kuppeldachlandschaft aus ([www.atlasobscura.com/...](http://www.atlasobscura.com/)).



Abbildung 7-32 Ausschnitt Zawiyat Al Amwat, City Of The Dead, Minya, Ägypten (Google Earth, 2017)

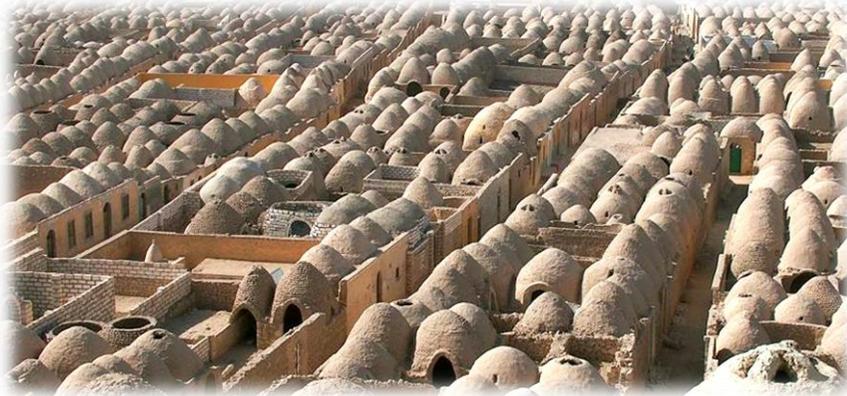


Abbildung 7-33 Ausschnitt Zawiyat Al Amwat, City Of The Dead, Minya, Ägypten ([looklex.com/...](http://looklex.com/))



Abbildung 7-34 Zawiyat Al Amwat, City Of The Dead, Minya, Ägypten (Google Earth, 2017)

8 Vorschläge zur Einbettung der neuen Bauform in nomadische Siedlungsmuster

In ländlichen Gebieten der Afar Region ist eine Tendenz zur Sesshaftigkeit gegeben. Immer mehr Nomaden bilden permanente Siedlungen. Der Archetyp geht auf die traditionelle Lebensweise der Afar Hirten ein und übernimmt die Funktionen der Daboyta (vgl. Kapitel 2.5.3 und Kapitel 6.4 Abbildung 6-1). Die Siedlungsstruktur der Afar Hirten wurde bereits im Kapitel 2.3 erörtert. Die Trennung der Tiere in eine dauerhafte und mobile Herde ist Teil ihrer Überlebensstrategie. Es werde Vorschläge für eine Burra (Kernfamilie) und Dahla (erweiterte Familie) gemacht, die die dauerhafte Besiedelungsherde Homa beinhaltet.

Die Luftaufnahme (rechts) zeigt im Norden eine Burra und südlich davon mehrere Dahlas, die vermutlich miteinander kooperieren und damit eine Ganta (Siedlung) bilden. Man kann deutlich das Siedlungsmuster der hier sesshaften Nomaden ablesen. Die einzelnen Bereiche der Tiergehege und Daboytas sind hier zu erkennen.



Abbildung 8-1 Verortung der Nomadensiedlung (Google Earth, 2016)

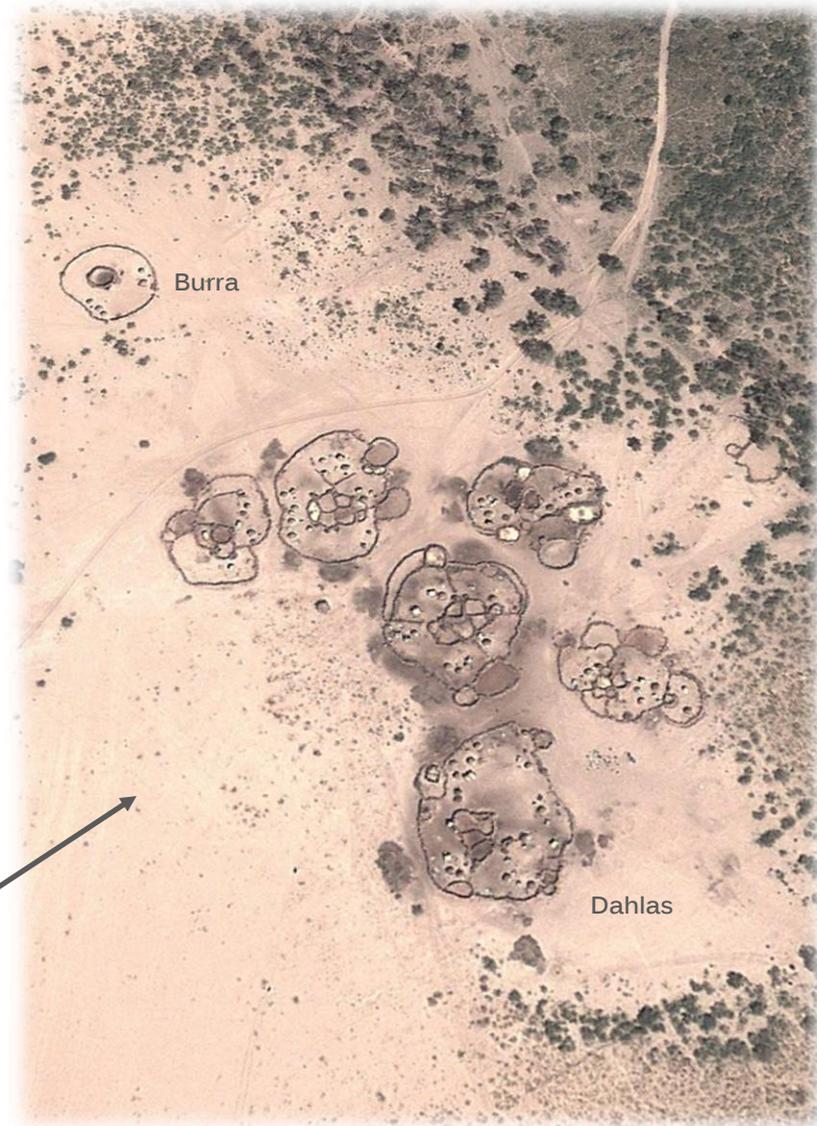


Abbildung 8-2 Nomadensiedlung Burra und Dahlas (Google Earth, 2013)

8.1 Burra

Gezeigt werden zwei verschiedene Möglichkeiten der Anordnung des Kuppelbaus für eine Kleinfamilie. Der runde Grundriss der Daboytas widerspiegelt sich in der organischen Struktur der Funktionen. Durch die kreisförmige Gliederung kann die Siedlung in allen Richtungen erweitert werden. Die dauerhafte Besiedlungsherde Homa trennt die Tiere in milchgebendes Vieh und Jungtiere. Die zukünftigen Wohnunterkünfte sind aus Lehmklumpen gebaut. Die Anwendung von getrockneten Lehmsteinen ist ebenfalls eine Option.

Die erste Variante einer Burra besteht aus zwei Kuppelgebäuden, die mit einem Windfang verbunden werden. Dieser dient gleichzeitig als Eingangsbereich und zur Lagerung von Vorräten und Einrichtungsgegenständen. Das eine Kuppelgebäude nutzt die Familie zum Kochen und Schlafen. Im anderen werden Gäste empfangen.

LEGENDE

- M ... Milchgebende Tiere
- J ... Jungtiere
- B ... Brotbackofen
- R ... Rauchdusche (ch's oder bodo)

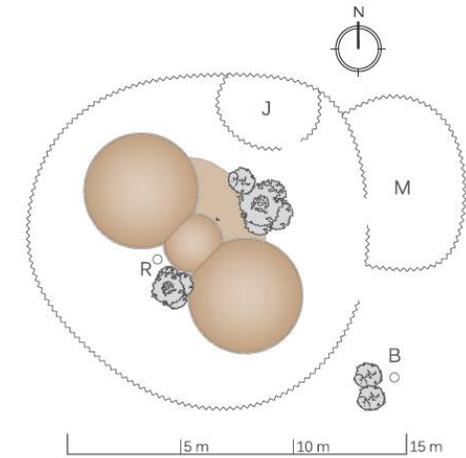


Abbildung 8-4 Dachdraufsicht der Burra Einheit - Variante 1

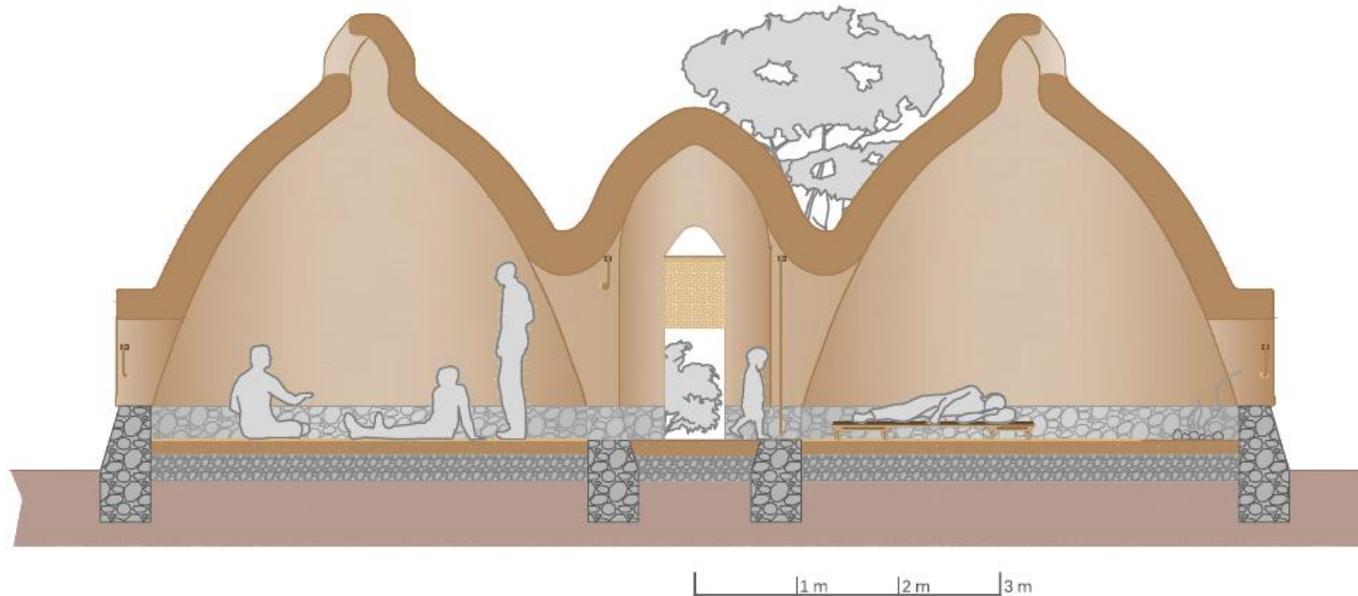
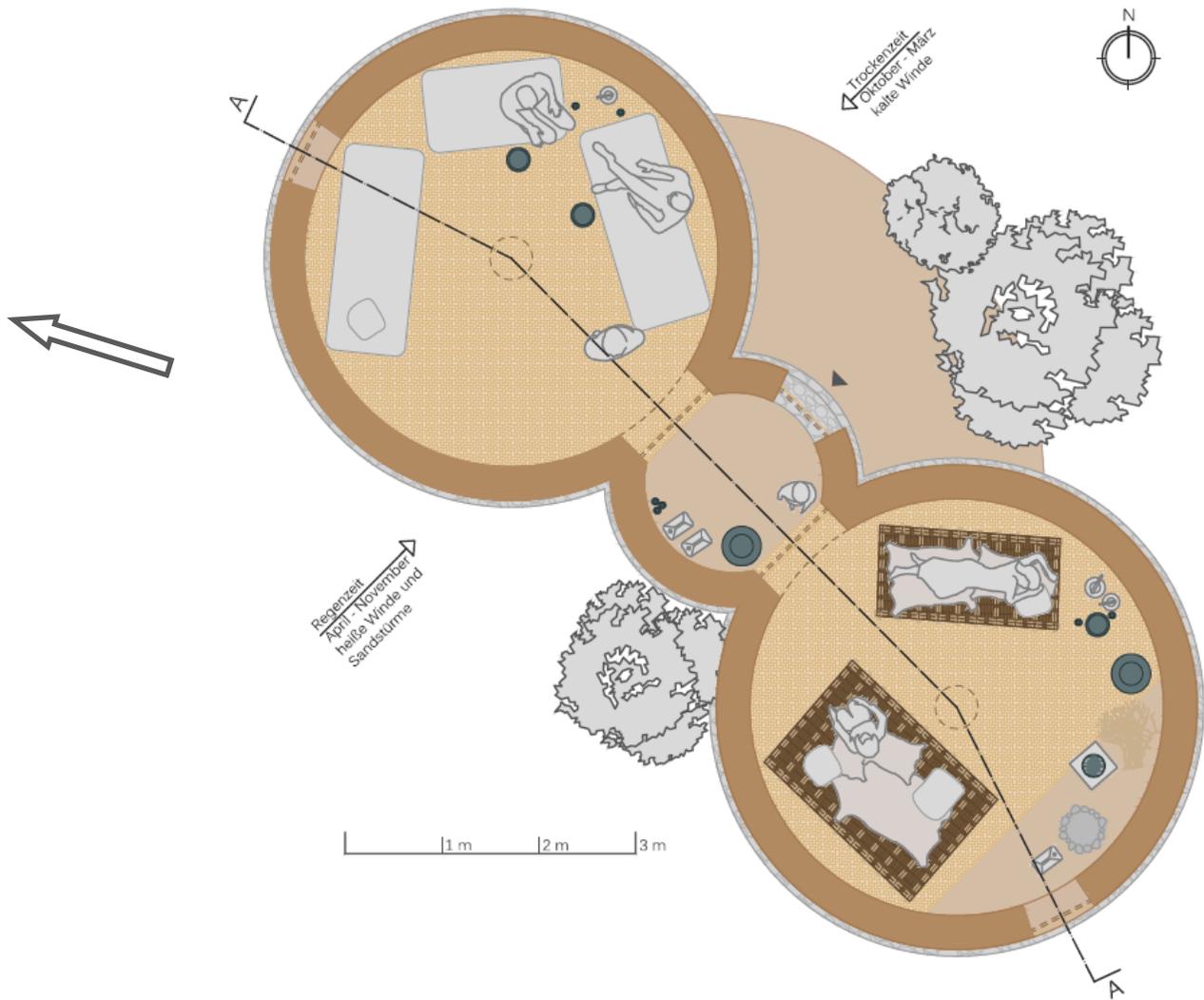


Abbildung 8-3 Schnitt A-A durch Burra Einheit -Variante 1



Die Situierung der Öffnungen erfolgt nach den saisonalen Windperioden. Der Eingangsbereich wird durch Pflanzen geschützt. In der Trockenzeit kann das Gebäude durch die Eingangsöffnung mit kaltem Wind versorgt werden. Im Südwesten sind keine Öffnungen angedacht, um die heißen Sandstürme vom Innenraum fern zu halten. Gekocht wird auf einer traditionellen Feuerstelle, die sich im Gebäudeinneren befindet. Der vorgeschlagene Lehmherd kann diese auf Wunsch ersetzen. Im Bereich der Feuerstelle setzt der Fußbodenbelag aus Afar Matten aus. Die Kochstelle wird in der Nähe der Fensteröffnung platziert, damit der Rauch besser abziehen kann. Eine zusätzliche Feuerstelle kann sich auch im Gästehaus befinden.

Abbildung 8-5 Grundriss der Burra Einheit - Variante 1

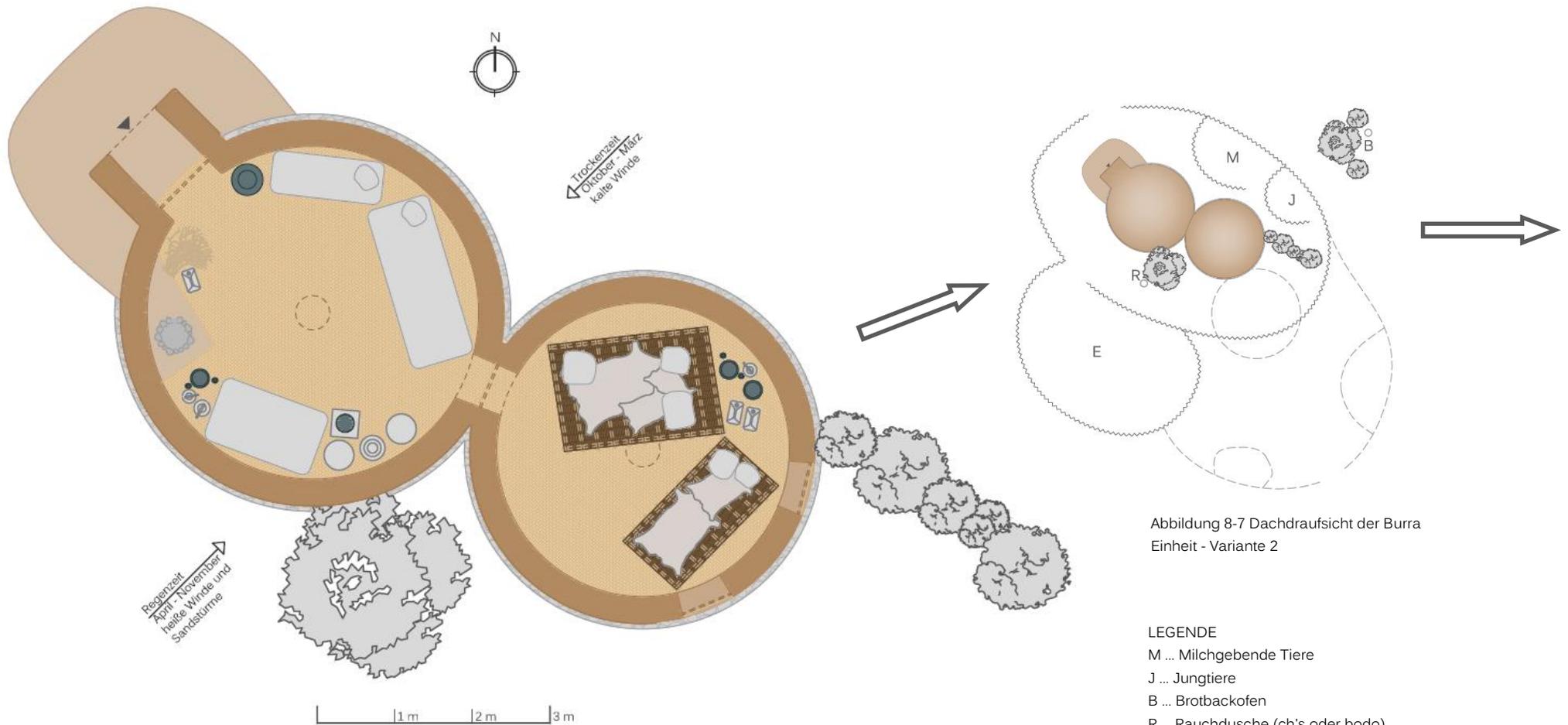


Abbildung 8-6 Grundriss der Burra Einheit - Variante 2

In dieser Variante wird der Prozess zur Erweiterung einer Dahla beschrieben. Die Kernfamilie baut den ersten Archetypen, der in weiterer Folge durch einen zweiten Kuppelbau ergänzt wird. Auch zusätzliche Gehege oder deren Vergrößerung für das dauerhafte Vieh sind abgebildet. Im Archetyp sind vorerst alle Funktionen gebündelt in einem Raum zu finden. Durch den zweiten Kuppelbau werden die Funktionen aufgeteilt. Die Kleinfamilie hat somit einen Wohn- bzw. Gästeraum und einen eigenen Raum zum Schlafen. Mit der Zeit wächst die Familie.



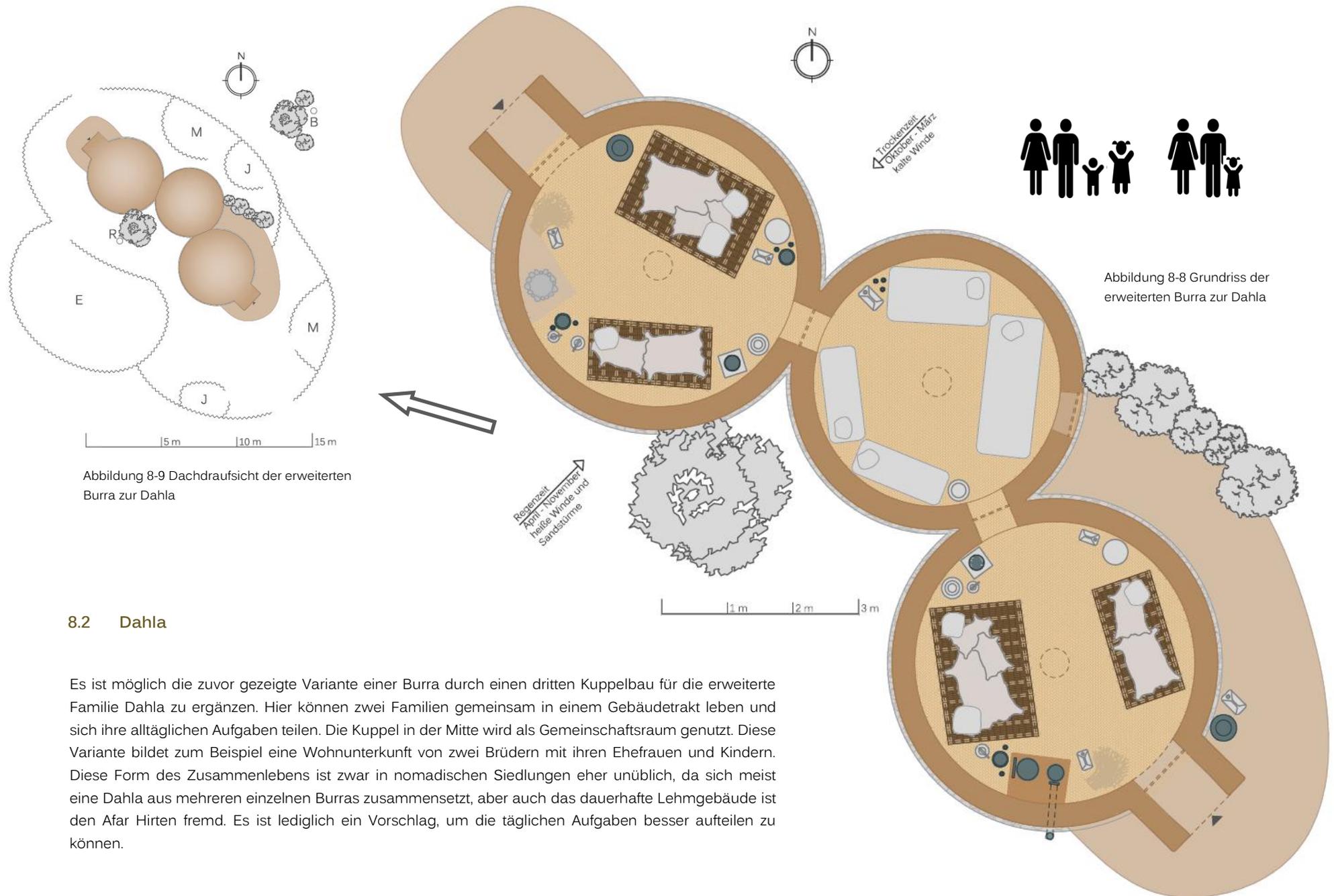


Abbildung 8-9 Dachdraufsicht der erweiterten Burra zur Dahla

Abbildung 8-8 Grundriss der erweiterten Burra zur Dahla

8.2 Dahla

Es ist möglich die zuvor gezeigte Variante einer Burra durch einen dritten Kuppelbau für die erweiterte Familie Dahla zu ergänzen. Hier können zwei Familien gemeinsam in einem Gebäudetrakt leben und sich ihre alltäglichen Aufgaben teilen. Die Kuppel in der Mitte wird als Gemeinschaftsraum genutzt. Diese Variante bildet zum Beispiel eine Wohnunterkunft von zwei Brüdern mit ihren Ehefrauen und Kindern. Diese Form des Zusammenlebens ist zwar in nomadischen Siedlungen eher unüblich, da sich meist eine Dahla aus mehreren einzelnen Burras zusammensetzt, aber auch das dauerhafte Lehmgebäude ist den Afar Hirten fremd. Es ist lediglich ein Vorschlag, um die täglichen Aufgaben besser aufteilen zu können.

"Es mag paradox erscheinen: Im Lehm- und Ziegelbau sind - im Gegensatz zu den meisten anderen Bauweisen - Nutzungsverschiebungen, die zu Umbaumaßnahmen in gewissen Zeitabständen nötigen, erforderlich, um durch sukzessive Erneuerung der baulichen Substanz des Weiterexistieren des Gesamtgebäudes über längere Zeiträume hinweg zu gewährleisten." (Lehner, 2013:77)



Abbildung 8-10 Möglichkeiten der Anordnung von Burras und Dahlas der neuen Bauform in der Umgebung eingebettet (Google Earth, 2013)

9 Vorschlag zur Realisierung des ersten Archetyps

Die Errichtung des ersten "Archetyps" könnte am Baugrundstück von APDA, auf dem sich bereits die gebauten Schülerhostels befinden, umgesetzt werden. Die Realisierung in Logiya wird durch die Anwesenheit der NGO APDA möglich. Auch sind aufgrund der dort bereits gebauten Hostels alle benötigten Werkzeuge vorhanden, sowie Bauarbeiter mit Erfahrung im Lehmbau zu finden. Bei der Errichtung des ersten Hostels im Herbst 2016 waren neben der Bauleiterin Katharina Schönher und freiwilligen Helfern aus Österreich sieben Arbeiter beschäftigt. Die fertigen Gebäude aus Lehm hat die lokale Bevölkerung gut angenommen. Katharina Schönhers Konzept des Afar Kindergarten Projects (vgl. Kapitel 3.4) sieht vor, für das Personal Wohnunterkünfte zu schaffen. Die hier vorgeschlagene neue Bauform könnte den Entwurf von Schönher komplementieren und somit das Konzept teilweise verwirklichen.

Schönhers Projekt wurde hauptsächlich durch private Spendengelder und Sponsoren finanziert und von APDA unterstützt (Schönher, 2015). Um den gegenständlichen Archetyp errichten zu können, bedarf es einer Kostenaufstellung und eines Zeitplans. In diesem Kapitel werden Bauzeitplan, Materialliste und Kostenschätzung erstellt, die sich auf den Bau eines Archetyps am Baugrundstück von APDA in Logiya beziehen. Insgesamt sollten drei Kuppelgebäude zur Unterbringung des Hostel-Personals entstehen. In der hier beschriebenen ersten Bauphase ist die Errichtung des Archetyps zur Unterbringung von fünf Personen - zwei Hostelbetreuern, zwei Wachkräften und eines Hausverwalters geplant. Eine zweite Bauphase könnte folgen, nachdem die Betreuung des Grundstücks und der Schüler, der inzwischen drei errichteten Hostelgebäude sichergestellt ist. In zwei weiteren Kuppelgebäuden sollen dann acht Personen – vier Kindergartenlehrer und vier Köche ihren Wohnraum erhalten.

Neben Organisation und Finanzierung dieses Projekts spielt die Jahreszeit zur Bauausführung eine große Rolle, es gilt, ungünstige Regengüsse zu vermeiden. Der ideale Zeitraum ist daher die Trockenzeit in dieser Region von Oktober bis März.

Im Kapitel 10 "Bauhandbuch" werden die einzelnen Bauschritte erörtert. Geplant ist eine Beschäftigung von insgesamt neun Personen - zwei Bauleiter, ein Übersetzer und gleichzeitig Organisator, sowie sechs Bauarbeiter.



