

THE EARTH SCHOOL COMPETITION

Bau einer Lehmschule im Senegal



DIPLOMARBEIT

THE EARTH SCHOOL COMPETITION

Bau einer Lehmschule im Senegal

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

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

E251 - Institut für Kunstgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege
Forschungsbereich Baugeschichte und Bauforschung

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Meleksima Akarcay

01328161

Wien, Dezember 2023

Kurzfassung

In Kafountine, einer kleinen Küstenstadt im Süden des Senegal, soll eine neue Sekundarschule für 400 Schüler gebaut werden. Der Neubau ist dringend notwendig, da das derzeitige Gebäude zu klein und nicht erweiterbar ist. Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Entwurf für das neue Schulgebäude, auf einem von der Gemeinde ausgewählten, größeren Grundstück. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Errichtung in Lehmbauweise. Das Gebäude soll dabei den lokalen klimatischen Bedingungen entsprechend, möglichst nachhaltig, mit vor Ort verfügbaren Materialien und unter Einbeziehung von traditionellen Bauformen umgesetzt werden. Der Entwurf zielt auch auf eine kostengünstige Konstruktion ab, die mit einfachen Werkzeugen durch die lokal ansässigen Bauarbeiter errichtet werden kann. Die neue Schule verfügt über zehn Klassenzimmer, einen Mehrzweckraum, Büros, Latrinen, einen großen Innenhof für spielerische und sportliche Aktivitäten sowie Flächen im Freien für Obst- und Gemüseanbau, welche es ermöglichen sollen den Schülern die Grundlagen der Landwirtschaft zu vermitteln.

Abstract

A new secondary school for 400 students is to be built in Kafountine, a small coastal town in southern Senegal. The new building is urgently needed because the current building is too small and cannot be expanded. This diploma thesis deals with the design for the new school building on a larger plot chosen by the municipality. The focus of the work is on earth construction. The building should be implemented in accordance with the local climatic conditions, as sustainable as possible, using regionally available materials and incorporating traditional building forms. The design also aims at a cost-effective construction that can be built using simple tools by locally based construction workers. The new school has ten classrooms, a multipurpose room, offices, latrines, a large courtyard for play and sports activities as well as open spaces for fruit and vegetable cultivation, which will enable students to learn the basics of agriculture.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	6
1. Wettbewerbsaufgabe	8
1.1. Über den Wettbewerb	8
1.2. Afrikanischer Kontext	10
1.3. Bauplatz	12
1.4. Projektprogramm	16
2. Senegal	18
2.1. Geografie	18
2.2. Klima	20
2.3. Wirtschaft	24
2.4. Bildung	28
2.5. Lokale Bautraditionen	30
2.6. Traditionelle Lehmbautechniken	50
3. Entwurf	61
3.1. Konzept	61
3.2. Lageplan	66
3.3. Grundriss	68
3.4. Ansichten	70
3.5. Schnitte	74
3.6. Konstruktion	76
3.7. Details	78
3.8. Schaubilder	88
Conclusio	98
Literaturverzeichnis	99
Abbildungsverzeichnis	100

Einleitung

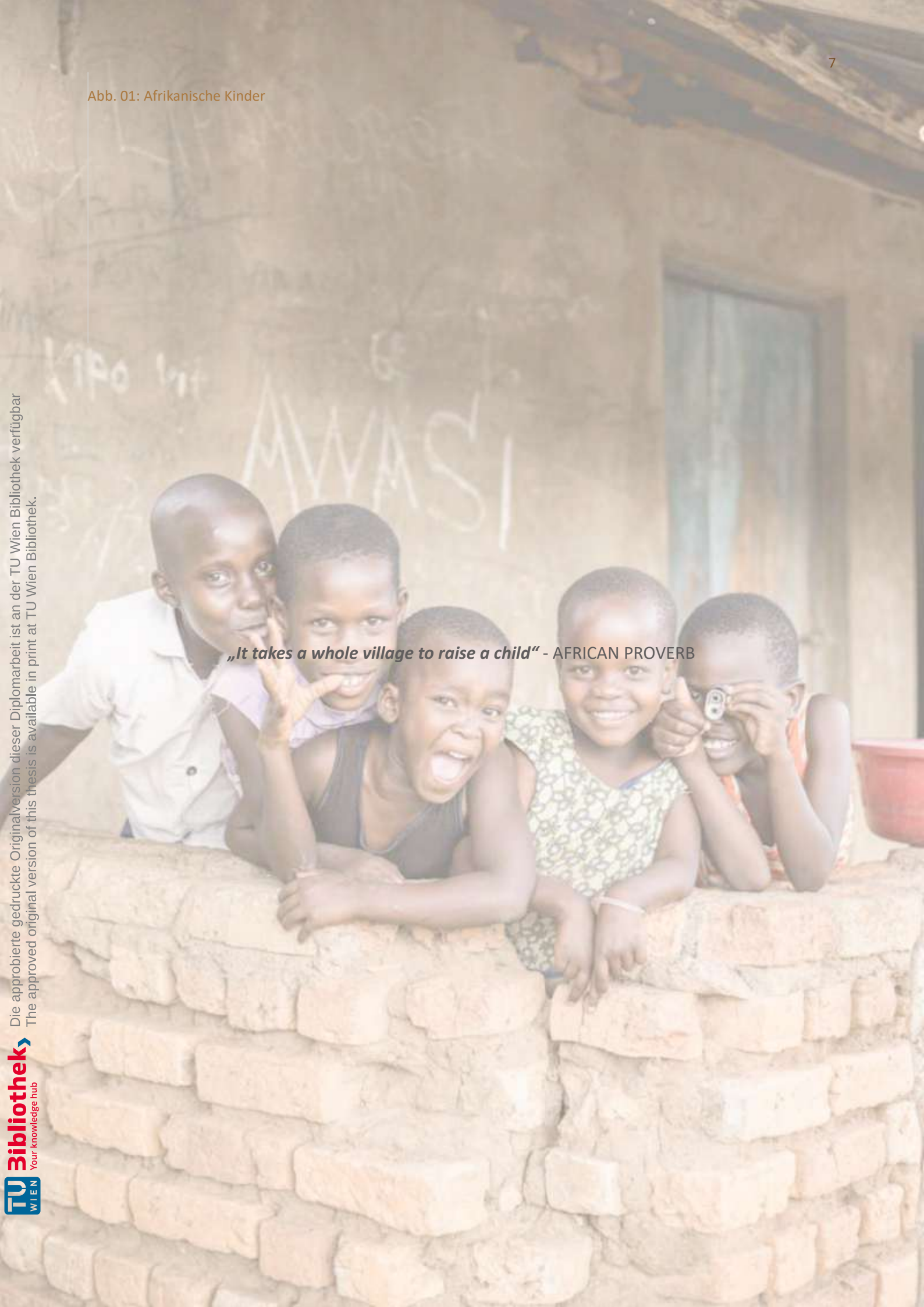
Der Abschluss des Moduls Lehmbau im Masterstudium hat ein Bewusstsein dafür geweckt, Lehm als eine nachhaltige Alternative zu konventionellen Baustoffen in zukünftigen Entwurfsaufgaben einzusetzen. Dass dieser uralte Baustoff heute zunehmend wieder an Bedeutung gewinnt und das ökologische Bauen der Zukunft mitgestalten wird, regte mich an, im Rahmen meiner Diplomarbeit einen Entwurf in Lehmbauweise zu entwickeln.

Wichtig bei der Wahl des Themas war es auch, anhand eines fiktiven Projektes auf ein reales Bedürfnis zu antworten. Somit war neben dem Bauen mit Lehm auch die Auseinandersetzung mit Problemen wie mangelnder Bildungsinfrastruktur in einem weniger entwickelten Land eine weitere Motivation.

Mit der Interesse am nachhaltigen Bauen wie auch natürlichen Baustoffen war für mich dann die Möglichkeit im Rahmen des Architekturwettbewerbs „The Earth School“ einen Entwurf für ein Schulgebäude aus Lehm, wo es vielleicht am nötigsten braucht, vorzuschlagen, Anreiz genug meine Diplomarbeit dem Dorf Kafountine zu widmen.

Diese Diplomarbeit gliedert sich in drei Teile: eine Vorstellung des Wettbewerbs, eine Recherche über Senegal sowie seine traditionelle Architektur aus Lehm und ein architektonischer Entwurf als Endergebnis, der auf den ersten beiden Teilen der Arbeit basiert.

Abb. 01: Afrikanische Kinder



„It takes a whole village to raise a child“ - AFRICAN PROVERB

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

1. Wettbewerbsaufgabe

1.1. Über den Wettbewerb

THE EARTH SCHOOL COMPETITION

SECONDARY SCHOOL IN KAFOUNTINE, SENEGAL

10.000€ + CONSTRUCTION

Die approbierte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek

TU **Bibliothek**
WIEN Your knowledge hub

Abb. 02: Deckblatt des Wettbewerbs

a competition by



in partnership with



Archstorming ist eine Architekturplattform, die im Jahr 2017 von zwei jungen Architekten und einem Anwalt gegründet wurde und internationale, humanitäre Wettbewerbe betreut. Sie entwickeln Bauprojekte in ärmeren Regionen der Welt mit nachhaltigen und lokal beschafften Materialien. Das Ziel des Unternehmens ist nicht nur, innovative und kostengünstige Bautechniken zu erforschen und zu implementieren, die auch auf zukünftige Bauaufgaben angewendet werden können und wenig oder gar keine Baukenntnisse erfordern, sondern auch, auf gesellschaftliche Bedarfe zu reagieren und zu einer besseren Welt beizutragen. Um das Wohlbefinden bedürftiger Menschen durch nachhaltige Architektur zu verbessern, führen sie drei bis fünf Wettbewerbe pro Jahr durch.

Gemeinsam mit der Nichtregierungsorganisation Kakolum hat Archstorming den Wettbewerb "The Earth School", dessen Hauptbaumaterial Lehm sein soll, veranstaltet. Diese NRO arbeitet in Kafountine, einem kleinen Dorf in der Region Casamance im Süden Senegals. Ihre Projekte werden von den ersten Phasen an gemeinsam mit der lokalen Bevölkerung entwickelt, um deren Anliegen, Bedürfnissen und Ideen eine Stimme zu geben. Kakolum hat zuvor an der Sanierung von zahlreichen Schulen in der Casamance gearbeitet und jetzt beschlossen, eine neue zu bauen. Eines ihrer Hauptziele besteht darin, die Zukunft umweltbewusst zu gestalten und sie möchten nun, dass die neue Schule das auch respektiert. Aus diesem Grund ist es wichtig, lokale Materialien zu verwenden und einfache Bautechniken anzuwenden.¹

In Zusammenarbeit mit Kakolum ruft Archstorming zur Einreichung von Vorschlägen für die Gestaltung einer neuen Sekundarschule für 400 Schüler in Kafountine auf. Es ist angedacht, den Siegerentwurf zu realisieren.

¹ Vgl. https://www.archstorming.com/uploads/9/5/7/7/95776966/briefing-tesc-en_2.pdf (Zugriff 23.04.2023).

1.2. Afrikanischer Kontext

Casamance, Senegal



Abb. 03: Kinder sitzen auf dem Boden eines überfüllten Klassenzimmers

Afrika ist ein riesiger Kontinent, der eine Vielzahl von Ländern umfasst. Auch wenn der Senegal eines der politisch und wirtschaftlich stabilsten Länder Afrikas ist, droht für viele Kinder Gefahr, dauerhaft nicht zur Schule zu gehen. Trotz aller Fortschritte beim Zugang zu Bildung erreichen im Senegal nur sechs von zehn Schülern den Grundschulabschluss, weniger als fünf gehen auf die weiterführende Schule und nur drei schließen es ab.

Casamance ist die südlichste Region im Senegal, die von einem Identitätskonflikt geprägt ist, der vor mehr als 30 Jahren begann und bis heute andauert. Diese Region steht vor mehreren Herausforderungen, eine davon ist der Mangel an Klassenzimmern für Grund- und Sekundarschulkinder. Es fehlen Schulen sowie Infrastruktur für einen Besuch der Schule. Gebäude werden mit lokalem Wissen, oft aus provisorischem Material wie Bambuswänden und Zinkdächern, errichtet. So bestehen auch die Schulen in der Casamance aus temporären Bauten, meist aus Lehm mit Strohdächern, in denen die Kinder auf dem Boden sitzen und die Lehrer selten einen Tisch oder Stuhl haben. Da diese Gebäude der starken Regenzeit nicht standhalten können, fällt der Unterricht oft aus und die Schüler können das Schuljahr nicht mehr beenden.²

Wie eine Schule in weniger entwickelten Ländern der Welt gebaut wird, in der lokale Baumaterialien unerlässlich sind und wie kostengünstige Bautechniken angewendet werden können, die den Anforderungen eines langanhaltenden Schulgebäudes entsprechen, wird in diesem Wettbewerb hinterfragt. Einen Entwurf zu erarbeiten, der optimal auf die Voraussetzungen vor Ort reagiert, steht dabei im Vordergrund. Regionale Herausforderung wie die monatelang andauernde Regenzeit, Höchsttemperaturen von über 37 °C und der Erhalt des Baumbestands auf dem Grundstück müssen ebenso im Entwurf berücksichtigt werden.

² Vgl. ebda.

1.3. Bauplatz Kafontaine



Abb. 04: Fotos vom Bauplatz

Kafontaine ist ein Dorf im Senegal, im Süden des Landes in der Provinz Casamance. Die meisten der schulpflichtigen Kinder dieser Gemeinde kommen aus Familien, die von der Landwirtschaft und vom Fischfang leben und ein geringes Einkommen haben. Gemäß dem im Jahr 2020 erstellten kommunalen Entwicklungsplan von Kafontaine fehlt es an Schulplätzen als Folge der steigenden Zahl von Kindern zwischen 12 und 17 Jahren. Es hat sich herausgestellt, dass 24 Klassenzimmer saniert und 33 neu gebaut werden müssten, um das Bedürfnis zu erfüllen. Obwohl die Einwohnerzahl etwa 17 000 beträgt, gibt es nur eine einzige weiterführende Schule im Dorf und diese wird derzeit von mehr als 1000 Schülern besucht, auch wenn die Infrastruktur nicht die angemessenen Bedingungen erfüllt, um mehr als 600 aufzunehmen. Diese Schule verfügt über keine ausreichenden Ressourcen, um optimale Lernbedingungen zu gewährleisten. Das Grundstück ist auch bereits zur Gänze bebaut, sodass das Bestandsgebäude durch weitere Klassenzimmer nicht mehr erweitert werden kann. Deshalb ist es notwendig, eine weitere Sekundarschule zu bauen, um dem steigenden Bedarf an Schulen in der Umgebung gerecht zu werden.

Der Bauplatz für die neue Schule liegt am nördlichen Ortsrand von Kafontaine, auf halber Strecke zum Nachbardorf Diannah. Da es 4 km vom Zentrum Kafontines und 4,5 km vom Diannahs entfernt ist, soll es künftig von Schülern aus beiden Dörfern genutzt werden. Das Grundstück hat eine Größe von 4833 m² und eine rechteckige Form, wobei die Länge etwa 80 m und die Breite 60 m beträgt. Es ist völlig eben, was bedeutet, dass bei der Projektplanung kein Gefälle zu berücksichtigen ist. Der Hauptzugang soll über die unbefestigte Straße erfolgen, die an der Nordseite des Grundstücks entlangführt.

Die NRO Kakolum möchte außerdem das Konzept der grünen Schule in ihr Programm integrieren. Das bedeutet unter anderem, dass sie so viele Bäume und Vegetation wie möglich erhalten möchten. Auf dem Grundstück gibt es einige Bäume, hauptsächlich Palmen und Moringa, die nicht gefällt werden sollen. Wenn möglich, sollen sogar neue Bäume gepflanzt werden. Der Jugendverband von Kafontaine wird einen grünen „Zaun“ rund um die Schule errichten, in dem sie Bananenstauden, Meerrettich-, Papaya-, Mango- und Cashewbäume pflanzen. Sie werden sich um diese Bäume kümmern und die Hälfte des Gewinns aus der Ernte wird in die Wartungsarbeiten der Schule fließen.³

³ Vgl. ebda.



Abb. 05: Fotos vom Bauplatz



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb. 06: Grundstück M1:500

1.4. Projektprogramm

Die neue Sekundarschule wird Platz für 400 Jugendliche im Alter von 12 bis 17 Jahren bieten. Das detaillierte Anforderungsprofil bildet die Grundlage des Wettbewerbs:

- 10 Klassenzimmer: Wie von der senegalesischen Regierung für öffentliche Schulen vorgeschrieben, sollten sie jeweils 63 m² groß sein. Jedes Klassenzimmer wird Platz für etwa 40 Schüler bieten.
- Mehrzweckraum: Die Schule soll über einen großen gemeinschaftlichen Raum verfügen, in dem verschiedene Aktivitäten organisiert werden können. Es kann ein Speisesaal, ein Konferenzraum oder ein Ort sein, an dem die Gemeinde Veranstaltungen abhalten kann. Es gibt keine minimale oder maximale Größe für diesen Raum, empfohlen wird zwischen 100 - 200 m².
- Büros: Es sind ein Schulleiterbüro und ein Lehrerzimmer erwünscht. Sobald die Schule errichtet ist, werden dort 15 - 20 Lehrer arbeiten.
- Latrinen: Die Schule wird insgesamt acht Kabinen benötigen, vier für Jungen und vier für Mädchen. Das Latrinengebäude soll auch über Handwaschanlagen verfügen.
- Überdachter Hof: Während der Regenzeit (Juni bis Oktober) regnet es täglich. Aus diesem Grund ist es gut, einen überdachten Bereich zu haben, wo die Schüler spielen und Sport treiben können, auch wenn es regnet. Empfohlen wird eine Fläche von etwa 100 m².
- Offener Hof: Große, gepflegte Freiflächen sind für eine Schule von grundlegender Bedeutung. Diese Freiflächen sollten sowohl Spiel- und Sportmöglichkeiten anbieten als auch Grünflächen aufweisen, auf denen Pflanzen wachsen können.⁴

⁴ Vgl. ebda.

Abb. 07: Typisches traditionelles Dorf im Senegal

„If we learn to build with local materials, we have a future.“ - FRANCIS KÉRÉ

2. Senegal

2.1. Geografie



Abb. 08: Landkarte Senegal



Abb. 09: Landkarte Afrika

Die Republik Senegal liegt im äußersten Westen des afrikanischen Kontinents und erstreckt sich auf einer Fläche von 196 722 km². Der Küstenstaat wird im Norden durch den namensgebenden Fluss Senegal von Mauretanien abgegrenzt. Im Osten grenzt Senegal an Mali, im Süden an Guinea und Guinea-Bissau, im Westen mit einer etwa 500 km langen Küstenlinie an den Atlantischen Ozean. Entlang des Unterlaufs des Gambia-Flusses erstreckt sich die ehemalige britische Kolonie Gambia etwa 350 km als Enklave in das Staatsterritorium von Senegal hinein und trennt den südlichen Landesteil, die Region Casamance, weitgehend vom Rest des Landes.⁵ Die West-Ost-Ausdehnung beträgt 650 km, Nord-Süd 500 km. Das Land ist in 14 Regionen gegliedert, wobei die Hauptstadt Dakar auf der Kap-Vert-Halbinsel an der Atlantikküste liegt.

Der mehr als 1000 km lange Senegalstrom ist der bedeutendste Fluss des Landes. Darüber hinaus wird das Land über den Saloum, den Gambia und den Casamance entwässert, die die Küstenebene in Ost-West-Richtung durchfließen. Entlang dieser langsam fließenden Ströme bilden sich Feuchtlandschaften mit Mangrovenbewuchs. Diese Gebiete sind fruchtbar, hier wachsen Hirse, Yams und Maniok.

Die Landschaft des Senegal ist weitgehend flach. Der Großteil des Landes besteht aus Küstentiefland mit einer maximalen Höhe von 100 m, das im Südosten nur allmählich ansteigt in Richtung auf das guineische Bergland Fouta Djallon und dort mit 581 m seine höchste Erhebung erreicht. Das Aussehen der Ebenen wird von ausgetrockneten Flusstälern, die sie durchschneiden, und alten Dünen geprägt.⁶ Das geringe Gefälle führt zu niedrigen Fließgeschwindigkeiten und heftigen Überflutungen.

⁵ Vgl. <https://www.wissen-digital.de/Senegal> (Zugriff 07.05.2023).

⁶ Vgl. <https://www.oefse.at/fileadmin/content/Downloads/Publikationen/Laenderinfos/senegal02.pdf> (Zugriff 07.05.2023).

2.2. Klima

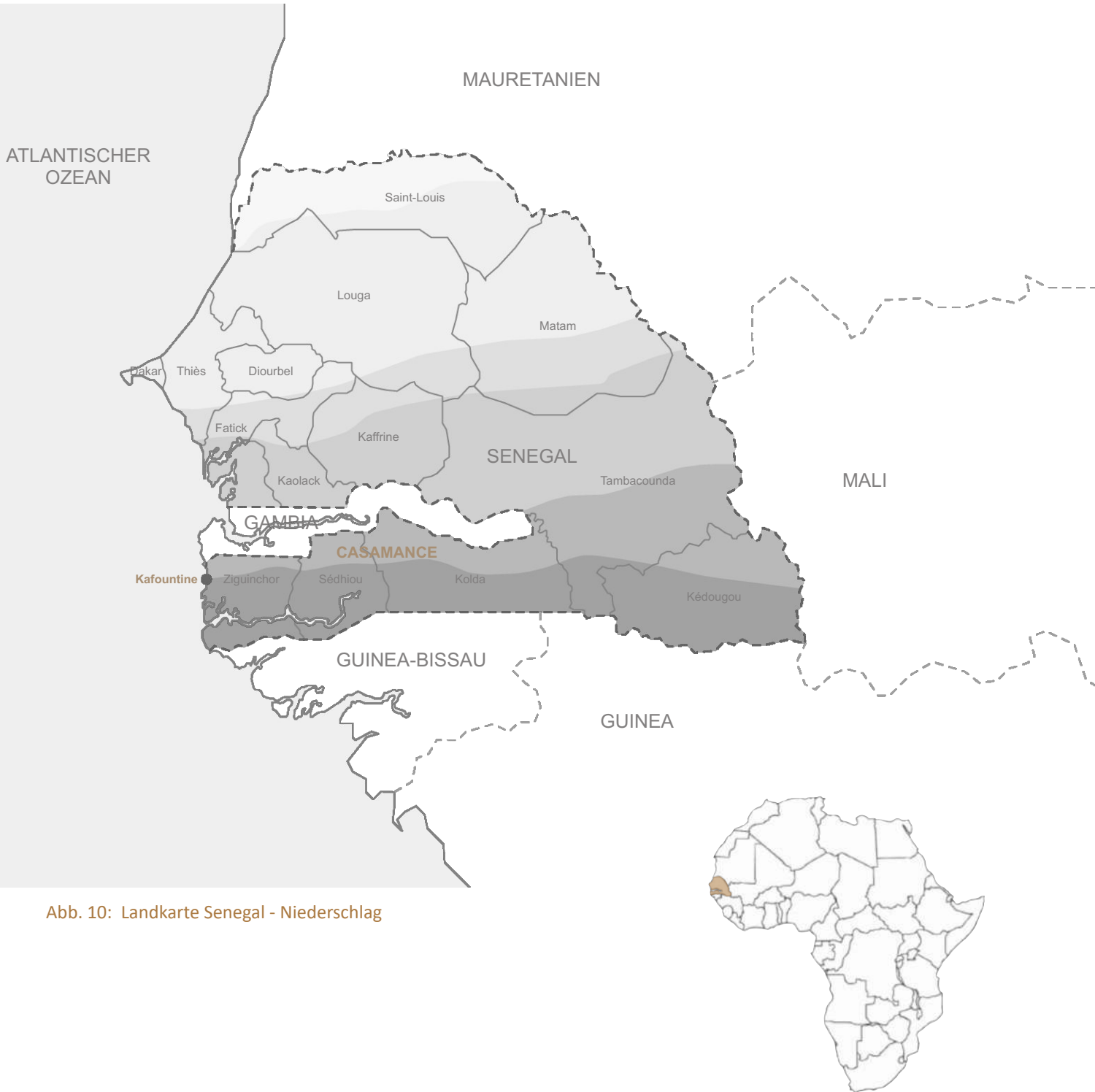


Abb. 10: Landkarte Senegal - Niederschlag

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Der Senegal liegt klimatisch im Übergang von den Tropen zu den Subtropen. Die Sahelzone geht vom Nordosten des Landes in die feuchtheiße Tropenzone im Süden über und das ganze Land ist durch den Wechsel von Regen- und Trockenzeit geprägt, die je nach Lage, ob südlicher oder nördlicher, unterschiedlich lang und stark ausfällt.