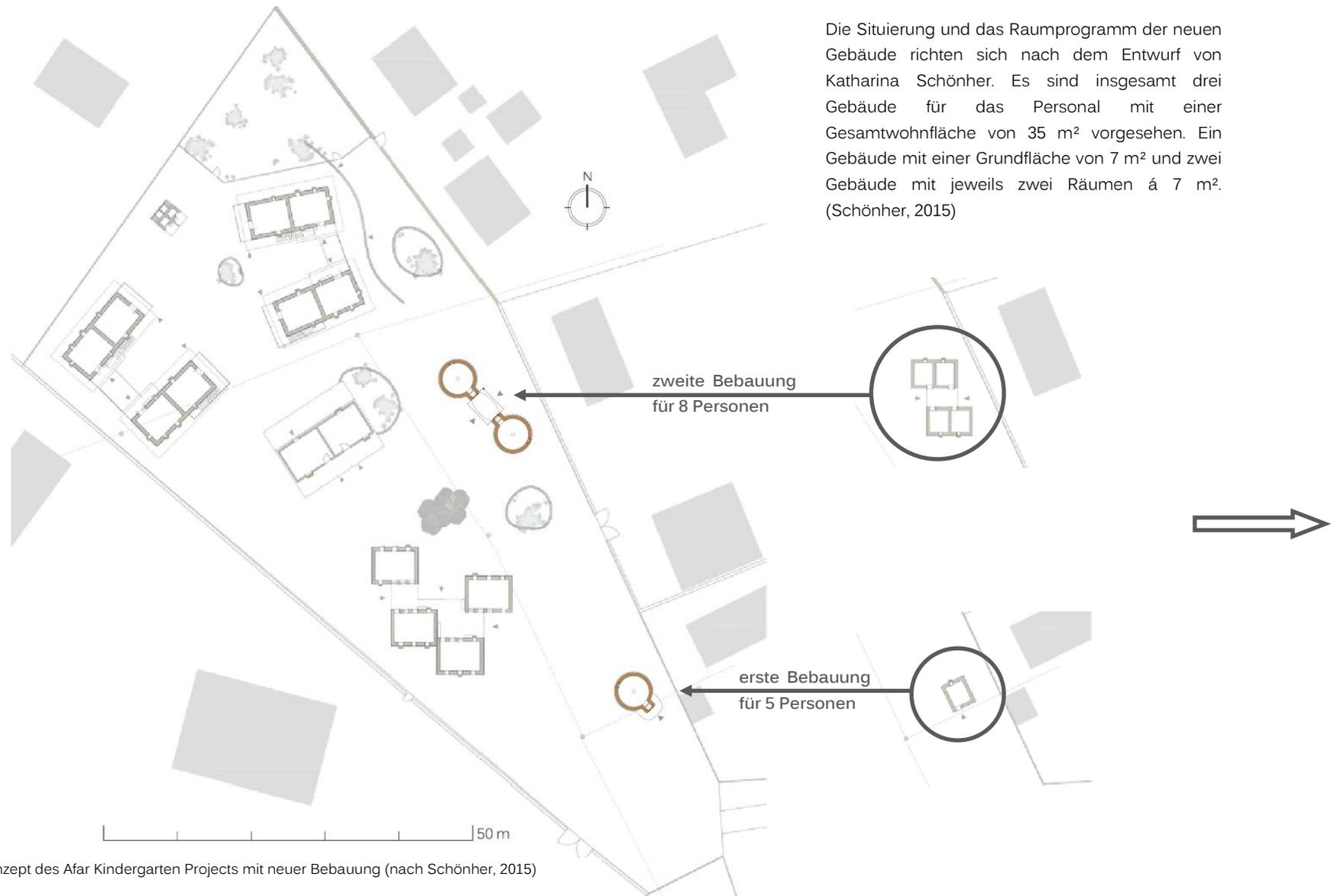
9-1 Verortung der Anwesenheit von APDA in Logiya (Google Earth, 2018)

9.1 Grundeinschulung der einheimischen Bevölkerung

Die fachgerechte Umsetzung des Gebäudeentwurfs kann nur durch Einschulungen arbeitswilliger Personen aus der lokalen Bevölkerung garantiert werden. Hier werden Frauen und Männer gleichermaßen angesprochen. Fachkräfte für bauliche Angelegenheiten sind rar, die Bevölkerung hat keine Vorkenntnisse und kaum jemand kann nach Plänen und Skizzen ein Haus in dieser für das Nomadenvolk unbekanntem Bauweise errichten. Die Erfahrung bei der Mitwirkung der Hostelerrichtung im Herbst 2016 zeigte, dass die Lehmbautechniken durch deren Anwendung mit der Zeit erlernt und optimiert werden können.

Wissen wird in der Afar Region von Generation zu Generation weitergegeben. Das Erfolgsrezept liegt in Überlieferung und Vertrauen. Auf diese Weise hat sich die Chikka Bauweise seit Jahrzehnten in Logiya etabliert. Auch der Lehmbau könnte sich im Laufe der Zeit einen ähnlichen Stellenwert erwerben. Die bereits realisierten Lehmbauwerke am Baugrundstück von APDA haben das Vertrauen in den Lehmbau schon bei einigen Bewohnern gestärkt. Viele kamen aus der Umgebung von Logiya um das Gebäude aus "Erde" zu sehen. Sogar eine Gruppe Studenten der Samera University hatte den Bauplatz im Herbst 2016 besichtigt.

9.2 Konzept der ersten Bebauung am Afar Kindergarten Compound



Die Situierung und das Raumprogramm der neuen Gebäude richten sich nach dem Entwurf von Katharina Schönher. Es sind insgesamt drei Gebäude für das Personal mit einer Gesamtwohnfläche von 35 m² vorgesehen. Ein Gebäude mit einer Grundfläche von 7 m² und zwei Gebäude mit jeweils zwei Räumen á 7 m². (Schönher, 2015)

Abbildung 9-2 Konzept des Afar Kindergarten Projects mit neuer Bebauung (nach Schönher, 2015)

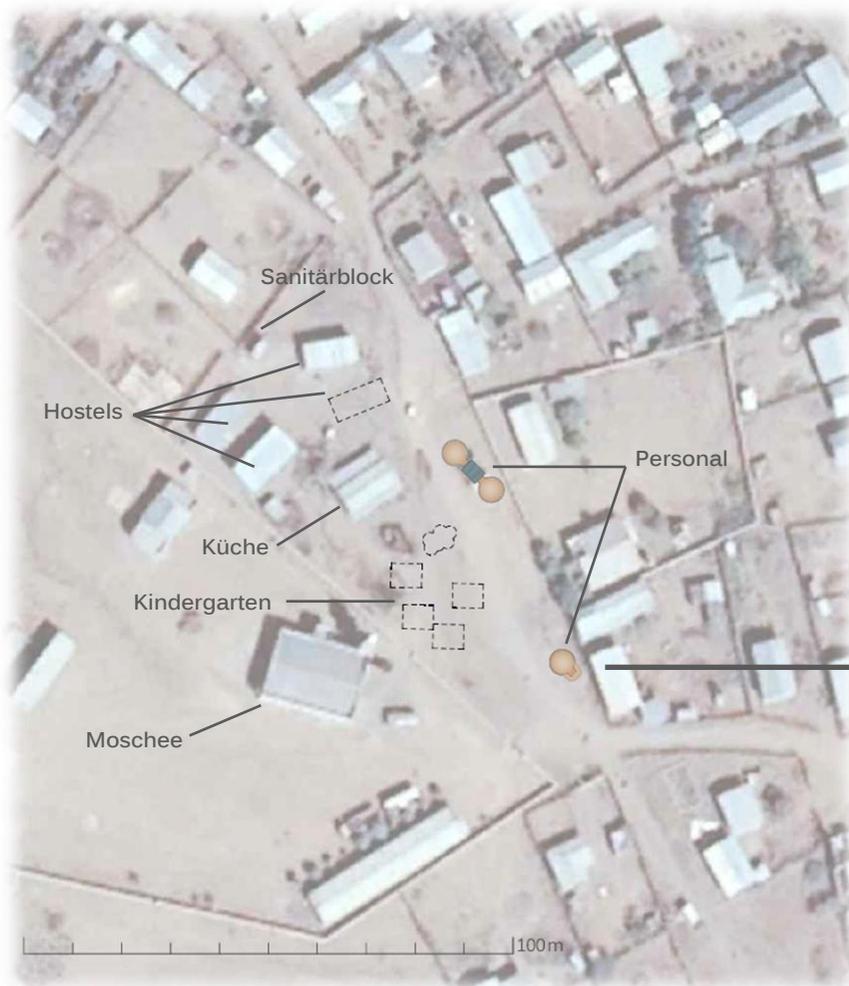


Abbildung 9-3 Situierung der neuen Gebäude am Baugrundstück von APDA (Google Earth, 2018)

Der Archetyp hat eine Wohnfläche von 14,5 m². Daher wird die Fläche beim Bau von drei Gebäuden dieser Art gegenüber dem Entwurf bei Schönher, 2015 um 8,5 m² erhöht. In Abbildung 9-3 ist die Dachdraufsicht des Afar Kindergarten Projects mit der neuen Bebauung dargestellt.

Der Bau des Archetyps dient dazu, die in dieser Arbeit angeführte neue Bauweise zu erproben. Es wird davon ausgegangen, dass die zweite Bauphase wesentlich routinierter und schneller voran geht. Im Kapitel 6 Gebäudeentwurf wurde der Archetyp vorgestellt. Das Bauhandbuch richtet sich nach diesem. Den Bauarbeitern ist es überlassen Optimierungsvorschläge während der Umsetzung des ersten Baus zu entwickeln.

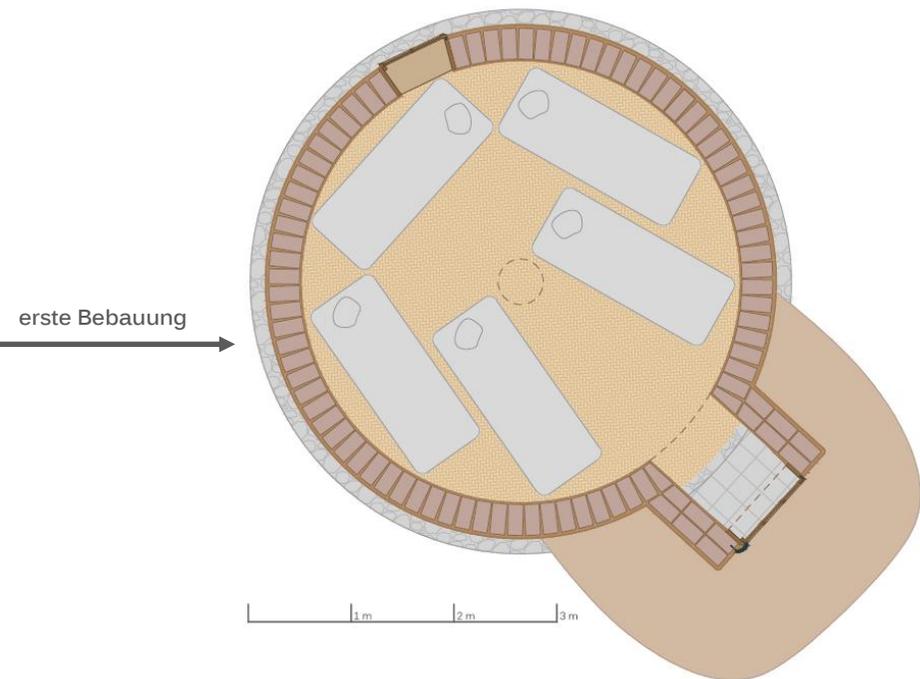


Abbildung 9-4 Grundriss der ersten Bebauung mit fünf Schlafplätze

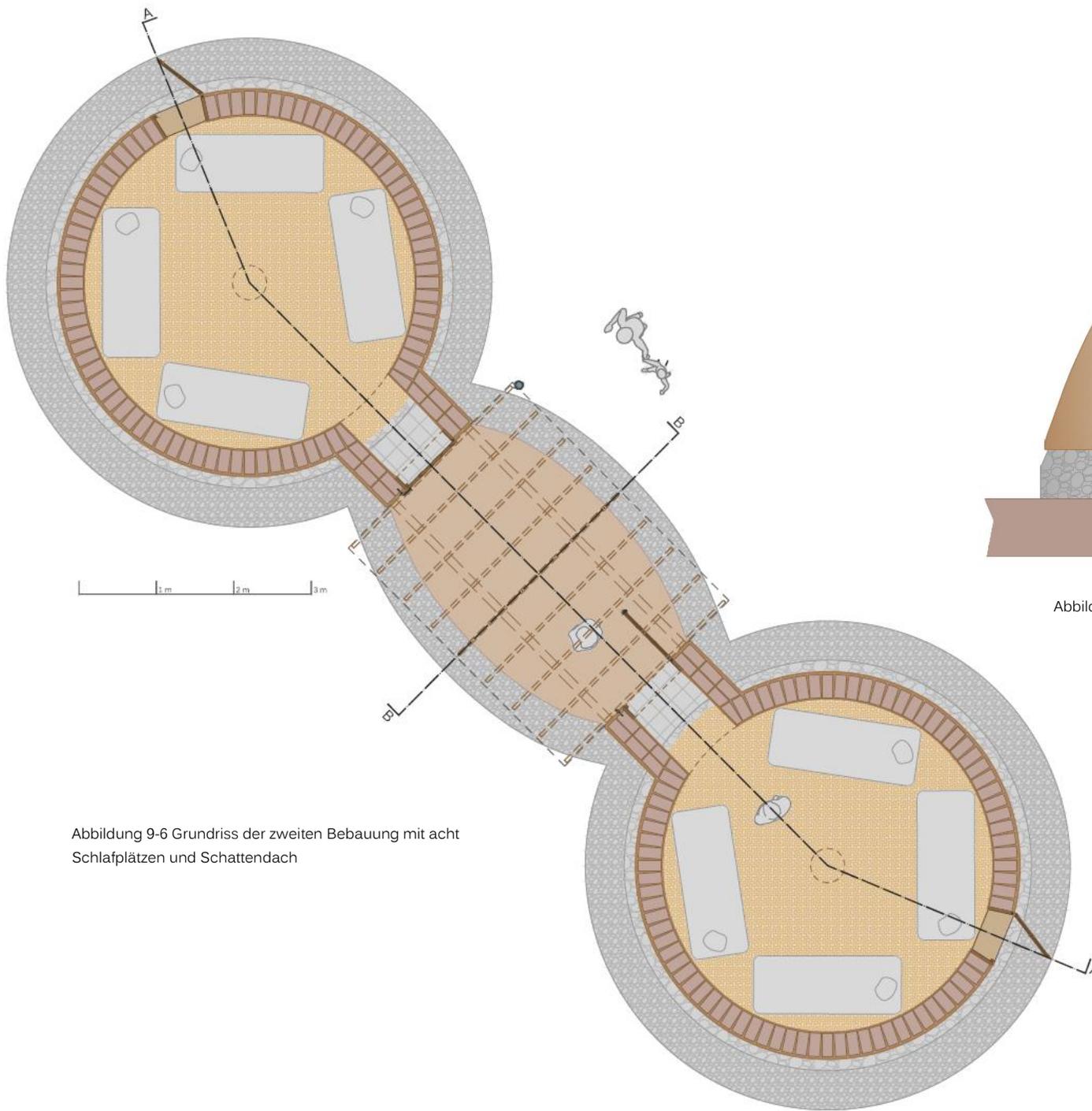


Abbildung 9-6 Grundriss der zweiten Bebauung mit acht Schlafplätzen und Schattendach

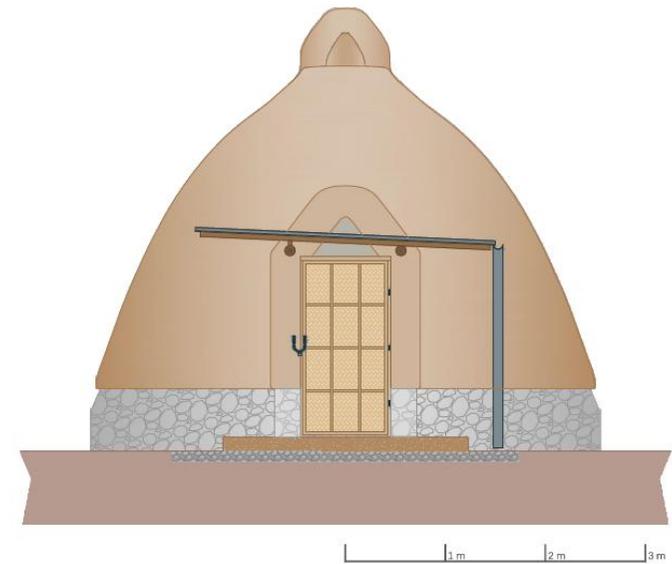


Abbildung 9-5 Schnitt BB der zweiten Bebauung



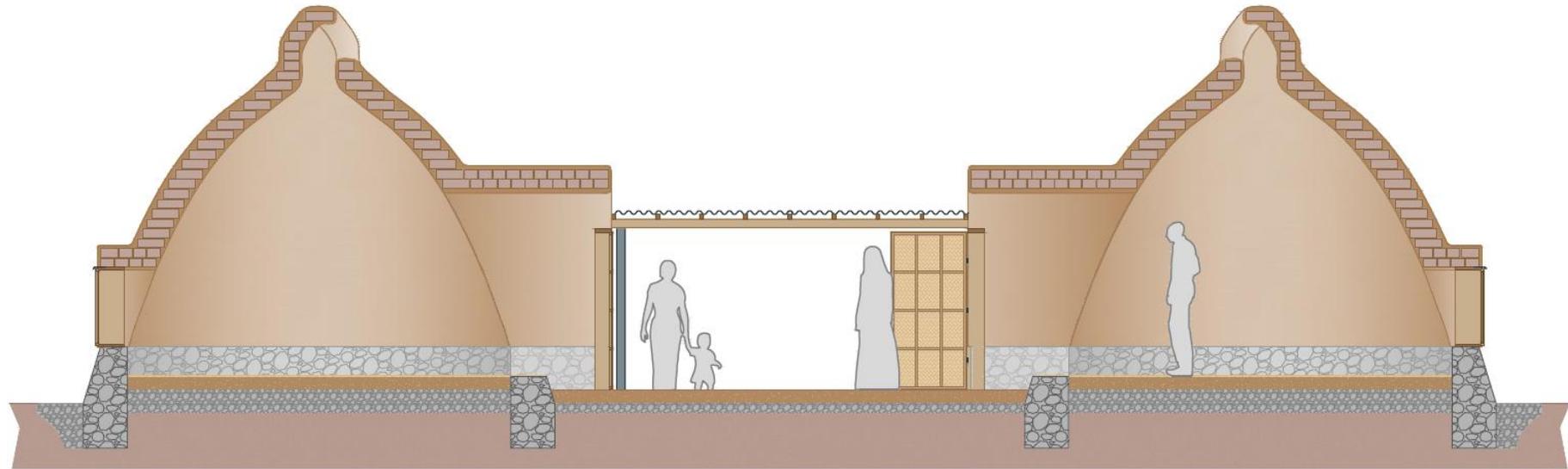


Abbildung 9-7 Schnitt AA der zweiten Bebauung



Abweichungen zum Konzept Schönher's (Schönher, 2015): Aufgrund der Windrichtungen in der Trocken- und Regenzeit sind die Gebäude der neuen Bebauungsform minimal verschwenkt angeordnet. Der Abstand des überdachten Zwischenbereichs der zweiten Bebauung ist aufgrund der im örtlichen Baumarkt zu erwerbenden Materialien anders dimensioniert. Die überdachte Zwischenfläche bleibt von den Quadratmetern ziemlich dieselbe.

Sobald der Archetyp nach dem Bauhandbuch erfolgreich errichtet ist, könnte die Ausführung der zweiten Bebauung beginnen. Diese unterscheidet sich nur durch die Ergänzung eines überdachten Zwischenraums. Es wird ein Außenbereich geschaffen, der als Bindeglied zwischen den beiden Gebäuden agiert. Durch das Einlegen zweier Holzbalken wird das Grundgerüst geschaffen. Auf dieses liegt eine Konterlattung auf der das Wellblech liegt. Durch eine Neigung wird das Regenwasser in eine Regenrinne geleitet, die das Wasser in das Regenrohr führt. Dieses Wasser könnte durch den Bau einer Zisterne gesammelt werden (vgl. Kapitel 6.6).

Die hier konzipierte Schlafplatz-Einteilung erfolgt nach Anzahl der vorgeschlagenen Belegschaft. Anpassungen können jederzeit vorgenommen werden.

Das singuläre Gebäude für fünf Personen dient als Versuchsobjekt (Archetyp). Hier ist die Errichtung einer Kragkuppel das wirkliche Neue und die große Herausforderung. Der Umgang mit Lehm und die Herstellung der Lehmsteine ist bereits erprobt.

Beim der Mitarbeit am Afar Kindergarten Projects zeigte sich, dass eine Bauplatzstruktur erforderlich ist. Der Bauprozess gehört koordiniert. Es muss eine Bauleitung etabliert werden. Diese sollte sich im Zuge der Errichtung des Archetyps aus der Bevölkerung rekrutieren lassen. Erfahrungsgemäß ergab sich in der Bevölkerung das Interesse am Bauen mit Lehm erst nach einer gewissen Zeit. Es gab Bauarbeiter, die mehr technisches Verständnis hatten als andere. Zudem ist es aufgrund der „Geschicklichkeit“ der Frauen auch erstrebenswert, diese in den Bauprozess einzubinden. Dies könnte sich aufgrund der relativ hohen Arbeitslosenrate bei Frauen verwirklichen. Ein weiterer Aspekt ist es, die gesamte Familie in den Bauprozess einzubinden. Kinder könnten das vorhandene Potential an Kreativität und Geschicklichkeit entwickeln, dies wäre zukunftsweisend. Das Einbeziehen der Familie verbessert nicht nur die eigene zukünftige Wohnqualität, sie stärkt auch den Zusammenhalt der ganzen Familie und die eigene innere Stärke jedes einzelnen Familienmitglieds.

9.3 Materialaufwand

Ein Gebäude benötigt rund 1.800 Lehmsteine. Mit einer Holzrahmenform für vier Lehmsteine werden in 450 Arbeitsschritten zu je vier Stück alle 1.800 Steine produziert. Nach Minke kann eine Person circa 300 Lehmsteine pro Tag herstellen. Demgegenüber wurden jedoch beim ersten Hostel des Afar Kindergarten Projects nur 2.000 Lehmsteine in 25 Tagen produziert. Die maximale Tagesproduktion wurde hier mit 200 Lehmsteinen angeführt. Anzumerken ist, dass in den 25 Tagen ein bis neun Arbeiter anwesend waren und zusätzlich Unterrichtseinheiten zum Lehmbau abgehalten wurden. (Schönher, 2015).

Diese unterschiedlichen Werte machen es sehr schwer eine konkrete Aussage bezüglich der Herstellungsdauer von Lehmsteinen zu treffen. Ein konkreter Anhaltspunkt ist, dass die Trocknungsdauer bis zur Verarbeitung der Lehmsteine sechs Tage beträgt (Schönher, 2015).

Die Tabelle rechts zeigt die Aufstellung aller benötigten Materialien für die Errichtung des Archetyps am Baugrundstück von APDA in Logiya.

Materialliste				
Aushub	4,03 m ³			
Gesamtvolumen Lehmkuppelbau	13,00 m ³			
Gesamtvolumen Fundament	7,61 m ³			
		<i>davon Sandanteil</i>		<i>Anmerkung</i>
Stampflehmfußboden innen	2,18 m ³	83,34%	1,82 m ³	Strohanteil wird nicht berücksichtigt
Stampflehmfußboden außen	0,80 m ³	83,34%	0,67 m ³	Strohanteil wird nicht berücksichtigt
Lehmputze und Lehmörtel	5,17 m ³	83,34%	4,31 m ³	Lehmputze und Lehmörtel werden zur Vereinfachung gemeinsam berechnet
Bruchsteine (70%)	5,33 m ³			Schätzung
Zementmauermörtel (30%)	2,28 m ³	80%	1,82 m ³	Schätzung
Kiesschüttung innen	3,63 m ³			
Kiesschüttung außen	0,57 m ³			
Lehmsteine roh	10,14 m ³	50%	5,07 m ³	Lehmsteine roh (0,32 x 0,16 x 0,11 m) x 1.800 Stück
Lehmsteine getrocknet	7,83 m ³			Lehmsteine getrocknet (0,30 x 0,145 x 0,10 m) x 1.800 Stück
Öl	50 l			Schätzung
Zement	650 kg			Schätzung
Kalkhydrat	100 kg			Schätzung
Wasser	1.200 l			Wasseranschluss am Grundstück, Wert ist geschätzt falls Wasserquelle ausfällt
Afar Matten Bodenbelag	18 Stk.			80 x 120 cm
Türrahmen	2 Stk.			4,5 x 18 x 400 cm
Fensterrahmen	1 Stk.			2,5 x 30 x 400 cm
Türblatt	7 Stk.			4 x 5 x 350 bis 400 cm
Fensterblatt	2 Stk.			4 x 5 x 350 bis 400 cm
Afar Matten Fenster- und Türelement	4 Stk.			80 x 120 cm
Tür- und Fensterschloss	2 Stk.			keine Angabe
Tür- und Fensterband	5 Stk.			keine Angabe
Drahtgeflecht (rechtwinklig)	2 Stk.			1 m
Nägel	1 kg			ø 80 mm
Matratze	5 Stk.			dünn
Polster	5 Stk.			
Hinweis: Wasseranteil wird generell nicht berücksichtigt. Durch das Vernachlässigen des Strohanteils und der Zusammenlegung der Lehmteile Lehmputz und Lehmörtel entsteht ein höherer Wert für den Sandanteil. Dadurch wird sichergestellt, dass der Sandanteil auf jeden Fall ausreicht, da er höher kalkuliert ist.				

Konsumliste		
Kekse	47 Packungen	1 Packung pro Tag
Trinkwasser (Plastikflasche 2l)	212 Flaschen	47 Tage á 9 Personen (1 l pro Person am Tag)
Kaffe (Buna)	47 Tage	47 Tage á 9 Personen (inklusive Service)
Hinweis: Der Trinkwasseranteil wurde deswegen so niedrig angesetzt, da lokales Trinkwasser in Kanistern viel billiger erworben werden kann.		

Tabelle 6 Materialliste des Archetyps (erste Bebauung)

9.4 Bauzeitplan

Der Bauzeitplan ist die Anleitung der auszuführenden Bautätigkeiten pro Tag. Anzumerken ist, dass es immer auch zu unvorhersehbaren Zwischenfällen kommen kann. Diese sind zum Beispiel krankheits- oder verletzungsbedingter Ausfall von Projektbeteiligten, Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Materialien oder unerwartete Regenfälle. Eine Zeittafel muss bei der Arbeit mit Laien daher kritisch betrachtet werden. Durch „Learning by Doing“ ergeben sich während der Ausführung Probleme, die spontan zu lösen sind. Der Zeitplan bezieht sich auf persönliche Erfahrungs- und Schätzwerte sowie auf den Vergleich der Bauausführung der Schülerhostels des Afar Kindergarten Projects.