„Der Norden Senegals liegt während des größten Teils des Jahres im Einfluss des trockenen, heißen Nordostpassates, zu dessen Hauptzeit, von November bis März, oft ein staubführender, trockener Wind aus der Sahara, der Harmattan, weht.“⁷ Dieser Landesteil wird stark durch ein subtropisches Wüstenklima geprägt. Die jährliche Regenzeit dauert nur von Ende Juli bis Oktober und selbst innerhalb dieser Zeit ist hier mit sehr geringen Niederschlägen zu rechnen. Daher ist die Sahelzone immer wieder von Dürren betroffen. Während August, September und Oktober mit Tagestemperaturen über 30 °C die heißesten Monate sind, bringt die Nacht mit um die 25 °C nur wenig Abkühlung. Im Winter herrschen immer noch rund 25 °C, es wird aber nachts deutlich kühler.

Im Süden ist das Klima heiß und feucht. Die Regenzeit setzt oftmals schon im Juni ein und zieht sich sechs Monate hin. Das Wetter wird während der hier längeren Regenzeit von feuchtwarmen und niederschlagsreichen Monsunwinden aus dem Südwesten bestimmt. Mit Werten bis zu 40 °C erreichen die Temperaturen im April ihr Maximum. Im Dezember jedoch fallen diese auf sogar tagsüber nur 15 °C. In der klimatisch schwerer erträglichen Regenzeit im Süden ist die Luftfeuchtigkeit bei fast 95 % und somit äußerst hoch und schwül.⁸

„Die jährliche Niederschlagsmenge steigt von Nordosten nach Südwesten deutlich an. Während im trockenen Norden nur 300 - 500 mm meist in Form von Schauern fallen, sind es im feuchten Süden zwischen 1200 und 1600 mm. Hier sind im Sommer langanhaltende und ergiebige Regenfälle durchaus möglich. Im Norden gibt es allerdings auch Jahre, in denen der Niederschlag ganz ausbleibt. Dürren sind die Folge.“⁹

⁷ <https://www.grossberger.de/index.php/weltreisen/afrika/senegal> (Zugriff 14.05.2023).

⁸ Vgl. <https://natuerlich-afrika.reisen/westafrika/senegal-reiseinformationen/klima-beste-reisezeit/> (Zugriff 14.05.2023).

⁹ https://www.wetter-atlas.de/klima/afrika/senegal.php#google_vignette (Zugriff 14.05.2023).

Abb. 11: Savannenlandschaft im Senegal



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kindern einen angenehmen Schulbesuch zu ermöglichen, steht im Mittelpunkt dieses Projekts. Dazu wurde bei der „Earth School“ eine klimataugliche Bauweise mit Lehm als Hauptbaumaterial gewählt, weil es sich hinsichtlich der lokalen klimatischen Bedingungen als ein idealer Baustoff erweist. Trotz extremer Hitze draußen ist es in einem Lehmhaus angenehm kühl und überaus gut auszuhalten. Zudem wurde an ein Wellblechdach mit weit auskragenden Dachüberständen gedacht, das Schatten spenden und die Lehmwände vor Regen und Sonnenhitze schützen wird. Viele Häuser im Senegal haben Blechdächer, die direkt über dem Innenraum abschließen, wodurch sich dieser stark aufheizt. Das Dach wurde hier von den Innenräumen abgehoben und über ein Fachwerkgerüst befestigt. Um Überhitzung zu vermeiden, wurden dann Strohmatte als hinterlüftete Untersicht abgehängt. Diese Zwischenschicht wird die Hitze, die sich unterm Blechdach bildet, auffangen und sie seitwärts entweichen lassen. Dies hat zur Folge, dass die warme Luft entfließen kann und in den Klassenzimmern ein angenehmes Raumklima entsteht. Somit ist auch der ökologische Fußabdruck der Schule durch Verzicht auf Klimaanlage deutlich reduziert.

2.3. Wirtschaft



Abb. 12: Fischmarkt im Hafen von Ziguinchor

Senegal gehört noch immer zu den ärmsten Ländern der Welt. Ein starkes Bevölkerungswachstum, Hunger, Armut, mangelnde Bildungsmöglichkeiten und eine hohe Arbeitslosigkeit hindern die Entwicklung des Landes, was in der Folge zu mangelnden wirtschaftlichen Perspektiven führt. „Die senegalesische Wirtschaft ist durch starke Importabhängigkeit, einen kleinen Heimatmarkt und eine geringe Exportbreite geprägt.“¹⁰ Die wichtigsten Wirtschaftszweige sind Fischerei, Landwirtschaft und Tourismus.

Rund die Hälfte der Landesfläche wird für Ackerbau und Weidewirtschaft genutzt. Mehr als 70 % der erwerbstätigen Bevölkerung sind in der Landwirtschaft beschäftigt, die die natürliche Lebensgrundlage der stark wachsenden Bevölkerung bildet und meistens als reine Subsistenzwirtschaft ausgeübt wird. Die schwierigen Naturbedingungen und die Auswirkungen des Klimawandels sind es, die die Landwirtschaft so extrem anfällig machen und die Erträge mindern, sodass die Einwohner des Landes sich nicht ernähren können. Dürreperioden, zu starke Regenfälle, Überweidung, Bodenerosion oder Heuschreckenplagen zerstören immer wieder ganze Ernten. Insbesondere die sich selbst versorgenden Kleinbauer kämpfen ums Überleben, was in den ländlichen Gebieten zu einer besorgniserregenden Ernährungslage führt.¹¹

Zu den Haupteinnahmequellen der Industrie gehört der Abbau von Phosphaten und Eisenerz. An Bodenschätzen verfügt der Senegal vor allem über Phosphat. Als weitere Bodenschätze, die abgebaut werden, sind Gold und Erdöl zu nennen. Vor der Küste des Landes wurden große Erdöl- und Erdgasvorkommen entdeckt, die von ausländischen Öl- und Gasunternehmen erschlossen werden sollen. Senegal erhofft sich davon hohe Steuereinnahmen sowie Impulse für Wirtschaft und Beschäftigung.

Zu den wichtigsten Importgütern gehören Nahrungsmittel. Erdnüsse und Baumwolle werden vor allem für den Export angebaut. Die Küstenfischerei ist ebenfalls für den Export von großer Bedeutung. Fisch, Fischerzeugnisse und Erdnüsse machen mehr als ein Drittel des Exportvolumens aus. Hirse, Reis, Mais, Zuckerrohr, Maniok, Gemüse und Früchte werden zur Eigenversorgung in kleinbäuerlichen Betrieben angebaut.¹²

¹⁰ <https://senegaltours.org/wirtschaft/#:~:text=Wirtschaftsstruktur%20und%20Wirtschaftslage,stark%20vom%20informellen%20Sektor%20dominiert.> (Zugriff 04.06.2023).

¹¹ Vgl. <https://www.aktiongegenhunger.de/laender/afrika/senegal> (Zugriff 04.06.2023).

¹² Vgl. <https://www.wissen-digital.de/Senegal> (Zugriff 04.06.2023).

Abb. 13: Frauen in der Landwirtschaft



Die approbierte, gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Viele Familien im Senegal sind darauf angewiesen, dass ihre Kinder in der Landwirtschaft mithelfen oder zum Haushaltseinkommen beitragen. Da es eine wichtige Einnahmequelle für die Bevölkerung ist, sind viele Kinder und Jugendliche auch daran gewöhnt, bei der Feldarbeit mitzuhelfen, was den Schulerfolg negativ beeinflussen kann. Damit die Schüler einen nachhaltigen Umgang mit der Landwirtschaft erlernen und um ihnen von klein auf die Grundlagen des Ackerbaus zu vermitteln, wurde im Entwurf eine Fläche von etwa 200 m² für den Anbau von Erdnüssen, Mais und Gemüse wie Gurken, Tomaten, Zwiebeln, Maniok und Kartoffeln gegeben. Um auch dem Konzept der grünen Schule gerecht zu werden, wurde bei der „Earth School“ das Grundstück mit diversen Obstbäumen umzäunt.

2.4. Bildung



Abb. 14: Überfülltes Klassenzimmer in einer öffentlichen Schule

Französisch ist die offizielle Nationalsprache im Senegal und so ist auch das öffentliche Bildungssystem ganz am französischen Vorbild orientiert. Von der ersten Klasse an wird in Französisch unterrichtet, was nicht ganz einfach für die Mehrheit der Schüler ist, die mit einer afrikanischen Sprache aufgewachsen sind. In den Städten gibt es Ganztagschulen wie in Frankreich, auf dem Land ist dies jedoch nicht möglich, da oftmals die Schulwege sehr weit sind und es keine Mittagsbetreuung sowie Mensa für die Schüler gibt.

Die Schule im Senegal ist heute bis zum Alter von 16 Jahren obligatorisch und kostenlos. Für Kinder im Alter von drei bis fünf Jahren wird die *École maternelle* (Vorschule) für eine Dauer von drei Jahren angeboten, ist aber nicht verpflichtend. Die Kinder werden dann mit sechs Jahren in die *École élémentaire* (Grundschule) eingeschult und gehen nach der sechsten Klasse unabhängig davon, wie gut sie sind, auf das vierjährige *Collège* (Mittelschule). Danach ist die Schulpflicht beendet. Für Schüler mit sehr guten Noten folgt ein zweigleisiges weiterführendes Schulsystem, das dreijährige *Lycée* (Gymnasium), welches zwischen dem allgemeinbildenden und dem beruflichen Zweig unterscheidet. Beide schließen mit dem Abitur ab und ermöglichen das Studium an einer Universität des Landes.¹³

Tatsächlich hat aber nur etwa die Hälfte der Kinder die Möglichkeit, eine Schule zu besuchen. Etwa 60 % der Bevölkerung Senegals sind Analphabeten. Obwohl es offiziell eine Schulpflicht gibt, gelingt es dem Staat, vor allem auf dem Land nur sehr schlecht, mit der Errichtung von Schulen mitzuhalten. Lehrer, Lehrmittel und Schulgebäude können mit dem starken Wachstum der Schülerzahlen nicht Schritt halten. Viele Schulgebäude sind verwahrlost, Klassen sind nicht selten überfüllt, es fehlen didaktische Mittel und wegen häufiger Lehrerstreiks fällt der Unterricht oft aus. „Mit dem großen Bedarf an Schulgebäuden und deren Ausstattung, geht auch der große Bedarf an Lehrkräften einher. Da in kürzester Zeit viele Lehrer gebraucht werden, ist die staatliche Lehrerausbildung nur auf Quantität bedacht. Die Lehrer sind oft pädagogisch unzureichend ausgebildet, was zu unbefriedigenden Bildungsergebnissen führt.“¹⁴

¹³ Vgl. <https://wasserfuerseneal.de/projekte/schulen/das-senegalesische-bildungssystem/> (Zugriff 22.06.2023).

¹⁴ Ebda.

2.5. Lokale Bautraditionen

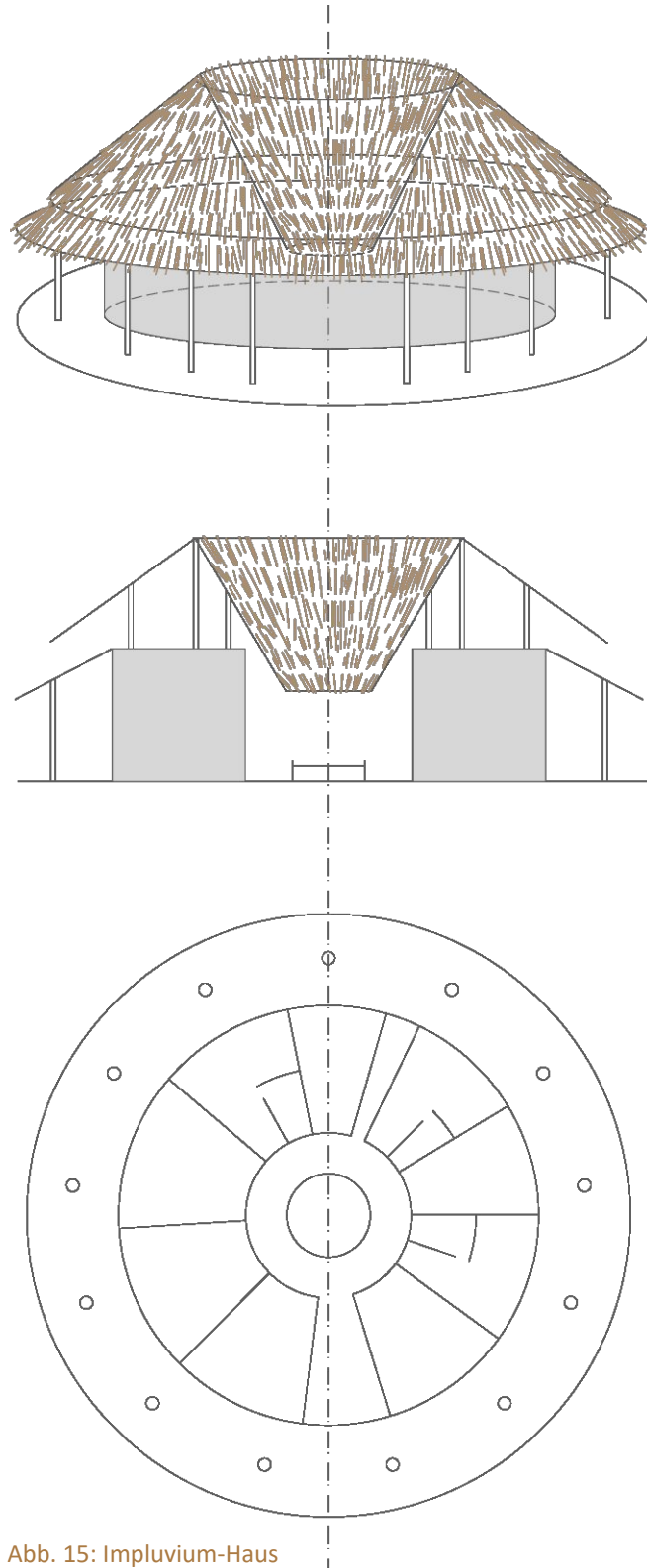


Abb. 15: Impluvium-Haus

In den Dörfern Senegals leben die Menschen immer noch vorwiegend in traditionellen Lehmhäusern. Die typische senegalesische Wohnung ist ein Haus aus Lehm mit Strohdach. Angepasst an die klimatischen Bedingungen vor Ort, wird es aus einheimischen Baumaterialien hergestellt, die in ihrer sinnvollsten Art und Weise am Gebäude eingesetzt werden. So hat im Senegal fast jede Ethnie und jede Region ihre eigenen Baustile, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Impluvium

Wasser hat in afrikanischen Ländern einen sehr hohen Stellenwert und so haben sich architektonische Lösungen des Wassersammelns entwickelt. Das Impluvium-Haus ist eine typische Wohnform in der Region Casamance und lehnt sich an die antike römische Bauweise an. Ähnlich wie in den Wohnhäusern der römischen Antike gibt es auch hier ein Wasserbecken im zentral gelegenen und offenen Innenhof. Es dient dazu, Regenwasser zu sammeln und zu speichern, um es für den täglichen Gebrauch und vor allem in Zeiten der Knappheit zur Verfügung zu stellen. Das Auffangbecken bei den Römern ist rechteckig, flach, abgesenkt und meistens mit Marmor verkleidet, und in Casamance rund und durch eine kniehohe Lehmmauer umgeben. In letzterem werden bei Bedarf Tongefäße als Auffangbehälter unter dem Dach gestellt.

Herzstück der Rundhütte ist der zentrale Hof, in dem sich das Auffangbecken befindet. Das Strohdach ist zum Innenhof wie ein riesiger Trichter geformt und überdacht einen Wandelgang, von dem die Zimmer abgehen. Es lässt das von den umliegenden Dachflächen gesammelte Regenwasser über eine runde Öffnung in den Hof, das in einer Zisterne gesammelt wird, aus dem es nach Bedarf geschöpft werden kann. Dieser zentrale Bereich unter dem Impluvium ist multifunktional nutzbar, er dient als Küche, geschützter Spielbereich für Kinder, Gehege für Kleintiere und Ort zum Ausruhen. Wenn durch Familienzuwachs ein Zubau notwendig wird, kommt ein weiteres Impluvium hinzu, wodurch clusterartige Strukturen entstehen.¹⁵

¹⁵ Vgl. https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_basse_casamance.php (Zugriff 07.07.2023).



Abb. 16: Impluvium-Haus



Abb. 17: Impluvium-Haus

Diola



Abb. 18: Diola-Haus

Die Diolas gelten als die besten Architekten in Afrika, hauptsächlich für den Bau ihrer mehrstöckigen Häuser. Sie haben schon immer großen Wert auf die Ästhetik ihrer Häuser gelegt und versucht mit Motiven, Farben sowie Dekorationen ihr Zuhause zu verschönern und einzigartig zu gestalten. Die traditionelle Wohnstätte Diola ist ein rechteckiges, hüttenförmiges Gebäude aus Lehm, das eine ganze Familie beherbergt. Im Gegensatz zu anderen senegalesischen Häusern besteht es aus mehreren Räumen - einem gemeinschaftlichen Raum, der als Wohnzimmer genutzt wird, ein paar Schlafzimmern und einer großen, überdachten Terrasse, die das ganze Haus umgibt. Aber auch in der Höhe des Daches und seiner Anordnung liegt die regionale Besonderheit der Casamance. Tatsächlich wird es immer noch für die Aufbewahrung von Getreide, insbesondere Reis, verwendet, und die Decke ist so konzipiert, dass es die Luft im Haus so gut wie möglich zirkulieren lässt sowie gleichzeitig die Vorräte vor Feuchtigkeit schützt. Reisspeicher sind in allen typischen Diola-Häusern vorhanden und befinden sich meistens über den Schlafzimmern der Eltern. Das tropische Klima hat die Architektur maßgeblich beeinflusst. Alle Häuser werden auf einem 50 cm hohen Sockel errichtet, um das Haus anzuheben und vor Feuchtigkeit aus dem Boden zu schützen. Das steile Strohdach und die erhöhten Fundamente ermöglichen es, Getreide zu lagern und die Regenzeit der Casamance unbeschadet zu überstehen.¹⁶

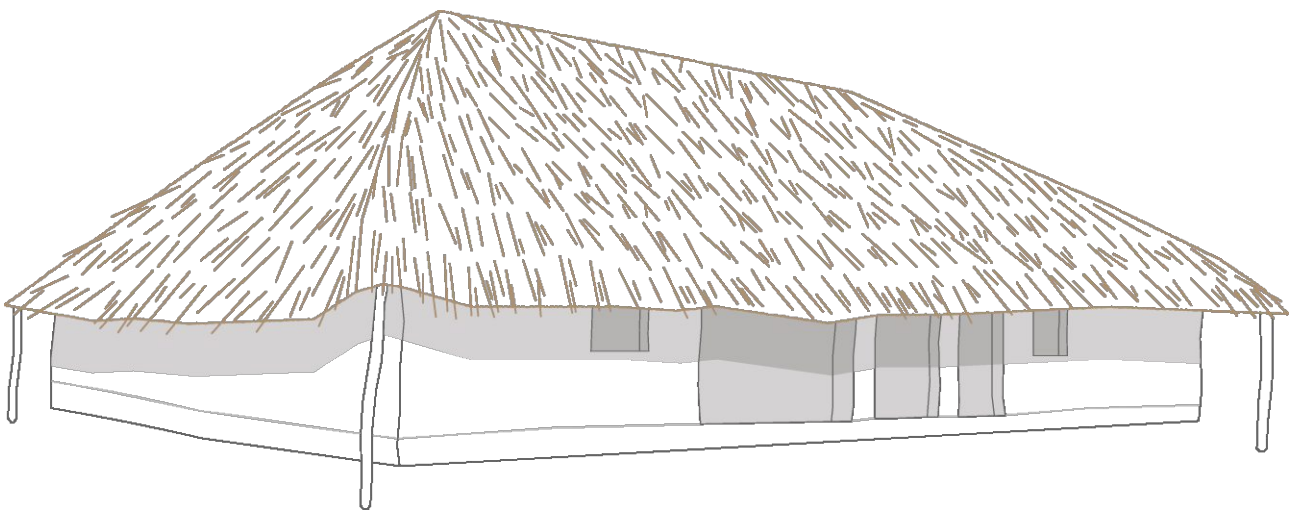


Abb. 19: Diola-Haus

¹⁶ Vgl. ebda.

Peulhs



Abb. 20: Peulhs-Haus

Die Peulhs sind im ganzen Senegal verbreitet, wodurch sich auch ihre traditionellen Häuser je nach Region und Klima stark unterscheiden. Sie sind ein nomadisches Hirtenvolk, dessen primäre Lebensgrundlage die Viehzucht ist. Ihre Bauten im Südosten Senegals sind darauf ausgelegt, dass sie nachts und an regnerischen Tagen Tiere unterbringen können. Diese Häuser sind kreisförmig und bestehen nur aus einem einzigen Raum mit einem Durchmesser von bis zu sechs Metern. Das weit auskragende Dach aus Stroh reicht fast bis zum Boden und dieser geschützte Außenraum bietet nachts einen Unterschlupf für die Hühner und Schafe. Diese Art von Hütten sind insbesondere in der Region Kolda und im östlichen Senegal in den Regionen Tambacounda, Kédougou sowie vereinzelt auch an der malischen Grenze zu finden.¹⁷

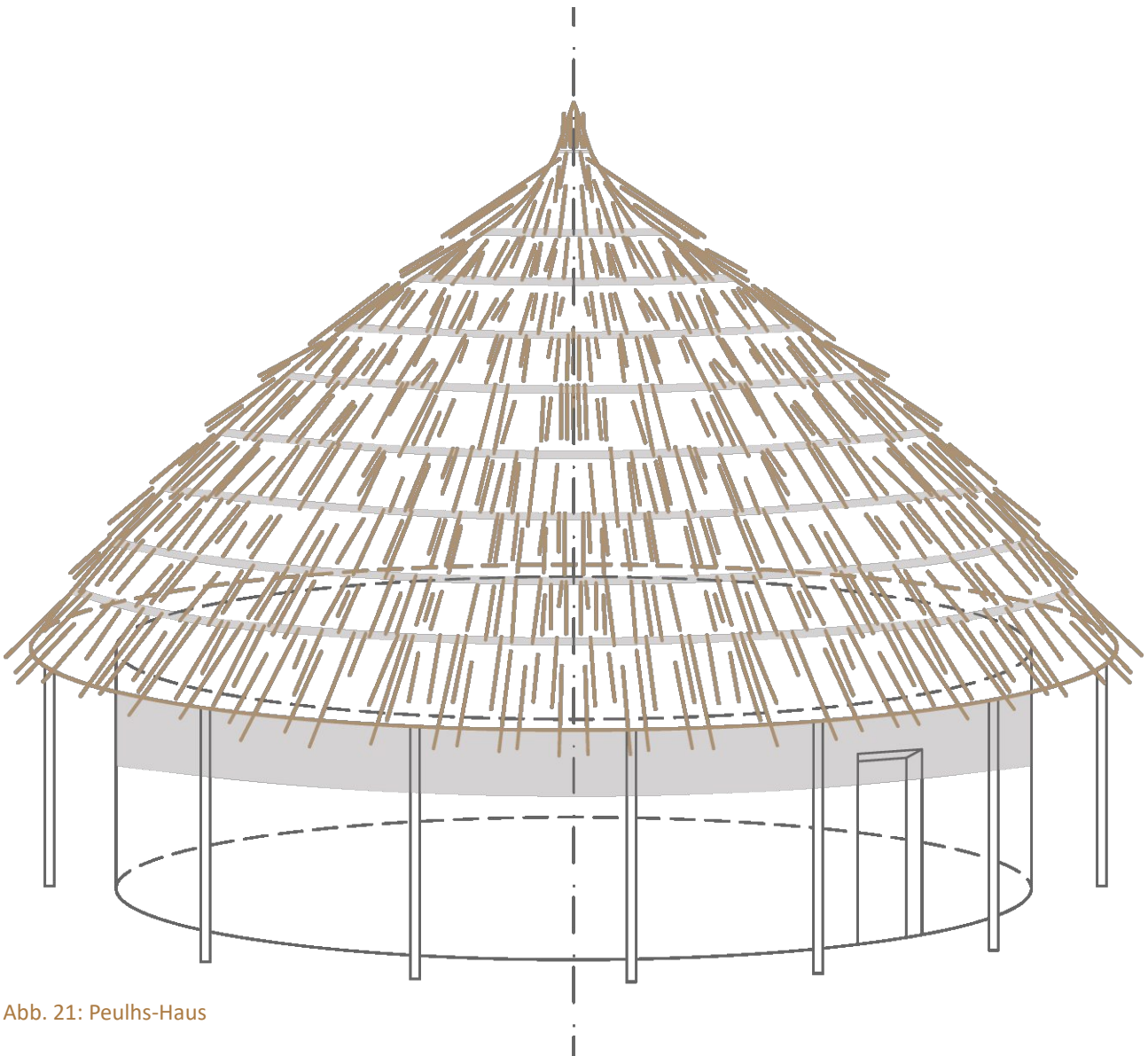


Abb. 21: Peulhs-Haus

¹⁷ Vgl. https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).

Peulhs als Nomaden

Das harte Wüstenklima im Norden Senegals hat vielen Dorffamilien einen nomadischen Lebensstil aufgezwungen. Infolgedessen wurden die meisten Häuser kurzlebig gebaut, da der Mangel an Holz und anderen Pflanzen, aber auch die weniger lateritischen Böden im Vergleich zu den übrigen Regionen des Landes, die Peulhs auf Stroh, Schilf und Akazienstäbe zurückgreifen lässt, die den Termiten selten standhalten können. Eine luftige, überdachte Terrasse ermöglicht es ihnen, sich während der heißesten Stunden des Tages auszuruhen.¹⁸

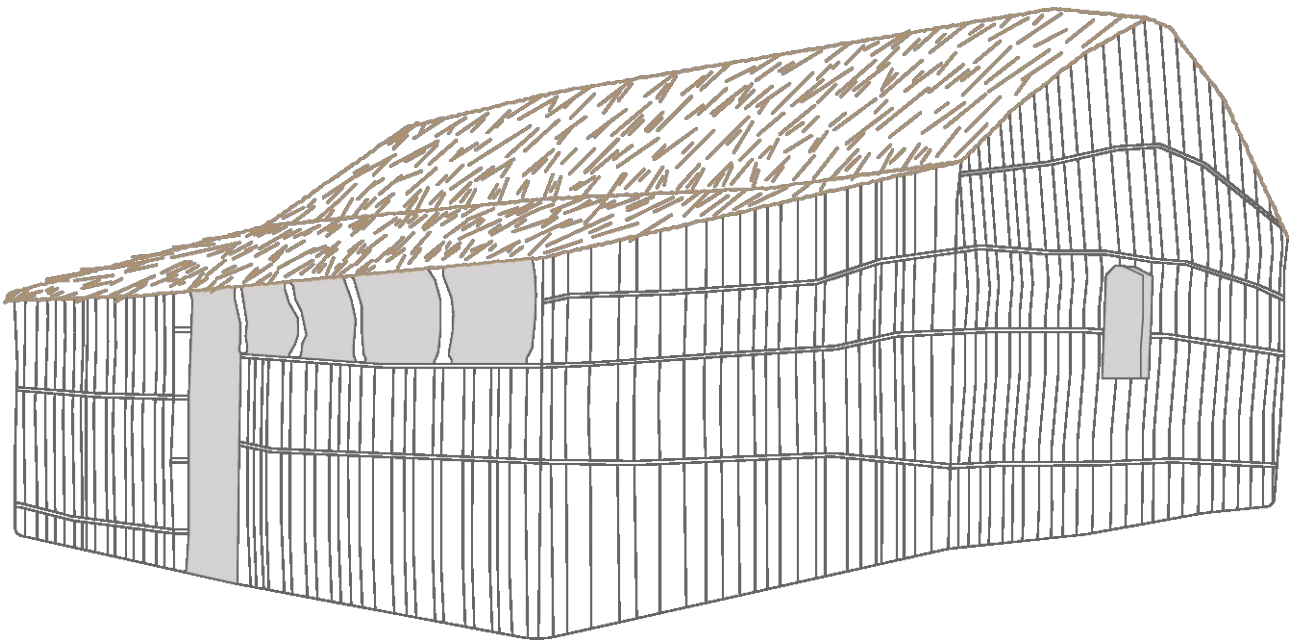


Abb. 22: Peulhs-Nomadenhaus

¹⁸ Vgl. ebda.

Bambara

Die Wohnung der Bambara ist eine typisch afrikanische Hausform: Ein kleines, rundes Lehmhaus mit Strohdach, das von einer Person in weniger als zwei Tagen gebaut werden kann. Es ist vor allem im östlichen Senegal weit verbreitet, wo ihre fensterlosen Wände den Innenraum gut vor hohen Temperaturen schützen. In der Regel haben diese Häuser neben einer Eingangstür noch eine Hintertür, die zu den Sanitäreinrichtungen oder zu einer Freiluftküche führt. Ein halbsteif aufbereitetes Gemisch aus Lehm und Stroh, das zu Wandkonstruktionen aufgeschichtet wird, sorgt für eine ausreichende Festigkeit und weist eine vergleichsweise hohe Witterungsbeständigkeit auf, um über mehrere Jahre hinweg jegliche Wartung zu vermeiden. Aufgrund der starken Regenfälle in dieser Region wird das Strohdach alle drei bis vier Jahre ausgetauscht oder repariert.¹⁹

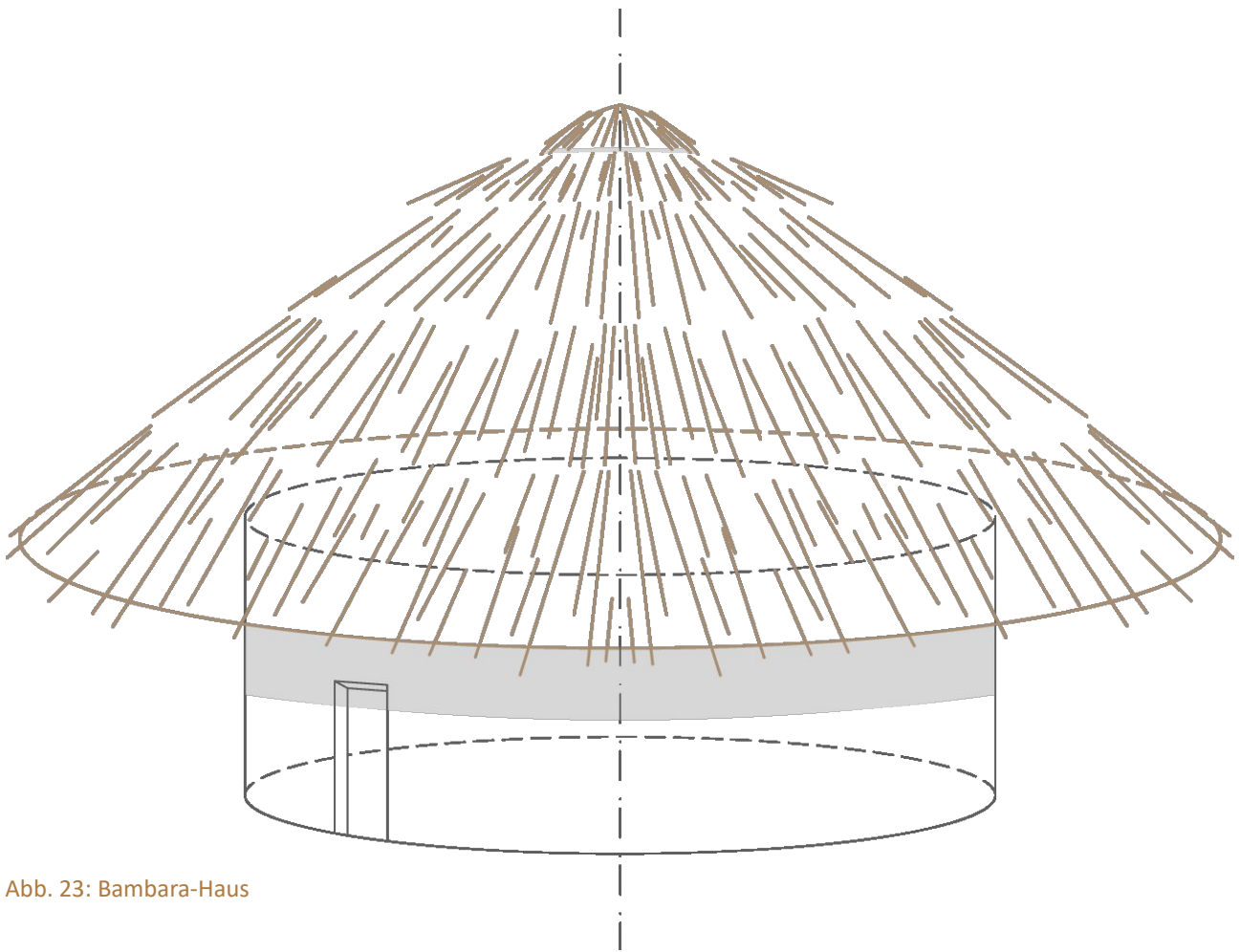


Abb. 23: Bambara-Haus

¹⁹ Vgl. ebda.

Kap-Vert



Abb. 24: Kap-Vert-Haus

Die Gebiete, die fernab der Küste liegen, sind das ganze Jahr über von sehr hohen Temperaturen geprägt, die oft über 40 °C liegen. In diesen Regionen werden viele Häuser mit Stielwänden und Strohdächern gebaut. Im Gegensatz zu den ähnlich gebauten Nomadenhäuser der Peulhs sind diese kleiner, bieten aber eine dauerhafte Unterkunft. Diese Art der Behausung wird meistens von jungen Familien aus eher bescheidenen Verhältnissen errichtet, deren Budget für ein Massivhaus nicht ausreicht. Die Häuser sind in den östlichen Teilen der Küstenregionen Thiès und Fatick zu finden.²⁰

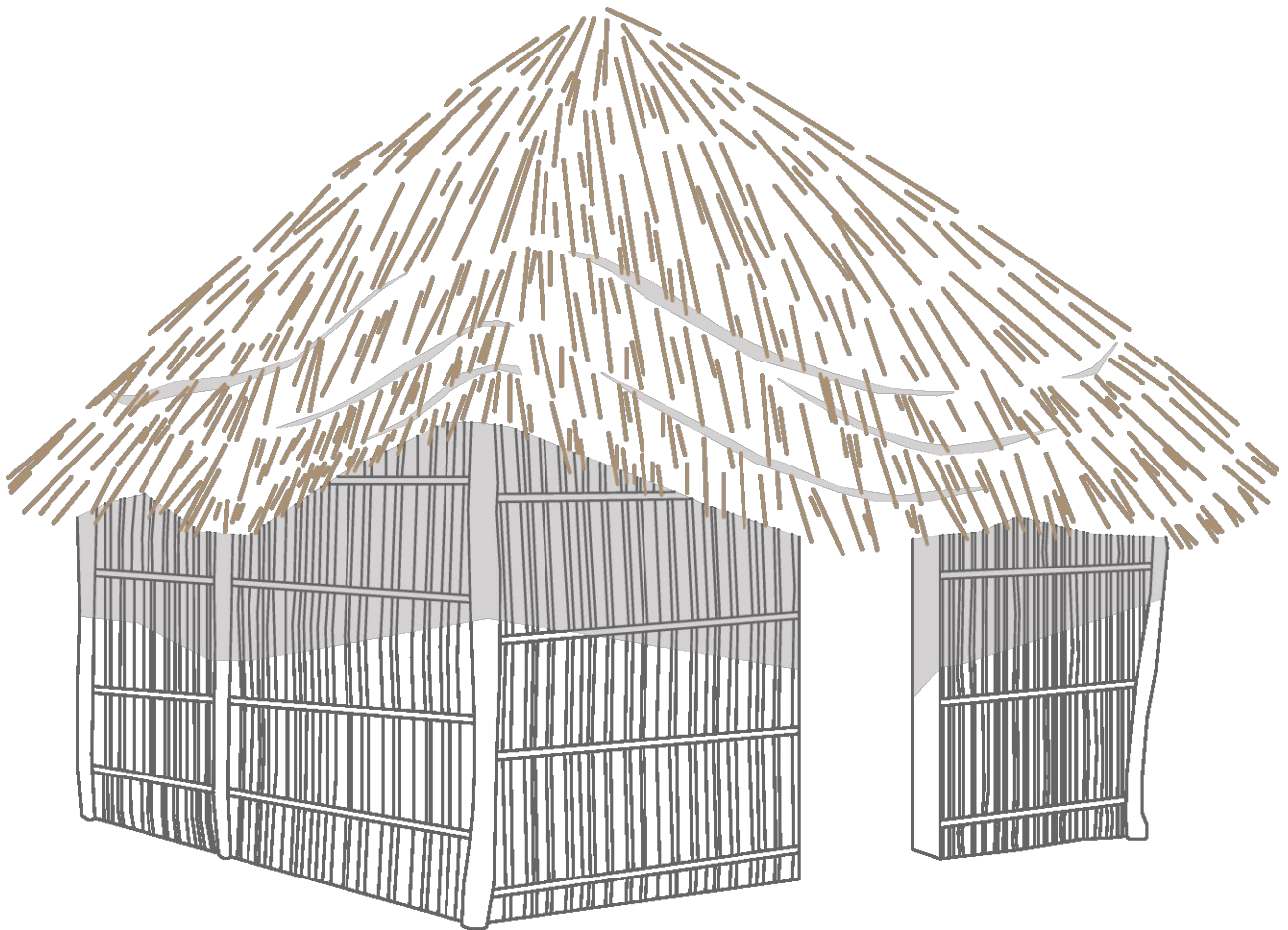


Abb. 25: Kap-Vert-Haus

²⁰ Vgl. ebda.

Bassari



Abb. 26: Bassari-Haus

Die Häuser der Bassari sind klein, rund und mit dicht gedeckten Strohdächern versehen. Die Wände bestehen hauptsächlich aus Lehmziegeln, wodurch die Temperatur im Inneren sehr gut reguliert wird. Doch im bergigen Osten Senegals, wo die Bassari leben, haben sich einige Dörfer für den Stein als Baumaterial entschieden. Eine Bauweise, bei der aufeinandergelegte Steinblöcke die Mauern der Häuser bilden, ist eine einzigartige und sehr selten vorkommende Konstruktion in Afrika. Manchmal wird auch Marmor verwendet, der in der südöstlichsten Region Kédougou reichlich vorhanden ist.²¹

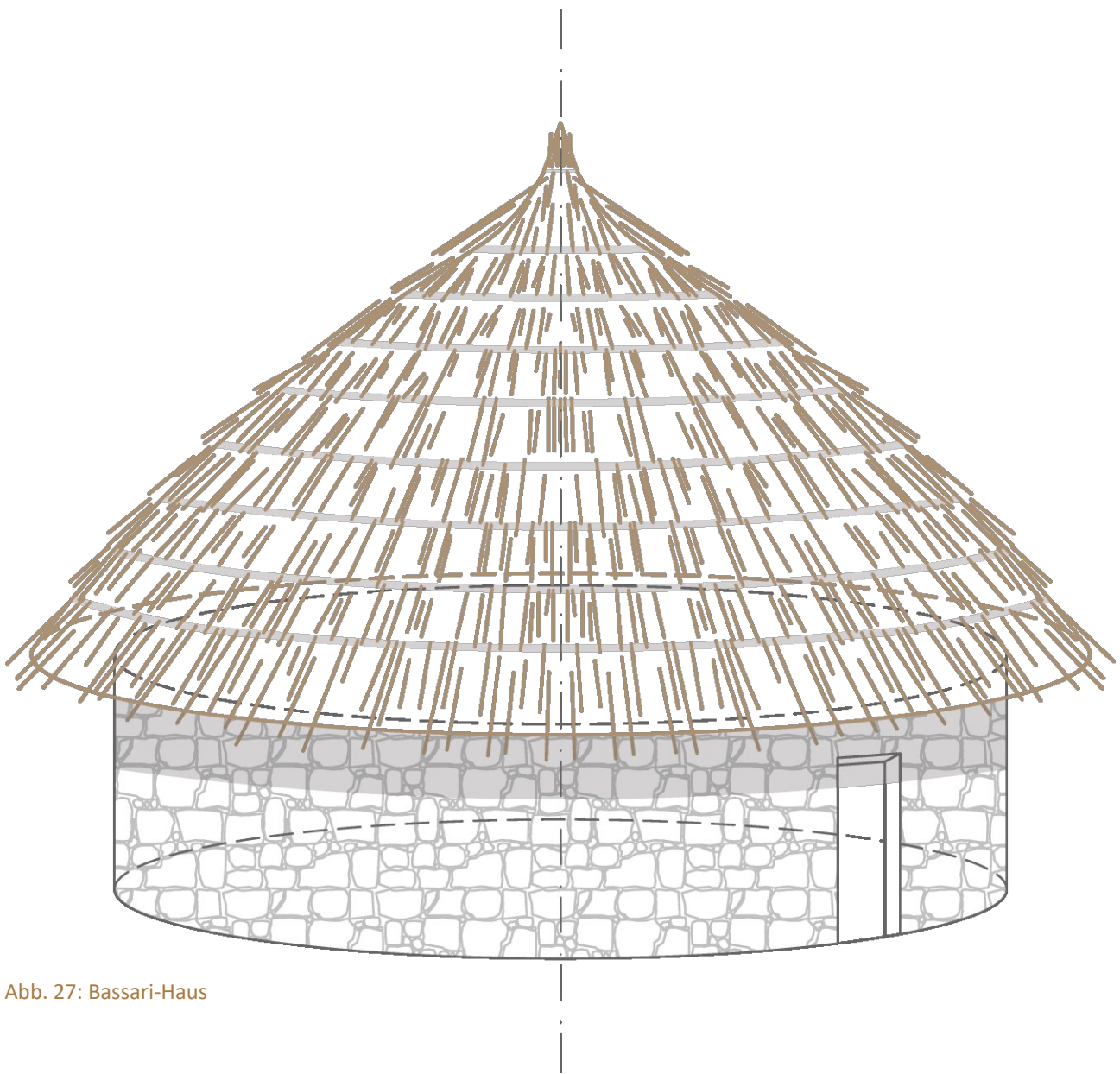


Abb. 27: Bassari-Haus

²¹ Vgl. ebda.

Sérère



Abb. 28: Sérère-Haus

Quadratische Häuser aus Lehm sind bei den Sérèrè weit verbreitet. Anders als bei den Diola, bestehen diese Bauten aus einem einzigen Zimmer und sind aufgrund ihrer kleinen Größe für die Unterbringung einer ganzen Familie ungeeignet. Hier gruppieren sich meist mehrere Häuser um die wenigen vorhandenen Wasserquellen. In der Region Sine-Saloum, gelegen an der südlichen Petite-Côte, werden die Dächer überwiegend mit Palmblättern gedeckt, die aufgrund der guten Verfügbarkeit in der Region beliebter sind als Stroh. Ähnlichkeit besteht mit den Häusern der Wolof im zentralen Senegal.²²

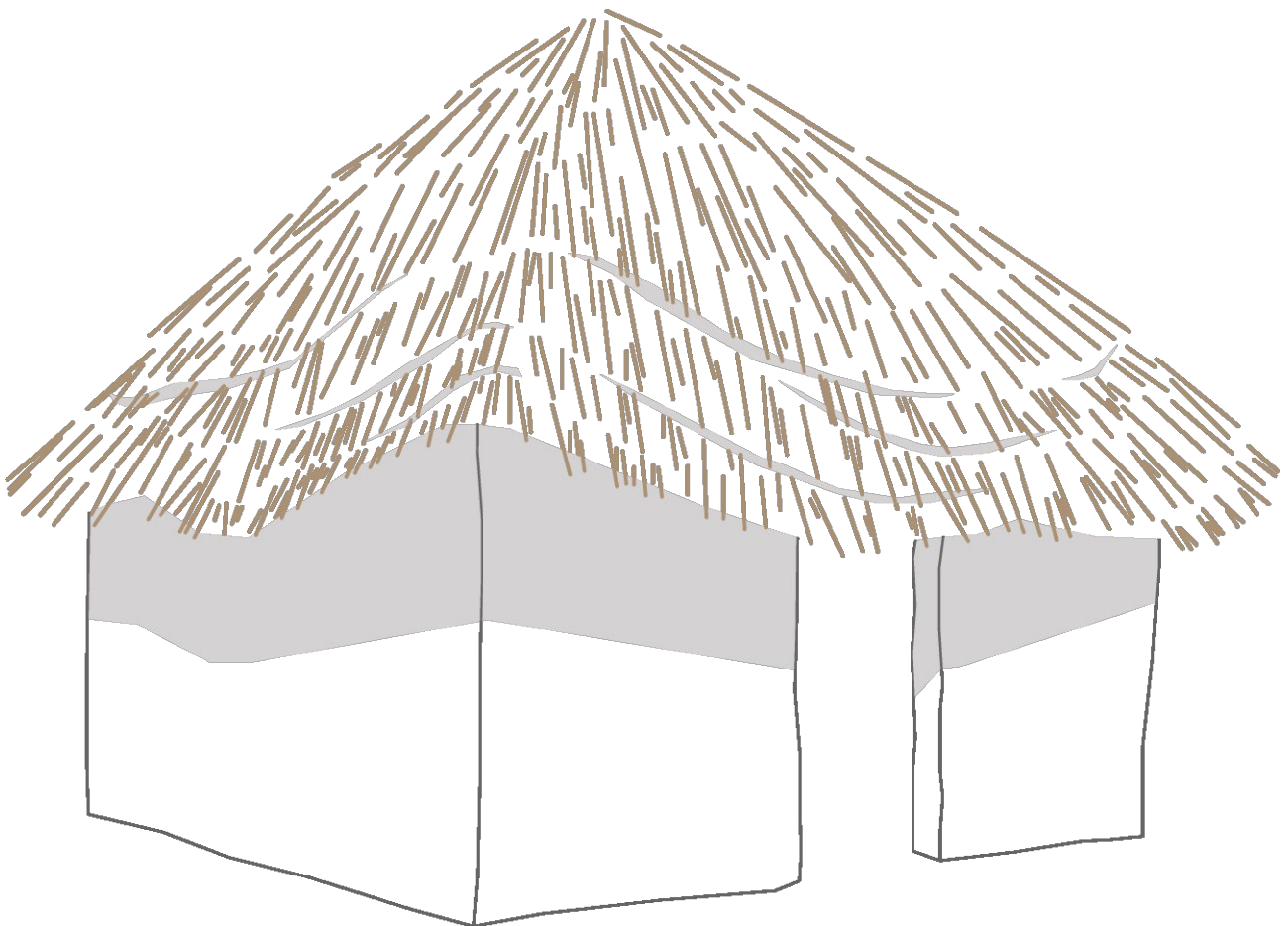


Abb. 29: Sérèrè-Haus

²² Vgl. ebda.