Der Aushub des ersten Hostels für das Fundament (11,5 x 5,1 x 0,5 m) betrug 29,33 m³ Erdreich und erfolgte in elf Tagen (Schönher, 2015). Für das Kuppelgebäude werden lediglich um die 4,03 m³ Aushub benötigt. Es wird daher angenommen, dass der Aushub der Fundamente in eineinhalb Tagen abgeschlossen ist. Das Streifenfundament des Hostels hatte eine Höhe von 1 m und eine Tiefe von 45 cm, das sind rund 16 m³ Steinmaterial inklusive Zementmörtel. Das Fundament wurde in 21 Tagen (5 Tage Steine zu Recht schlagen, 16 Tage Steine schichten und vermörteln) errichtet (Schönher, 2015). Die Türaussparungen der zwei Eingänge wurden bei der Berechnung der Kubikmeter nicht berücksichtigt. Das Fundament des Kuppelbaus liegt bei circa 7,60 m³. Die Dauer der Errichtung wird auf neun bis zehn Tage geschätzt. Über die Dauer des Vermauerns von Lehmsteinen wurde kein konkreter Berechnungswert gefunden. Somit werden Erfahrung und Übung der Projektbeteiligten im Herbst 2016 herangezogen. Es wird angenommen, dass das Mauern in 12 Tagen abgeschlossen ist. Es werden ungefähr 35 Schichten (zwei bis drei Reihen pro Tag) gemauert. Im oberen Bereich der Kragkuppel werden die Mauerschichten durch die Verringerung des Durchmessers demensprechend schneller ausgeführt. Der Außenputz wird in zwei Lagen (Unter- und Oberputz) aufgetragen. Eine wasserabweisende Oberfläche erfolgt durch einen finalen Kalkanstrich. Für den Unterputz sind zwei bis drei Tage eingeplant. Die Dauer der zweiten Schicht wird höher angesetzt, da diese zusätzlich mit einem flachen Stein geglättet werden muss, um alle Poren zu schließen. Dafür sind fünf Tage veranschlagt. Es wird angenommen, dass der Anstrich an einem Tag aufgetragen werden kann. Sobald die äußere Hülle des Gebäudes abgeschlossen ist, wird der einlagige Lehmputz im Innenbereich aufgetragen. Die Anforderungen an diesen sind viel

geringer als die an den Außenputz. Für das Auftragen des Innenputzes werden daher drei Tage eingeplant. Der finale Akt der Bauausführung besteht in der Herstellung des Stampflehmfußbodens, für diesen werden drei Tage veranschlagt.

Insgesamt wird bei der Mitarbeit von neun Personen die Errichtung des Archetyps auf 47 Tage geschätzt. Jeder Arbeiter wird in die jeweilige Bauphase mit einbezogen. Alle Schritte beziehungsweise Tätigkeiten werden von allen ausgeübt, damit jeder die Möglichkeit erhält den Kuppelbau im Selbstbau zu errichten. Ein Arbeitstag hat acht Stunden. Es wird von 7 Uhr bis 12 Uhr und von 16 Uhr bis 19 Uhr gearbeitet. Jeder Freitag ist frei, da die meisten Bewohner Logiyas muslimisch sind. Auch bei der Bauausführung der Schülerhostels des Afar Kindergarten Projects wurde dies so gehandhabt. Jeden Tag werden Kaffee und Kekse zur Verfügung gestellt. Nach der Fertigstellung soll ein Fest für die Projektbeteiligten und deren Familien veranstaltet werden, um das Projekt gebührend abzuschließen. Zusätzlich wird das Bauhandbuch an die Menschen verteilt, die Interesse an dieser Art Kuppelbau haben.

9.5 Mischverhältnisse der Lehmbauteile

Die unten angeführten Mischverhältnisse der Lehmmischungen für den Außen- und Innenputz, der Lehmsteine und des Lehmmauermörtels beziehen sich auf die Erfahrungswerte der errichteten Lehmbau Schülerhostels am APDA Baugrundstück in Logiya (vgl. Kraßnitzer, 2017 und Schönher, 2015). Demgegenüber wurde der Sandanteil zur Steigerung der Druckfestigkeit erhöht.

Mischverhältnisse				
	Anteile			
	Lehm	Sand	Stroh	Zement
Lehmsteine	1	1		
Außenputz 1. Schicht (Unterputz)	1	5	1	
Außenputz 2. Schicht (Oberputz)	1	5		
Kalkanstrich 3. Schicht (Anstrich)	50 kg Kalkhydrat in 50-60 Liter Wasser einrühren Zugabe von 1 - 2 kg Kochsalz, um Kalkschlämme länger feucht zu halten)*			(optional)
Innenputz einlagig	1	5	1	
Stampflehmfußboden innen	1	5	1	
Stampflehmfußboden außen	1	5	1	
Lehmmauermörtel	1	4		
Stampflehmfußboden innen	1	5	1	
Zementmauermörtel		4		1

Tabelle 7 Mischverhältnisse Lehmbauteile

Bauzeitplan

	Art der Bautätigkeit	Beschreibung	Anwesenheit Projektbeteiligter	Anmerkung
Tag 1	Einführung in die Bauaufgabe	Erklärung des Bauvohabens, Verteilung Bauhandbuch		
	Lehmprüfung	Aushub von Erdproben, Durchführung von Lehmtests	alle	Umgang mit Lehm erlernen und Bauaufgabe verstehen
	Zuschläge sieben (Sand)	Erklärung der Unterschiede von Korngrößen		jeder führt die Tätigkeit einmal aus
	erste Lehmischung für Lehmsteine aufbereiten	Herstellung von 4 Lehmvulkanen		2 Tage Quellzeit
Tag 2	Einführung in das Maßsystem (cm)	Erklärung der Maßeinheiten im Bauhandbuch (Dimensionen)	alle	
	Formen für Lehmsteine bauen	Herstellung der Holzformen, Anwendung erklären	Organisator, Bauleiter I, 3 Bauarbeiter	4 Stück á 4 Lehmsteine
	Fundamentgrenzen definieren	Fundament abstecken, Aushub beginnen	Organisator, Bauleiter II, 3 Bauarbeiter	
Tag 3	Aushub	Aushub für nächste Lehmvulkane sammeln	alle	
Tag 4	Lehmsteine herstellen	Patzen der Lehmsteine in Formen (360 Stück)	alle	vor Sonneneinstrahlung schützen
Tag 5	FREI		alle	Freitag ist immer frei
Tag 6	Einschulung in Fundamentenherstellung	Erklärung der Tätigkeit		Aushub muss abgeschlossen sein
	Beginn der Fundamentenherstellung	Bruchsteine zu Recht schlagen und Schichten beginnen	alle	große Steine unten, nach oben kleinere
	Lehmischung herstellen (Lehmsteine)	Herstellung von Lehmvulkanen		Anzahl nach Erfahrungswerte für 360 Lehmsteine
Tag 7	Fundament herstellen	Bruchsteine zu Recht schlagen Bruchsteine schichten und vermörteln	alle	große Steine unten, nach oben kleinere
Tag 8	Fundament herstellen Lehmsteine verlagern	getrocknete Lehmsteine für nächsten Tag verlagern	alle	können nun der Sonne ausgesetzt sein
Tag 9	Lehmsteine herstellen	Patzen der Lehmsteine in Formen (360 Stück)	alle	vor Sonneneinstrahlung schützen
Tag 10	Fundament herstellen Lehmischung herstellen (Lehmsteine)	Herstellung von Lehmvulkanen	alle	
Tag 11	Fundament herstellen		alle	
Tag 12	FREI		alle	Freitag ist immer frei
Tag 13	Lehmsteine verlagern		alle	können nun der Sonne ausgesetzt sein
	Lehmsteine herstellen	Patzen der Lehmsteine in Formen (360 Stück)		vor Sonneneinstrahlung schützen
Tag 14	Fundament herstellen		alle	
	Lehmischung herstellen (Lehmsteine)	Herstellung von Lehmvulkanen		
Tag 15	Fundament herstellen		alle	
Tag 16	Fundament herstellen		alle	
Tag 17	Lehmsteine verlagern		alle	können nun der Sonne ausgesetzt sein
	Lehmsteine herstellen	Patzen der Lehmsteine in Formen (360 Stück)		vor Sonneneinstrahlung schützen
Tag 18	Fundament herstellen		alle	
	Lehmischung herstellen (Lehmsteine)	Herstellung von Lehmvulkanen		
Tag 19	FREI		alle	Freitag ist immer frei
Tag 20	Fundament herstellen		alle	Fundamentierung sollte abgeschlossen sein
	Lehmischung herstellen (Lehmmörtel)	Vorbereitung der Lehmmörtelmischung für das Mauern		zunächst 2 Vulkane, 1-2 Tage Quellzeit
Tag 21	Lehmsteine verlagern		alle	können nun der Sonne ausgesetzt sein
	Lehmsteine herstellen	Patzen der Lehmsteine in Formen (360 Stück)		Lehmsteinproduktion sollte abgeschlossen sein

Tabelle 8 Bauzeitplan

Tag 22	Einschulung in Mauerarbeiten Beginn der Mauerarbeiten	Erklärung des Prinzips der Kragwölbung und Lagerfugen erste Lehmsteinreihe wird aufgetragen	alle	Mauerverband wird vorgezeigt (2-3 Reihen pro Tag)
Tag 23 - 25	Mauerarbeiten Lehmsteine verlagern	Lehmmörtelmischung bei Bedarf 1-2 Tage zuvor herstellen	alle	Lehmsteine verlagern (Tag 25)
<i>Tag 26 FREI</i>				
Tag 27 - 30	Mauerarbeiten	Lehmmörtelmischung bei Bedarf 1-2 Tage zuvor herstellen	alle	
Tag 31	Einschulung in Bau der Tür- und Fensterelemente Beginn Herstellung von Tür- und Fensterelemente Mauerarbeiten	Erklärung der Bestandteile von Tür- und Fensterelement	alle Organisator, Bauleiter I, 2 Bauarbeiter Bauleiter II, 4 Bauarbeiter	
Tag 32	Herstellung von Tür- und Fensterelemente Mauerarbeiten Lehmmischung herstellen (Außenputz)	Einbau der Rahmen nach Fertigstellung der Elemente Herstellung von 2 Lehmvulkanen	Bauleiter II, 4 Bauarbeiter Organisator, Bauleiter I, 2 Bauarbeiter alle	jeder führt die Tätigkeit einmal aus Lehmputzmischung bei Bedarf 2 Tage zuvor herstellen
<i>Tag 33 FREI</i>				
Tag 34	Mauerarbeiten	alle	9	
Tag 35	Einschulung in Verputzen Beginn Verputzarbeiten (Außenputz) Mauerarbeiten	Verputztechniken werden vorgezeigt erste Schicht von Außenputz wird begonnen	alle Organisator, Bauleiter I, 2 Bauarbeiter Bauleiter II und 4 Bauarbeiter	Unterschied Außen- und Innenputz wird erklärt Herstellung Lehmputzmischung nach Bedarf anpassen
Tag 36 - 39	Mauerarbeiten Verputzarbeiten (Außenputz) Lehmmischung herstellen (Außenputz)	erste Schicht von Außenputz wird weiter geführt Herstellung 2 Vulkane für zweite Schicht von Außenputz	Organisator, Bauleiter I, 2 Bauarbeiter Bauleiter II, 4 Bauarbeiter alle	Tätigkeiten werden abgewechselt, Mauerarbeiten und erste Schicht Außenputz sollten abgeschlossen sein Herstellung Lehmputzmischung nach Bedarf anpassen
<i>Tag 40 FREI</i>				
Tag 41 - 45	Verputzarbeiten (Außenputz)	zweite Schicht von Außenputz wird begonnen	alle	Schicht wird mit flachem Stein geglättet, zweite Schicht sollte abgeschlossen sein (Tag 45)
Tag 46	Lehmmischung herstellen (Innenputz) Kalkanstrich	wird in der Früh hergestellt Anstrich wird dünn aufgetragen (Kalkschlämme)	alle	Herstellung Lehmputzmischung nach Bedarf anpassen 3 - 4 Lagen
<i>Tag 47 FREI</i>				
Tag 48 - 50	Verputzarbeiten (Innenputz) Lehmmischung herstellen (Stampflehmfußboden)	Innenputz wird einlagig hergestellt Herstellung von 4 Lehmvulkanen (Tag 49)	alle	alle Verputzarbeiten sollten abgeschlossen sein
Tag 51	Einschulung in Fußbodenherstellung Aushub Innen und Außenbereich Kiesschicht Innenbereich Kiesschicht Außenbereich	Erklärung der Herstellungstechnik (Verdichtung) Erdreich 10 cm ausheben im Innenbereich 25 cm hohe Kiesschicht füllen im Außenbereich 10 cm hohe Kiesschicht füllen	alle Organisator, Bauleiter II, 4 Bauarbeiter Bauleiter I, 2 Bauarbeiter	
Tag 52 - 53	Stampflehmfußboden herstellen		alle	
<i>Tag 54 FREI</i>				
Tag 55	Tür- und Fensterelemente einhängen Fußbodenbelag	Afar Matten zu Recht schneiden und verlegen	alle	optional mit Fliesen belegen
Tag 56	<i>Einweihung des Lehmkuppelbaus</i>	<i>Familien werden eingeladen</i>	<i>alle</i>	<i>Essen und Trinken wird zur Verfügung gestellt</i>

Art der Bautätigkeit

Grundeinschulung (Workshop)
Vorbereitung
Lehmsteine
Fundament
Lehmputz und Anstrich
Fußboden
Tür- und Fensterelemente

9.6 Kostenschätzung

Die Kostenaufstellung orientiert sich an persönlichen Erfahrungen bei der aktiven Mitarbeit des Schülerhostels im Oktober 2016 in Logiya und an den Preisangaben in der Diplomarbeit von Katharina Schönher. Bei der Berechnung der Lohnkosten in dieser Arbeit wird der aktuelle Wechselkurs Ende Februar 2019 herangezogen und für die Berechnung der Materialkosten der Wechselkurs im Frühling 2015, 1 € = 20.86 Birr (Schönher, 2015). Anmerkung: der Wechselkurs ist derzeit für EU-Länder günstiger als 2015, es wird angenommen, dass sich die Preise diesem anpassen.

Im Herbst 2016 erhielt ein Laien-Arbeiter einen Tageslohn von 80 bis 100 Birr. Im Winter 2016 beziehungsweise Frühjahr 2017 lagen die durchschnittlichen Lohnkosten pro Tag bei 115 Birr pro Person (Kraßnitzer, 2017). Für die aktuelle Berechnung werden die Lohnkosten höher angesetzt, um die Motivation der Projektbeteiligten zu stärken. Der Tageslohn des Organistors beläuft sich auf 250 Birr, der der Bauleiter auf 200 Birr und der der Bauarbeiter auf 120 Birr pro Tag. Das ergibt rund 150 Birr im Durchschnitt pro Person und Arbeitstag.

Personen, die schon zuvor am Afar Kindergarten Project mitgearbeitet haben, werden bevorzugt herangezogen, so Interesse besteht. Für die Bauleitung werden konkret Ahmed und Imam vorgeschlagen. Beide waren beim Bau der Hostels äußerst kompetent und lösungsorientiert. Sie besitzen die notwendige Erfahrung und haben schon damals gut als Team zusammengearbeitet. Eine Liste der Bauarbeiter von 2016/2017 ist in der Diplomarbeit von Mathias Kraßnitzer ersichtlich.

Die Tabelle rechts zeigt die Kostenschätzung für die Errichtung des Archetyps am Baugrundstück von APDA in Logiya.

Kostenschätzung

Materialkosten				
Position	Anzahl Einheit	Einheitspreis	Positionspreis	Anmerkung
Bruchsteine	1 Truck*	€ 81,50	€ 81,50	5,33 m³ = 9,5 Tonnen (Natur-Trockenmauersteine)**
Sand	2 Truck*	€ 86,29	€ 172,58	13,69 m³ = 21,1 Tonnen (Sand gewaschen 0 - 4 mm)**
Kies	1 Truck*	€ 134,23	€ 134,23	4,2 m³ = 7,8 Tonnen (Betonkies 0 - 32 mm)**
Zement (50 kg)	13 Sack	€ 10,11	€ 131,43	0,46 m³ = 644 kg ***
Holz (4,5 x 18 x 400 cm)	2 Stück	€ 16,54	€ 33,08	
Holz (2,5 x 30 x 400 cm)	1 Stück	€ 17,11	€ 17,11	
Holz (4 x 5 x 350 bis 400 cm)	9 Stück	€ 9,92	€ 89,28	
Afar Matten (80 x 120 cm)	22 Stück	€ 1,20	€ 26,40	
Drahtgeflecht rechwinkling (1 m)	2 Stück	€ 2,00	€ 4,00	
Öl	50 Liter	€ 2,00	€ 100,00	Schätzwert
Wasser (200 l)	1.200 Liter	€ 3,36	€ 20,16	
Nägel	1 Kilogramm	€ 1,50	€ 1,50	
Matratze	5 Stück	€ 11,98	€ 59,90	
Polster	5 Stück	€ 2,88	€ 14,40	
Schloss (inkl. Tür- und Fensterband)	2 Stück	€ 50,00	€ 100,00	Schätzwert
Stroh	2 Ladung	€ 20,00	€ 40,00	Schätzwert
Kalkhydrat (50 kg)	2 Stück	€ 10,11	€ 20,22	Schätzwert (gleicher Preis wie Zementsack angenommen)

Hinweis: Einheitsangaben von Bruchsteinen, Sand und Kies wurden nach Schönher, 2015 angegeben und umgerechnet (siehe Anmerkung).

* 3-Achser, 9 m³, bis 15 Tonnen: <https://www.debola.de/agb-s>

** Umrechnwerte: <https://www.baustoffe-liefen.de/Rechner/>

***Schüttdichte Zement 1,4 kg/dm³: <https://www.mollet.de/info/schuettdichte.html>

Lohnkosten (47 Tage)

Organisator (250 Birr)	1 Person	€ 7,72	€ 362,84	
Bauleiter (200 Birr)	2 Person	€ 6,18	€ 580,92	umgerechnet auf aktuellen Wechselkurs
Bauarbeiter (120 Birr)	6 Person	€ 3,71	€ 1.046,22	

Konsumation (47 Tage)

Kekse	47 Packungen	€ 1,92	€ 90,24	
Trinkwasser (Plastikflasche)	212 Flaschen	€ 0,48	€ 101,76	lokales Trnkwasser kann viel billiger erworben werden
Kaffe (Buna)	47 Tage	€ 0,96	€ 45,12	

1 € = 20,86 Birr (Stand Frühling 2015 nach Schönher, 2015)

1 € = 32,37 Birr (Stand 27.02.2019) <https://wechselkurse-euro.de/kurse/ETB-birr-athiopien/>

Tabelle 9 Kostenschätzung des Archetyps (erste Bebauung)

Die Summe der Gesamtkosten ist in der Tabelle unten ersichtlich. Ein Sicherheitsbeiwert von 20% wird auf die Summe aufgeschlagen. Nicht berücksichtigt wurde der Flug, Kost und Logis des Projektgründers. Aus Erfahrung kann ein Wert von circa 2.000 Euro angenommen werden, je nachdem wie lange das Projekt dauert.

	Summe	20% Aufschlag		aktueller Wechselkurs
Materialkosten	€ 1.045,79	€ 1.254,95		€ 673,93
Lohnkosten	€ 1.989,98	€ 2.387,98		€ 1.989,98
Konsumation	€ 237,12	€ 284,54	Vergleich	€ 152,81
ungeplante Kosten (Pauschalwert)	€ 500,00	€ 500,00		€ 500,00
Gesamtsumme	€ 3.772,89	€ 4.427,47		€ 3.316,72

Hinweis: Der Aufschlag von 20% soll zur Kostenabdeckung bei Verzögerung der Bauzeit, Ausfall von Projektbeteiligten und Inflationspreisen dienen.

Tabelle 10 Gesamtsumme Kostenschätzung des Archetyps (erste Bebauung)

Im Vergleich kostete im Jahr 2015 der Bau eines eingeschossigen Chikka-Hauses, mit einer etwas größeren Grundfläche als die des ersten Hostels des Afar Kindergarten Projects, 250.000 Birr (Schönher, 2015). Umgerechnet zum damaligen Wechselkurs sind das 12.000 Euro.

9.7 Organisation und Finanzierung

Informationen über die Organisation und Finanzierung des Kuppelbaus in Logiya wurden bei einem informellen Interview am 28.02.2019 mit der Hilfsorganisation Sonne International, die eng mit der NGO APDA zusammenarbeitet, gesammelt. Der erste Schritt besteht darin das Konzept Valerie Browning vorzustellen. Nachdem ein Interesse an der Umsetzung besteht, beginnt die Suche nach Finanzierungsgeldern. Es steht eine vollständige Finanzierung durch private Spendengelder und Sponsoren einer Kofinanzierung aus Privatgeldern und öffentlichen Geldern gegenüber. Als Tipp für mögliche Sponsoren wurde die Firma Wienerberger vorgeschlagen. Das Unternehmen ist der größte Ziegelproduzent weltweit ([wienerberger.com/...](http://wienerberger.com/)) und unterstützt das Projekt LEHM.konkret ([wienerberger.at/...](http://wienerberger.at/)). Öffentliche Gelder sind bei einer so kleinen Projektsumme schwierig zu bekommen. Die Austrian Development Agency (ADA) unterstützt Entwicklungsprojekte mit höheren Geldsummen. Die Gesamtprojektkosten müssten sich auf mindestens 250.000 Euro belaufen ([www.entwicklung.at/...](http://www.entwicklung.at/)). Damit entfällt die Variante der Kofinanzierung für den Bau des Archetyps.

Fazit: Nach der Zusage von APDA werden private Spendengelder und Sponsoren gesucht. Wenn die benötigten Gelder gesammelt wurden, wird wieder Kontakt mit Sonne International aufgenommen. Hier besteht Interesse, sich an der Organisation zu beteiligen.

9.8 Exkurs: Öffentliche Geldgeber Österreich

Österreichische Entwicklungszusammenarbeit (OEZA)

"Heute ist die Österreichische Entwicklungszusammenarbeit (OEZA) ein wichtiger Teil der österreichischen Außenpolitik und im Gesetz zur Entwicklungszusammenarbeit verankert. Darin verpflichtet sich Österreich, anderen Ländern bei der Armutsbekämpfung, der Friedenssicherung und dem Umweltschutz zu helfen. Verantwortlich für die Umsetzung der Ziele ist das Bundesaußenministerium." (www.demokratiewebstatt.at/...)

Länder in Afrika, Asien, Zentralamerika und Südosteuropa werden von der OEZA unterstützt. Die Strategien und Programme werden vom Außenministerium (BMEIA) geplant und von der Austrian Development Agency (ADA) in Zusammenarbeit mit NGOs, öffentlichen Einrichtungen und Unternehmen umgesetzt ([www.globaleverantwortung.at/...](http://www.globaleverantwortung.at/)).

Development Agency (ADA)

Die ADA setzt sich für die Verbesserung der Lebensbedingungen in Entwicklungsländern ein. Die ärmsten Entwicklungsländer (LDCs) sind unter anderem Burkina Faso, Äthiopien, Uganda, Mosambik und Bhutan. Derzeit werden 500 Millionen Euro in Projekte und Programme eingesetzt ([www.entwicklung.at/...](http://www.entwicklung.at/)).

"Das Budget der ADA stellt das BMEIA bereit. Aber auch andere Bundesministerien, andere Geber oder etwa die EU nutzen die Expertise der ADA." (www.entwicklung.at/...)

Seit 1993 zählt Äthiopien zum Schwerpunktland der Österreichischen Entwicklungszusammenarbeit. Die Fördersumme in Äthiopien beläuft sich zurzeit auf rund 20,8 Millionen Euro ([www.entwicklung.at/...](http://www.entwicklung.at/)).

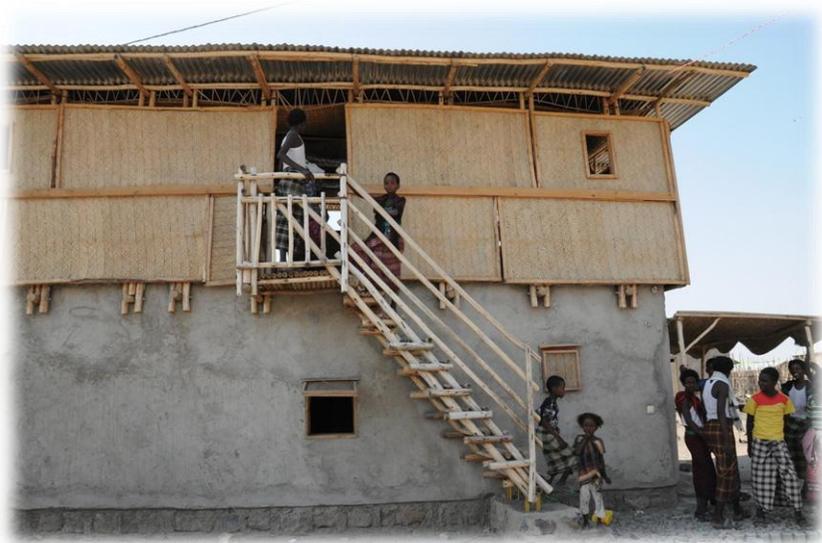


Abbildung 9-8 Erstes Hostel (APDA, 2017)



Abbildung 9-10 Zweites Hostel (APDA, 2017)



Abbildung 9-9 Obere Ebene erstes Hostel (APDA, 2017)



Abbildung 9-11 Beide Hostels am APDA Baugrundstück (APDA, 2017)

10 Bauhandbuch

In diesem Kapitel wird erörtert, nach welchen Kriterien sich der Gebäudeentwurf richtet. Es werden die einzelnen Bauschritte der Bauausführung erklärt. Anschließend folgt das Bauhandbuch mit digitalisierten Handskizzen. Das Bauhandbuch stellt den Leitfaden für die Errichtung des Lehmkuppelbaus dar.

Der richtige Umgang mit Lehm beruht auf Erfahrungswerte. Es ist notwendig das Material kennen zu lernen beziehungsweise zu erfahren. Kein Handbuch wird diesen Wahrnehmungsprozess des Spürens und Empfindens von Material richtig beschreiben können. Erst wenn man mit Lehm arbeitet, entsteht ein Verständnis für die richtige Zusammenstellung der Mischungen, für die nötigen Werkzeuge und für den geeignete Produktionsstandort.

"Auch wenn der Versuch gemacht wurde, Richtlinien für die Lehmbautechniken aufzustellen, ist die eigene Erfahrung beim Umgang mit dem Baustoff Lehm durch kein Lehrbuch zu ersetzen." (Minke, 1995:9)

Warum der Baustoff Lehm?

Der Lehm ist in der Afar Region frei zugänglich und fast überall zu finden. Am Baugrundstück von APDA wurde hauptsächlich lehmreicher Erdboden gefunden. Nach fünf bis zehn Zentimeter wies der Lehmboden einen hohen Tongehalt auf (Schönher, 2015). Mit den geeigneten Techniken, können durch seine vielseitige Anwendung natürliche und kostenfreie Gebäudestrukturen entstehen. Der Lehm ist ein natürliches Produkt, welches ökologisch abbaubar und wiederverwendbar ist.

"Lehm kommt in großen Mengen in der Natur vor, vorwiegend in Gegenden mit geringen Niederschlägen, die daraus resultierende auch geringe Holzvorkommen aufweisen. Somit bietet sich hier der Lehm als einziges wirtschaftliches Baumaterial an." (Yazdani, 1985:36)

Die wärmedämpfende Eigenschaft von Lehm verringert den Wärmedurchgang der warmen Außenluft und sorgt so für eine kühles Klima im Innenraum. Gebäude aus Lehm sorgen für eine ausgewogene Luftfeuchtigkeit im Innenraum und gleichen starke Temperaturschwankungen aus.

"Lehm ist ein Material zum Anfassen, für das man keine komplizierten Werkzeuge braucht außer den Körper. Ein Baustoff, der nichts kostet, vor Ort zu finden ist, keine Energie konsumiert und in heißen Zonen besser vor Hitze und Kälte schützt als Beton und Stahl." (Shihata, 1997:30)

Warum Lehmklumpen oder Lehmsteine?

Noch heute werden in vielen Baukulturen kleine Backöfen oder Speicher aus Lehmklumpen gebaut. Diese Technik erlaubt zudem Wölbungsformen mit hoher Spannweite. Das Volk der Musgum in Nordkamerun baut ihre Wohnunterkünfte in der Lehmklumpentechnik, die eine Spannweite bis zu fünf Meter zulässt (Lehner, 1990). Die Kuppelform ist ähnlich wie bei diesem Archetyp an der Stützzlinie orientiert.

"Als Weiterentwicklung der Lehmklumpentechnik stellt das nächste Evolutionsstadium des Lehmbaus eine Bauweise dar, die für die weitere Entwicklung von Mauer- und Gewölbekonstruktionen eine entscheidende Rolle spielen sollte: Der Ziegel." (Lehner, 1990)

Die Lehmklumpentechnik eignet sich eher für die ländlichen Gebiete der Afar Region, dort wo keine Holzbretter für die Ziegelformen gekauft werden können. Diese Technik ist auch für Laien einfach umzusetzen. Das Vermauern der Lehmsteine mit Lehmmörtel fällt dadurch weg. Mit dieser Technik können nicht nur Wohnunterkünfte, sondern auch die Gehege für Tiere gebaut werden. Im Bauhandbuch wird die Anwendung der Lehmklumpentechnik, sowie das Bauen mit Lehmsteinen gezeigt.

Warum ein runder Gebäudegrundriss?

Zum einen widerspiegelt der runde Grundriss die Form der traditionellen Daboyta und zum anderen ist diese erdbebensicherer als rechteckige Bauten. Die Kuppelbauform ermöglicht es den Afar Hirten ihre gewohnte Lebensweise beizubehalten und so müssen sie sich nicht an einem neuen Gebäudegrundriss orientieren. Dass runde Gebäude Erschütterungen besser standhalten können als eckige Gebäude wurde von Yazdani am Versuch zweier Modelle belegt. Beide Modelle aus Stampflehm mit einem Flachdach, eines mit quadratischem und eines mit rundem Grundriss im Maßstab 1:5, wurden unter gleicher Belastung getestet. Das Ergebnis war eindeutig. Am Ende der Versuche waren alle Wände und das Dach des rechteckigen Gebäudes eingestürzt. Das Dach des runden Gebäudes blieb bestehen und lediglich Wandteile an denen sich horizontale und vertikale Risse trafen fielen heraus (Yazdani, 1985).

“Die Überlegungen, welche durch praktische Ausführungen in ihrer Annahme bestätigt wurden, führten zu dem Ergebnis, dass sich runde Gebäude im Erdbebenbau günstiger verhalten als quadratische.”
(Yazdani, 1985:99)

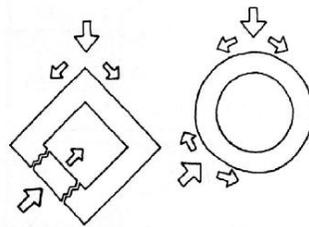


Abbildung 10-1 (von links nach rechts) Vergleich rechteckiger Grundriss zu rundem (Houben et al., 1995)

Warum eine Kuppel als Dachform?

Da kaum Holz in der Afar Region vorhanden ist beziehungsweise dieses teuer erworben werden muss, bietet sich die Kuppel als optimale Lösung für eine kostenfreie Bebauung an. Auch wenn die Dachhaut der Lehmkuppel kontinuierlich saniert werden muss, hat dieser Nachteil wenig Gewicht im Verhältnis zu den zuvor genannten Vorteilen. Das Prinzip der Kragwölbung wird angewandt, weil diese die einfachste Kuppeltechnik darstellt. Zudem wird der Bau von Gehegen aus Stein oder auch Kragkuppeln in manchen Teilen der Afar Region praktiziert. Oft werden kleine kuppelförmige Unterstände für die Kleintiere in der Nähe der Daboytas errichtet und in der Nacht mit einem Stein geschlossen, um wilde Tiere fern zu halten. Zum Teil sind

flache Steine dabei lose übereinander geschichtet und manchmal werden die Steine mit Lehmörtel winddicht gemacht (Chocian, 2017).

“Die Kuppel ist im Kragwölbungsbau jene Konstruktion, welche die materialsparendsten und elegantesten Wölbungen erlaubt.” (Lehner, 1990:23)

10.1 einzelne Bauschritte des Bauhandbuchs

10.1.1 Bedingungen an den Standort

Wie bereits erwähnt, sollte der Beginn der Bauausführung nicht in die Regenzeit fallen. Bei Regen müssen alle Lehmteile durch eine Abdeckung geschützt werden. Das Bauen mit Lehm benötigt Wasser. Somit ist in der Nähe des zukünftigen Standorts der Behausung, jedenfalls am Lehmziegel-Produktionsort eine Wasserquelle unabdingbar. Am Baugrundstück von APDA ist eine Wasserleitung vorhanden. Um während der Bauausführung nicht dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt zu sein, empfiehlt sich ein schattenspendender Platz. Am Grundstück des Afar Kindergarten Projekts ist ein großes Schattendach vorhanden.

Für die Fundierung benötigt man große Bruchsteine, die in der Umgebung gesammelt werden können oder die käuflich erworben werden müssen. Die Werkzeuge sollten in einem lokalen Baumarkt beziehbar sein oder aus eigener Hand gefertigt werden. Für die Werkzeugfertigung sind Kenntnisse nötig, die in dieser Arbeit nicht erörtert werden.

Die Öffnungen des Gebäudes werden nach den lokalen Windrichtungen orientiert, da dem Schutz vor Sandtürme und heißer Luft mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird als dem Schutz vor der Sonne. Dies kann durch die Neigung der Gräser und Sträucher leicht festgestellt werden (Lehner, 2003). In der Afar Region gibt es zwei Hauptwindrichtungen, die kalten Winde nordöstlich in der Trockenzeit und die heißen Stürme südwestlich in der Regenzeit (Chocian, 2017).

Bevor der Bau begonnen werden kann, muss der Baugrund auf Lehmvorkommnisse getestet werden. Eine einfache Prüfung des Bodens wird im Bauhandbuch erörtert.

10.1.2 Baustelleneinrichtung

Beschrieben wird der Vorgang für eine Nomaden Familie. Nachdem der geeignete Standort gefunden ist, gilt es nun die Gehege für die Tiere zu bauen. Die Daboytas werden in der Nähe der zukünftigen Niederlassung aufgeschlagen und der traditionelle Brotbackofen und die Rauchdusche errichtet. Nach dem Herbeischaffen der benötigten Werkzeuge kann mit der Bauaufgabe begonnen werden. Um Erfahrungswerte mit dem Umgang von Lehm und seinen Bautechniken zu sammeln, könnten zunächst die Pferche für die Kleintiere aus Lehmklumpen gebaut werden.

10.1.3 Aushub

Sobald alle Vorkehrungen für den Beginn der Bauaufgabe getroffen wurden, kann mit dem Aushub begonnen werden. Dafür braucht man lediglich einen dicken Holzstab, der in den Bogen gesteckt wird, sowie zwei Seile. Sollte ein alter, toter Baum in nächster Umgebung sein, kann auch um diesen herum gebaut werden. Der Stab dient dazu, die Abmessungen und die Form des Grundrisses mit einem Seil festzulegen. Es werden dazu zwei Seile am Stab angebracht, das erste hat einen Radius von 215 cm und das zweite von 265 cm. Nachdem die Seile befestigt sind, zieht man um den Holzstab zwei Kreise in den Sand, die die Begrenzungslinien des Aushubs definieren. Der Eingang wird separat festgelegt. Wie breit, hoch und tief dieser sein soll, entscheiden die zukünftigen Bewohner. Im Entwurf hat die Durchgangslichte um die 90 cm. Diese wird nach dem Verputzen noch etwas schmaler. Der Aushub der Eingangsöffnung hat eine Mauerstärke von 30 cm. Nach der Grundrissbestimmung wird der Erdboden ausgehoben. Das brauchbare Erdreich wird gesammelt und für die Herstellung der Lehmmischungen verwendet.

"Runde Bauten besitzen eine natürliche Zweckmäßigkeit sowie besondere Vorteile in Bezug auf ihre Anlage und Ausführung. Der Grundriss eines solchen Baus lässt sich ohne irgendwelche Hilfsmittel außer einem Pflock und einer Schnur herstellen. Es gibt im Vergleich zu eckigen Bauten keine konstruktiven Schwachstellen, die die Statik und Stabilität in Frage stellen, und darüber hinaus bietet dieser Bautyp den größten Nutzraum im Verhältnis zur überdachten Fläche. (Wichmann et al., 1983:119)

10.1.4 Fundament und Sockel errichten

Das Streifenfundament besteht aus in der Umgebung gesammelten oder käuflich erworbenen Bruchsteinen. Diese werden mit dem Spalthammer in die richtige Form gebracht, in der Grube geschichtet und mit Lehmmörtel gemauert. Es kann auch ein Zement- oder Kalkmörtel verwendet werden, um ein solideres Fundament zu errichten. Beim ersten Archetyp wird das Fundament aus gekauften Bruchsteinen und Zementmörtel gebaut. Die größeren Steine werden unten, die kleineren Steine oben geschichtet. Nachdem das Nullniveau erreicht wurde, wird der Sockel an der Außenseite konisch zum Innenraum hin, bis zur Höhe von 60 cm, gestapelt. Der innere Durchmesser bleibt bei 215 cm und der äußere vermindert sich dadurch um 20 cm, damit die Horizontallast besser in das Fundament geleitet wird.

10.1.5 Lehmmischungen herstellen

Das Bauhandbuch beinhaltet mehrere Rezepte von Lehmmischungen für die unterschiedlichen Lehmbauteile, damit man die Mischung wählen kann, die jeweils gebraucht wird. Zusätzlich wird das Mischverhältnis von Zementmörtel angegeben. Es wird angemerkt, dass die Mischverhältnisse lediglich eine Richtlinie darstellen und sie abhängig von der Art und dem Tongehalt des Erdbodens sind.

Essentiell ist das Mauken der Lehmischung, damit der Lehm seine positiven Eigenschaften entfalten kann. Alle Bestandteile einer Mischung werden zu einem Haufen gebildet und gut durchmischt. Danach wird ein Loch in der Mitte hergestellt und mit Wasser gefüllt. Um ein homogenes Gefüge zu erhalten, schaufelt man nach und nach die Mischung von außen in die Mitte des sogenannten Lehmvolkans. Das Wasser wird immer wieder nachgefüllt bis alle Bestandteile gut durchfeuchtet sind. Die homogene Mischung deckt man mit einer Plane oder Matte ab, um sie vor der Sonne zu schützen. Nach 24 bis 48 Stunden ist sie für Bauzwecke anwendbar. Vor Anwendung der Mischung wird sie mit den Füßen für circa zehn Minuten gestampft. Erst dann ist sie für die jeweilige Bautätigkeit einsatzbereit.

"Das "Umwandeln" des bindigen Bodens aus der Grube zum Baumaterial Lehm, ist das wichtigste und häufig auch das schwierigste beim Lehmbau." (Minke, 1995:64)

10.1.6 Lehmklumpen herstellen

Wenn das Lehmgebäude aus Lehmklumpen errichtet wird, kann entweder direkt der erdfeuchte Lehm zu Klumpen geformt oder mit Sand gemagert werden. Es wird empfohlen den Lehm durch Zuschläge abzumagern, da die direkte Verwendung zu sehr hohen Trockenschwindrissen führt. Nach der Herstellung der Lehmmischung für Lehmklumpen wird die Mischung getestet, ob diese kompakt in der Hand liegt und sich leicht formen lässt. Wenn diese zu weich ist, wird der Mischung Sand zugefügt. Wenn sie zu trocken ist, wird sie mit tonreichem Boden angereicht. Die einzelnen Klumpen werden aufeinander geschichtet und in die jeweilige Form gebracht.

Das Errichten des Kuppelgebäudes aus Lehmsteinen ist aufwändiger, jedoch kann so präziser gearbeitet werden und es entstehen keine Trockenschwindrisse bei der Verarbeitung. Zunächst werden die Formen für die Lehmsteine gebaut. Eine Form beinhaltet vier Lehmsteine, die in einem Arbeitsschritt produziert werden. Die Abmessungen für die ungetrockneten Lehmsteine beträgt 32 x 16 x 11 cm. Da die Lehmmischung noch etwas schwindet, sollte ein getrockneter Lehmstein circa die Abmessungen von 30 x 14,5 x 10 cm erhalten.

10.1.7 Schichten oder Mauern der Kragkuppel

Die anspruchsvollste Aufgabe dieses Gebäudes ist das Schichten der Lehmklumpen beziehungsweise das Mauern der getrockneten Lehmsteine zu einer Kragkuppel. Die unterste Schicht wird entlang des Sockels gemauert. Ab der zweiten Schicht beginnt bereits die Auskragung nach innen. Die Abstände der Auskragungsschichten werden größer, je weiter man nach oben ankommt. Nach Houben reicht das freie Auge aus eine Kuppel dieser Art zu bauen. Wenn man eine Schnur im Zentrum der Kuppel mit der eigenen Hand verbindet, kann der Radius eingehalten werden. Das Seil, welches zuvor für die Abmessungen des Aushubs verwendet wurde, wird dafür benutzt. Nach jeder Kragsschicht schiebt man das Seil ein Stück nach oben. Wenn die Kuppel fast geschlossen ist, wird der Dachabschluss gebaut. Das gleiche Prinzip der Kragwölbung wird angewendet. Entgegen der Windrichtung bleibt eine kleine Öffnung, die bei Bedarf durch ein Stück Blech oder durch ein anderes Material geschlossen wird. Diese Öffnung dient zur Sicherstellung einer guten Luftzirkulation und der Entweichung des Rauches, welcher durch eine optionale Feuerstelle im Raum entstehen kann.

“Durch die horizontale Geschlossenheit jeder Ringschicht wird deren Abkippen nach innen schon während des Baufortganges verhindert. Nach Vollendung des Kragkuppelgefüges stellt sich ein statischer Zustand ein, der dem Kräfteverlauf der Meridian- und Horizontalkreiskraftlinien in radial gewölbten Kuppeln ähnlich ist.” (Lehner, 1990:23)

Der Eingangsbereich wird im Verband bis zur gewünschten Durchgangshöhe aus Lehmsteinen gemauert oder mit Lehmklumpen geschichtet. Die einfachste Methode die Öffnungen zu schließen, ist das Anbringen eines Holzstabs auf der letzten horizontalen Schicht. An diesem Stab wird am Ende ein Rollo aus Afar Matten angebracht. Im Kapitel Gebäudeentwurf ist die Herstellung von Tür- und Fensterelemente beschrieben. Das Bauhandbuch sieht ebenfalls eine Fensteröffnung vor, die auf die gleiche Weise errichtet wird wie der Eingang. Wenn im Nachhinein ein zweites Kuppelgebäude direkt am ersten angebaut wird, kann die Fensteröffnung als Durchgang zur zwei Behausungen dienen.

10.1.8 Lehmputz anbringen

Der Außenputz wird in zwei Schichten als Unter- und Oberputz aufgetragen. Zur Optimierung der Wasserundurchlässigkeit kann danach zusätzlich ein Anstrich aus Kalk oder Bitumenemulsion erfolgen. Für die Realisierung des ersten Archetyps wird ein mehrlagiger Kalkanstrich verwendet. Nach Herstellung der Lehmmischung für den Putz sollte dieser getestet werden. Dafür trägt man den Putz an einer gesonderten Wandfläche auf und lässt fließendes Wasser auf die Stelle laufen. Die Mischung, die am wenigsten Erosionen an der Wand aufweist, ist zu wählen. Der Unterputz wird mit der Hand kraftvoll auf die Kuppel geworfen und mit einer Glättkelle geebnet. Anschließend werden kleine Löcher im Putz erzeugt, die zur besseren Haftung des Oberputzes dienen. Der Oberputz wird auf die gleiche Weise hergestellt. Auf die fertige Putzschicht trägt man etwas Öl auf und glättet die Fläche mit einem flachen Stein, bis keine Risse mehr zu sehen sind. Der Innenputz wird nach dem Oberputz einlagig im Innenbereich hergestellt und mit einer Glättkelle nivelliert.

10.1.9 Stampflehmboden herstellen

Die abschließende Tätigkeit zur Fertigstellung des Lehmkuppelbaus besteht darin, den Fußboden herzustellen. Der Innenraum des Gebäudes und der zuvor festgelegte Außenbereich wird um 10 cm abgegraben. Zur Bestimmung der Niveauunterschiede im Innen- und Außenbereich folgt innen eine Kiesschicht mit einer Stärke von 25 cm und außen lediglich eine 10 cm dicke Schicht. Danach beginnt man mit der Herstellung des Stampflehmbodens. Die fertige trockene Mischung wird mit Schwung auf die Kiesschicht geworfen und mit einem Stampfwerkzeug kraftvoll verdichtet. Dann wird auf die Fläche, wie bei der Oberputzschicht, Öl aufgetragen und mit einer Glättkelle in kreisenden Bewegungen geebnet. Im Gebäude wird der Fußboden mit Afar Matten belegt. Diese schützen den Boden vor Abrieb und sorgen für ein Wohlfühlklima im Innenraum. Es empfiehlt sich, den Eingangsbereich mit Fliesen oder flachen Steinen auszulegen, um den Dreck durch den Abrieb nicht nach innen zu tragen.

10.1.10 Optional Lehmherd errichten

Falls man sich für die Errichtung eines Lehmherdes entscheidet, wird dies bereits bei Beginn des Aushubs berücksichtigt. Der Sockel des Lehmherdes wird während und auf die gleiche Weise wie die Fundamente errichtet. Der Oberbau kann auch später erfolgen, jedoch sollte dieser vor Beginn der Herstellung des Stampflehmfußbodens geschehen (vgl. Kapitel 6.9).



Abbildung 10-2 Lehmherd

10.2 Optimierung der Lehmbauteile

Zum Schluss werden im Bauhandbuch Optimierungsmöglichkeiten skizziert, die jedoch zum Teil mit zusätzlichen Kosten verbunden sind. Der Lehm kann auf verschiedene Arten stabilisiert oder wasserfest gemacht werden. Die Tabelle auf der nächsten Seite zeigt unterschiedliche Optimierungsmöglichkeiten, die individuell auf die Lehmbauteile angewendet werden können. Die Anforderungen an den Lehm sind in Abstimmung auf die jeweiligen anzuwendenden Bauteile zu wählen. Die Tabelle ist nach Minke und Houben zusammengestellt. Generell wird der Lehm durch organische und/oder mineralische Zuschläge, Art und Dauer der Aufbereitung und durch mechanische Maßnahmen verbessert. Eine größere Wasserbeständigkeit erlangt man durch den Auftrag eines Anstrichs.

10.3 Motiv für die Erstellung des Bauhandbuchs

Ziel dieser Arbeit ist die Überlieferung einer neuen Bauweise, die ohne großen Kostenaufwand errichtet werden kann. Das Bauhandbuch soll den Bewohnern der Afar Region eine Hilfestellung zur Errichtung eines kuppelförmigen Wohngebäudes im Selbstbau geben. Durch die in Bildersprache gezeigten Bauabschnitte ist die Bauaufgabe besser begreifbar. Da das Bauhandbuch lediglich durch ein wenig Text in englischer Sprache ergänzt wird, kann diese ohne Weiteres in Afar und in die amharische Sprache übersetzt werden. Die Umsetzung des Archetyps am Grundstück von APDA ist der erste Schritt, um der Bevölkerung in Logiya die Bauweise näher zu bringen. Deshalb wird das Bauhandbuch vervielfältigt und unter die Leute gebracht.

	Lehmsteine/Lehmklumpen	Außenputz	Innenputz	Lehmfußboden
Optimierung	Zugabe mineralischer Zuschläge und richtige Kornverteilung: fetten Lehm mit Sand und/oder Kies magern	Vermeidung von Risse beim Austrocknen		
		Erhöhung der Wasserfestigkeit		
	Zugabe grober Faserstoffe: zerkleinertes Stroh oder Heu, Abfallreste von Mattenherstellung, Zuckerrohrbagasse	Vermeidung von Risse beim Austrocknen		Vermeidung von Risse beim Austrocknen
		Erhöhung der Wärmedämmfähigkeit		Erhöhung der Wärmedämmfähigkeit
	Zugabe feiner Faserstoffe: Tier- oder Menschenhaare, fein zerkleinertes trockenes Gras, feine Zuckerrohrbagasse oder Zellulosefasern		Vermeidung von Risse beim Austrocknen	
	Zugabe von Molke zur Reduzierung des Wassergehalts	Vermeidung von Risse beim Austrocknen		
	Zugabe mineralischer Zuschläge: Bitumenemulsion oder -lösung (3-5 %) für sandige tonarme Lehme, Kalk für tonige Lehme		Erhöhung der Wasserfestigkeit*	
	Zugabe pflanzlicher Produkte: Öle, gekochte Stärke und Melasse		Erhöhung der Wasserfestigkeit	Erhöhung der Wasserfestigkeit
	Zugabe tierischer Produkte: Blut, Urin, Kuhmist (3,5 Gewichtsprozente, breiige Konsistenz 25 Volumenprozente), Knochenleim		Erhöhung der Wasserfestigkeit	Erhöhung der Abriebfestigkeit
	Konstruktive Maßnahmen: Dimensionierung der Größe (nicht zu lang und dick), langsames und gleichmäßiges Austrocknen	Vermeidung von Risse beim Austrocknen		
	Mechanische Verdichtung: 10 minütiges Kneten oder Rühren der Lehmmischungen	Vermeidung von Risse beim Austrocknen		
	Mechanische Verdichtung: Glätten der Oberfläche mit einem flachen Stein oder einer Glättekelte		Vermeidung von Risse beim Austrocknen	Erhöhung der Wasserfestigkeit
		Erhöhung der Wasserfestigkeit		

*Bitumenstabilisierung ist nur sinnvoll, wenn keine organischen Zuschläge in der Lehmmischung vorhanden sind.

Tabelle 11 Optimierungsmöglichkeiten von Lehmbauteilen nach Houben et al. 1989 und Minke 1995

This "building guide" shows you the single steps of building a one-room house with a dome roof made of loam.

You have to make sure that all building materials are available. The materials can be collected in the surrounding area or bought in the local area.

The materials needed are:

loam, big stones, sand, water, some gravel, afar mats, a little bit oil and optionally straw. For the foundation it is better to use cement for the mortar. It's recommended to sieve the sand with a sieve in order to remove any big ingredients.

For the construction process you need:

some pots, a long rope, a kind of layer, nails, optionally a sieve, wooden sticks and some tools like measuring tape, trowel and smoothing trowel, shovel, tamping tool and splitting hammer.

You can decide between a house made of clay lumps or adobes. If you make adobes you need some wooden planks for the frame. You also need wooden planks if you make clay tests.

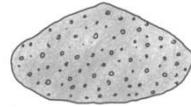
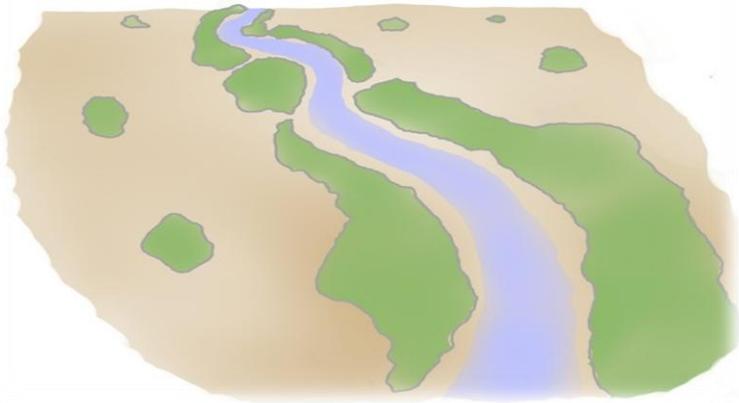
At the end of the building guide are some recommendations to improve the construction. Please notice that the hole building is made out of loam. You have to maintain the enclosure on occasion.