Petite-Côte

In den bedeutenden Dörfern der Petite-Côte haben sich kleine Massivhäuser mit Wänden aus einem Zement-Muschel-Gemisch entwickelt. Die Dächer sind meistens mit Zinkblech eingedeckt, auf den älteren Dächern liegen noch Ziegel. Die Häuser in den Vororten bestehen wie die traditionellen Bauten aus Lehm, die Wände sind jedoch durch eine Putzschicht aus Zement-Muschel-Gemisch zusätzlich stabilisiert.²³

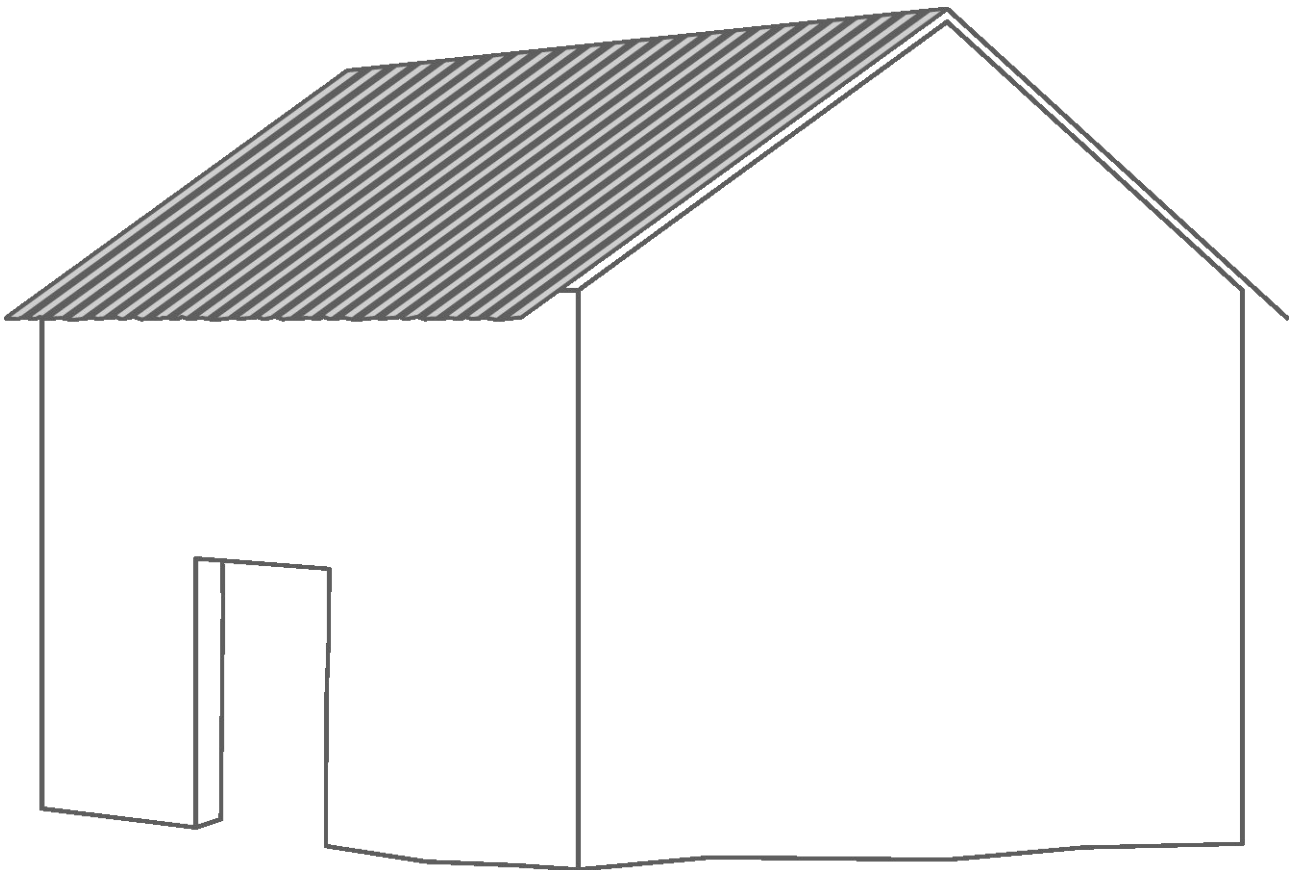


Abb. 30: Petite-Côte-Haus

²³ Vgl. ebda.

Senegal Tal

Der äußerste Norden des Landes ist von Trockenklima geprägt. Es gibt eine kurze Regenzeit, etwa 20 Tage im Jahr, verteilt auf drei Monate. Hier findet man große Lehmhäuser mit mehreren Räumen und ungedeckten Flachdächern. Licht fällt nur durch die Tür und, falls vorhanden, durch die kleinen Fenster in die Häuser. Grund für die fehlenden Öffnungen sind die starken Temperaturschwankungen in diesen Wüstenregionen. Fenster würden den tagsüber kühlenden und nachts wärmeisolierenden Effekt der Lehmhäuser beeinträchtigen. Die Bauten aus Lehm sind ideal für diese trockene Sahelzone mit geringen Niederschlagsmengen und Temperaturen, die tagsüber heiß ($> 30\text{ °C}$) und nachts kalt sein können ($< 10\text{ °C}$).²⁴

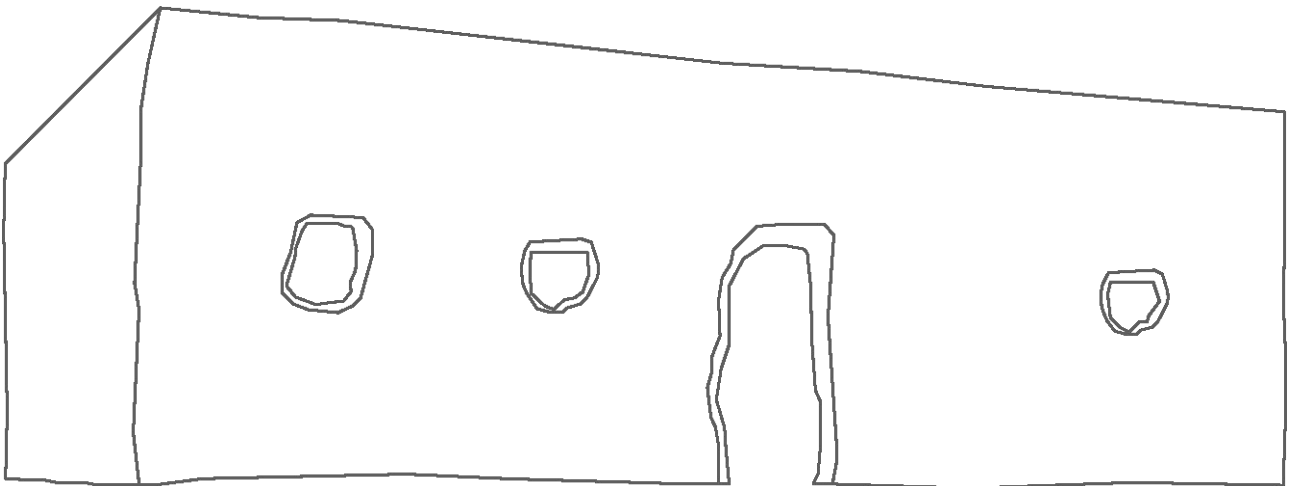
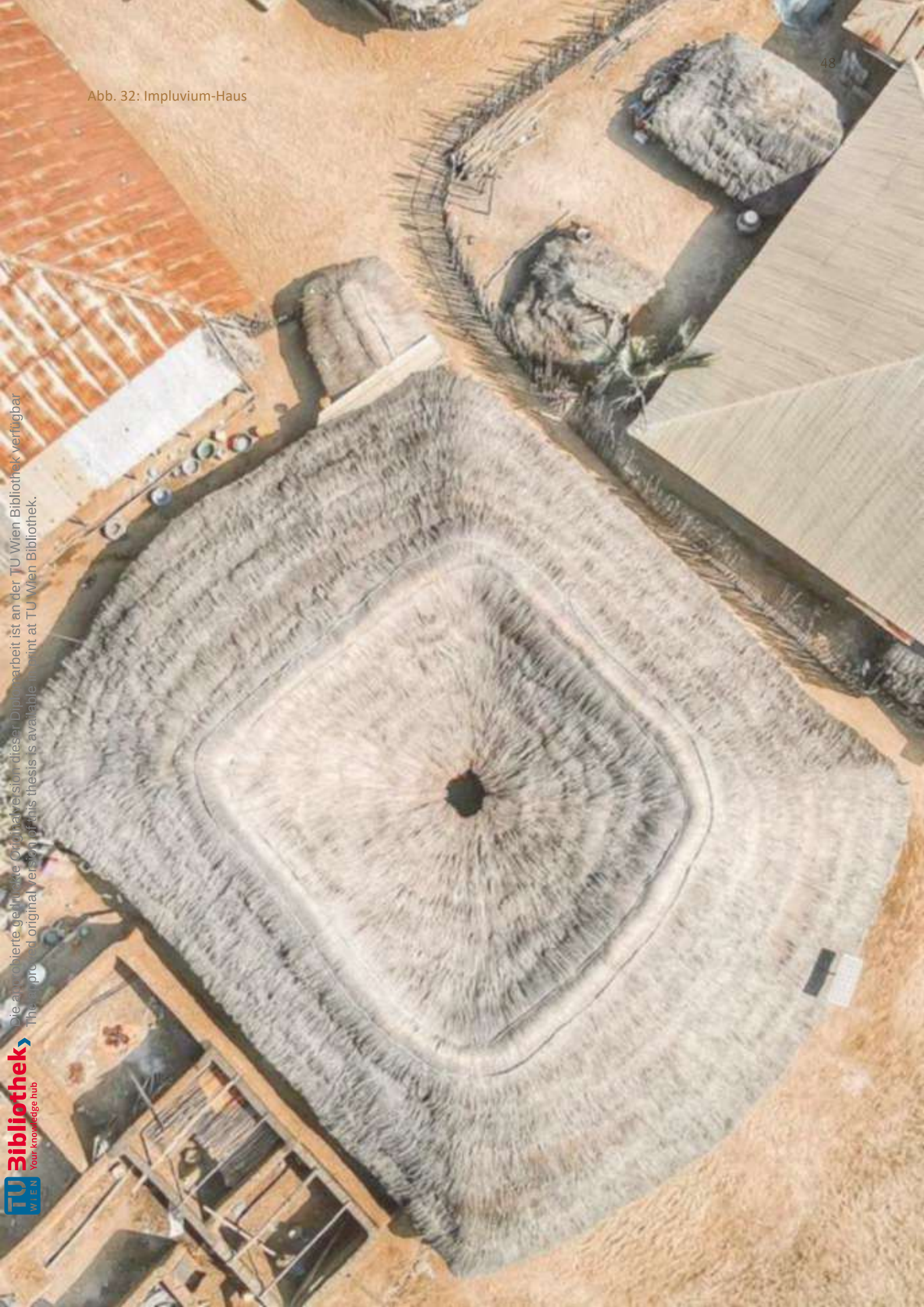


Abb. 31: Senegal Tal-Haus

²⁴ Vgl. ebda.

Abb. 32: Impluvium-Haus



Da der Entwurf der „Earth School“ von einer regionaltypischen Bauform geprägt sein soll, wurde eine Bauweise gewählt, deren Dachkonstruktion dem traditionellen Impluvium-Haus, der typischen Wohnform der Region Casamance und somit Kafountine, entspricht. Die großen Rundhäuser der Casamance fangen das Regenwasser durch ihre trichterförmigen Dachflächen auf und führen es in ein Sammelbecken. Auf diese Weise gelangt kostbares Wasser ins Zentrum des Hauses, das in einem unterirdischen Tank gesammelt wird. Unter dem allumspannenden Dach, um dieses große Sammelbecken herum, werden dann eine Vielzahl von Zimmern angeordnet. Diese traditionelle Methode der Wasserspeicherung wird bei der Gestaltung der Schule neu interpretiert. Das runde Lehmhaus wird zu einem Gebäude mit quadratischem Grundriss. Das Regenwasser wird über die zur Mitte hin geneigten Dachflächen zum Innenhof hin abgeleitet und über ein Wasserkanal am Boden in zwei Zisternen aufgefangen. Alle Klassenzimmer werden unter einem Dach, um den Hof herum, angeordnet. Für eine angenehme Lernatmosphäre wird die ganze Konstruktion auf eine gute Durchlüftung der Klassen, Vermeidung von Überhitzung, Schutz vor starker Sonneneinstrahlung sowie Tropenregen und Regenwassersammlung ausgelegt.

2.6. Traditionelle Lehmbautechniken

Lehm als Baustoff



Abb. 33: Aufbereiteter Baulehm

Das Bauen mit Lehm hat eine 9000 Jahre alte Tradition und ist fast so alt wie das Bauen selbst. Er hat viele ökologische Eigenschaften und gewinnt heute als natürlicher Baustoff im Kontext des nachhaltigen Bauens wieder an Bedeutung.

Lehm besteht aus einer Mischung aus Ton, Schluff und Sand, enthält teils auch noch gröberes Material wie Kies und Schotter, welche sich in ihrer Zusammensetzung regional unterscheidet. „Wenn der Lehm zu viel Sand enthält, wird er bröckelig; zu viel Ton hingegen bewirkt, dass er Risse bekommt. In vielen Gegenden wird dem Lehm noch zusätzlich Stroh zugesetzt. Dieser Zuschlagstoff verringert die Dichte der Lehmmischung und verbessert die Wärmedämmeigenschaften. Außerdem wirkt das Stroh als Armierung der Rissbildung entgegen.“²⁵

Lehm als Baumaterial hat viele Vorteile für die Gesundheit und die Umwelt. Er ist fast überall und nahezu unbegrenzt verfügbar. Im Gegensatz zu anderen Baustoffen wird zur Aufbereitung von Lehm sehr wenig Primärenergie benötigt. Er braucht keine energieaufwändige industrielle Verarbeitung und benötigt nur etwa 1 % der Energie, die für die Herstellung von Stahlbeton oder Mauerziegeln notwendig ist.²⁶ „Die temperatenausgleichende Funktion wirkt sich vor allem in trockenen Klimazonen mit heißen Tages- und kühlen Nachttemperaturen positiv aus. Massive Lehmwänden speichern tagsüber die Wärme, die sie in der Nacht zeitverzögert an den Raum abgeben. Damit herrscht eine weitgehend ausgeglichene Temperatur und die Räume bleiben tagsüber angenehm kühl.“²⁷ Durch seine Eigenschaft Luftfeuchtigkeit aufnehmen und diese bei Bedarf wieder abgeben zu können, reguliert der Lehm die Feuchtigkeit der Raumluft und trägt somit zu einem angenehmen und gesunden Raumklima bei.²⁸ „Der ungebrannte Lehm ist jederzeit und unbegrenzt wiederverwendbar. Trockener Lehm braucht nur zerkleinert und mit Wasser angefeuchtet zu werden und schon lässt er sich wieder verarbeiten. Lehm kann im Gegensatz zu anderen Baustoffen niemals als Bauschutt die Umwelt belasten.“²⁹

²⁵ <https://www.lehmundo.de/lehmbau.html> (Zugriff 05.08.2023).

²⁶ Vgl. <http://netzwerklehm.at/lehm/> (Zugriff 05.08.2023).

²⁷ Ebda.

²⁸ Vgl. Gernot Minke: *Handbuch Lehm: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur*, Rastede: Ökobuch Verlag 2022, S. 11.

²⁹ Ebda.



Abb. 34: Lehm wird in Holzformen zu Ziegeln geformt

Neben den vielen positiven Eigenschaften hat der Bau mit Lehm auch einige Nachteile. „Durch die Verdunstung des Anmachwassers, das notwendig ist, um Lehm verarbeiten zu können und seine Bindekraft zu aktivieren, reduziert sich sein Volumen, es entstehen ‚Trocken-‘ bzw. ‚Schwindrisse‘.“³⁰ Da der Lehm beim Trocknen schwindet, kann dieser Verlust an Volumen bei der Planung des Gebäudes eine Herausforderung darstellen. Das lineare Schrumpfmaß liegt meist zwischen 3 % und 12 % bei nassen Mischungen (wie sie für Mörtel und Lehmziegel verwendet werden) und zwischen 0,4 % und 2 % bei trockeneren Mischungen (verwendet für Stampflehm und komprimierte Erdblocke). Durch eine Reduzierung des Ton- und Wassergehalts, eine Optimierung der Kornzusammensetzung und den Einsatz von Zusatzstoffen kann das Schwinden minimiert werden.³¹ Außerdem muss der Lehm insbesondere im feuchten Zustand vor Regen und Frost geschützt werden, da er nicht wasserfest ist. Durch konstruktive Maßnahmen wie ein Dachüberstand, Spritzwassersockel und entsprechende Oberflächenbehandlungen wie Anstriche, Putze kann aber ein dauerhafter Schutz erreicht und die Lebensdauer von Lehmbauten erhöht werden.³²

Da die NRO Kakolum alte Traditionen pflegt und diese an die Gesellschaft weitergeben möchte, wurde der Entwurf der „Earth School“ hauptsächlich in Lehmausführung angedacht. Obwohl bei der herkömmlichen Lehmbauweise im Senegal kein sichtbares Ende gibt, da die Häuser jedes Jahr nach der Regenzeit immer wieder instand gehalten werden müssen, gehören traditionelle Lehmbautechniken zum kulturellen Erbe der Region. Im Folgenden werden die wichtigsten und am weitesten verbreiteten Lehmbauweisen in Westafrika beschrieben.

³⁰ Ebda.

³¹ Vgl. Gernot Minke: *Building with Earth*, Berlin: Birkhäuser Verlag 2006, S. 13.

³² Vgl. ebda, S. 14.

Stampflehm

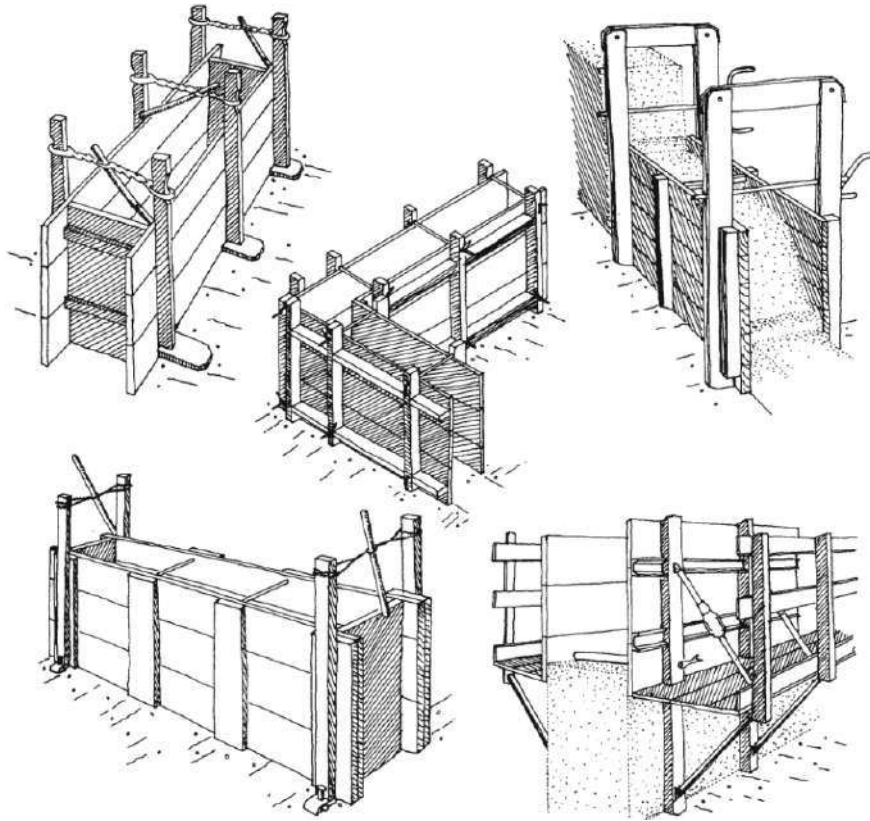


Abb. 35: Schalungen für Stampflehmwände

Wellerlehm

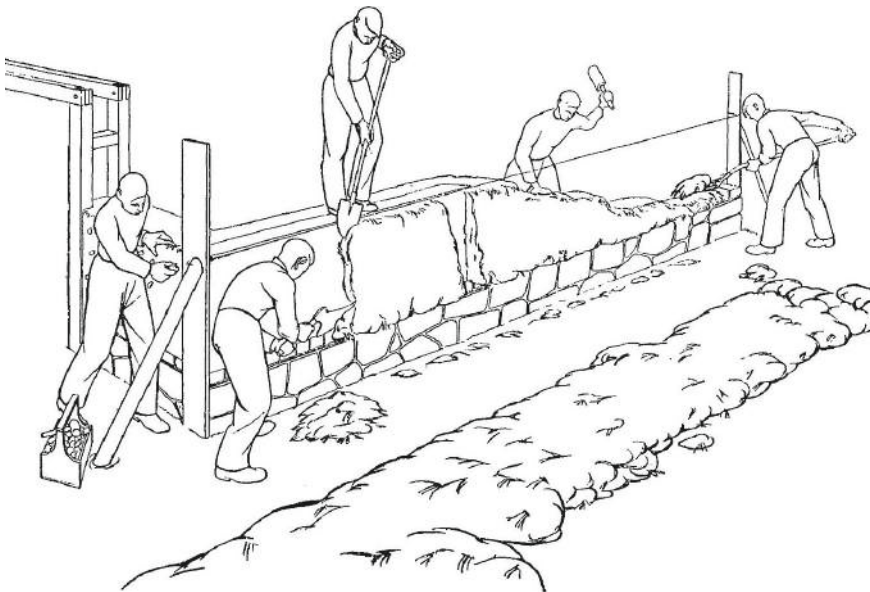


Abb. 36: Aufbereitung und Aufbringen des ersten Wellersatzes

Stampflehm ist eine historische Lehmbautechnik, welche im modernen Lehmnbau durch den Einsatz von Maschinen und der Vorfertigung von Stampflehmelementen weiterentwickelt wurde. Es besteht aus feinkrümeligem, erdfeuchtem, magerem Lehm mit hohem Schotteranteil. Aus Stampflehm hergestellt werden Fußböden sowie tragende und nicht tragende Wände, die im Innen- und Außenbereich zum Einsatz kommen. Für die Herstellung von Stampflehmwänden wird erdfeuchter Lehm in 10 - 15 cm hohen Schichten in eine stabile Schalung eingebracht und durch Stampfen auf eine Rohdichte von 1700 bis 2200 kg/m³ verdichtet. Somit ist Stampflehm der Lehmnbaustoff mit dem höchsten Gewicht. Die Verdichtung erfolgt entweder händisch (Holz- oder Metallstampfer), mittels pneumatischen Stampfern oder mit Rüttelplatten.³³ In weniger entwickelten Ländern wird meistens manuell, im europäischen Raum hauptsächlich elektrisch verdichtet. Maschinelles Stampfen verkürzt gegenüber traditionellen Techniken den Zeit- und Arbeitsaufwand. Nach einer Trocknung von maximal 12 - 24 Stunden kann die Schalung dann entfernt werden und das Material an der Luft vollständig austrocknen. Nach dem Ausschalen zeigt sich eine monolithische, scharfkantige Wand mit charakteristischen, horizontalen Linien, die dem Stampflehm seinen ästhetisch hohen Wert verleihen.³⁴

Der Lehmwellerbau ist eine Massivlehmtechnik, die bis heute in vielen Regionen Afrikas eingesetzt wird. „Nicht zu fetter (tonhaltiger) Lehm wird mit Strohhäckseln unter Wasserzugabe gründlich vermischt, wobei auf 1 m³ Lehmnbau Masse 22 - 28 kg Stroh kommen, je nachdem, ob der Lehm magerer oder fetter ist.“³⁵ Die Mischung aus Lehm und Stroh wird hier nicht in eine Schalung gestampft, sondern entweder per Hand oder mit einer Gabel in Schichten von ca. 40 - 60 cm aufgebracht und durch Festtreten leicht verdichtet. „Man arbeitet sich beim Aufschichten der Wand, auf dem Sockelfundament bzw. auf dem bereits aufgeschichteten Wellersatz stehend, schräg aufsetzend rückwärts vor.“³⁶ Jede Schicht muss eine oder mehrere Wochen trocken, bevor die nächste aufgebracht werden kann. Nach dem Antrocknen werden dann die beim Schichten entstandenen Überstände mit einem Spaten nach unten zur endgültigen Wandstärke abgestochen, so dass ein ebenmäßiger Mauerabschluss entsteht. Bis zur Aufschichtung der vollen Bauwerkshöhe sind zwischen dem Auftragen der einzelnen Schichten immer wieder Trocknungszeiten notwendig.

³³ Vgl. <http://netzwerklehm.at/lehm/bautechniken/> (Zugriff 07.08.2023).

³⁴ Vgl. https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=23550&property_id=107 (Zugriff 07.08.2023).

³⁵ https://materialarchiv.ch/de/ma:material_1503?q=lehm (Zugriff 07.08.2023).

³⁶ Ebd.

Lehmziegel

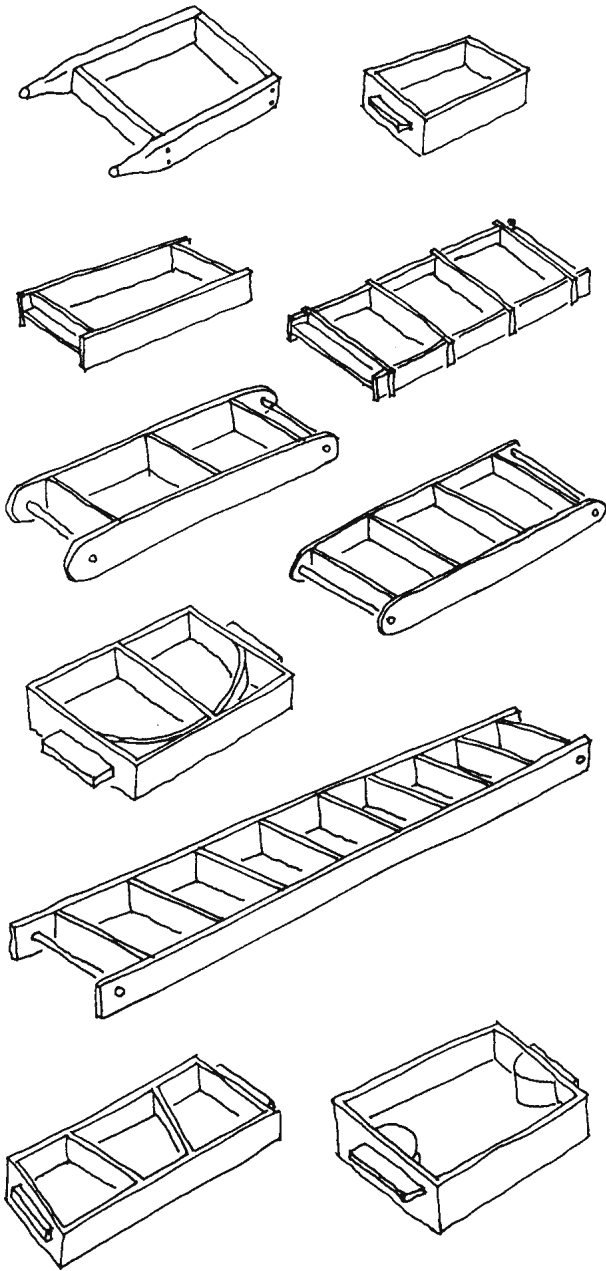


Abb. 37: Formen zur Herstellung von Lehmziegel

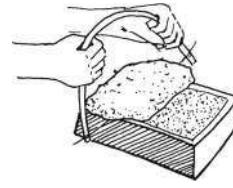


Abb. 38: Abziehen des überschüssigen Materials mit einem Draht

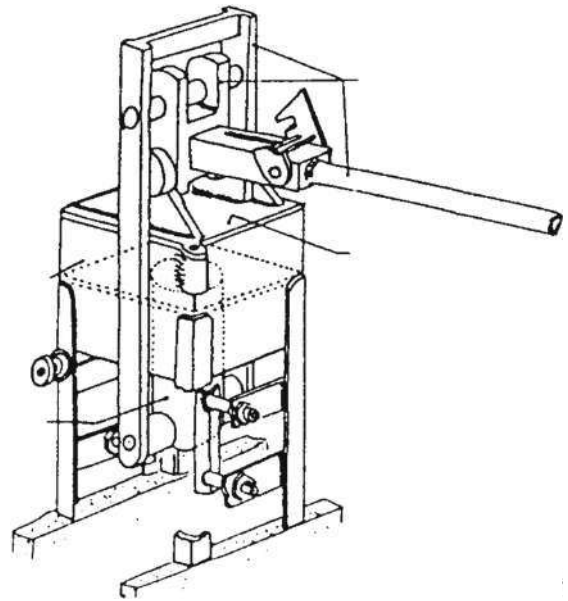


Abb. 39: Handbetriebene Ziegelpresse

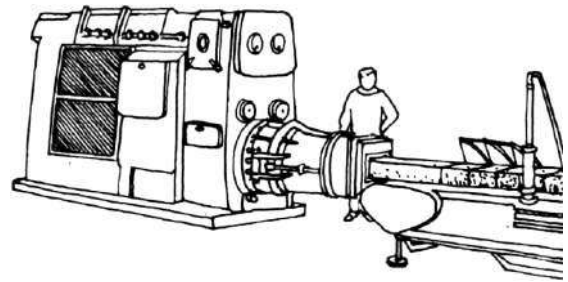


Abb. 40: Strangpresse mit Schneckenantrieb

Lehmziegelbau beschreibt die Bautechnik mit ungebrannten Lehmsteinen, die vor allem in trockenheißen, subtropischen und gemäßigten Klimazonen der Welt weit verbreitet ist. Es gibt drei verschiedene Verfahren, um Lehmziegel herzustellen. Der erdfeuchte Lehm kann entweder einfach per Hand zu Ziegeln verarbeitet, in eine rechteckige Holzform eingebracht oder unter Druck in eine Ziegelform gepresst werden. Bei der manuellen Fertigung kann das überschüssige Material mit der Hand oder mit einem Draht abgezogen werden. Nachdem die Masse sich gefestigt hat, wird der Rahmen entfernt und die Lehmsteine können trocknen. Diese Art der Herstellung ist die einfachste, weswegen sie heute noch vor allem in weniger entwickelten Ländern die gängigste Methode ist. „Für industriell hergestellte ungebrannte Lehmziegel kommt das in der Ziegelindustrie übliche Formgebungsverfahren des Strangpressens zur Anwendung. Die dabei entstehenden Ziegel bezeichnet man als Grünlinge.“³⁷ „Lehmsteine werden auch in Strangpressen oder Extrudern geformt: Die aufbereitete, zugeführte Lehmmasse wird über eine Mischerschnecke verdichtet, in einer Vakuumkammer entlüftet und am Ende durch ein Mundstück gepresst, dabei zu einem Endlosstrang geformt und von einer Schneidvorrichtung auf das vorgegebene Format zugeschnitten.“³⁸ Traditionell werden Lehmziegel an der Sonne getrocknet. Je nach Beschaffenheit und Zusatzstoffen werden sie zur Trocknung an der Luft häufig auch im Schatten gelagert, da direkte Sonneneinstrahlung Risse durch zu schnelle Wasserverdunstung verursachen kann. „Schwere Lehmsteine, auch Lehmvollsteine genannt, haben eine gute Schalldämmwirkung. Leichtlehmsteine hingegen erzielen durch ihr geringes Raumgewicht eine bessere Wärmedämmwirkung. Ihnen werden Zuschlagstoffe wie beispielsweise Strohhäcksel oder Holzspäne beigemischt. So wird der Lehmanteil reduziert und die Steine werden leichter. Der Lehmanteil kann nicht beliebig reduziert werden, da der Lehm auch als Kleber fungiert und dafür sorgt, dass der Stein nicht zerbröselt.“³⁹

³⁷ <http://netzwerklehm.at/lehm/bautechniken/> (Zugriff 07.08.2023).

³⁸ Horst Schroeder: *Lehmbau: Mit Lehm ökologisch planen und bauen*, Berlin: Springer Verlag 2018, S. 159.

³⁹ <https://www.oekologisch-bauen.info/baustoffe/lehmbaustoffe/lehmsteine/> (Zugriff 07.08.2023).

Abb. 41: Einheimischer produziert Lehmziegel



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

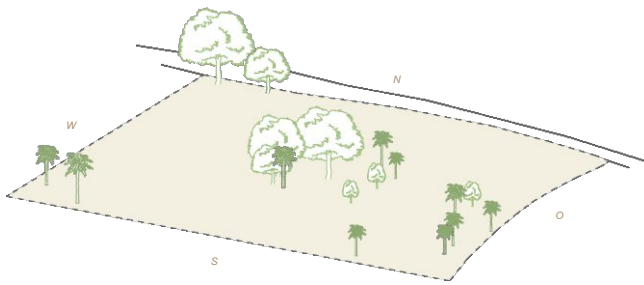
Für die „Earth School“ sollte nun eine einfache Bauweise gewählt werden, die mit simplen Werkzeugen relativ kostengünstig errichtet und von einheimischen Bauarbeitern umgesetzt werden kann. Stampflehm würde ich im Entwicklungskontext eher ausscheiden, weil diese recht aufwändige Technik aufgrund der Notwendigkeit, Holzbretter für die Schalung zu besorgen, kostspielig und daher im Senegal nicht verbreitet ist. Somit wird die Schalungsherstellung viel zu kompliziert für die Menschen vor Ort sein und sie werden diese ihnen bisher unbekannte Bautechnik vermutlich nicht problemlos nachahmen und selbst ausführen können. Wellerlehm kann zwar ohne Schalung aufgeschichtet werden und benötigt keinen bis nur minimalen Werkzeugaufwand, braucht jedoch verhältnismäßig lange Trocknungszeiten. Demzufolge sind die Gebäude in dieser Technik deutlich zeitintensiver im Bau. Ich habe mich schließlich für die gängigste Bauweise mit Lehmziegeln entschieden, weil Ziegel keine besonderen Baustelleneinrichtungen brauchen, sich durch ihr handliches Format und die einfache Verarbeitbarkeit sehr gut für Arbeiten in Eigenleistung eignen. Zudem handelt es sich bei diesem Entwurf um eine tragende Stützenkonstruktion und zum Ausfachen der nichttragenden Wände eignen sich Lehmsteine hervorragend. Je nach Fertigkeit und Übung kann eine Person 300 - 500 Ziegel pro Tag produzieren und diese können bereits nach einer kurzen Trocknungszeit von zwei bis drei Tagen verbaut werden. So haben Lehmziegelbauten auch den Vorteil, flexibler und schneller in der Ausführung zu sein. Hier sind Lehmziegel auch deshalb gut einzusetzen, weil es im Entwicklungskontext oft Vorbehalte gibt gegenüber dem Material und wenn sie das absolut nicht verwenden möchten, man das Projekt aber trotzdem ausführen muss, kann man immer noch auf gebrannte Ziegel ausweichen, ohne den ganzen Entwurf umwerfen zu müssen.

Abb. 42: Lehmziegel zum Trocknen ausgelegt

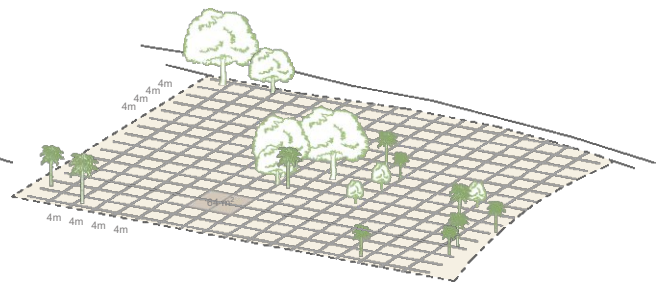
"There are a lot of resources given by nature for free. All that we need is our sensitivity to see them and our creativity to use them." - ANNA HERINGER

3. Entwurf

3.1. Konzept

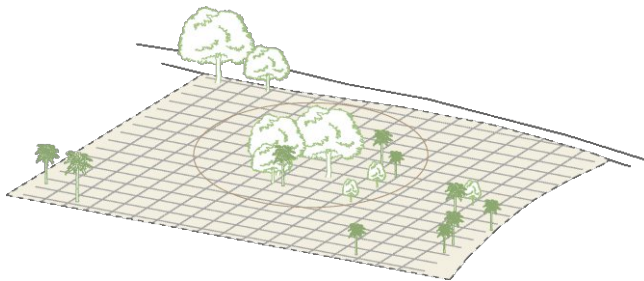


Bauplatz
4833 m²



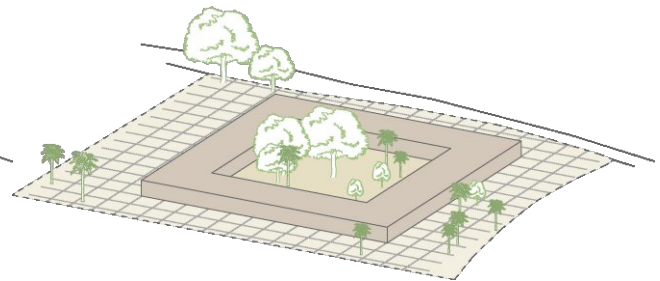
Raster

Unterteilung des Bauplatzes zur Anpassung an die Anforderung der gewünschten 63 m² Klassen



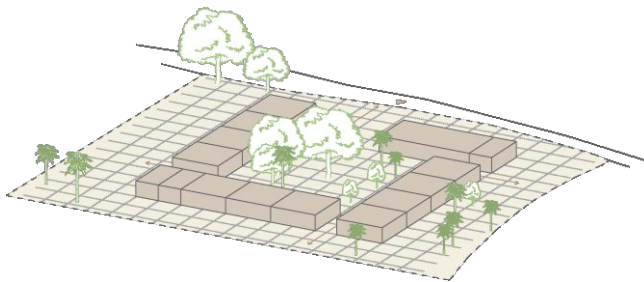
Herzstück

Schaffung eines zentralen Freiraums für Spiel und Bewegung



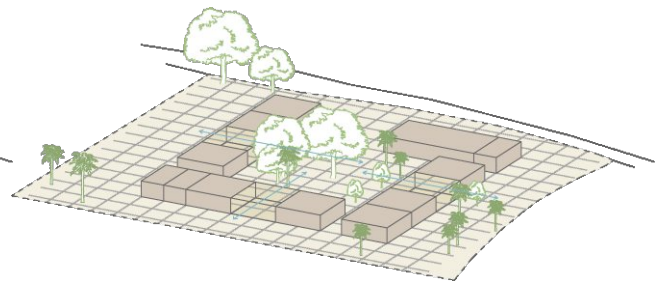
Schutz

Entstehung eines geschützten Innenhofs durch den bestmöglichen Erhalt des Baumbestandes



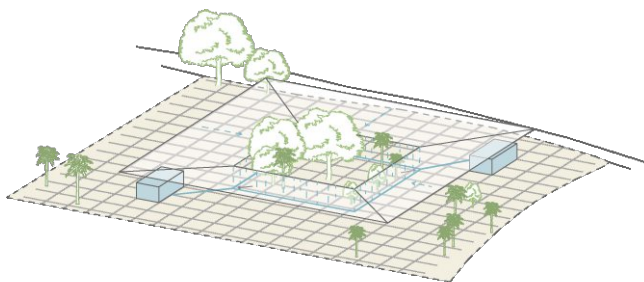
Zerlegung

Einteilung in vier Gebäudetrakte und einzelne Klassenräume



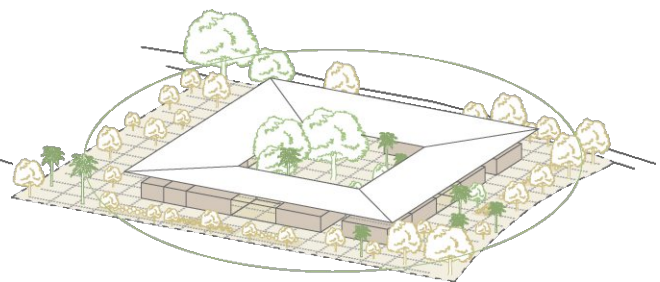
Freiraumklasse

Gestaltung von drei Klassenzimmern als geschützte und beschattete Klassen im Freien



„Case à Impluvium“

Auffangen von kostbarem Regenwasser und Ableitung in zwei Zisternen unter den Toilettenanlagen



Green School

Schonung des Baumbestandes und Umzäunung des Schulgeländes mit weiteren Pflanzen

Abb. 43: Konzept

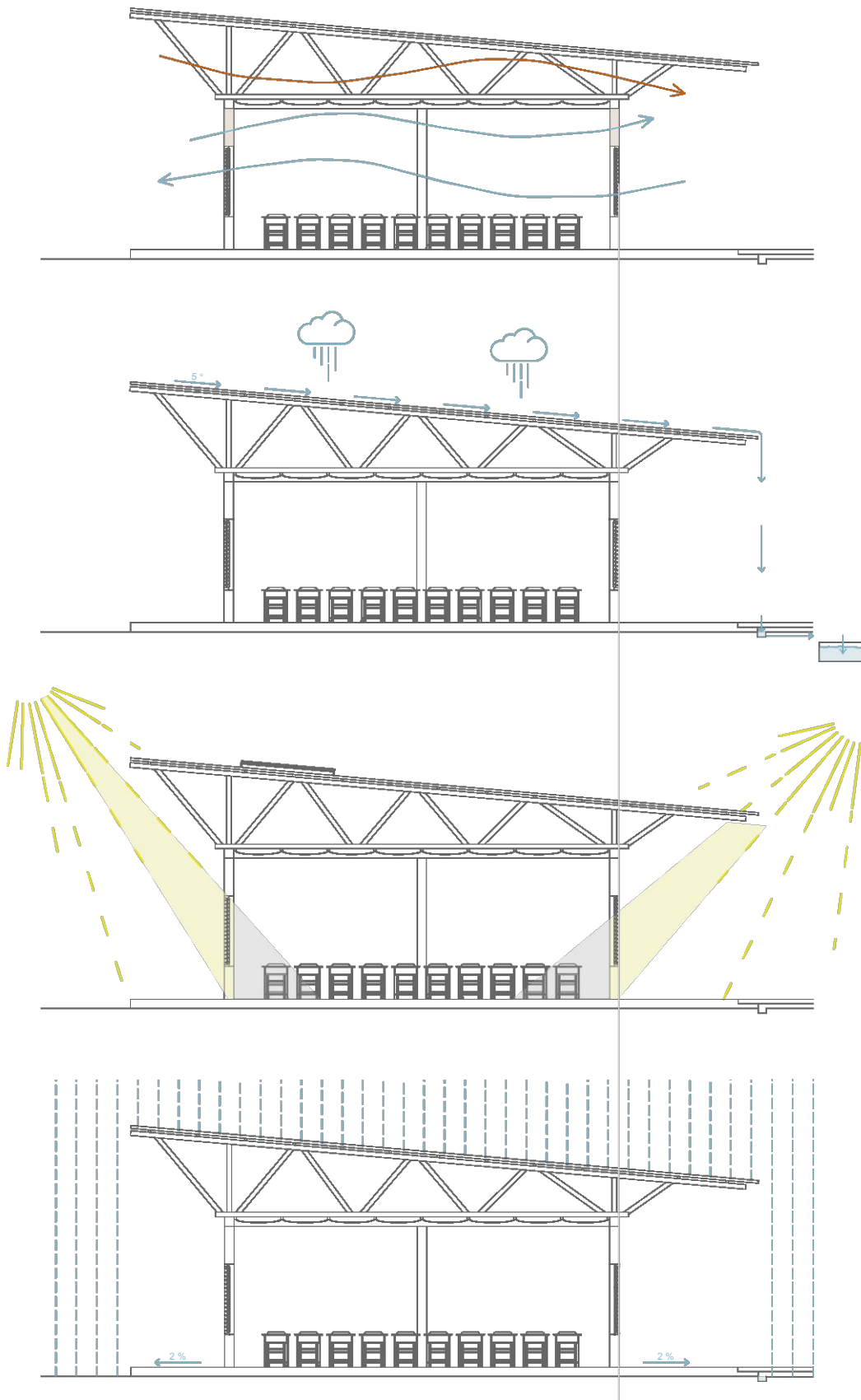


Abb. 44: Konzeptdiagramm

Querlüftung

Das Pultdach ermöglicht eine ideale, natürliche Belüftung der Klassenräume. Dieses mit Fachwerkträgern erhöhte Dach lässt die heiße Luft zwischen dem Wellblech und der mit Strohmatte abgehängten Decke durchströmen. Durch die gegenüberliegenden Lamellenfenster und perforierten Wände kann eine Querlüftung erzielt werden. Diese Luftzirkulation erzeugt ein angenehmes Raumklima für eine optimale Lernatmosphäre.

Regenwassersammlung

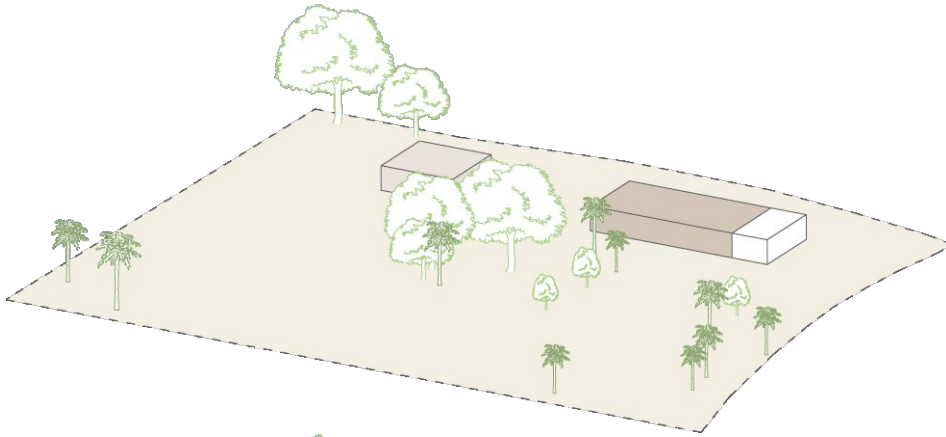
Um wertvolles Regenwasser aufzufangen und das Wasser während der Regenzeit abzuleiten, wurde ein einfaches Kanalsystem, rund um den Innenhof, angelegt. Wenn es regnet, fließt das Wasser über das geneigte Wellblechdach in die Regenrinne, wird dann über die Rinne direkt in die Zisternen geleitet und dort für eine spätere Nutzung gespeichert. Das Niederschlagswasser wird hauptsächlich zur Bewässerung der Pflanzen und zum Händewaschen genutzt.

Sonnenschutz

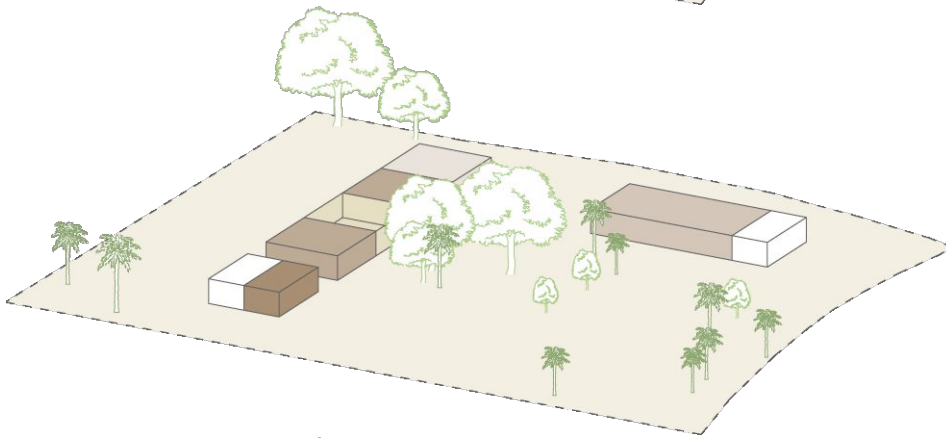
Die großzügigen Dachüberstände schützen die Wände vor der Sonne und helfen nicht nur die Innentemperatur der Gebäude zu senken, sondern laden die Schüler auch dazu ein, die umgebenden Außenräume als schattige Aufenthaltsorte zu nutzen. Um die Schüler vor Sonneneinstrahlung zu schützen und gleichzeitig ausreichend Licht und frische Luft hereinzulassen, wurden Lamellenfenster eingesetzt. Die starke Sonneneinstrahlung wird auch genutzt, um durch Solarpanels die Schule mit nachhaltigem Strom zu versorgen.