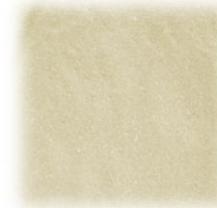
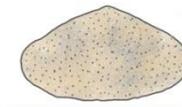
BUILDING GUIDE

All drawings in the "Building Guide" are signed by the author and therefore intellectual property

SITE - rural area



GRAVEL



SAND



BIG STONES

①

make sure that you have all building materials in the surrounding area



LOAM



WATER



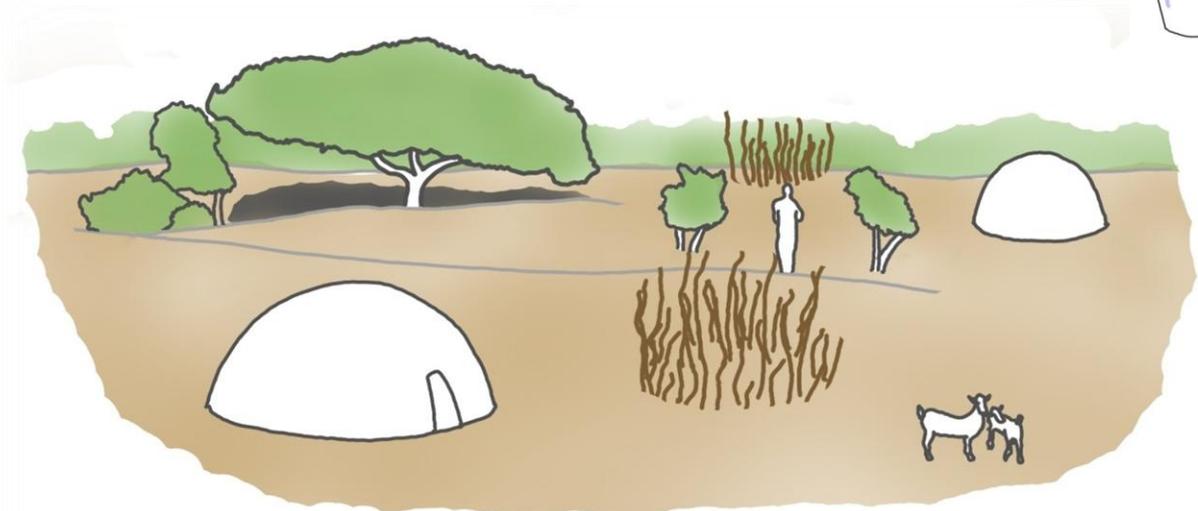
②

find a good place to settle down and look if there is enough water and shadow

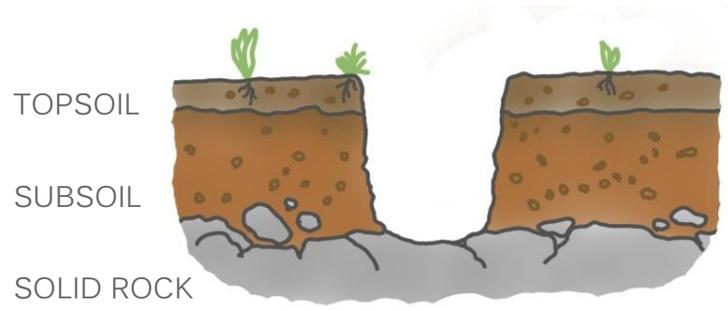


③

build pens for animals and set up daboytas



CLAY STUDY



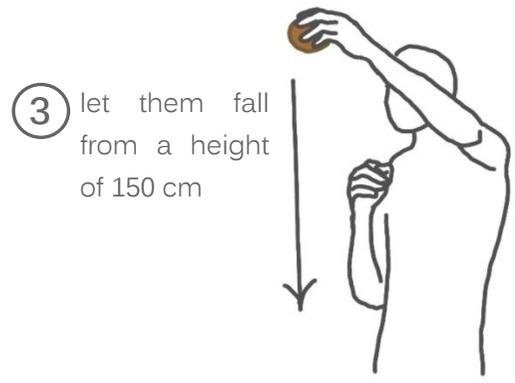
1 dig out ground material at different places until you reach the subsoil layer

SOIL STRUCTURE



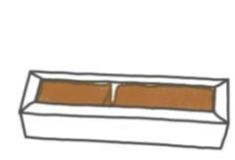
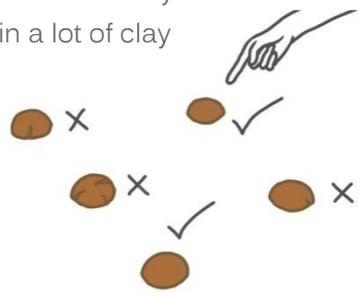
2 first do a "ball falling test" and form balls of clay with a diameter of 5 cm

BALL FALLING TEST



3 let them fall from a height of 150 cm

4 if they have little or no cracks they contain a lot of clay



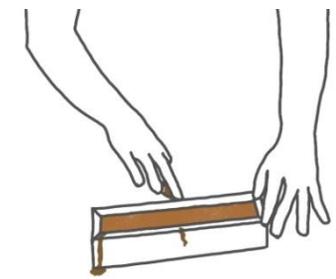
8 if the soil cracks there is a lot of clay inside and you have to add sand



7 if soil is completely dry measure how much soil has shrunk

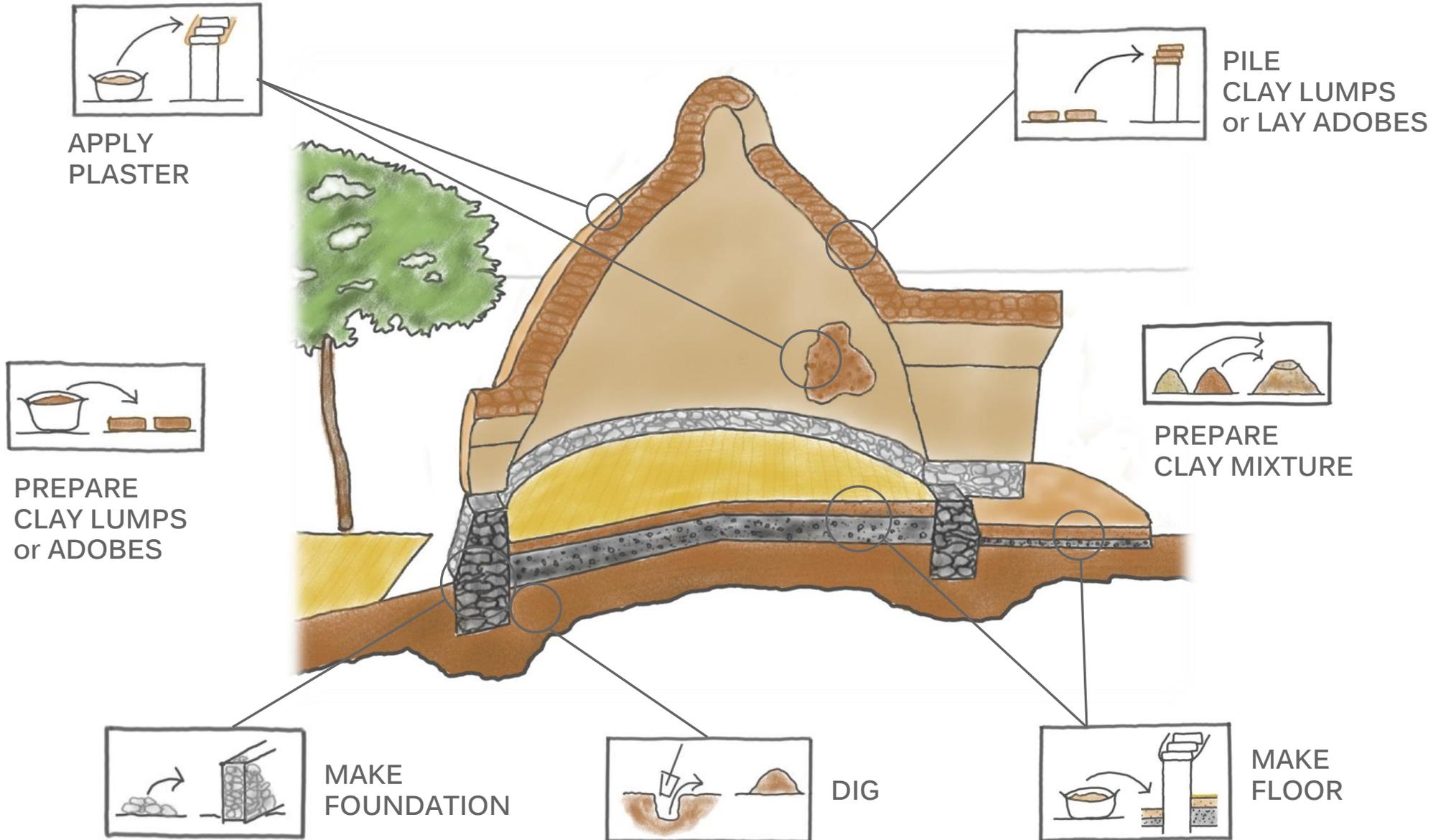
SHRINKING TEST

6 compress soil and let it dry

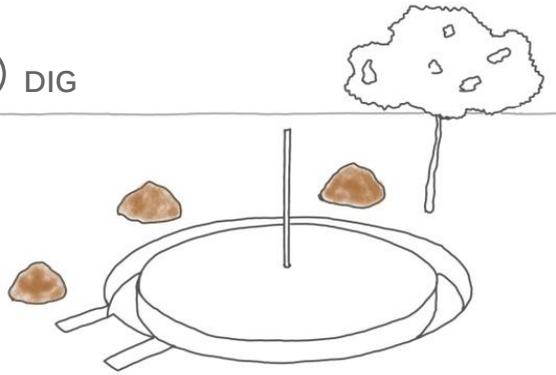


5 now do a "shrinking test" and fill soil into a shape

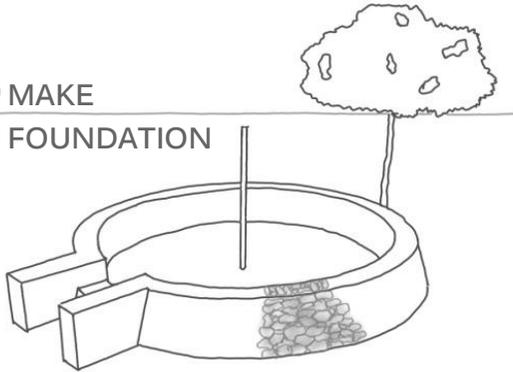
INSTRUCTIONS



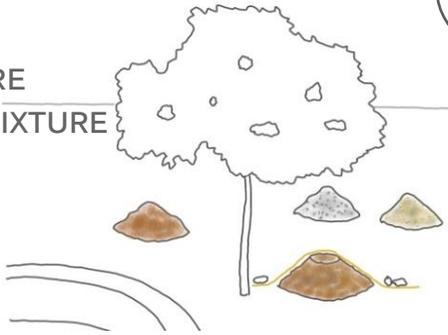
① DIG



② MAKE FOUNDATION



③ PREPARE CLAY MIXTURE



⑦ MAKE FLOOR

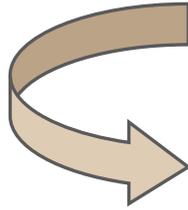


⑥ APPLY PLASTER

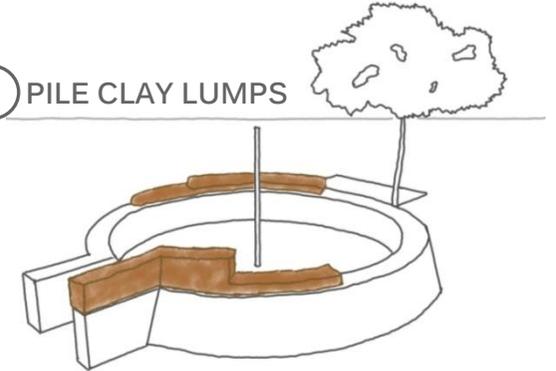


SINGLE STEPS

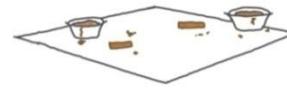
*reading direction
start with number 1*



⑤ PILE CLAY LUMPS

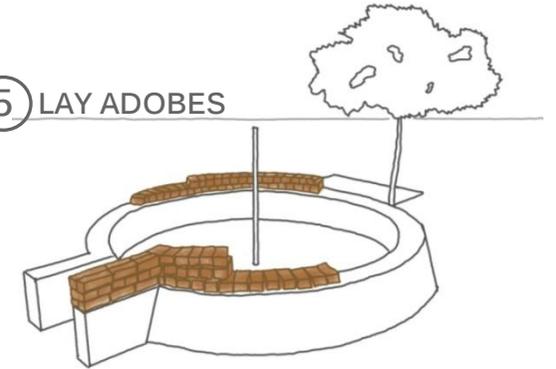


④ PREPARE CLAY LUMS

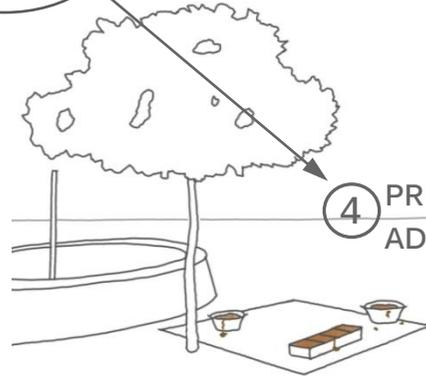


CHOOSE BETWEEN:

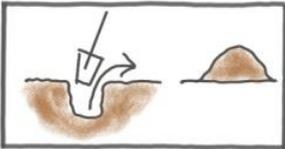
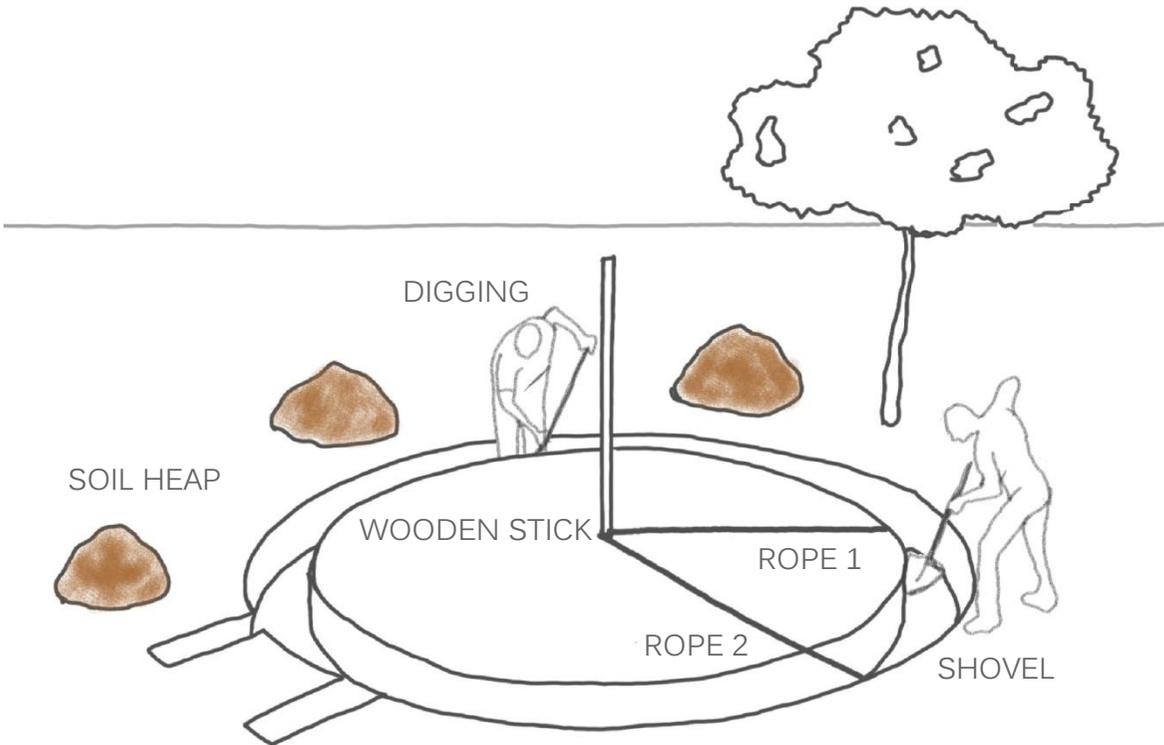
⑤ LAY ADOBES



④ PREPARE ADOBES



1 DIG

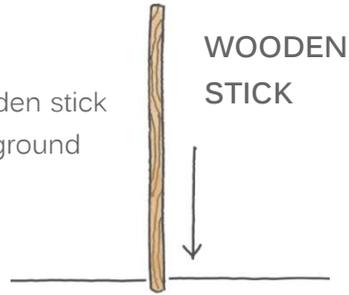


YOU NEED:

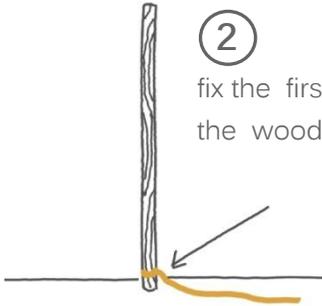


 reading direction
start with number 1

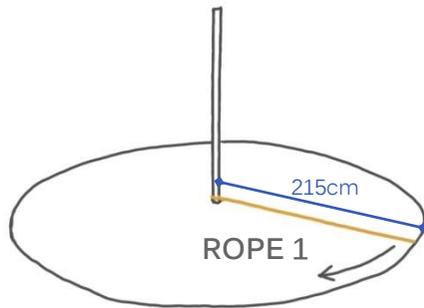
① put a wooden stick deep into ground



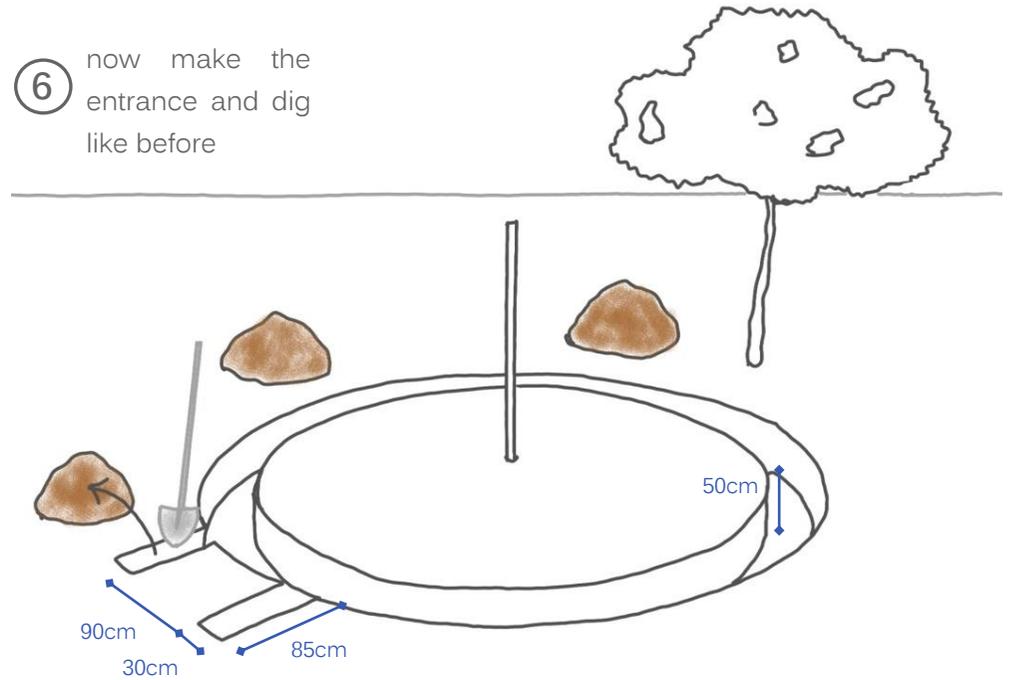
② fix the first rope on the wooden stick



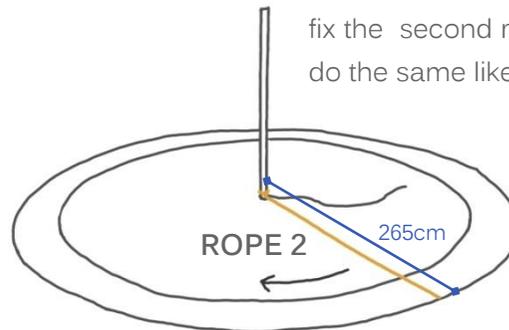
③ go around the wooden stick with the first rope and make a line into the ground



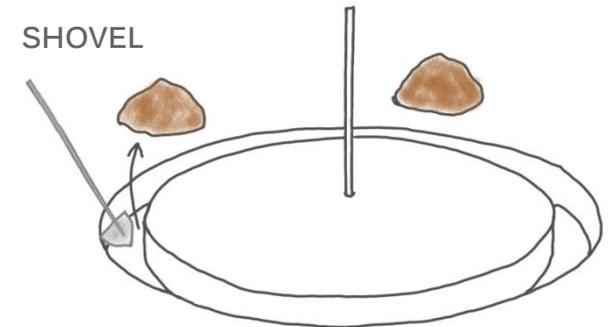
⑥ now make the entrance and dig like before



④ fix the second rope and do the same like before

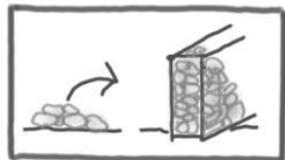
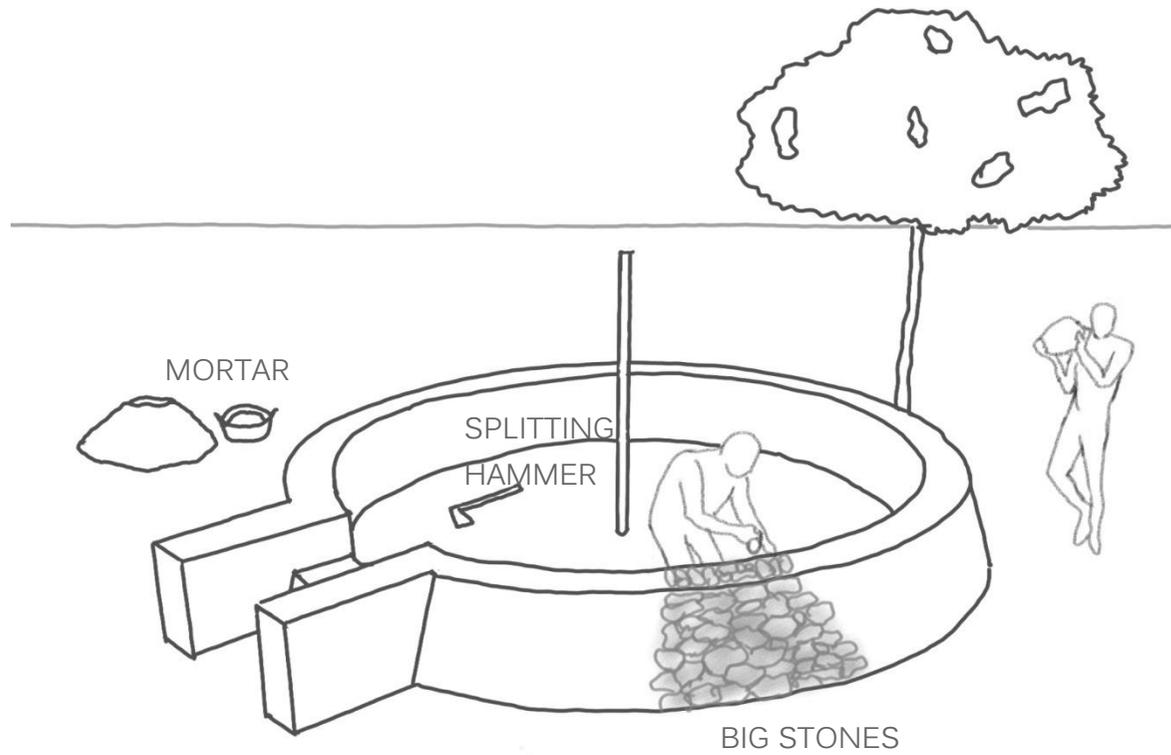


SHOVEL



⑤ start do dig the soil between the two lines about 50 cm deep

2 MAKE FOUNDATION



YOU NEED:



BIG STONES

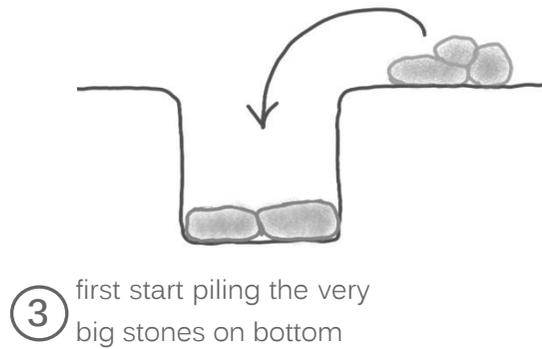


SPLITTING
HAMMER



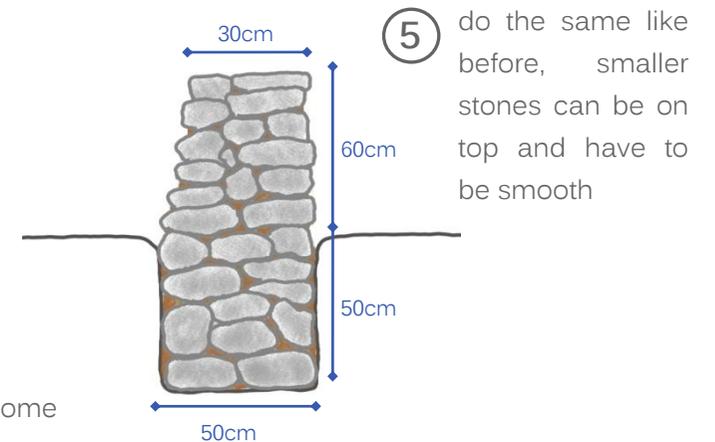
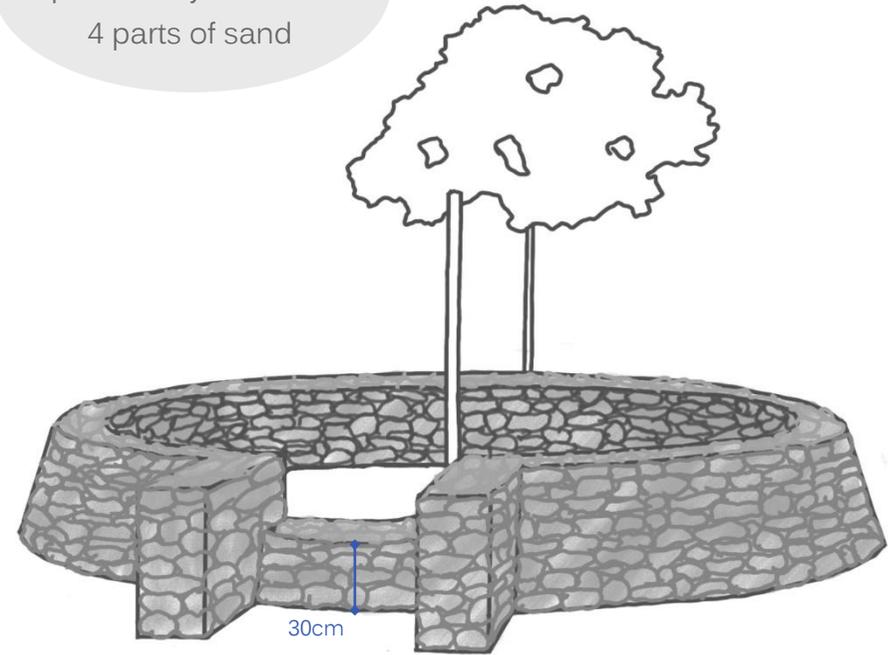
MORTAR

reading direction
start with number 1

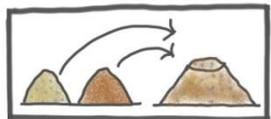
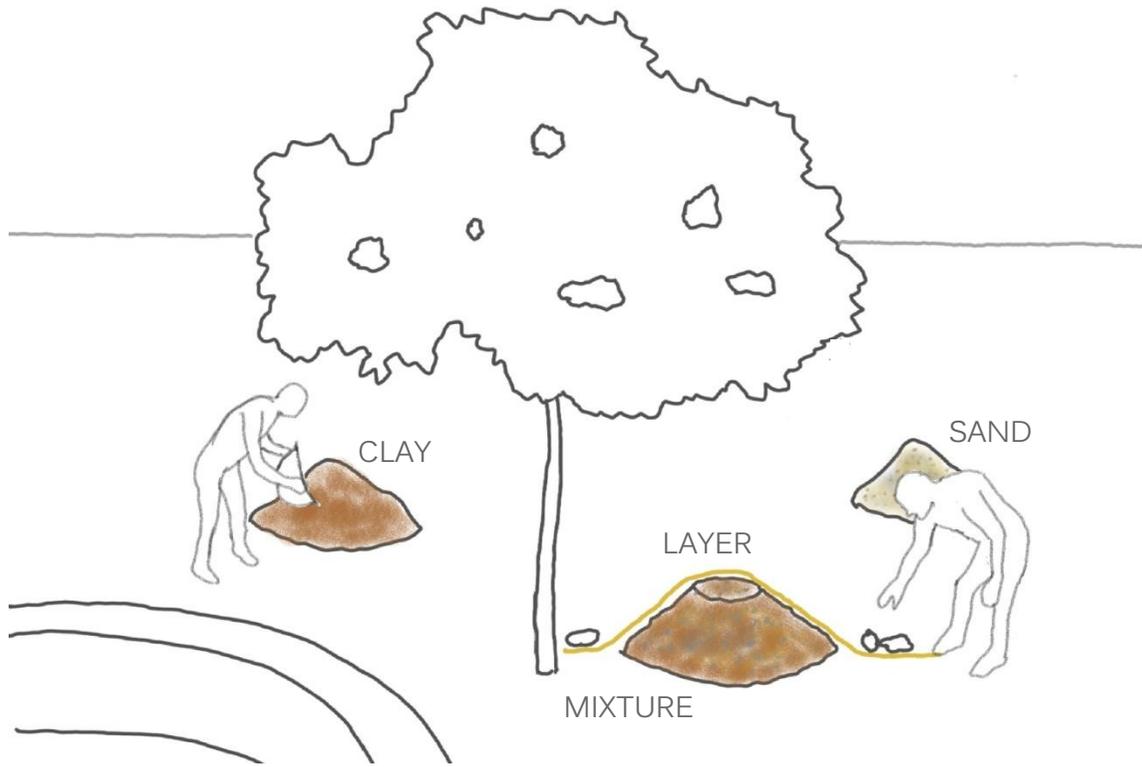


attention prepare clay mortar two days before beginning piling foundation (as shown on next page)

MORTAR
1 part of clay or cement
4 parts of sand



3 PREPARE CLAY MIXTURE



YOU NEED:



LAYER

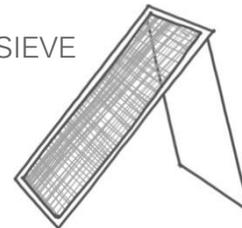


SHOVEL

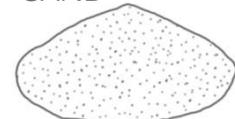
WATER



SIEVE



SAND

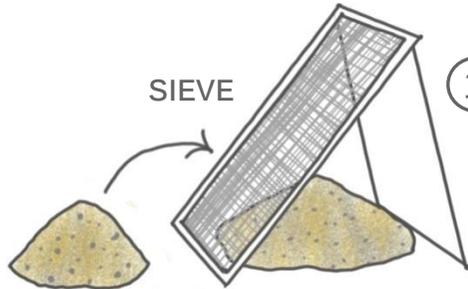


CLAY

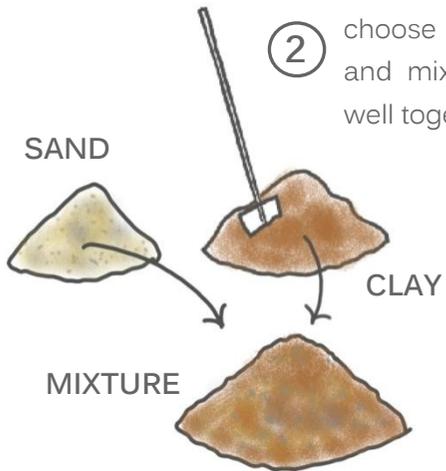


reading direction
start with number 1

attention always prepare clay mixtures two days before use



1 sieve sand in advance to remove all big components - optionally cut straw if you need it



2 choose required recipe and mix all ingredients well together

CHOOSE BETWEEN:

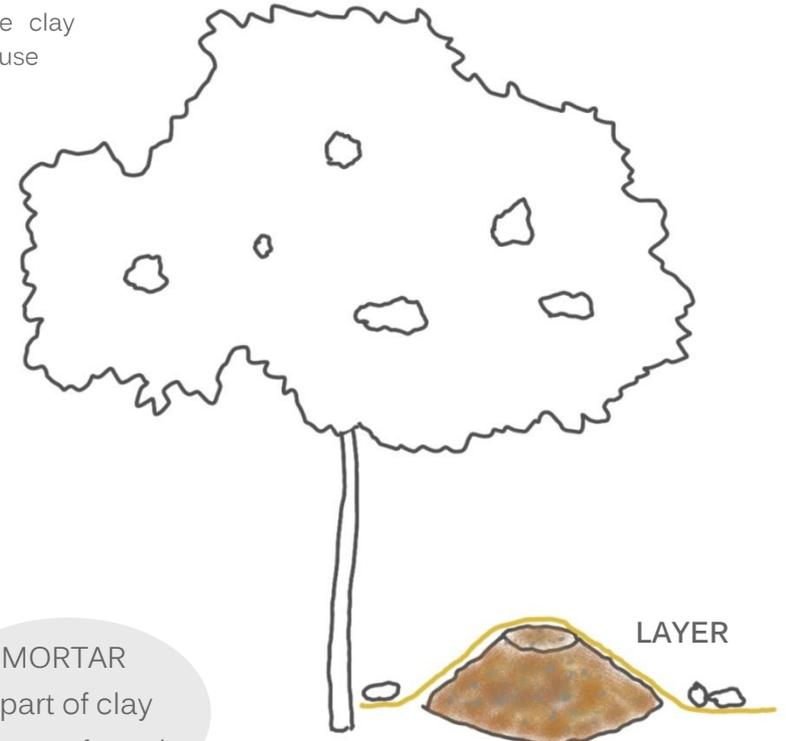
CLAY LUMPS/
ADOBES
1 part of clay
1 part of sand

PLASTER
1 part of clay
5 parts of sand
(1 part of straw)

RECIPES

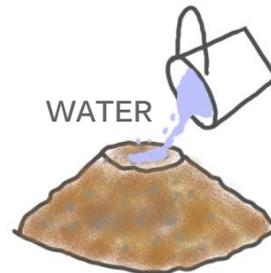
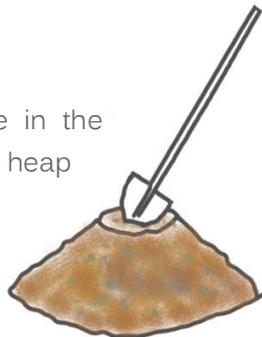
MORTAR
1 part of clay
4 parts of sand

FLOOR
1 part of clay
5 parts of sand
(1 part of straw)

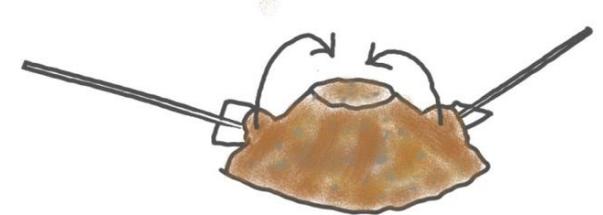


6 cover the heap up with a layer to protect it from the sun and wait for two days before using it

3 make a hole in the middle of the heap

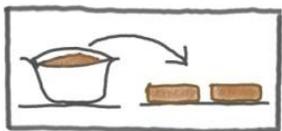
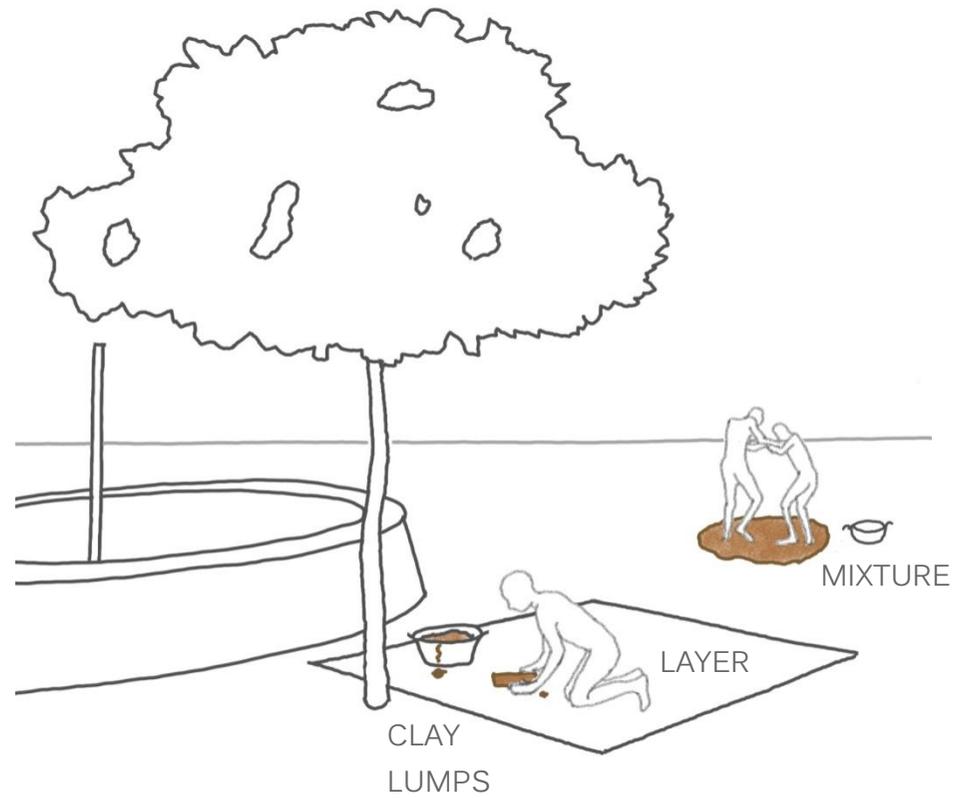


4 gradually pour water in the hole



5 put the mixture from outside in the middle of the hole till it is well mixed

4 PREPARE CLAY LUMPS



YOU NEED:



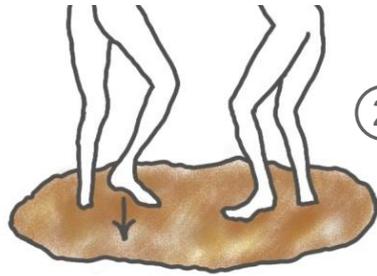
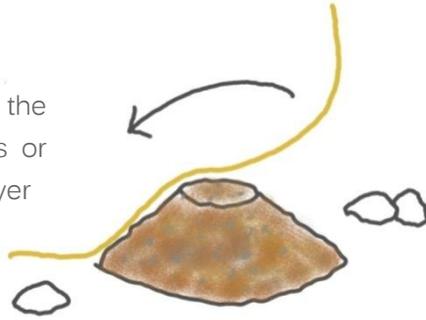
MIXTURE FOR CLAY LUMPS



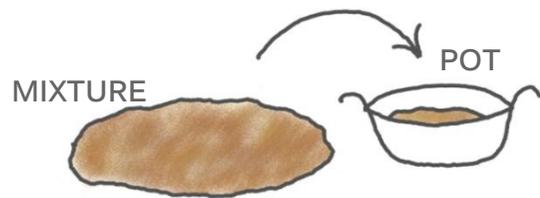
LAYER

 reading direction
start with number 1

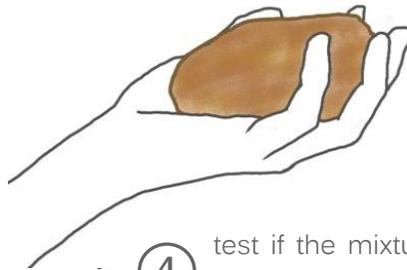
① 2 days after preparing the mixture for clay lumps or adobes, remove the layer



② clomp the mixture 10 minutes with your feet



③ put the clay mixture in a big pot

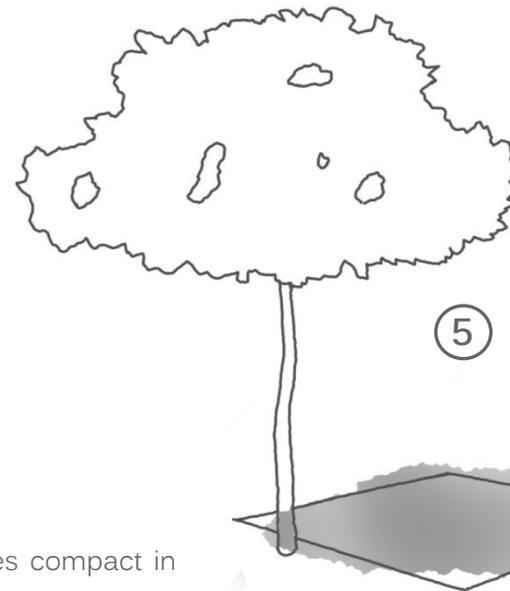
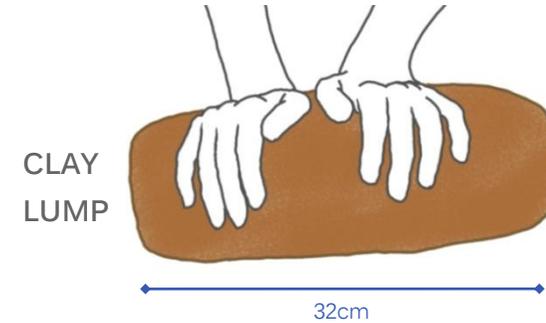


④ test if the mixture lies compact in your hand and if you can form it - if it is too dry add clay, if it is too soft add sand

→ **attention** clay lumps have to be a little bit longer as depth of foundation, because they shrink when getting dry

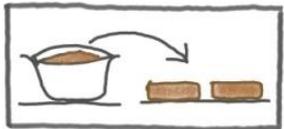
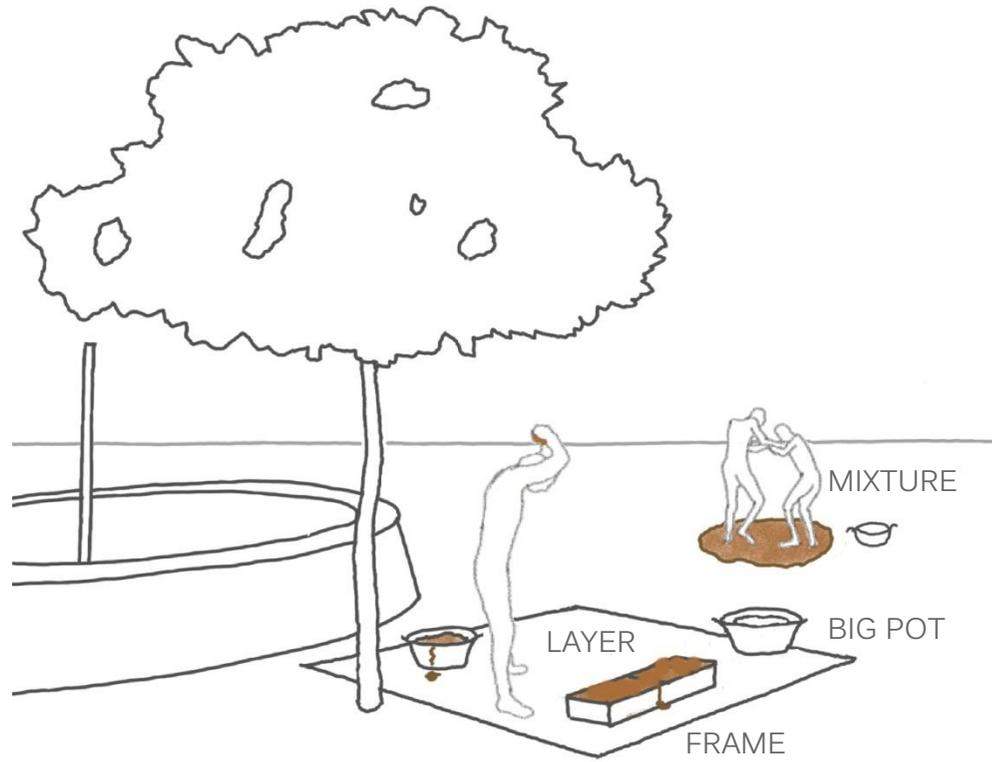
CLAY LUMPS
1 part of clay
1 part of sand

⑥ start forming mixture by kneading to lumps



⑤ find a shady place and cover it with a layer to have a smooth base

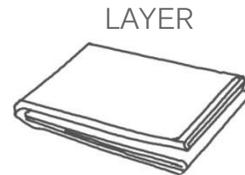
4 PREPARE ADOBES



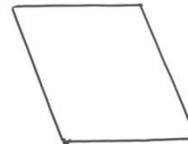
YOU NEED:



MIXTURE
FOR ADOBES



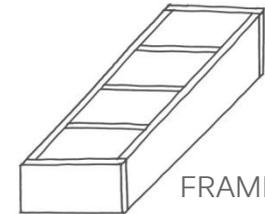
LAYER



SHEET



BIG POT WITH
WATER AND OIL



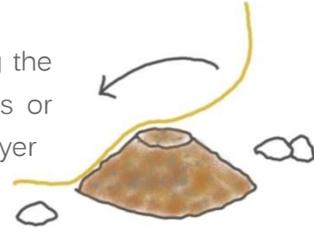
FRAME FOR
ADOBES

reading direction
start with number 1

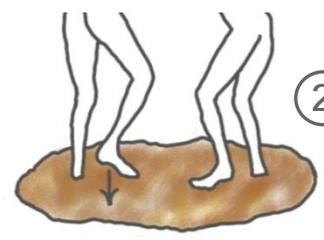
attention adobes shrink
after drying

ADOBES
1 part of clay
1 part of sand

1 2 days after preparing the mixture for clay lumps or adobes, remove the layer



2 clomp the mixture 10 minutes with your feet

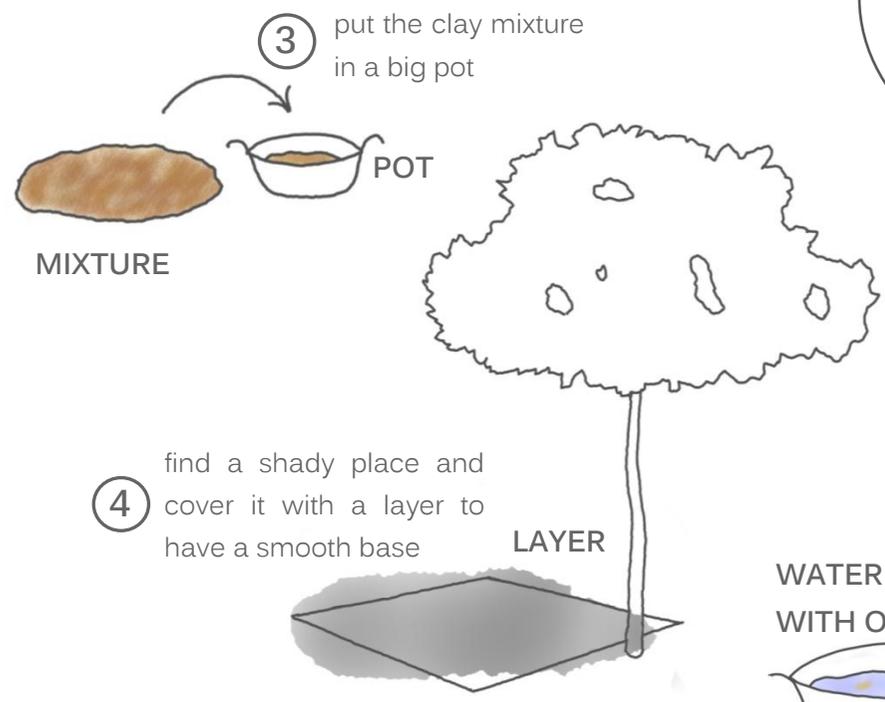


3 put the clay mixture in a big pot

MIXTURE POT

4 find a shady place and cover it with a layer to have a smooth base

LAYER

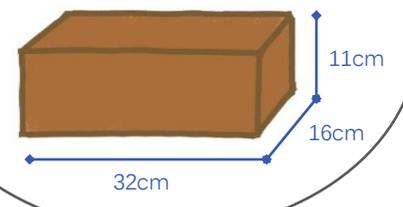


ADOBES

9 let the adobes dry for 3 days in the shade and then 3 days in the sun before using - put them on the narrow edge



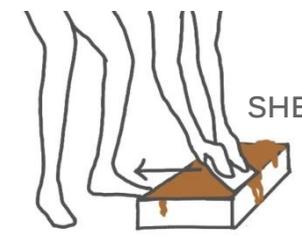
MEASUREMENTS
(wet condition):



8 now carefully remove the frame



SHEET



7 take a small sheet or another plane material and remove excess mixture

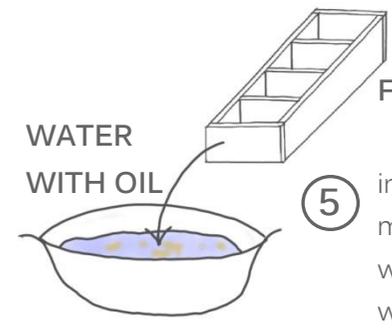
6 powerfully throw the clay mixture in the frame - protect your eyes



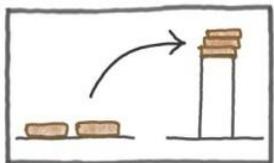
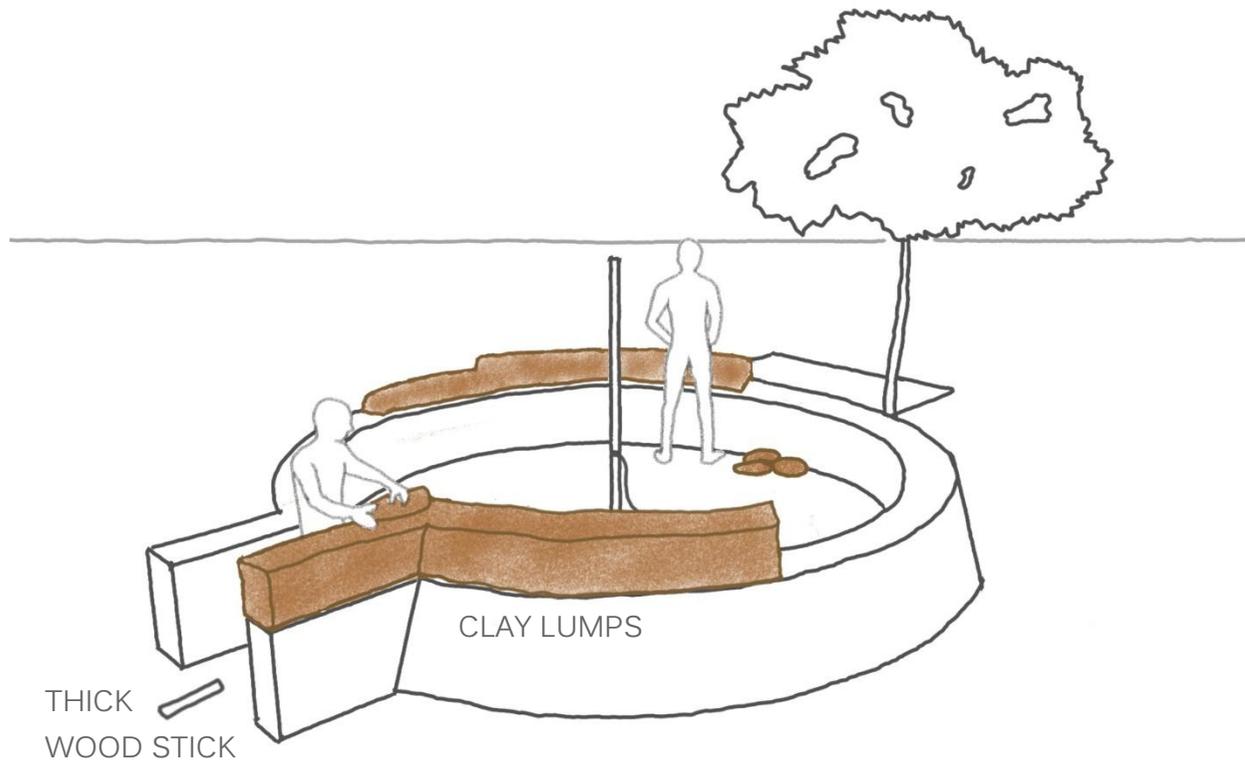
WATER WITH OIL

FRAME

5 in order to get the clay mixture off the frame later, wash the inside of the frame with water and oil



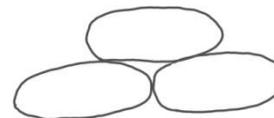
5 PILE CLAY LUMPS



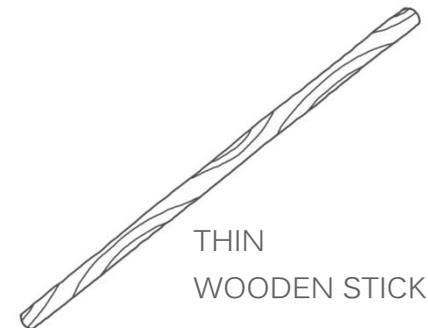
YOU NEED:



THICK WOODEN STICK



CLAY LUMPS

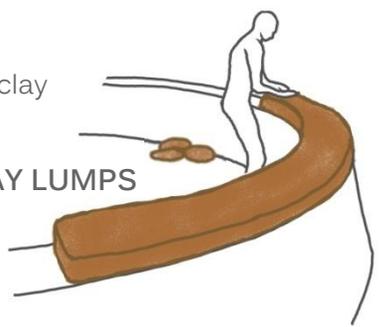


THIN WOODEN STICK

 reading direction
start with number 1

① place and form the clay lumps along the foundation

CLAY LUMPS

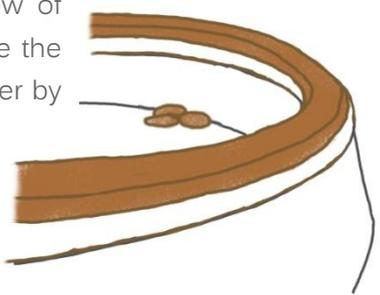


THICK
WOODEN
STICK

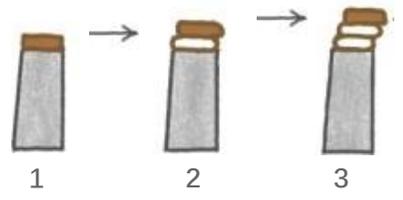


② to fix the clay lumps, take a thick wooden stick and tap lightly on them

③ place the second row of clay lumps and make the circle a little bit smaller by overhanging them

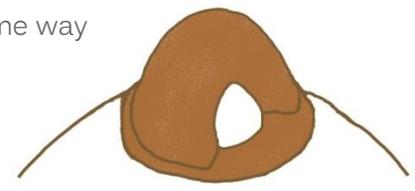


→ attention every single row have to be piled by overhanging (see appendix)

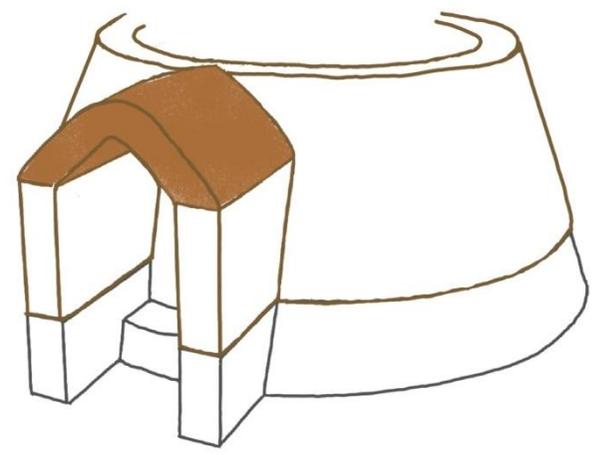


1, 2, 3 go ahead like this

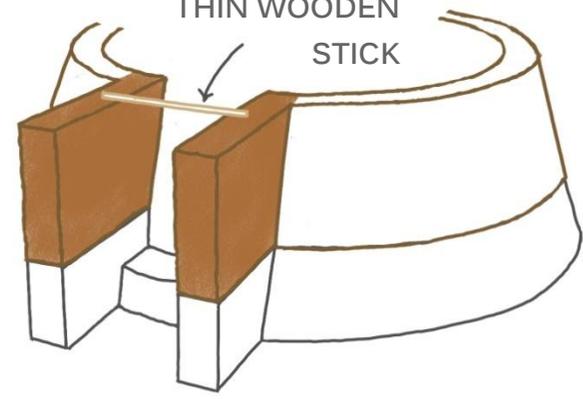
⑥ build the roof ventilation in the same way