Regenschutz

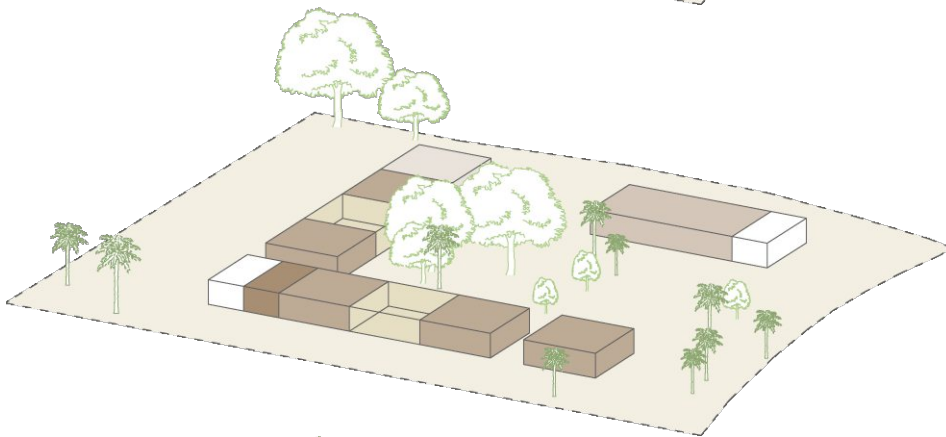
Um die Widerstandsfähigkeit der Lehmwände gegen die schweren Regenfälle zu gewährleisten, wurde ein weit auskragendes Blechdach errichtet. Das 20 cm über Bodenniveau erhabene Fundament schützt die Gebäude vor Spritzwasser und aufsteigender Bodenfeuchtigkeit. Die Außenbereiche weisen zudem ein leichtes Gefälle auf, damit das Wasser in die Erde abrinnen kann.



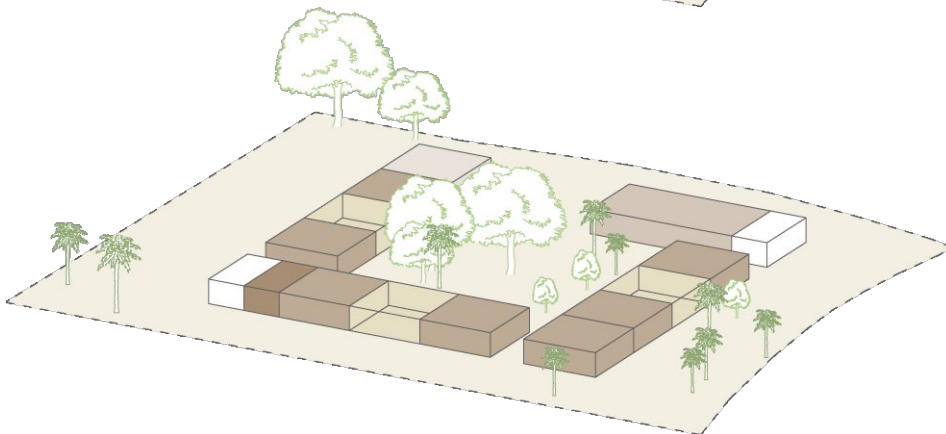
1
 Büros
 Mehrzweckraum
 Toilette



2
 2 Klassenzimmer
 1 Freiraumklasse
 Toilette
 Abstellraum



3
 3 Klassenzimmer
 1 Freiraumklasse



4
 2 Klassenzimmer
 1 Freiraumklasse

Abb. 45: Bauen in vier Phasen

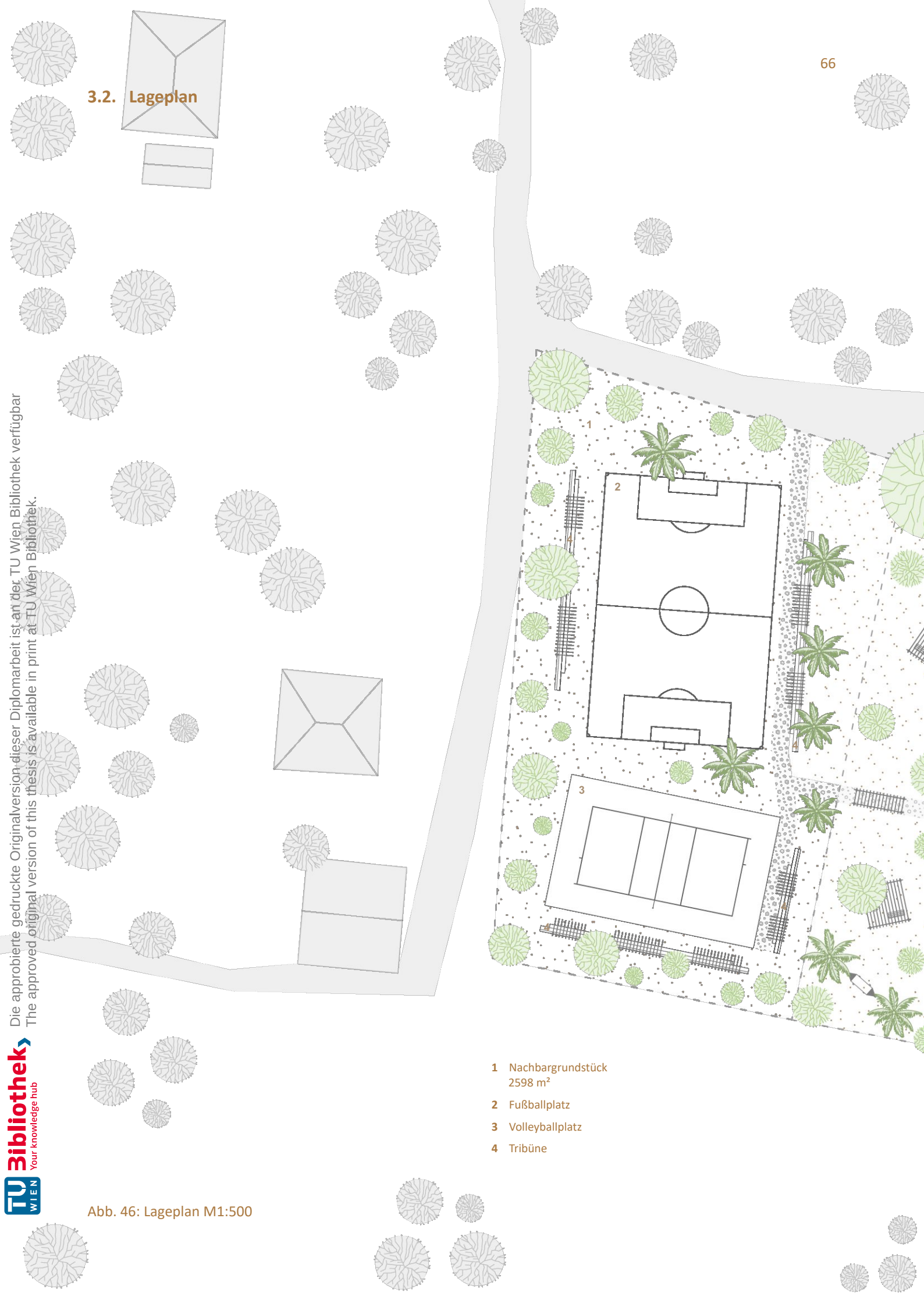
Eine der größten Herausforderungen für Nichtregierungsorganisationen besteht darin, die notwendigen Mittel zur Realisierung ihrer Projekte zu beschaffen. Ein modulares Design, das phasenweise gebaut werden kann, kann ihnen wirklich dabei helfen, dieses Ziel zu erreichen. Aus diesem Grund möchte Kakolum die Schule in vier Phasen bauen. In jeder Phase soll die Schule um zwei, drei neue Klassenzimmer erweitert werden. Idealerweise sollen die Büros und der Mehrzweckraum in der ersten Phase gebaut werden. Es wäre jedoch gut, wenn das Projekt flexibel genug ist, um es der NRO zu ermöglichen, diese Räume gegebenenfalls auch in einer anderen Phase zu bauen.

Die Errichtung der Toilettenanlagen soll in zwei verschiedene Phasen unterteilt werden. In der ersten Bauphase werden vier Toilettenkabinen (2 für Jungen und 2 für Mädchen) gebaut und in der zweiten wird die Schule dann durch vier weitere Kabinen ergänzt. Es wird bevorzugt, diese Toiletten physisch zu trennen, so dass die eine im Nahbereich der Klassenzimmer liegt und die andere vom Hof aus leicht erreichbar ist.

Jede Phase beginnt mit der Montage der Holzstützen. Dazu werden zuerst die Positionen für die Punktfundamente eingemessen, dann wird gegraben, Bruchsteine reingeschüttet, Zementmörtel hineingegoßen und anschließend die Hölzer in Stützenschuhe verankert. Dann werden die Ringbalken angebracht und darüber die Fachwerkträger aufgestellt. Nachdem das Dach dann mit Wellblech gedeckt ist, hat man unterhalb einen witterungsgeschützten Raum, wo die Lehmziegel produziert werden können. Als Nächstes werden die Streifenfundamente für die Wände ausgehoben und wieder mit Steinen und Mörtel gefüllt. Danach werden die Lehmziegelwände aufgemauert. Zum Schluss wird noch ganz viel Erde in Schichten eingeschüttet und der Boden durch Stampfen verdichtet.

Da auch das angrenzende Grundstück erworben und in Zukunft als Sportplatz Teil der Schule werden soll, wurde schon mal vorausgeplant. Sitztribünen aus Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB) und hohe Wände hinter den Sitzflächen schaffen Platz zum Verweilen und vertikale Verschattung, während die Schüler die Spiele verfolgen. Dadurch kann zu den Klassen hin eventuell auch ein wenig Lärmschutz erreicht werden. Einfache Holzpergolen, die an diesen Ziegelwänden angebracht sind, bieten ebenfalls Sonnenschutz.

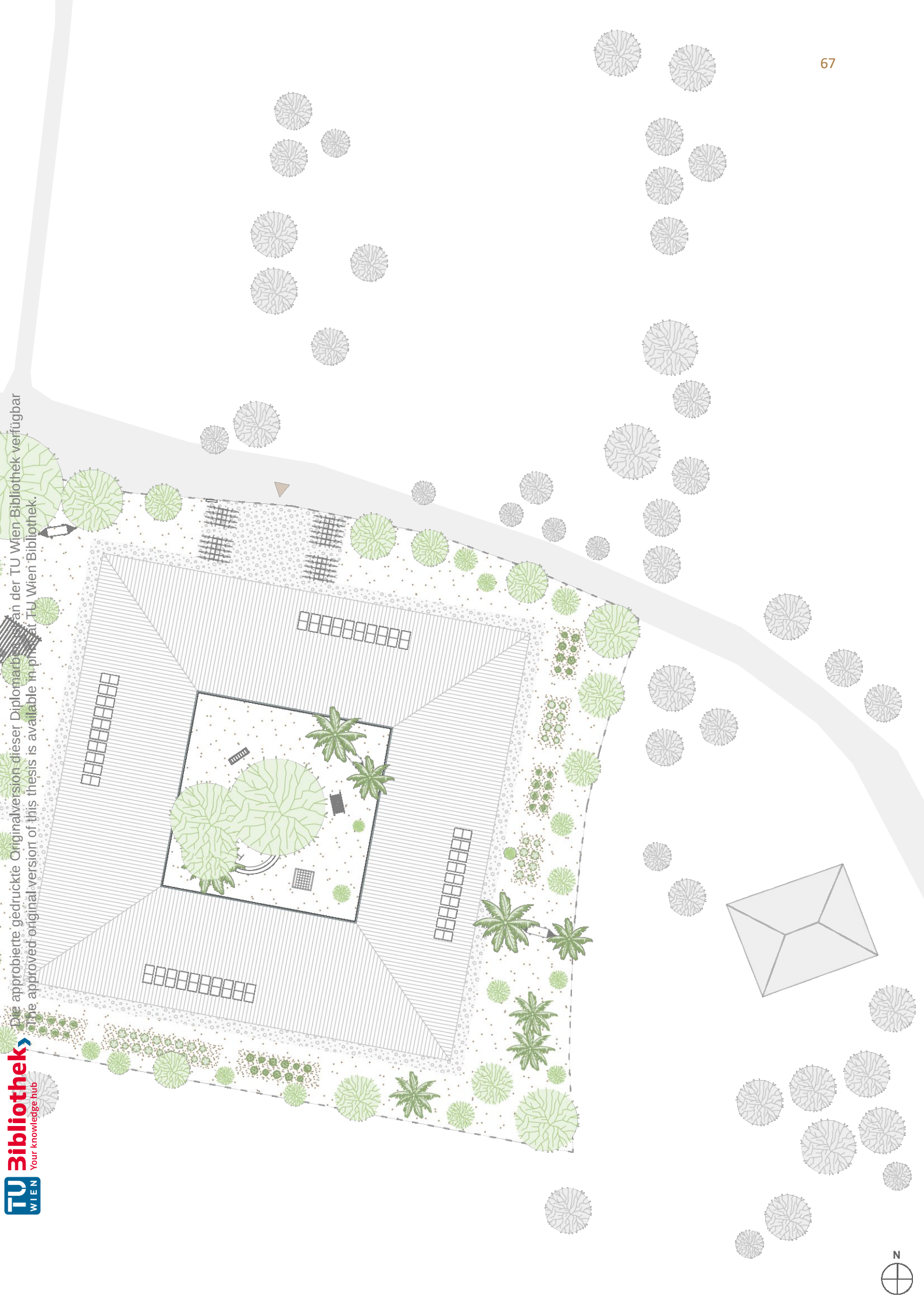
3.2. Lageplan

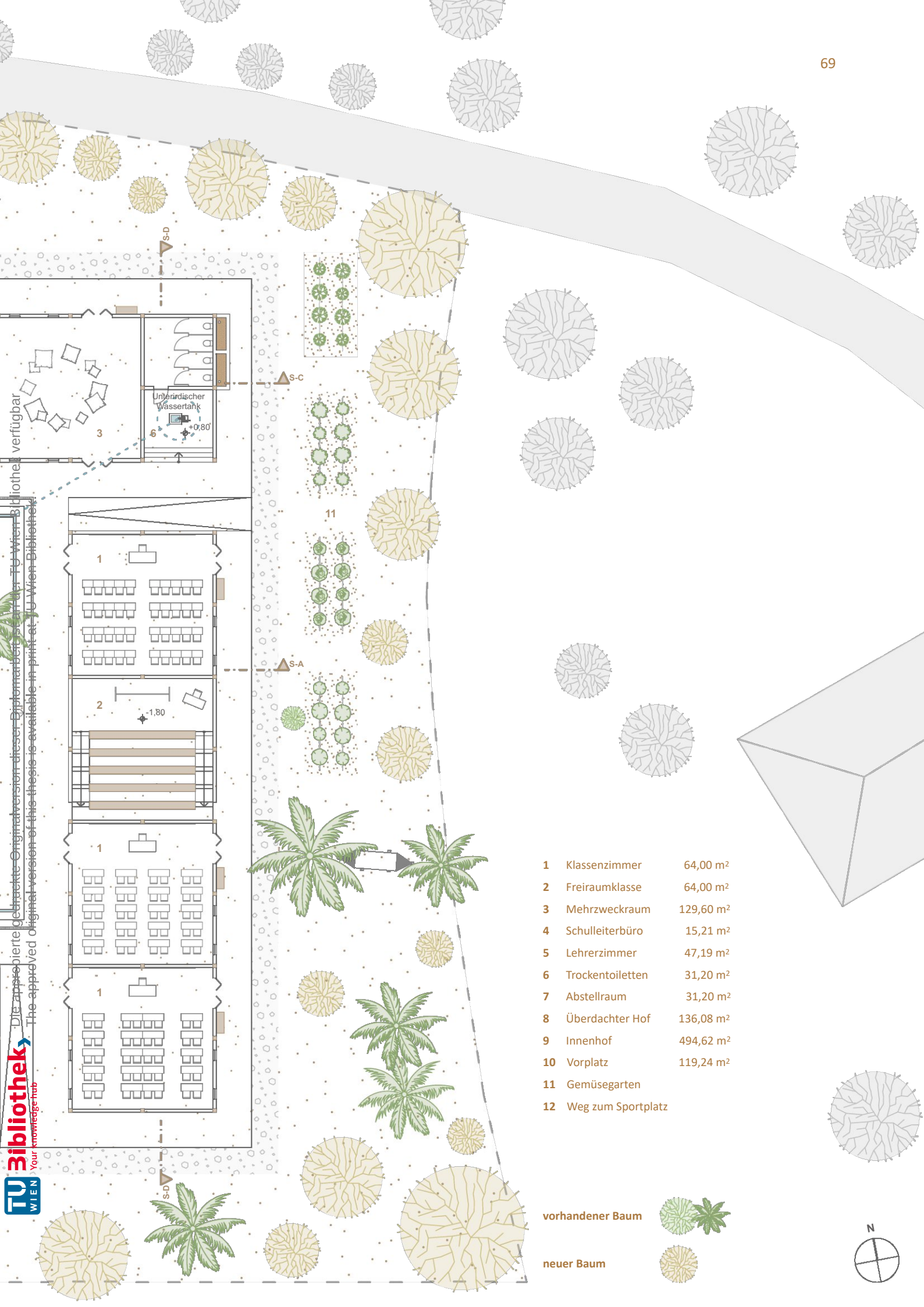


- 1 Nachbargrundstück
2598 m²
- 2 Fußballplatz
- 3 Volleyballplatz
- 4 Tribüne

Abb. 46: Lageplan M1:500

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

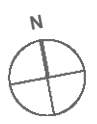




TU BIBLIOTHEK
 WIEN Your knowledge hub
 Die angezeigte Originalversion dieser Diplomarbeit ist nur für Wien-Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek

- 1 Klassenzimmer 64,00 m²
- 2 Freiraumklasse 64,00 m²
- 3 Mehrzweckraum 129,60 m²
- 4 Schulleiterbüro 15,21 m²
- 5 Lehrerzimmer 47,19 m²
- 6 Trockentoiletten 31,20 m²
- 7 Abstellraum 31,20 m²
- 8 Überdachter Hof 136,08 m²
- 9 Innenhof 494,62 m²
- 10 Vorplatz 119,24 m²
- 11 Gemüsegarten
- 12 Weg zum Sportplatz

- vorhandener Baum
- neuer Baum



3.4. Ansichten



Abb. 48: Ansicht Nord M1:150



Abb. 49: Ansicht Ost M1:150



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist
The approved original version of this thesis is available in print at





Abb. 50: Ansicht Süd M1:150



Abb. 51: Ansicht West M1:150



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



3.5. Schnitte



Abb. 52: Schnitt A-A M1:150



Abb. 53: Schnitt B-B M1:150



Die approbierte, gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an
The approved original version of this thesis is available in print at TU



3.6. Konstruktion

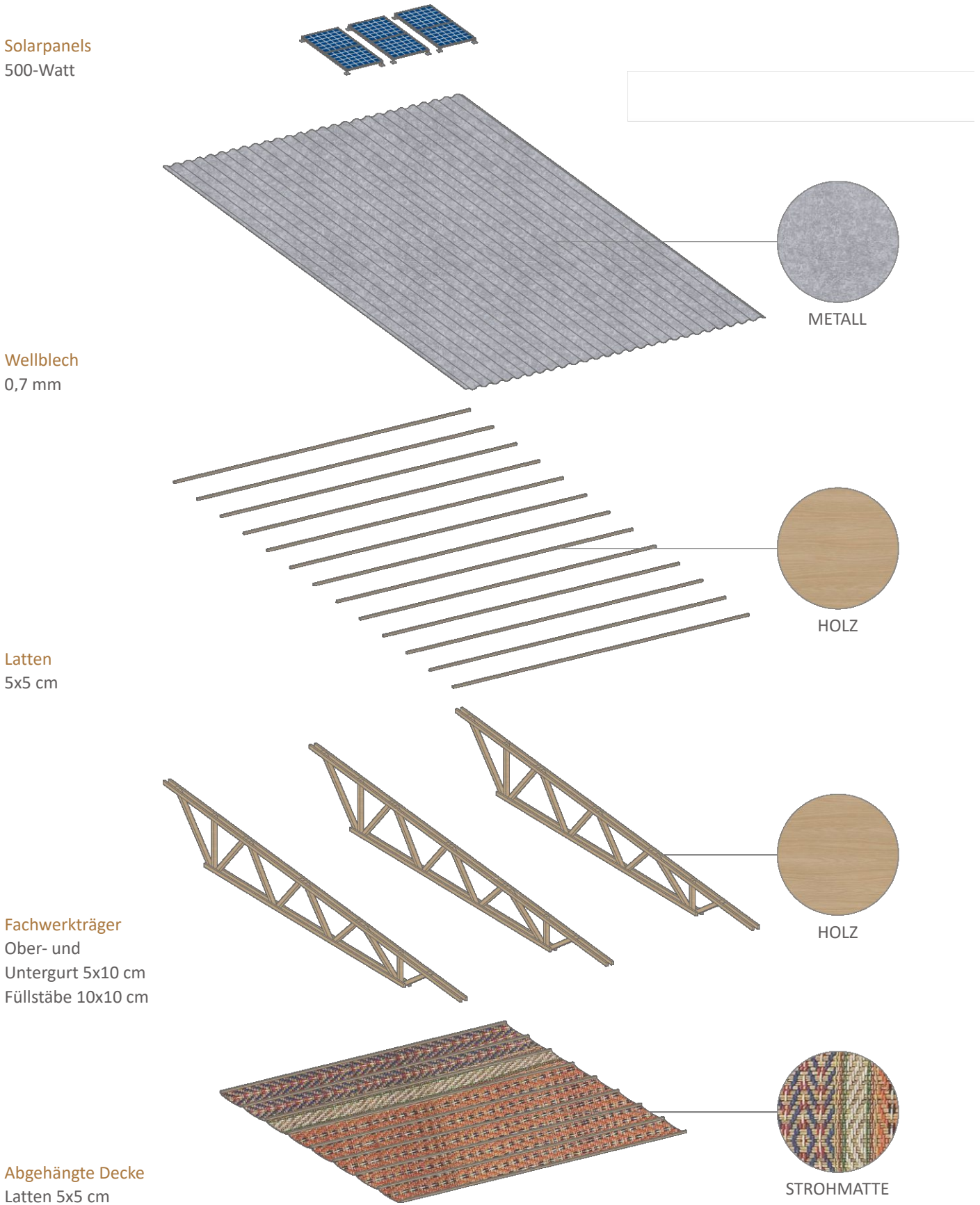
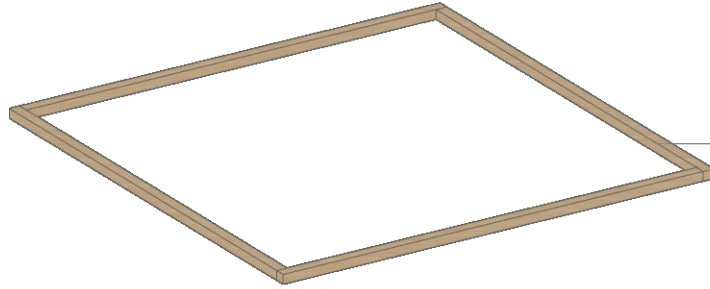


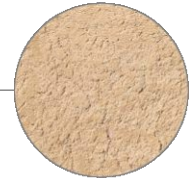
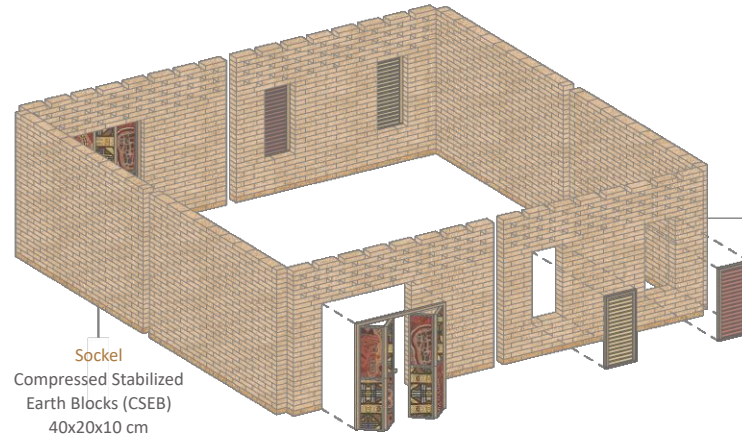
Abb. 54: Explosionsaxonometrie eines Klassenzimmers

Ringbalken
 20x20 cm



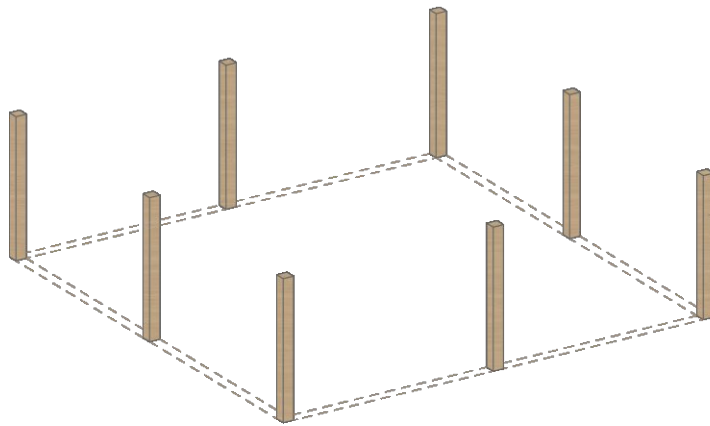
HOLZ

Wände
 Ziegel 40x20x10 cm
 Läuferverband



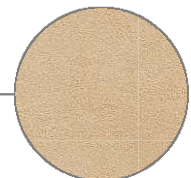
LEHM

Stützen
 20x20 cm



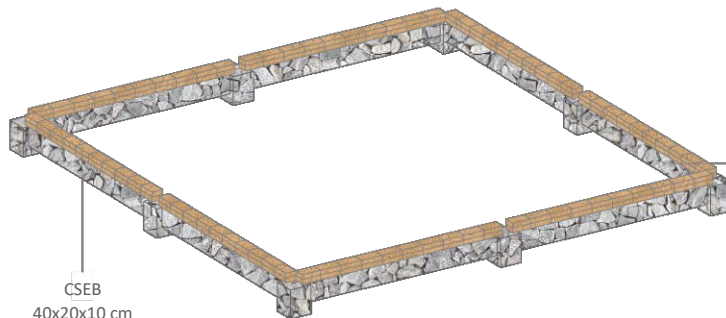
HOLZ

Fußboden
 Erdbeton 3 cm
 Stampflehm 17 cm



LEHM

Punktfundament
 40x40x60 cm



STEIN

Streifenfundament
 20x40 cm

CSEB
 40x20x10 cm

3.7. Details

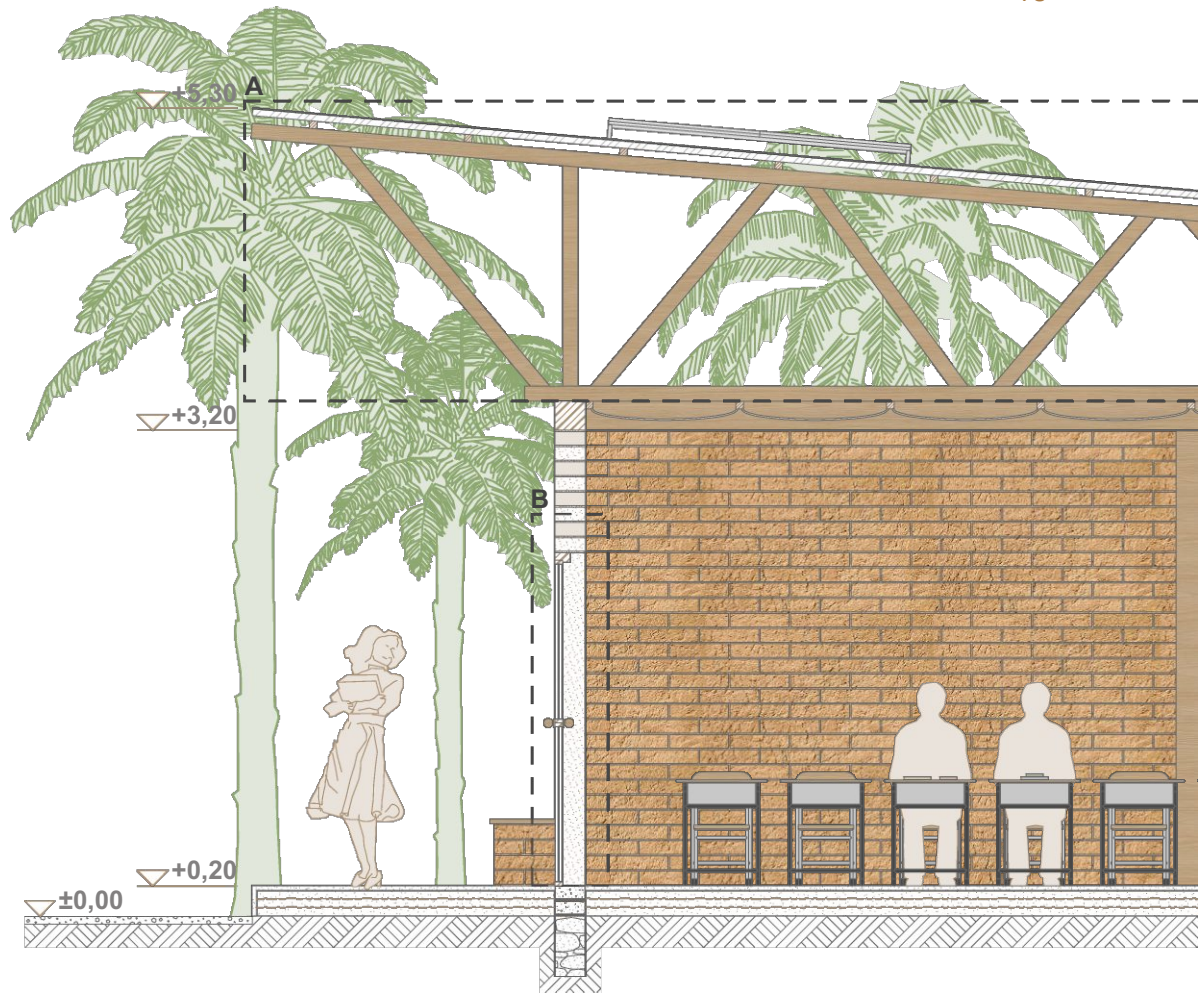


Abb. 55: Schnitt durch ein Klassenzimmer M1:50

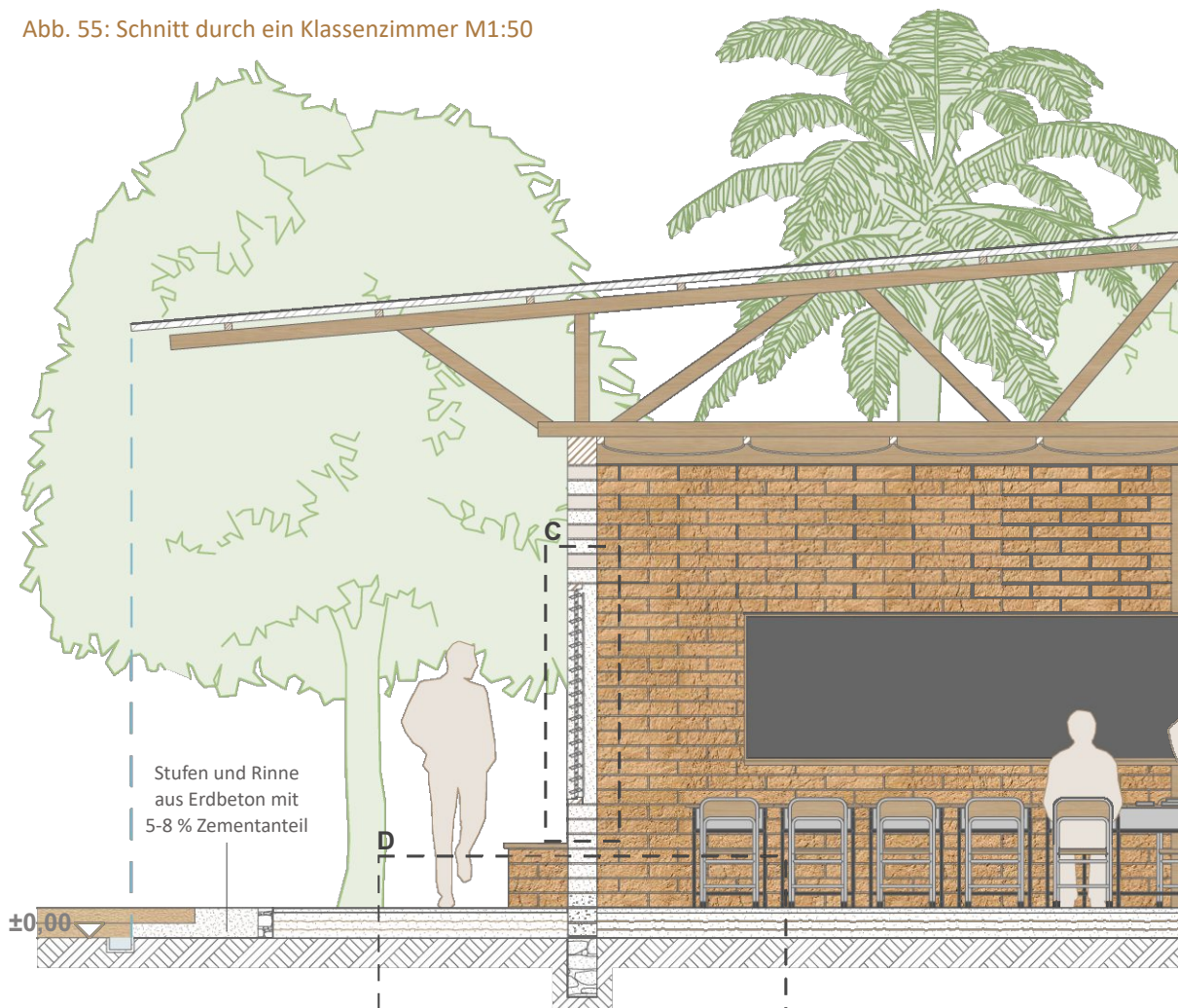
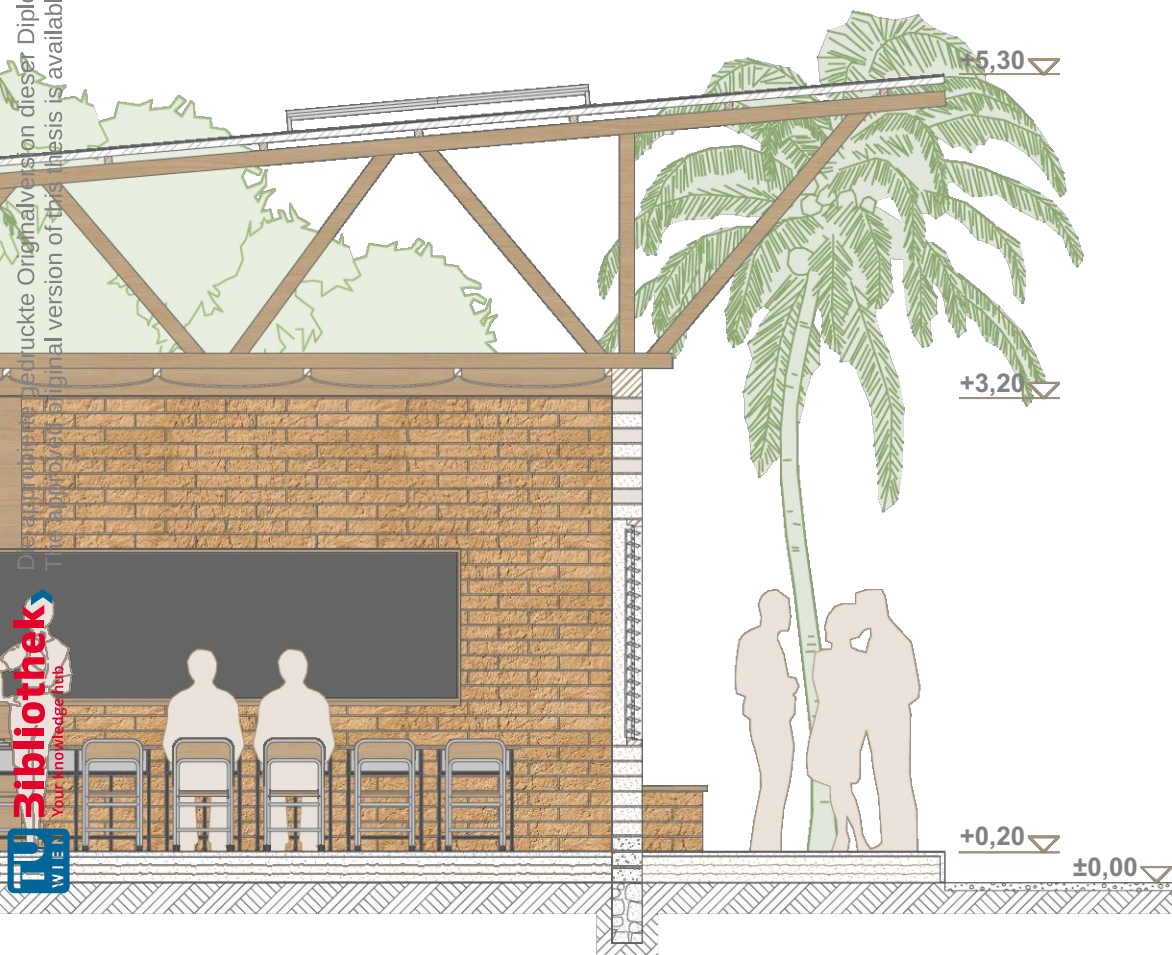
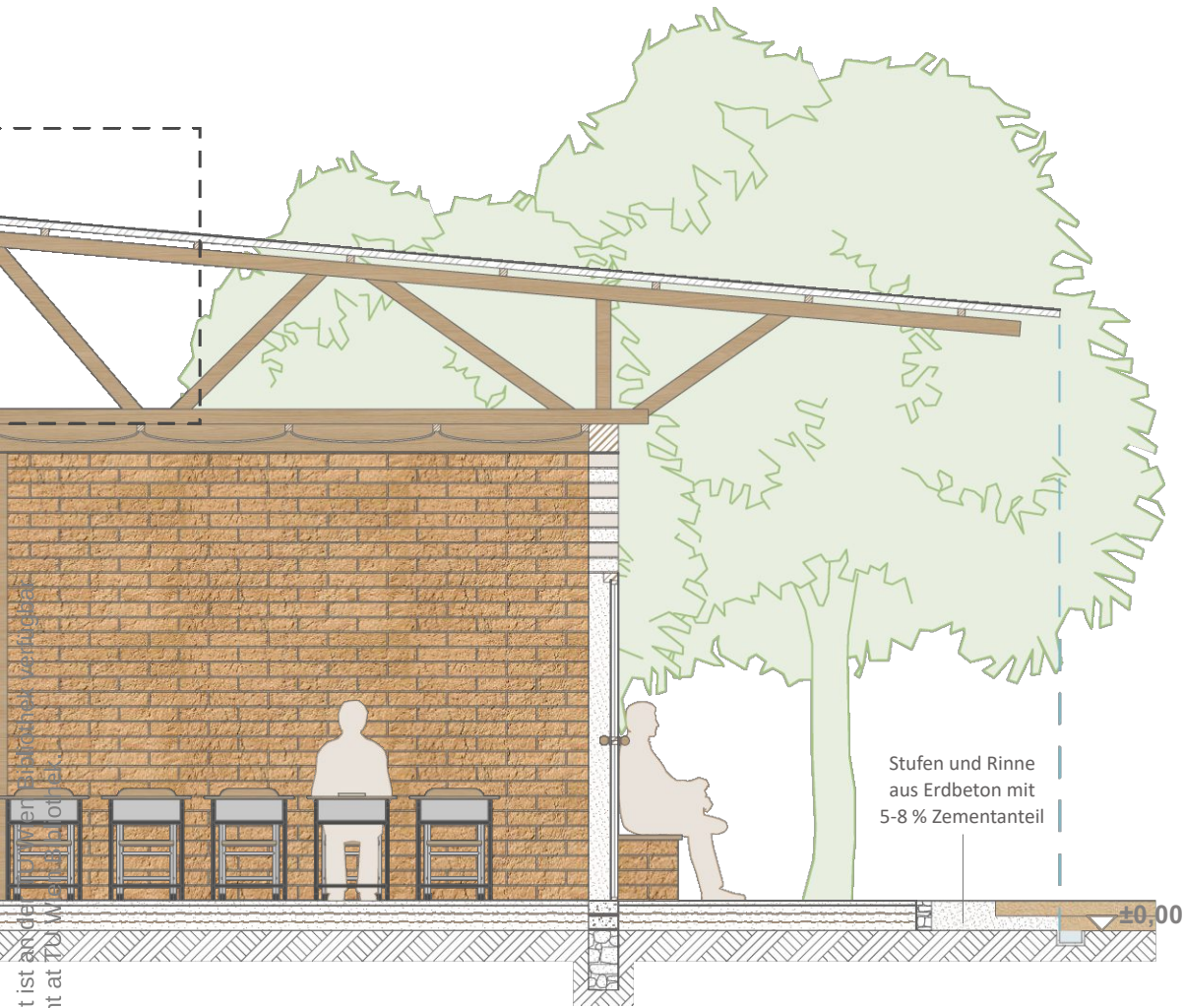


Abb. 56: Schnitt durch ein Klassenzimmer M1:50



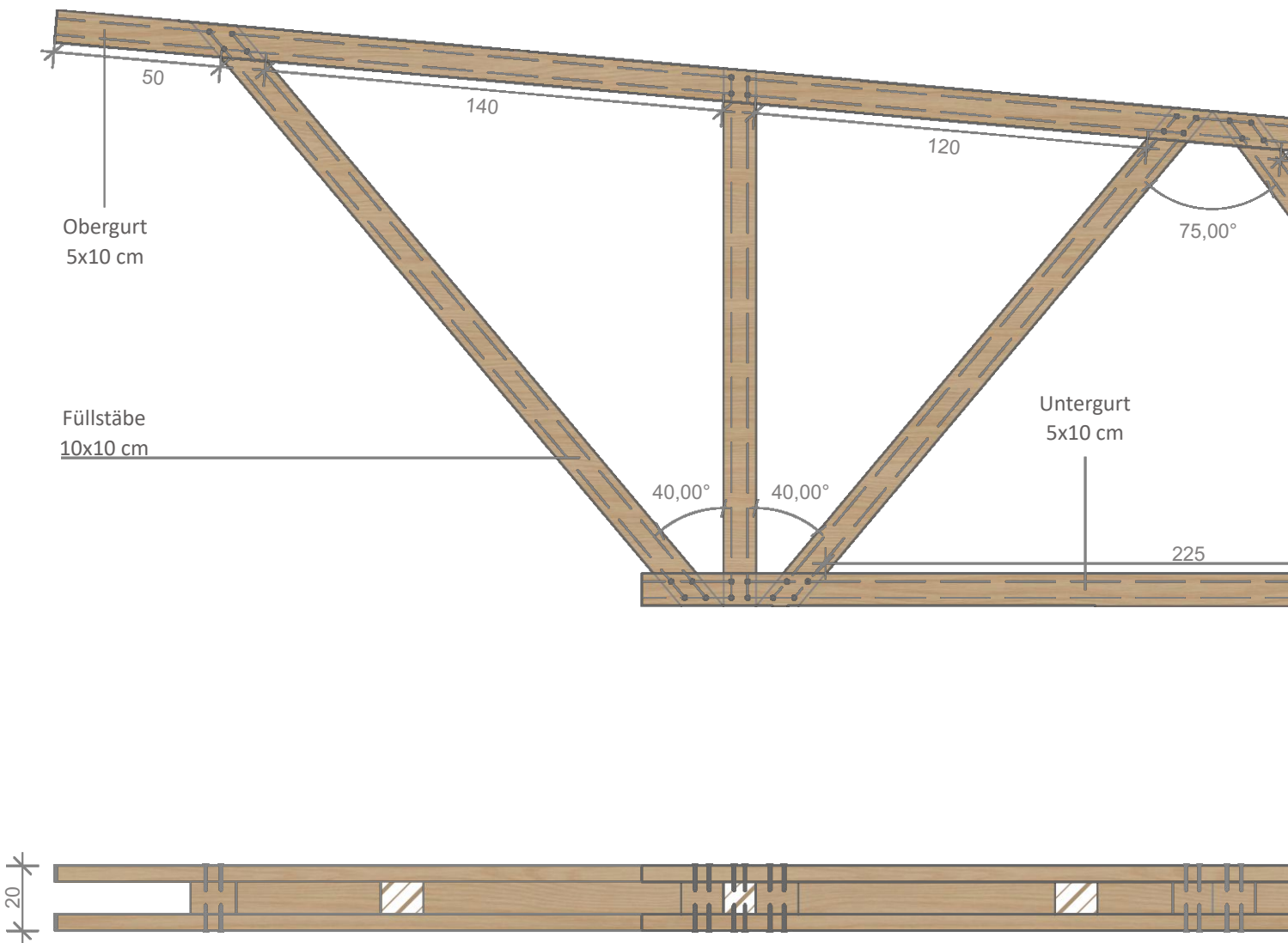
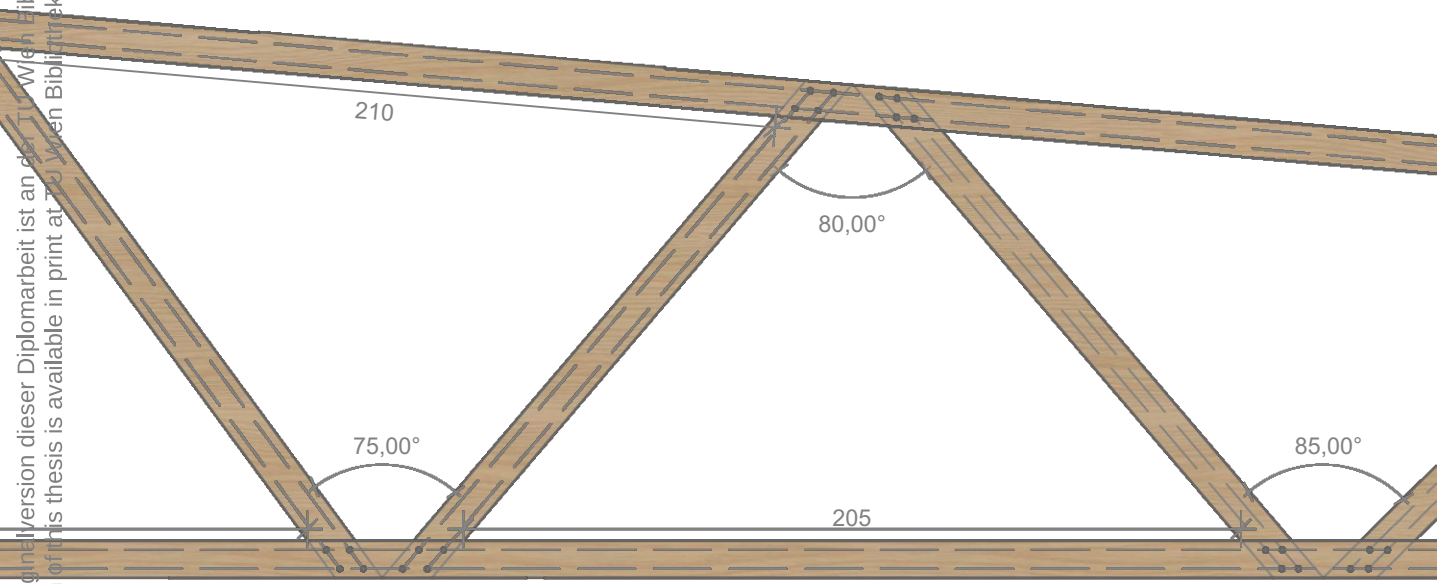