⑤ overhang the clay lumps like before to close the entrance

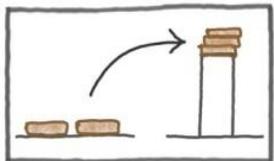
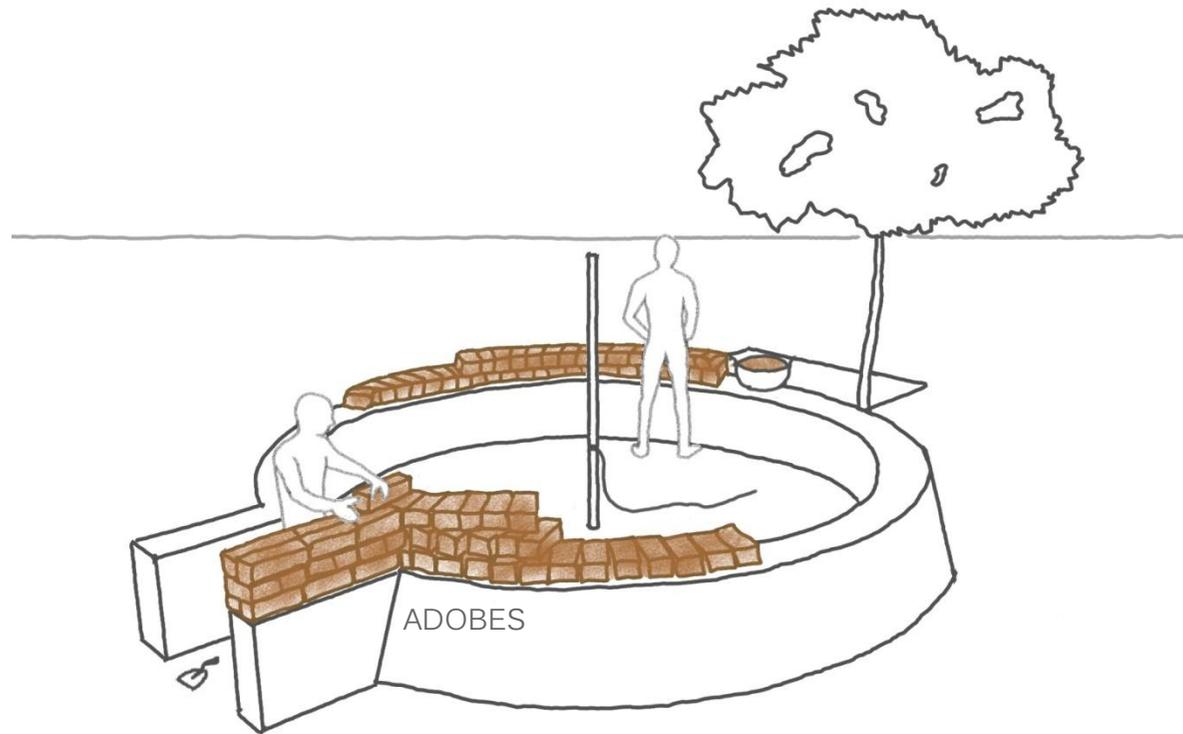


THIN WOODEN
STICK



④ for the entrance pile the clay lumps straight along the foundation and put the thin wooden stick on top for the carpet, (do the same building the window)

5 LAY ADOBES



YOU NEED:



TROWEL



ADOBES



MORTAR

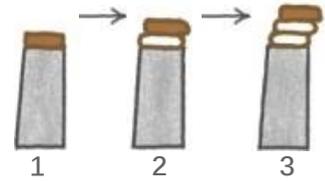


THIN WOODEN
STICK FOR
CURTAIN WALL

reading direction
start with number 1

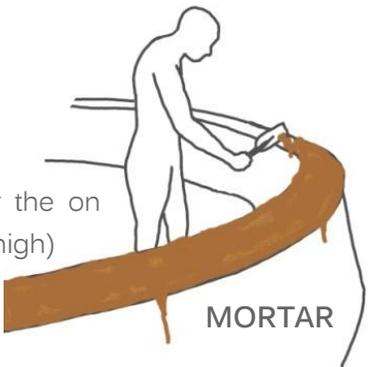
MORTAR
1 part of clay
4 parts of sand

attention every single row of adobes have to be laid by overhanging (see appendix)



1, 2, 3 go ahead like this

1 first throw some mortar the on foundation (about 1 cm high)



MORTAR



ADOBES

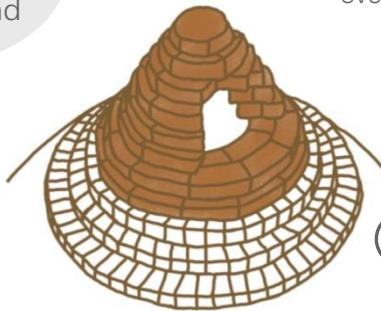
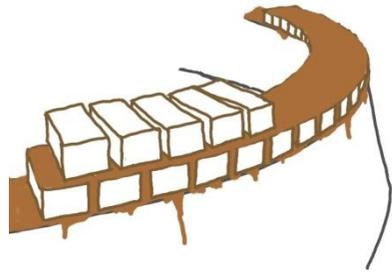
2 meanwhile another person puts adobes on the mortar surface and presses them down a little



TROWEL

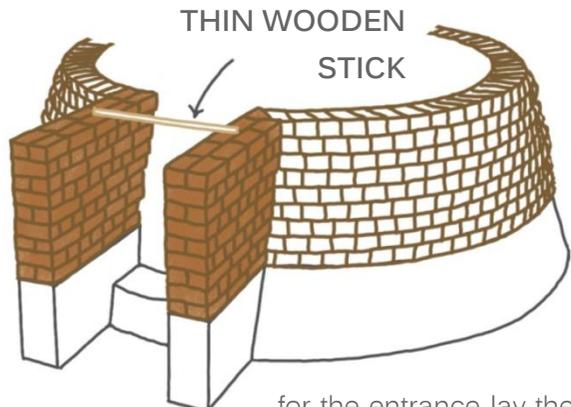
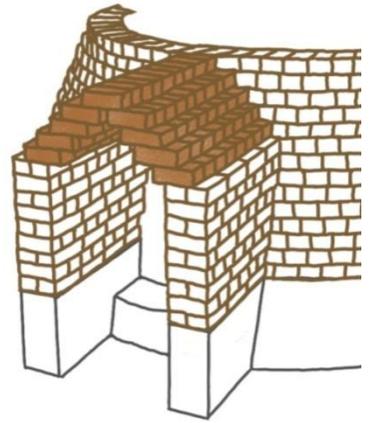
3 fill the cavities with the mortar and stuff them with the trowel

4 now repeat the process and let the second row overhang by making the circle smaller at each row



7 build the roof ventilation in the same way

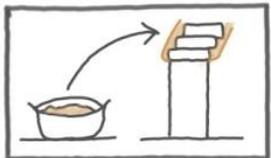
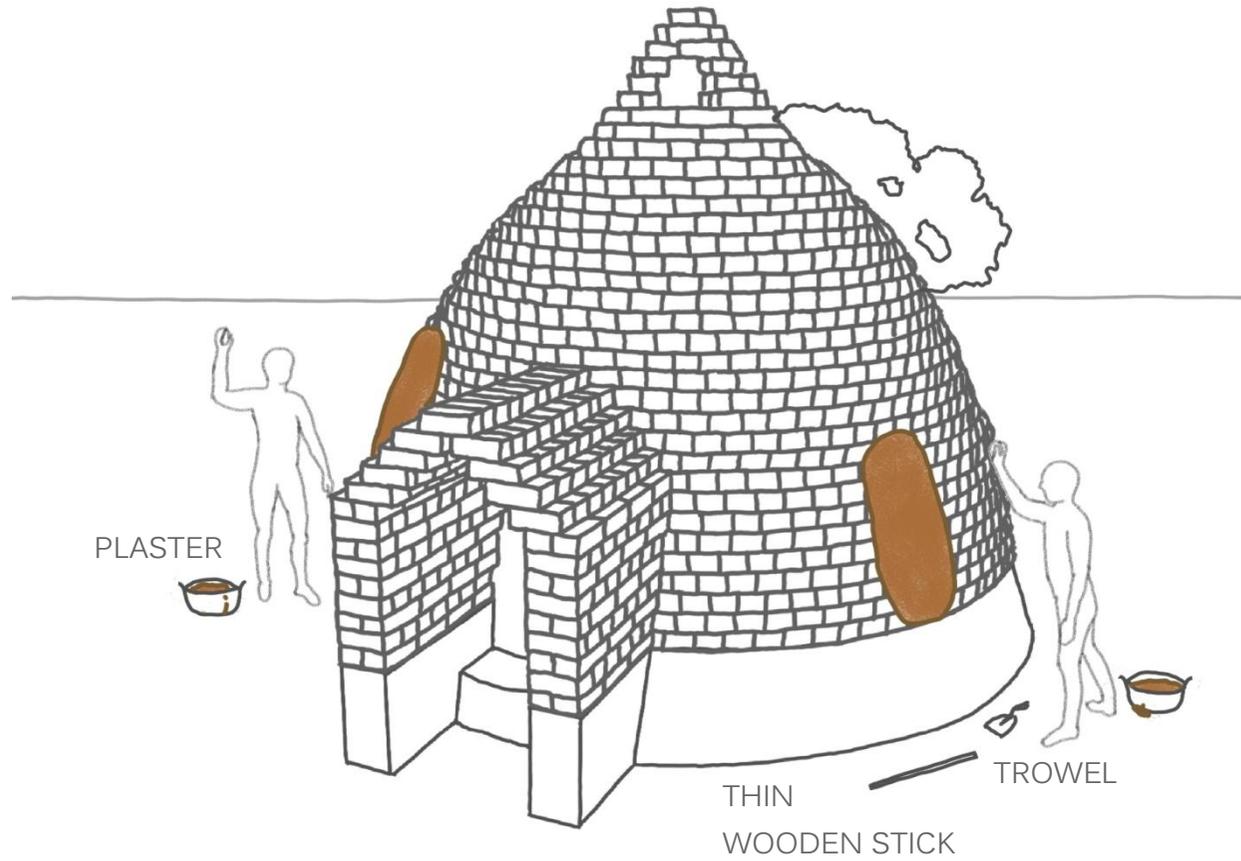
6 overhang the adobes like before to close the entrance



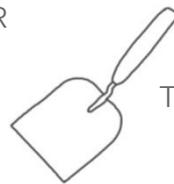
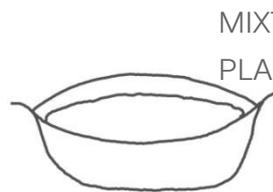
THIN WOODEN STICK

5 for the entrance lay the adobes straight along the foundation and put a thin wooden stick on top for the carpet, (do the same building the window)

6 APPLY PLASTER



YOU NEED:





reading direction
start with number 1



attention for exterior rendering you have to close all pores to get water protection - optionally you can make lime coat (see optimizing)

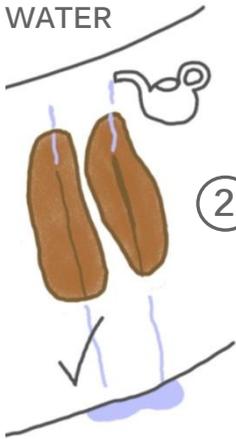
PLASTER
1 part of clay
5 parts of sand
(1 part of straw)

1 for the plaster knead the mixture for 10 minutes by hand



PLASTER

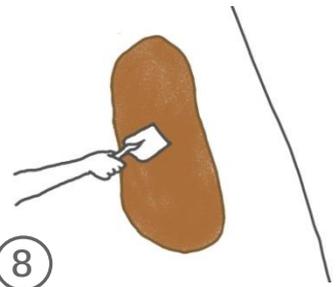
WATER



2 test the mixture on a separate wall - if the surface occurs eroded you have to add more sand

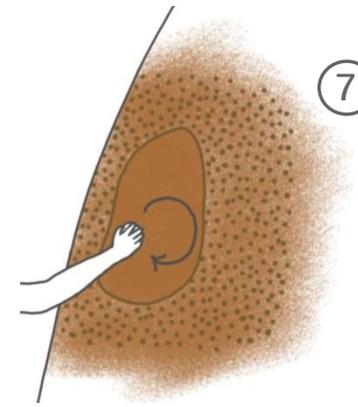
8

when the exterior rendering is finished start the interior rendering - powerfully throw the plaster (1,5 cm thick) on the inside of the building and plane the surface with a trowel



7

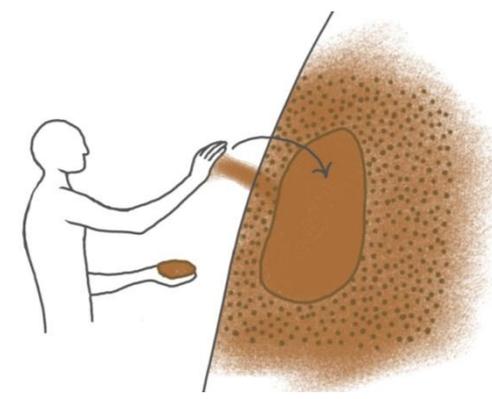
smooth the surface with a flat stone until there are no cracks anymore - optionally use some oil for smoothing



FLAT STONE

6

when the sublayer is finished start the toplayer (1,5cm thick)



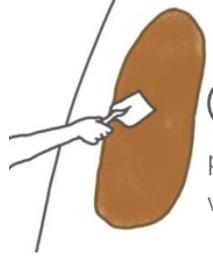
3 start with the exterior rendering - for the sublayer powerfully throw a lot of plaster on the building (3cm thick)



TROWEL

4

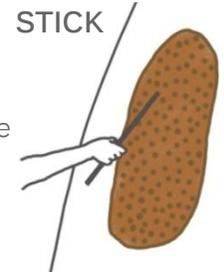
plane the surface with a trowel



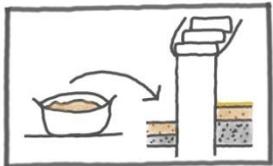
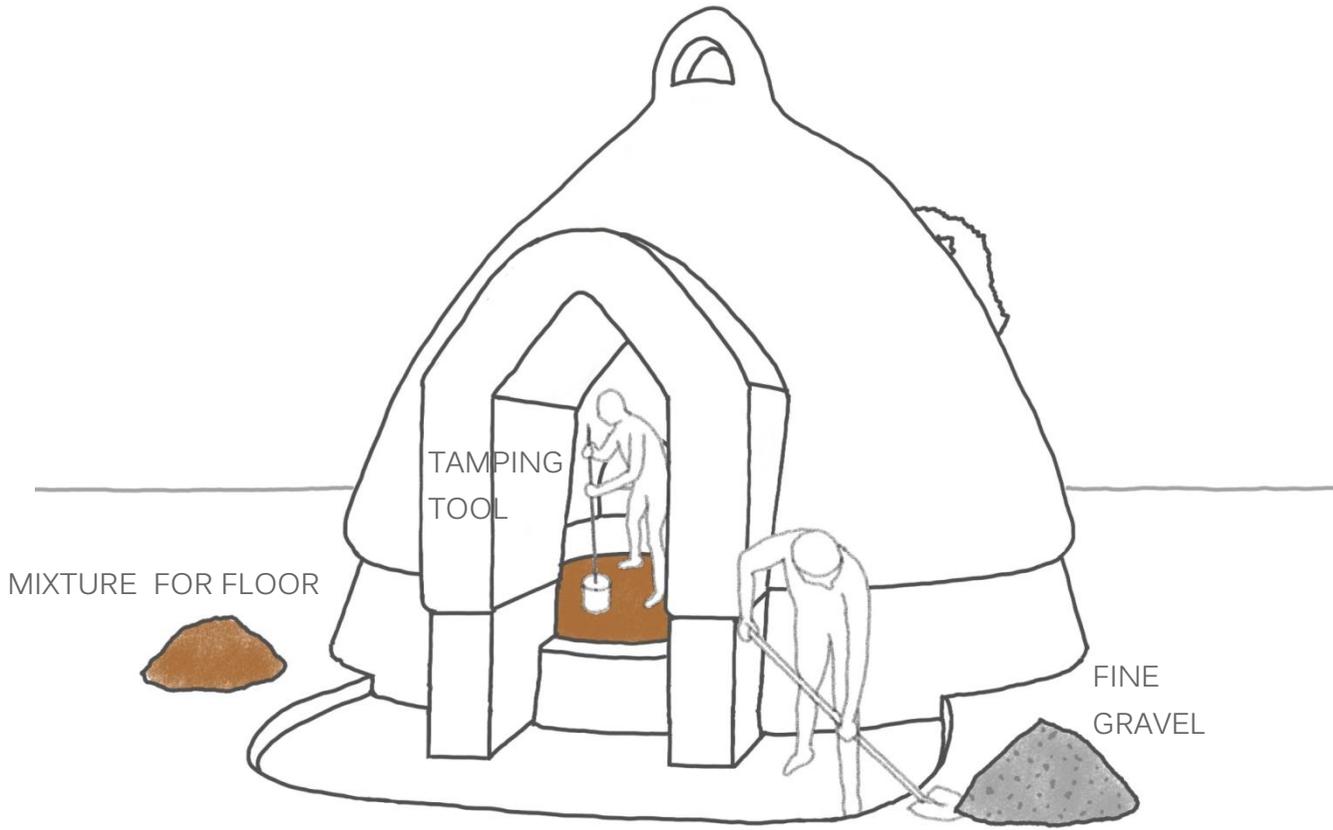
THIN WOODEN STICK

5

make small notches in the plaster using a thin wooden stick



7 MAKE FLOOR



YOU NEED:

MIXTURE FOR FLOOR



SHOVEL



AFAR MAT



TAMPING TOOL



SMOOTHING TROWEL



FINE GRAVEL

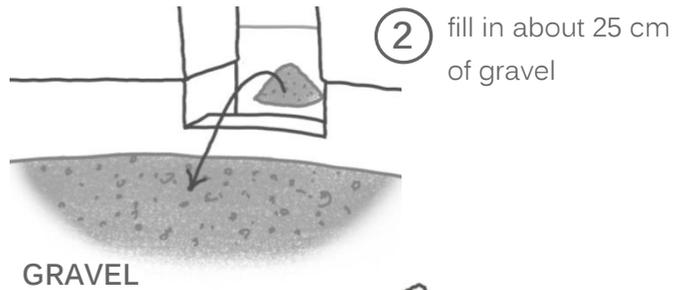
reading direction
start with number 1



1 make the inside floor by digging out earth about 10 cm

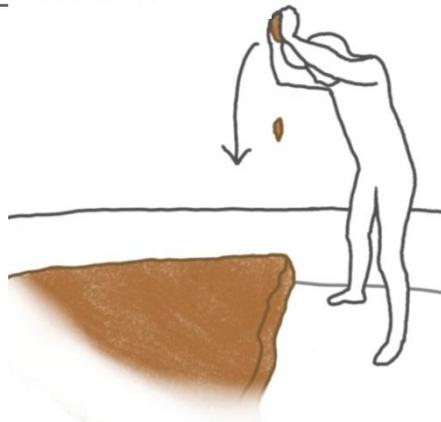
attention you can leave gravel when none is available

FLOOR
1 part of clay
5 parts of sand
(1 part of straw)

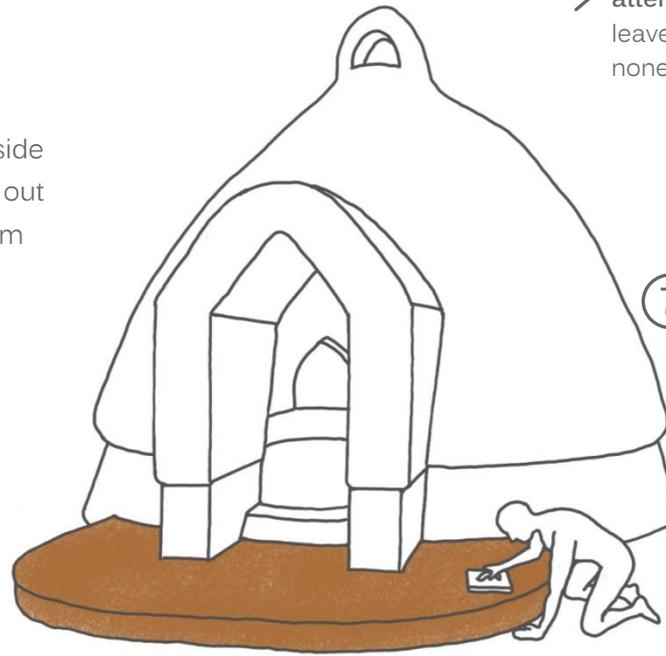


2 fill in about 25 cm of gravel

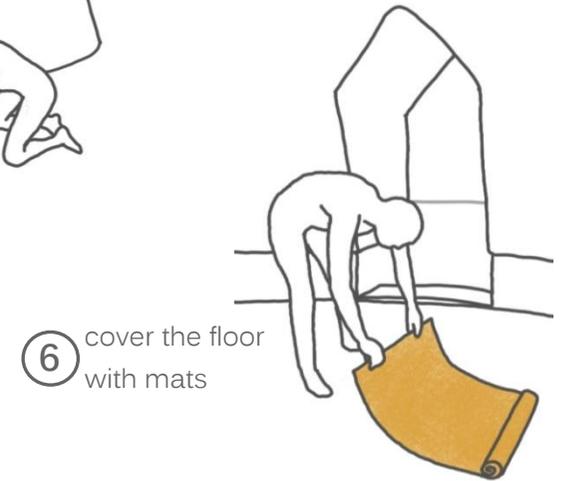
GRAVEL



3 throw the mixture powerfully on the gravel about 15 cm high - do this in 2 layers



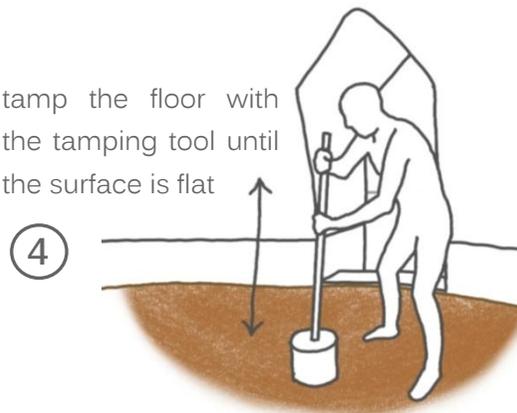
7 make the floor outside in the same manner, dig out 10 cm of earth and make the clay floor about 15 cm high - optionally smooth the floor with some oil



6 cover the floor with mats

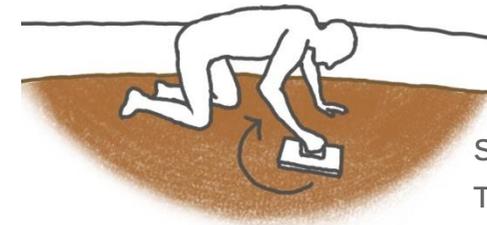
AFAR MAT

tamp the floor with the tamping tool until the surface is flat



4

TAMPING TOOL



SMOOTHING TROWEL

5 rub the ground in circular movements until all cracks are smoothed

OPTIMIZE

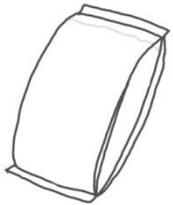
CLAY LUMPS or ADOBES

for stabilizing the clay lumps or adobes cut straw or died grass in small pieces and add one part to the clay mixture



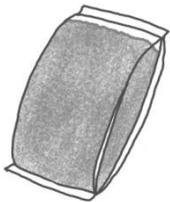
FOUNDATION

for stabilizing the foundation use a lime or a cement mortar



LIME MORTAR

mix one part of non-hydraulic lime with 3 parts of sand and add water



CEMENT MORTAR

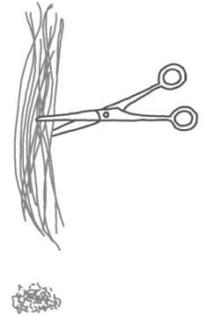
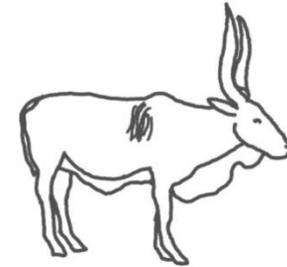
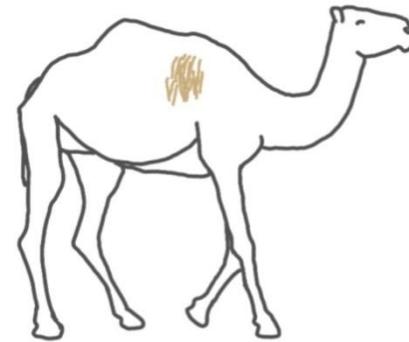
or mix one part of cement with 4 parts of sand and add water



attention do not touch cement it corrodes skin

PLASTER

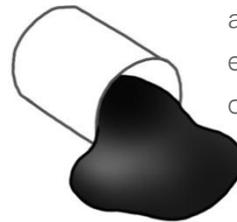
for stabilizing the plaster add small cut straw, dried grass or animal hair



add oil to the mixture of plaster



add dung of animals to the mixture of plaster



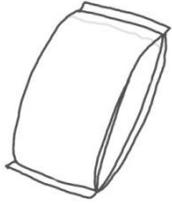
add 3-5 % of bitumen emulsion to the mixture of plaster



add blood to the mixture of plaster

FINAL COAT

as the final layer of exterior rendering you can finish with a lime coat

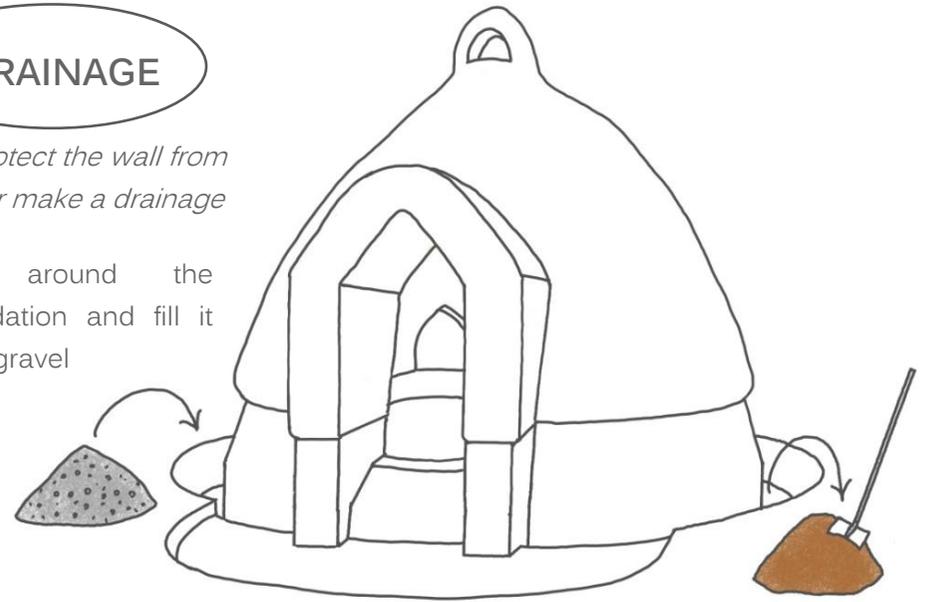


mix 50kg lime with 50-60l water and add 1-2 kg salt - apply coat in 3-4 thin layers

DRAINAGE

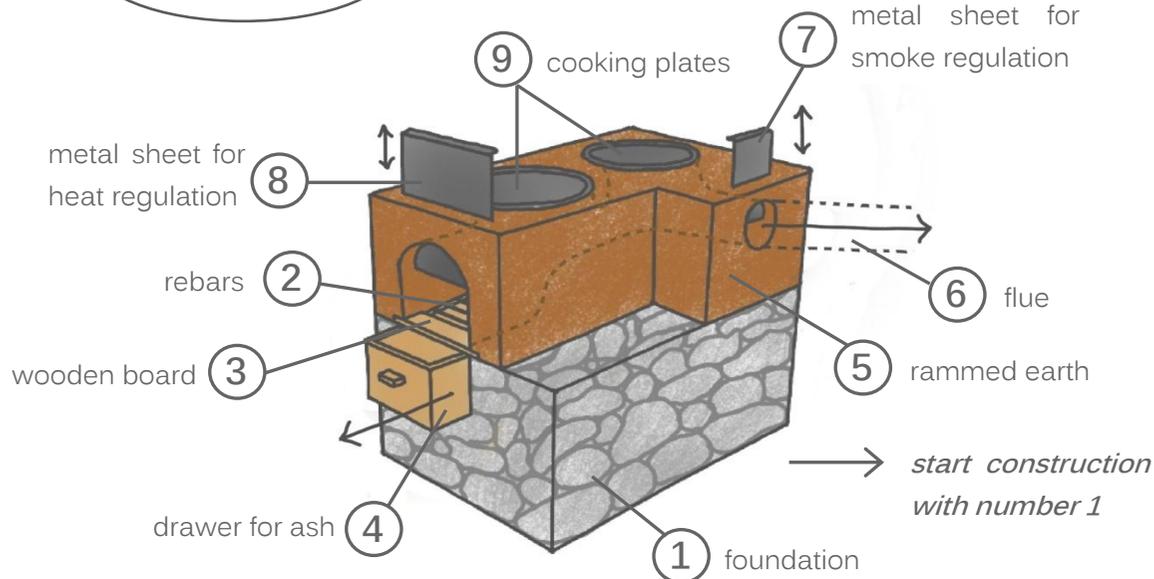
to protect the wall from water make a drainage

dig around the foundation and fill it with gravel



CLAY HEARTH

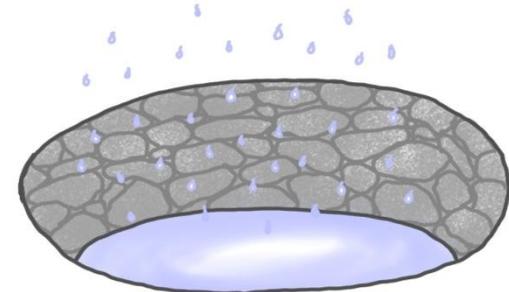
inside the dome you can build a clay heath for cooking



CISTERN

to collect rain water build a cistern

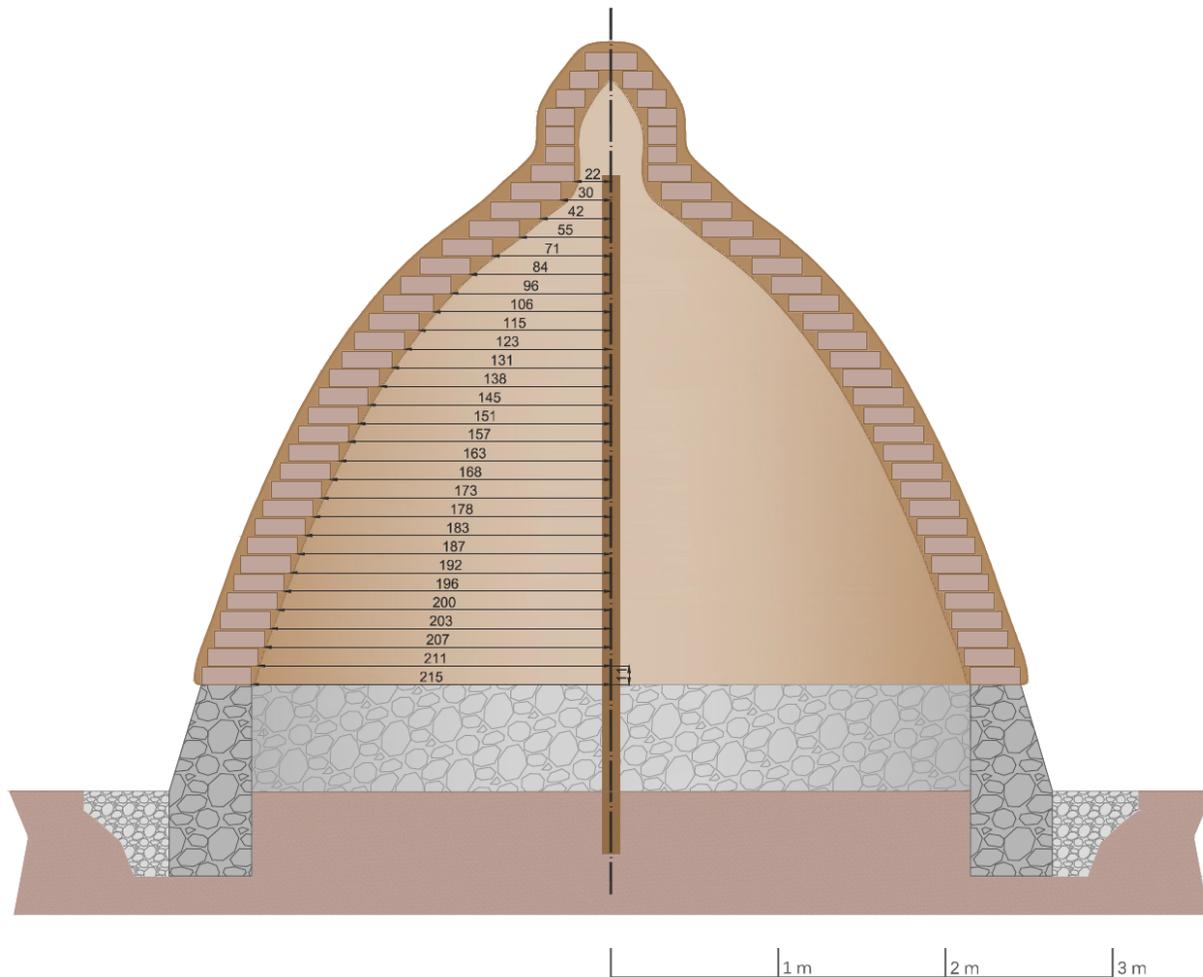
dig a big hole and build a foundation with cement mortar or put a plastic foil over the big hole (that's much easier)



APPENDIX

use the rope which was fixed on the wooden stick and push it up after each layer for about 11 cm - please notice that the dimensions of the distances refer to the center of the dome

In order to guarantee the correct dome shape, the dimensions of the individual distances are given in the appendix



interior of the window



interior of the entrance



Resümee und Schlussfolgerung

Durch den Drang zur Sesshaftigkeit aufgrund lokaler Bedingungen wird es immer wichtiger alternative Baumaterialien anzuwenden, die im Einklang mit der Lebensphilosophie der Afar Hirten stehen. Der Lehm ist ein natürliches Produkt, welches in dieser Region frei zur Verfügung steht. Die Abholzung von Bäumen ist für die traditionellen Nomaden ein absolutes Tabu. Die sich in Logiya etablierte Chikka-Bauweise verbraucht viel Holz, welches importiert werden muss. Durch die neue Bauform kann dem entgegen gewirkt werden, da sie grundsätzlich aus Materialien wie Bruchsteinen, Kies, Sand und Lehm, die in der unmittelbaren Umgebung gesammelt werden können, besteht. Durch die richtige Anwendung des Baustoffs Lehm ist eine massive Bauweise möglich, die in den heißen trockenen Gebieten der Afar Region besser geeignet ist als Chikka- oder Betonhäuser. Der Archetyp könnte im Gegensatz zu den Chikka-Häusern von der lokalen Bevölkerung sowie von der regionalen Regierung akzeptiert werden. Die Errichtung einer dauerhaften Wohneinheit ist mit dieser Bauform bei kontinuierlicher Pflege möglich.

Der Gebäudeentwurf ist eine Anlehnung an die organischen Siedlungsstrukturen der Afar Hirten und widerspiegelt die traditionelle Daboyta. Die Form und Funktion des Nomadenzelts wird beibehalten und eine Möglichkeit zu einer dauerhaften Wohnstätte geschaffen. Die permanenten Siedlungen dieser Region, die sich durch eine Schilfüberdeckung kennzeichnen, können mit dieser Bauform ausgestattet werden. Durch die massive Bauweise wird die Lebensqualität in den Häusern verbessert. Die Größe der Siedlungen sowie Proportion und Anzahl der kuppelförmigen Nomadenzelte hängen von der Anzahl der Familienmitglieder und dem Wohlstand einer Nomadenfamilie ab. Die räumliche Umgebung der Siedlungseinheiten bildet sich aus den einzelnen Funktionen der autarken Gemeinschaft. Um ihre traditionelle Lebensweise aufnehmen zu können, liegt es auf der Hand, ein rundes Gebäude zu bauen, welches ihren Mustern folgt. Zufolge wird lediglich die Gebäudehülle verändert und nicht ihr gewohnter Lebensraum. Der Archetyp ist in gleicherweise anzuordnen wie die traditionelle Daboyta.

Das Experimentieren beziehungsweise Bauen mit Lehm dürfte für die Afar Hirten kein Hindernis darstellen. Sie sind es gewohnt sich laufend auf neue Herausforderungen einzustellen, sei es der halbjährliche Ortswechsel oder die Verwendung vorhandener Materialien der unmittelbaren Umgebung. Ihre spontane Anpassungsfähigkeit und der

Grundgedanke vom nachhaltigen Umgang mit Ressourcen ist Teil ihrer wertvollen Kultur. Aus diesem Grund könnte der Lehm besser angenommen werden als andere Baumaterialien.

Es wird angemerkt, dass die grundlegenden Probleme dieser Region wie Wasserknappheit, Hunger und der Rückgang von Weideflächen, nicht mit der Etablierung einer neuen Bauform gelöst werden können. Sie versucht lediglich die Umstände der Wohnunterkünfte zu verbessern. Die Lehmkuppel trägt zum Wohlbehagen bei und soll den Menschen eine Erleichterung in Bezug auf die alltäglich zu verrichtenden Tätigkeiten schaffen. Außerdem schützt eine massive Wohnunterkunft besser vor Überfällen benachbarter Nomadenstämme als eine Zeltkonstruktion. Da der Lehm nicht brennbar ist, kann die Siedlung bei der Ausbreitung von Feuer bestehen bleiben. Die Intention des Gebäudeentwurfs ist den traditionellen Nomaden der Afar Region die Möglichkeit zu bieten, ihre kulturellen und traditionellen Form- und Funktionstypologien zu bewahren (Kuppel und radiale Anordnung). Jedoch ist die Materialität (Lehm) der Bauteile zu überdenken, indem der lokalen Bevölkerung neue Bautechniken gezeigt werden. Die Realisierung des ersten Archetyps am Baugrundstück der Nichtregierungsorganisation APDA und die Verteilung des Bauhandbuchs an die lokale Bevölkerung sind die ersten Schritte, die den Menschen die neue Bauform näher bringen sollen. Womöglich oder im besten Fall kann dadurch eine Etablierung von Lehmkuppelbauten in der Afar Region entstehen.

Abschließen möchte ich diese Diplomarbeit mit Oscar Niemeyers Gedanken, die er kurz vor seinem Tod im Alter von 104 Jahren in einem Buch festhielt und alle Leser dieser Arbeit bestärken den Mut aufzubringen ihre Ideen zu verwirklichen:

"Heute hat man nicht genügend Chancen, aber jeder Einzelne muss einen Beitrag leisten, etwas riskieren, Ideen entwickeln und etwas erfinden. Wenn ich mir überlege, was ich einem jungen Menschen raten soll, würde ich sagen: Versuche etwas zu tun, irgendetwas! [...] Wenn man mich fragt, was für mich die Fantasie bedeutet, antworte ich: Fantasie ist die Suche nach einer besseren Welt". (Niemeyer, 2012:44;9)

Literaturverzeichnis

Brocklesby, Mary Ann; Hopley, Mary; Scott-Villiers, Patta, 2009: Raising Voice - Securing a Livelihood. Institute of Development Studies, University of Sussex: Pastoralist Consultants International.

Browning, Valerie; Little, John, 2008: Maalika. My life among the Afar nomads of Africa. Sydney: Pan Macmillan Australia.

Getachew, Kassa_Negussie, 2001: Among the Pastoral Afar in Ethiopia. Tradition, continuity and socioeconomic change. Utrecht: International Books.

Houben, Hugo; Guillaud, Hubert; CRATerre-EAG, 1989: Earth Construction. A Comprehensive Guide. Marseille: Editions Parenthèses.

Kuhn, P. Albert, 2013: Grundriss der Kunstgeschichte - Taschenbuch. Paderborn, Deutschland: Salzwasser-Verlag GmbH.

Kurrer, Karl-Eugen, 2002: Geschichte der Baustatik. Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co.KG.

Lehner, Erich, 1990: Die Entstehung der Kragwölbung. Aspekte zur Konvergenztheorie; Tradition und Zukunft Band 3. Herausgeber Kubelik, Martin; Machatschek, Alois. Wien: Technische Universität Wien; Institut für Baukunst und Bauaufnahmen.

Lehner, Erich, 2003: Elementare Bauformen außereuropäischer Kulturen. Wien - Graz: Neuer wissenschaftlicher Verlag GmbH.

Löbbecke, Renate, 2012: Kragkuppelbauten. Köln: Verlag der Buchhandlung Walther König.

Minke, Gernot, 1995 (2. überarbeitete Auflage): Lehmabau - Handbuch. Der Baustoff Lehm und seine Anwendung. Stauf bei Freiburg: ökobuch Verlag.

Niemeyer, Oscar, 2013: Wir müssen die Welt verändern. Herausgeber Alberto Riva. München: Verlag Antje Kunstmann GmbH.

Paul, Oliver, 2003: Dwellings. The Vernacular House Worldwide. London: Phaidon Press Limited.

Prussin, Labelle, 1997 (new edition): African Nomadic Architecture. Space, Place, and Gender. Washington, London: Smithsonian Institution Press and The National Museum of African Art.

Rettberg, Simone, 2009: Das Risiko der Afar. Existenzsicherung äthiopischer Nomaden im Kontext von Hungerkrisen, Konflikten und Entwicklungsinterventionen. Saarbrücken: Verlag für Entwicklungspolitik.

Röhlen, Ulrich; Ziegert, Christof, 2014 (2. vollständig überarbeitete Auflage): Lehmabau-Praxis. Planung und Ausführung. Herausgeber DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth Verlag GmbH, Berlin - Wien - Zürich.

Schroeder, Hans, 2013 (2. überarbeitete Auflage): Lehmabau. Mit Lehm ökologisch planen und bauen. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag.

Volhard, Franz; Röhlen, Ulrich, 2009 (3. überarbeitete Auflage): Lehmabau-Regeln. Begriffe - Baustoffe - Bauteile. Herausgeber Dachverband Lehm e.V. Weimar. Wiesbaden: Vieweg+Teubner/GWV Fachverlage GmbH.

Wichmann, Hans; Beiträge von Adam, Jürgen Axel; Farassat, Djamshid, Fiedermutz-Laun, Annemarie; Hrouda, Barthel; Wienands, Rudolf; Wildung, Dietrich; Wright, G. R. H., 1983: Architektur der Vergänglichkeit. Lehmabauten der Dritten Welt. Basel; Boston; Stuttgart: Birkhäuser Verlag.

Diplomarbeiten und Dissertationen

Chocian, Emilia, 2017: WHEREVER IT RAINS, WE GO THERE. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien

Eigner, Alice, 2014: AFAR ARCHITECTURE IN TRANSITION. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

Kraßnitzer, Matthias, 2018: SHAPING DESERT SOIL. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

Schönher, Katharina Viktoria, 2015: A house for nomads. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

Shihata, Elsayed Abd el Sattar, 1997: Entwicklungsfähige alte traditionelle Wohnbauten in der ägyptischen Provinz El Giza. Hannover: Doktorarbeit Universität Hannover.

Yazdani, H. Shams, 1985: Erhöhung der Lebensdauer von Lehmabauten in erdbebengefährdeten Gebieten Afghanistans. Kassel: Doktorarbeit Gesamthochschule Kassel.

Internetquellen

<https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/laender/aethiopien-node/aethiopien/209502>, vom 13.03.2019

https://www.laender-lexikon.de/Afrika_L%C3%A4nder_A-Z, vom 13.03.2019

<https://www.austria.info/at/service-fakten/uber-osterreich/staatsform-und-einwohner>, vom 13.03.2019

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/19292/umfrage/gesamtbevoelkerung-in-oesterreich/>, vom 13.03.2019

<https://www.oefse.at/service/laender/aethiopien/geschichte.htm>, vom 13.03.2019

<http://library.fes.de/pdf-files/bueros/aethiopien/07945.pdf>, vom 13.03.2019

https://www.deutschlandfunkkultur.de/eritrea-und-aethiopien-historischer-frieden-sorgt-fuer.979.de.html?dram:article_id=431034, vom 13.03.2019

[http://www.csa.gov.et/compendium-of-environment-statistics\(compendium of environment stsisstics.pdf\)](http://www.csa.gov.et/compendium-of-environment-statistics(compendium%20of%20environment%20statistics.pdf)), vom 13.03.2019

[http://www.dataforalldemo.org/dashboard/v1/ethioinfo/ethioinfo#/,](http://www.dataforalldemo.org/dashboard/v1/ethioinfo/ethioinfo#/) vom 13.03.2019

https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Thema/Tabellen/Basistabelle_BIPproKopf.html, vom 14.03.2019

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/et.html>, vom 14.03.2019

<http://193.43.36.162/home.aspx?c=ETH&p=ke>, vom 14.03.2019

<http://www.barefootinitiative.org/blog/2017/7/27/afar-marriage-in-the-eyes-of-one-of-our-scholarship-students>, vom 10.03.2019

<https://www.sonne-international.org/projekte/mobile-alphabetisierung/>, vom 10.03.2019

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.366.4003&rep=rep1&type=pdf>, vom 13.03.2019

https://www.land-links.org/wp-content/uploads/2017/03/USAID_Land_Tenure_WB17_Evidence_from_Afar_Baseline.pdf, vom 13.03.2019

<https://www.ethiopianairlines.com/corporate/media/media-relations/press-release/detail/371>, vom 18.01.2019

<http://www.safe-africa.org/Semera.html>, vom 18.01.2019

<http://www.ethiopian-treasures.co.uk/pages/climate.htm>, vom 19.01.2019

http://www.ethiomet.gov.et/bulletins/climatic_bulletins, vom 19.01.2019

<https://www.youtube.com/watch?v=Bbe39rdxnLk&t=1516s>, vom 20.01.2019 (Film: Die Wüstennomaden von Afar: ORF, 2011)

<http://www.csa.gov.et/census-report/census-tables/category/301-census-tables;Afar.pdf>, vom 09.01.2019

<http://www.csa.gov.et/census-report/population-projections/category/368-population-projection-2007-2037;ICPS-Population-Projection-2007-2037-produced-in-2012.pdf>, vom 09.01.2019

<https://www.wissen.de/lexikon/gewoelbe-bauwesen>, vom 14.03.2019

<http://www.enzyklo.de/Begriff/Echtes%20Gew%C3%B6lbe>, vom 14.03.2019

<https://whc.unesco.org/en/events/704/>, vom 14.03.2019

<https://whc.unesco.org/en/activities/637>, vom 14.03.2019

<https://www.calearth.org/intro-superadobe/>, vom 15.03.2019

<https://www.world-habitat.org/world-habitat-awards/winners-and-finalists/sandbag-shelters/>, vom 15.03.2019

<http://looklex.com/e.o/minya.htm>, vom 23.01.2019

<https://kashanu.ac.ir/en/page/1687/city-of-kashan>, abgerufen am 10.02.2019

http://www.iranchamber.com/people/articles/iranian_ethnic_groups.php, abgerufen am 10.02.2019

http://www.bagh-sj.com/?_action=showPDF&sc=1&article=32950&_ob=a34148d0ffc58ff1c542d103d952dafa&fileName=full_text.pdf, vom 10.02.2019

https://www.researchgate.net/profile/Mohammadreza_Leylian/publication/263280562_DESIGN_PRINCIPLES_IN_THE_HOT_AND_ARID_CLIMATE_OF_IRAN_THE_CASE_OF_KASHAN/links/0c96053a7b4ef52900000000/DESIGN-PRINCIPLES-IN-THE-HOT-AND-ARID-CLIMATE-OF-IRAN-THE-CASE-OF-KASHAN.pdf, vom 10.02.2019

http://www.mukogawa-u.ac.jp/~iasu2012/pdf/iasu2012_Proceedings_204.pdf, vom 10.02.2019

<https://www.atlasobscura.com/places/city-of-the-dead>, vom 10.02.2019

<https://wechselkurse-euro.de/kurse/ETB-birr-athiopien/>, vom 27.02.2019

<https://wienerberger.com/de/marken-und-produkte/wand>, vom 01.03.2019

<https://wienerberger.at/bauen-mit-ziegel/wienerberger-unterst%C3%BCtzt-projekt-lehm.konkret>, vom 01.03.2019

Abbildungs- und Tabellennachweis

Sämtliche Abbildungen und Tabellen, die nicht aufgelistet sind, wurden von der Autorin gemacht. Fotos: Logiya 2016, Rom 2009; Pläne: Wien, 2018/2019; Tabellen 2018/2019; Grafiken 2018/2019. Die Verortungen sind Bilderausschnitte aus Google Earth und wurden zum Teil von der Autorin ergänzt.

Kapitel "Geo- und demographische Situation in Äthiopien"

(Schönher, 2015) Schönher, Katharina Viktoria (2015). A house for nomads. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

([www.csa.gov.et/...](http://www.csa.gov.et/)) <http://www.csa.gov.et/atlas/category/314-indicators>, vom 14.03.2019 (AtlasEthiopianRuralEco.pdf)

([www.ethiopianreview.com/...](http://www.ethiopianreview.com/)) [http://www.ethiopianreview.com/pdf/001/Cen2007_firstdraft\(1\).pdf](http://www.ethiopianreview.com/pdf/001/Cen2007_firstdraft(1).pdf), vom 14.03.2019

(nach CSA, 2016) [http://www.csa.gov.et/compendium-of-environment-statistics\(compendium of environment statistics.pdf\)](http://www.csa.gov.et/compendium-of-environment-statistics(compendium_of_environment_statistics.pdf)), vom 13.03.2019

([knoema.de/...](https://knoema.de/)) <https://knoema.de/atlas/%c3%84thiopien/topics/Demographie/Bev%c3%b6lkerung/Bev%c3%b6lkerung>, vom 13.03.2019

Kapitel "Nomaden der Afar Region"

(Schönher, 2015) Schönher, Katharina Viktoria (2015). A house for nomads. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

(Chocian, 2017) Chocian, Emilia (2017). WHEREVER IT RAINS, WE GO THERE. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

([www.pastoralists.org/...](http://www.pastoralists.org/)) <http://www.pastoralists.org/wp-content/uploads/2012/02/Raising-Voice.pdf>, vom 09.03.2019

(nach Getachew, 2001:21) Getachew, Kassa Negussie (2001). Among the Pastoral Afar in Ethiopia: Tradition, continuity and socioeconomic change. Utrecht: International Books. Seite 21

([www.barefootinitiative.org/...](http://www.barefootinitiative.org/)) <http://www.barefootinitiative.org/blog/2017/7/27/afar-marriage-in-the-eyes-of-one-of-our-scholar-ship-students>, vom 10.03.2019

([www.sonne-international.org/...](https://www.sonne-international.org/)) <https://www.sonne-international.org/projekte/mobile-alphabetisierung/>, vom 10.03.2019

(Eigner, 2014) Eigner, Alice (2014). AFAR ARCHITECTURE IN TRANSITION. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

(Google Earth, 2014; 2015; 2018) Google Earth. US Dept of State Geographer © 2018 Google. Version 7.1.8.3036, vom 10.03.2019

([http://citeseerx.ist.psu.edu/...](http://citeseerx.ist.psu.edu/);256)

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.366.4003&rep=rep1&type=pdf>, vom 13.03.2019, Seite 256

Kapitel "Logiya im räumlichen Kontext"

(Google Earth, Juni 2016, Februar 2017) Google Earth. US Dept of State Geographer © 2018 Google. Version 7.1.8.3036, vom 20.01.2019

(Schönher, 2015) Schönher, Katharina Viktoria (2015). A house for nomads. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

(Kraßnitzer, 2018) Kraßnitzer, Matthias (2018). SHAPING DESERT SOIL. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

(nach CSA 2007, 2012) [http://www.csa.gov.et/census-report/census-tables/category/301-census-tables \(Afar.pdf\)](http://www.csa.gov.et/census-report/census-tables/category/301-census-tables(Afar.pdf)) und [http://www.csa.gov.et/census-report/population-projections/category/368-population-projection-2007-2037 \(ICPS- Population Projection 2007- 2037 produced in 2012.pdf\)](http://www.csa.gov.et/census-report/population-projections/category/368-population-projection-2007-2037(ICPS-PopulationProjection2007-2037producedin2012.pdf)), vom 09.01.2019

(Google Earth) Google Earth. US Dept of State Geographer © 2018 Google. Version 7.1.8.3036, vom 18.01.2019

Kapitel "Lehm als Baustoff"

(Houben et al., 1989) Houben, Hugo; Guillaud, Hubert; CRATerre-EAG (1989). Earth Construction. A Comprehensive Guide. Marseille: Editions Parenthèses.

([buhck.de/...](https://buhck.de/)) <https://buhck.de/was-wir-bieten/baustoffe/sand-und-kies/>, vom 07.03.2019

([www.lfu.bayern.de/...](https://www.lfu.bayern.de/)) <https://www.lfu.bayern.de/boden/erdausstellung/bodenbestandteile/index.htm>, vom 07.03.2019

(Wichmann et al., 1983) Wichmann, Hans; Beiträge von Adam, Jürgen Axel; Farassat, Djamishid, Fiedermutz-Laun, Annemarie; Hrouda, Barthel; Wienands, Rudolf; Wildung, Dietrich; Wright, G. R. H. (1983). Architektur der Vergänglichkeit. Lehmbauten der Dritten Welt. Basel; Boston; Stuttgart: Birkhäuser Verlag.

([www.lehmbau-atlas.de/...](http://www.lehmbau-atlas.de/)) <http://www.lehmbau-atlas.de/wellerlehmbau.html>, vom 07.03.2019

(Kraßnitzer, 2018) Kraßnitzer, Matthias (2018). SHAPING DESERT SOIL. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

(Minke, 1995) Minke, Gernot (1995; 2. überarbeitete Auflage). Lehm - Handbuch. Der Baustoff Lehm und seine Anwendung. Staufen bei Freiburg: ökobuch Verlag.

(Google Earth, 2013; 2015; 2016; 2017) Google Earth. US Dept of State Geographer © 2018 Google. Version 7.1.8.3036, vom 14.02.2019

(journals.worldnomads.com/...)

<https://journals.worldnomads.com/reyhanehanari/photo/38422/929420/Iran/Zabol-is-city-in-Iran>, vom 10.02.2019

(Filmausschnitt SOMOF, 2017) SOMOF: Vlog 9, Kashan, Iran. Veröffentlicht am 20.09.2017.

<https://www.youtube.com/watch?v=pb6oZeRsYdI> - Video SOMOF: Vlog 9, Kashan, Iran, vom 10.02.2019

(www.riannek.de/...) <http://www.riannek.de/2008/kashan-und-qom/>, vom 10.02.2019

(looklex.com/...) <http://looklex.com/e.o/minya.htm>, vom 23.01.2019

Kapitel "Vorschläge zur Einbettung der neuen Bauform in nomadische Siedlungsmuster"

(Google Earth, 2013; 2016) Google Earth. US Dept of State Geographer © 2018 Google. Version 7.1.8.3036, vom 22.02.2019

Valerie Berger (Autorin)

Kapitel "Vorschlag zur Realisierung des ersten Archetyps"

(Google Earth, 2018) Google Earth. US Dept of State Geographer © 2018 Google. Version 7.1.8.3036, vom 24.02.2019

(nach Schönher, 2015) Schönher, Katharina Viktoria (2015). A house for nomads. Wien: Diplomarbeit Technische Universität Wien.

Valerie Berger (Autorin)

(APDA, 2017) Fotos von APDA (2017). per Mail am 23.10.2017 von Katharina Schönher

Kapitel "Bauhandbuch"

(Houben et al., 1989) Houben, Hugo; Guillaud, Hubert; CRATerre-EAG (1989). Earth Construction. A Comprehensive Guide. Marseille: Editions Parenthèses.

Das gesamte Bauhandbuch beziehungsweise "Building Guide" wurde von der Autorin gezeichnet und digitalisiert.