Abb. 57: Detail A - Holzfachwerkträger M1:20

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Ansicht



Grundriss

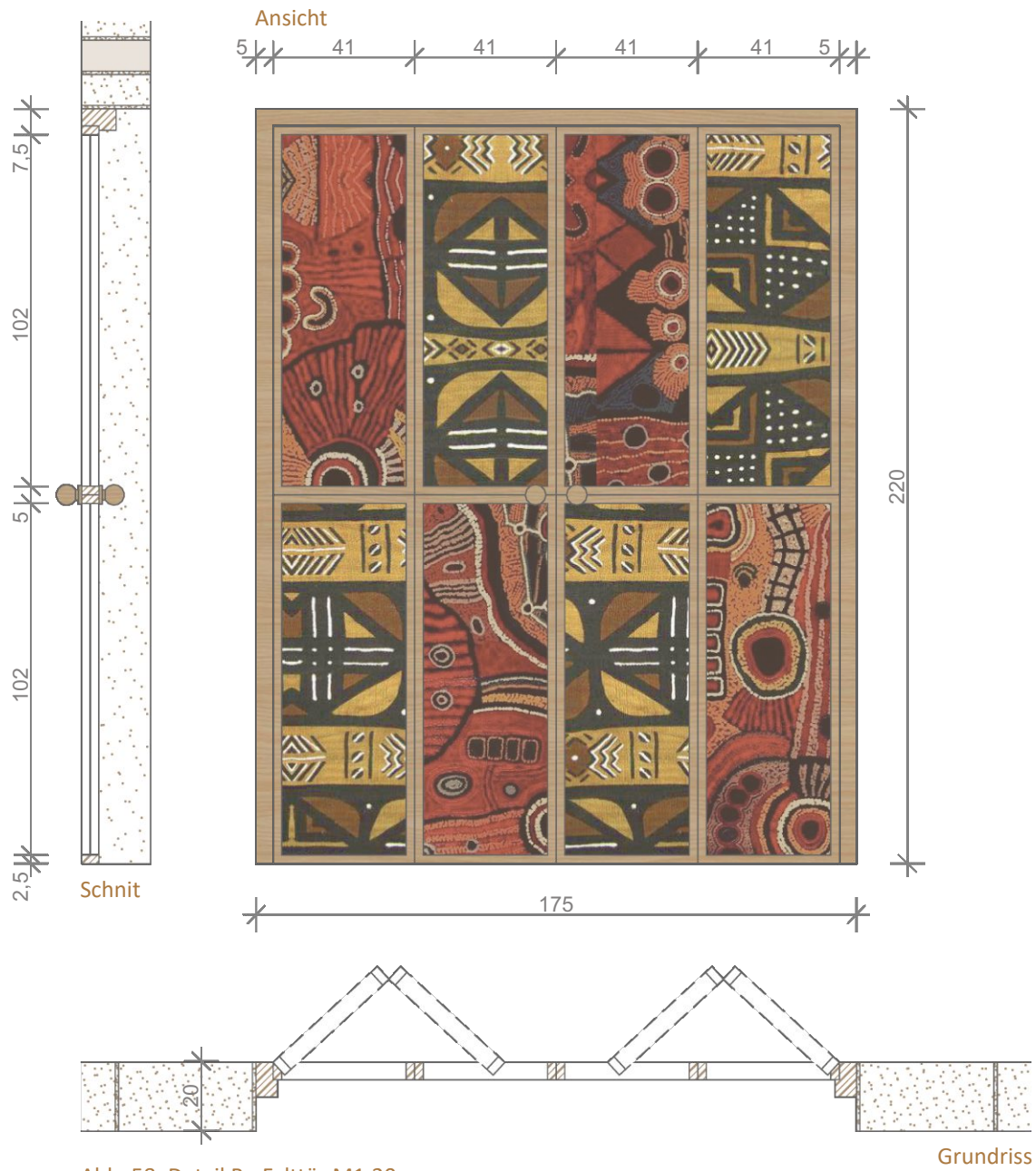


Abb. 58: Detail B - Falttür M1:20

Falttür mit Holzrahmenkonstruktion. Die einzelnen Paneele sind mit farbenfrohen Stoffen verziert, um Traditionen in die Architektur einfließen zu lassen.

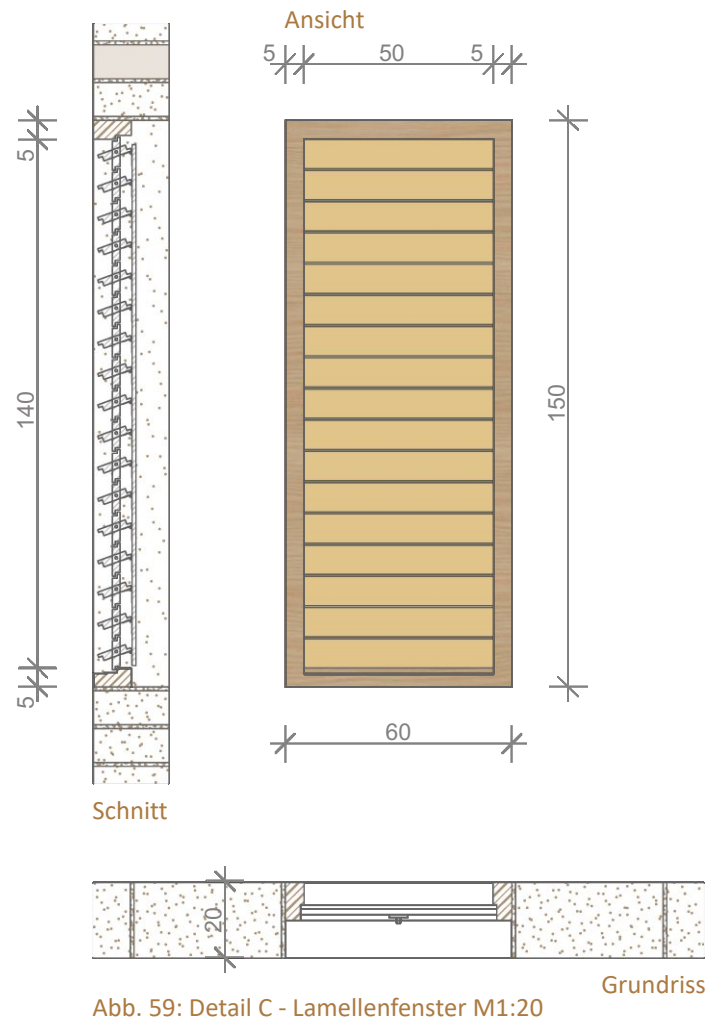


Abb. 59: Detail C - Lamellenfenster M1:20

Verschließbares Lamellenfenster mit Holzrahmenkonstruktion. Die horizontalen Lamellen können manuell gedreht werden, um den Öffnungswinkel zu regulieren. Diese bieten Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung und somit dem Aufheizen des Raumes, lassen aber auch gleichzeitig Luft in den Raum.

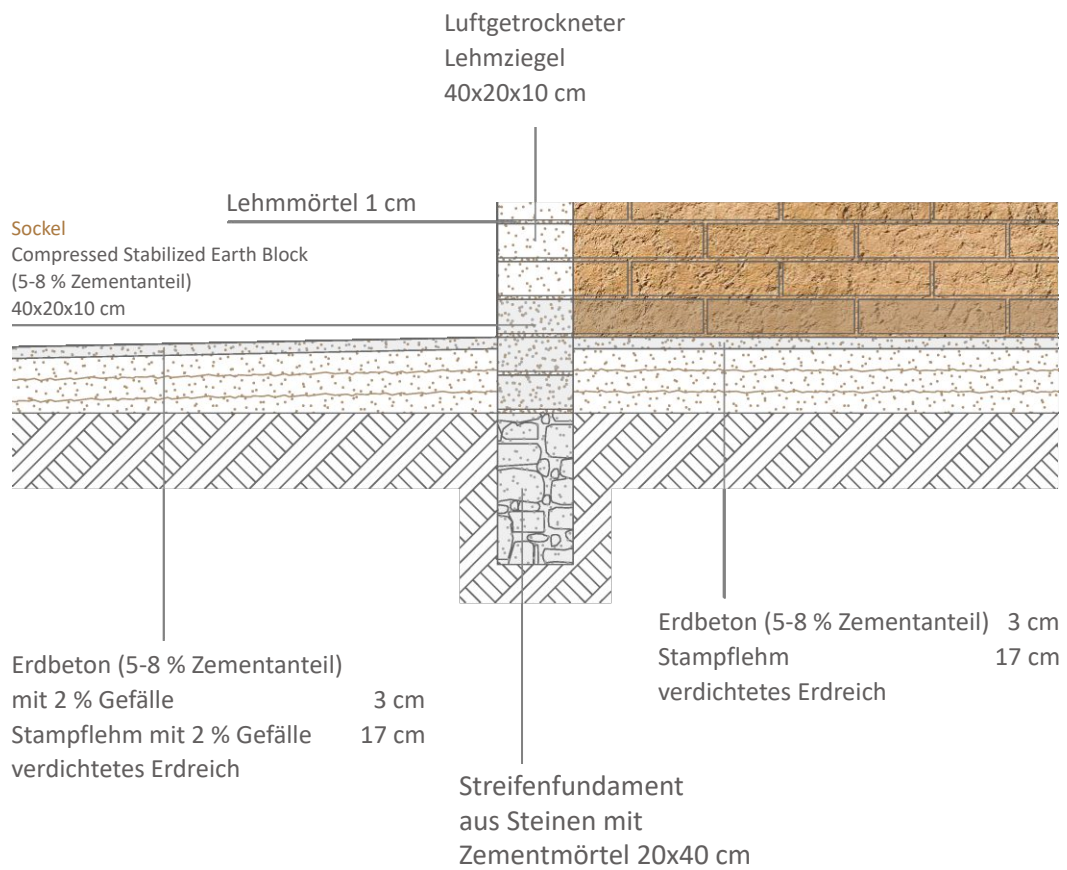


Abb. 60: Detail D - Fundament M1:20

Grundriss



Axonometrie



Abb. 61: Sitzstufen

Der Baumbestand des Grundstücks schafft für die Schüler einen schattigen Platz zum Verweilen. Zur Nutzung des zentralen Freiraums und Gestaltung des Schulhofs wurde unter diesen Bäumen eine runde Sitzcke aus den übrig gebliebenen Compressed Stabilized Earth Blocks gebaut. Diese Sitzstufen können als eine natürlich beschattete Freiraumklasse oder als ein Ort der Versammlung genutzt werden. Da sie im Innenhof direktem Regen ausgesetzt sind, werden gepresste und stabilisierte Lehmziegel verwendet, um eine höhere Witterungsbeständigkeit zu erzielen und somit die Lebensdauer zu verlängern. Die Sitzflächen weisen ein leichtes Gefälle auf, damit das Wasser abrinnen kann.

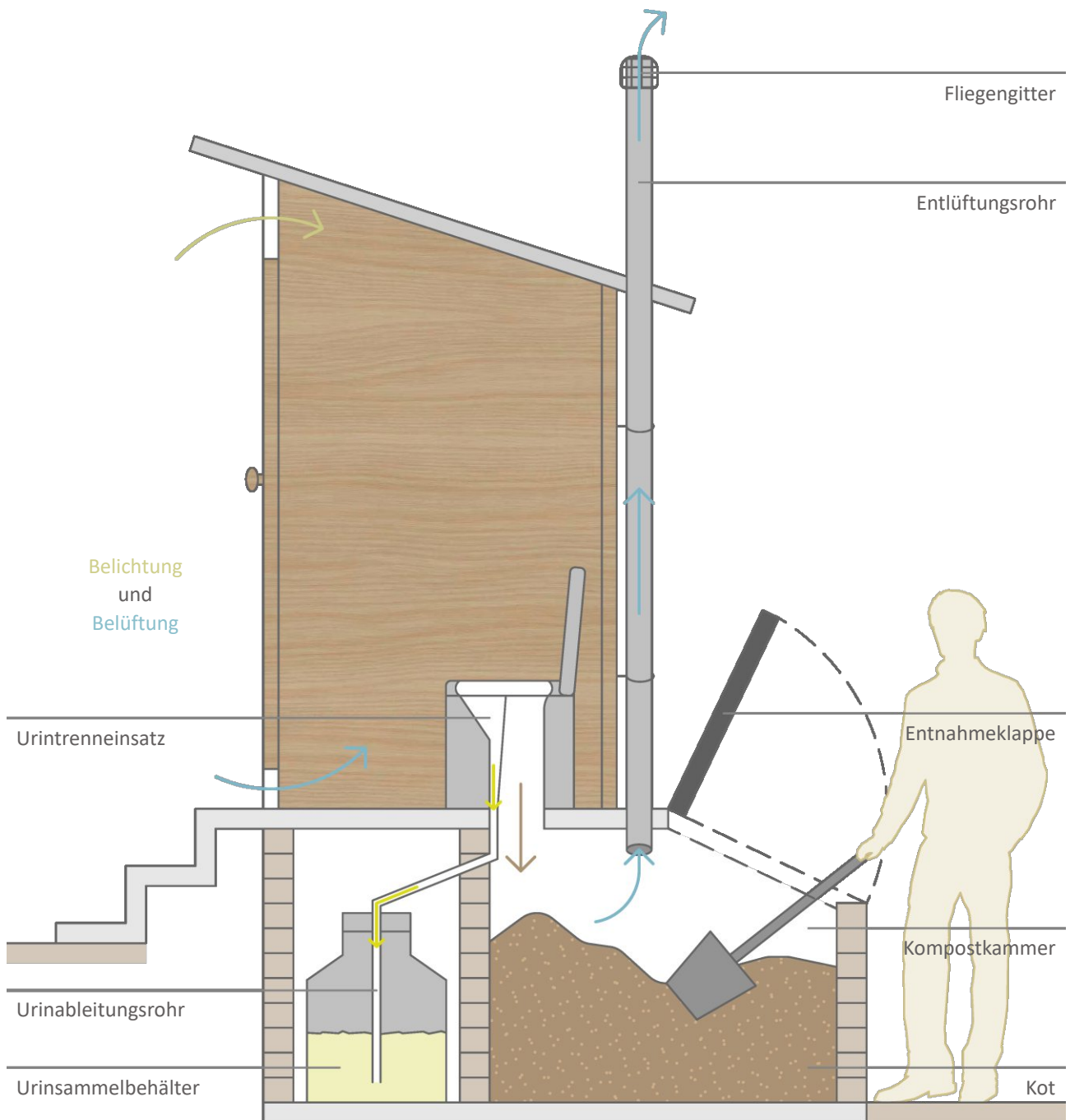


Abb. 62: Funktionsschema der Trockentoilette

Da Wasser vor allem in wenig entwickelten Ländern ein knappes und daher kostbares Gut ist, sind ökologisch nachhaltige Komposttoiletten, auch Trockentoiletten genannt, für diesen Entwurf angedacht. Die Komposttoilette ist ressourcenschonend, da sie vollkommen ohne Wasser und Stromanschluss betrieben wird. Ein ökologischer Anspruch, ein fehlender Anschluss an die Kanalisation sowie der Wunsch nach Wassereinsparung sind die Gründe für die Nutzung.

„Das Ziel ist immer die Rückführung der menschlichen Hinterlassenschaften in den Nährstoffkreislauf, denn diese enthalten wertvolle Pflanzennährstoffe, die als Dünger nutzbar und kompostierbar sind.“⁴⁰ Durch den Einsatz von Komposttoiletten können also nicht nur Unmengen an Wasser und Energie eingespart, sondern auch ein positiver Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden. Hier werden Urin und Exkrememente von Anfang an getrennt gesammelt. Der Urin wird in einem Sammelbehälter aufgefangen und stark verdünnt als Flüssigdünger verwendet. Die festen Bestandteile dahingegen werden in einer unter der Toilette befindlichen Kammer direkt kompostiert und biologisch nutzbringend als Gartendünger verwertet. Nach jedem Toilettengang sollte eine Schicht saugfähiges Einstreu (z.B. Stroh, Holzspäne) über die Hinterlassenschaften gestreut werden. Es entzieht den Feststoffen die Feuchtigkeit und bedeckt sie, um unangenehmen Geruch vorzubeugen. Anders als herkömmliche WCs verfügen sie zudem über ein Abluftsystem, das für eine gute Belüftung des Kompostgutes sorgt. Über das Lüftungsrohr dringen Gerüche aus der Kammer ins Freie und durch die entstandene Luftventilation werden Fäkalien ausgetrocknet. Das am oberen Ende des Lüftungsrohres angebrachte Fliegengitter verhindert, dass die angelockten Fliegen eindringen können.

Im Entwurf verfügt jede geplante Toilettenanlage über vier Komposttoiletten, wobei halbjährlich dieselben zwei Toiletten zu verwenden sind. Während diesen sechs Monaten kann in den anderen zwei mit Fäkalien gefüllten Kammern die Zersetzung durch Mikroorganismen stattfinden, um zu fruchtbarem Dünger zu gedeihen. Nach ein paar Monaten kann dann der fertige Kompost herausgenommen und zur Düngung von Pflanzen und Obstbäumen in der umliegenden Landwirtschaft verwendet werden.

Jede Toilettenanlage hat zudem auch einen Leierbrunnen, aus denen mit der manuellen Schwengelpumpe das Wasser für die Reinigung der Hände nach dem Toilettenbesuch gefördert wird. Da weder ein Stromanschluss noch Verbindung zum Wasserversorgungsnetz nötig sind, eignen sie sich gut für diesen Entwurf. Ein einfacher Aufbau und intuitive Bedienung sind weitere Vorteile. Schwengelpumpen sollen das geförderte Wasser aus einem Vorrat von unterirdischen Wassertanks ziehen. So können die Schüler aufgefangenes Regenwasser direkt aus der Zisterne nutzen.

⁴⁰ <https://www.plantura.garden/gartenpraxis/kompost/komposttoilette> (Zugriff 09.09.2023).

3.8. Schaubilder



Die approbierte gedruckte Version dieses Digitalmarketingplan der TU Wien ist unter www.tuwien.at verfügbar.
The approved original version of this thesis is available at www.tuwien.at under the title "TU Wien Bibliothek".

Abb. 63: Schuleingang



Wien Bibliothek verfügbar
Bibliothek.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist in der Bibliothek der TU Wien verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in the library of TU Wien.



Abb. 64: Klassenzimmer



Die approbierte gedruckte Originalversion ist ausschließlich über die Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available only at TU Wien Bibliothek.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist nur bei der TU Wien Bibliothek erhältlich.
The approved original version of this thesis is available for print at TU Wien Bibliothek.



Abb. 65: Freiraumklasse





Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abb. 66: Freiraumklasse



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Abb. 67: Innenhof



Die approbierte Version dieser Diplomarbeit ist in der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in the TU Wien Bibliothek.

Conclusio

Ausgehend von einem Wettbewerb für eine Sekundarschule in Kafountine, Senegal, wurde eine umfassende Analyse der vernakulären Architektur und traditioneller Lehmbautechniken durchgeführt.

Die Herausforderung hier bestand nicht nur darin, das Baumaterial Lehm in einem fremden Kontext einzusetzen, sondern auch einen Entwurf zu erarbeiten, der im Sinne der Nachhaltigkeit die vorgefundenen klimatischen, materiellen und sozialen Gegebenheiten respektiert.

Ziel war es, auf den traditionellen Baustoff zurückzugreifen und das Bewusstsein für das Potenzial der Lehmarchitektur zu wecken sowie das baukulturelle Erbe zu erhalten, damit sich das neue Schulareal positiv in seine Umgebung einfügt.

Ich bin dankbar, mich im Rahmen des Abschlussprojektes meines Architekturstudiums mit einem gemeinnützigen Projekt beschäftigt zu haben, dass sich auf die Bildung von Dorfkindern auswirkt.

Literaturverzeichnis

- Minke, Gernot: *Building with Earth*, Berlin: Birkhäuser Verlag 2006.
- Minke, Gernot: *Handbuch Lehm: Baustoffkunde, Techniken, Lehmarchitektur*, Rastede: Ökobuch Verlag 2022.
- Schroeder, Horst: *Lehm: Mit Lehm ökologisch planen und bauen*, Berlin: Springer Verlag 2018.

Internetquellen

- https://www.archstorming.com/uploads/9/5/7/7/95776966/briefing-tesc-en_2.pdf (Zugriff 23.04.2023).
- <https://www.wissen-digital.de/Senegal> (Zugriff 07.05.2023).
- <https://www.oefse.at/fileadmin/content/Downloads/Publikationen/Laenderinfos/senegal02.pdf> (Zugriff 07.05.2023).
- <https://www.grossberger.de/index.php/weltreisen/afrika/senegal> (Zugriff 14.05.2023).
- <https://natuerlich-afrika.reisen/westafrika/senegal-reiseinformationen/klima-beste-reisezeit> (Zugriff 14.05.2023).
- https://www.wetter-atlas.de/klima/afrika/senegal.php#google_vignette (Zugriff 14.05.2023).
- <https://senegaltours.org/wirtschaft#:~:text=Wirtschaftsstruktur%20und%20Wirtschaftslage, stark%20vom%20informellen%20Sektor%20dominiert.> (Zugriff 04.06.2023).
- <https://www.aktiongegenendenhung.de/laender/afrika/senegal> (Zugriff 04.06.2023).
- <https://wasserfuersenegal.de/projekte/schulen/das-senegalesische-bildungssystem/> (Zugriff 22.06.2023).
- https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_basse_casamance.php (Zugriff 07.07.2023).
- https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- <https://www.lehmundo.de/lehmbau.html> (Zugriff 05.08.2023).
- <http://netzwerklem.at/lehm/> (Zugriff 05.08.2023).
- <http://netzwerklem.at/lehm/bautechniken/> (Zugriff 07.08.2023).
- https://abstracts.boku.ac.at/download.php?dataset_id=23550&property_id=107 (Zugriff 07.08.2023).
- https://materialarchiv.ch/de/ma:material_1503?q=lehm (Zugriff 07.08.2023).
- <https://www.oekologisch-bauen.info/baustoffe/lehmbaustoffe/lehmsteine/> (Zugriff 07.08.2023).
- <https://www.plantura.garden/gartenpraxis/kompost/komposttoilette> (Zugriff 09.09.2023).

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 01: <https://unsplash.com/de/fotos/funf-jungen-neben-backsteinmauer-vEePbAm4FEg> (Zugriff 20.04.2023).
- Abb. 02: https://www.archstorming.com/uploads/9/5/7/7/95776966/briefing-tesc-en_2.pdf (Zugriff 23.04.2023).
- Abb. 03: <https://www.economist.com/middle-east-and-africa/2019/02/21/the-geography-of-education-in-africa> (Zugriff 23.04.2023).
- Abb. 04: <https://www.archstorming.com/tesc-site.html> (Zugriff 23.04.2023).
- Abb. 05: <https://www.archstorming.com/tesc-site.html> (Zugriff 23.04.2023).
- Abb. 06: Eigene Darstellung.
- Abb. 07: <https://www.skr.de/afrika-reisen/senegal/> (Zugriff 07.05.2023).
- Abb. 08: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: <https://www.google.com/maps/place/Senegal> (Zugriff 07.05.2023).
- Abb. 09: Eigene Darstellung, in Anlehnung an : <https://www.google.com/maps/place/Senegal> (Zugriff 07.05.2023).
- Abb. 10: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.researchgate.net/figure/Location-of-study-sites-dots-and-rainfall-stations-triangles-The-average-cumulative_fig1_262880541 (Zugriff 14.05.2023).
- Abb. 11: <https://www.evaneos.ch/senegal/rundreisen/24587-eintauchen-in-die-natur-und-kultur-von-westafrika/> (Zugriff 14.05.2023).
- Abb. 12: <https://www.profil.at/wirtschaft/fischfabrik-in-senegal-wo-fischabfall-zu-mehlgemahlen-wird/402472238> (Zugriff 04.06.2023).
- Abb. 13: <https://www.fao.org/rural-employment/resources/detail/fr/c/1120663/> (Zugriff 04.06.2023).
- Abb. 14: <https://deutsches-schulportal.de/kolumnen/was-mich-bei-der-hospitation-an-einer-massai-schule-so-beeindruckt-hat/> (Zugriff 22.06.2023).
- Abb. 15: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: <http://casamance-passion.over-blog.com/article-les-cases-a-impluvium-en-basse-casamance-37688694.html> (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 16: https://www.facebook.com/WhyILoveSenegal/posts/impluvium-hut-of-enamporethis-imposing-impluvium-hut-you-will-see-it-in-the-king/4749541775095089/?locale=bs_BA (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 17: <http://tedchang.free.fr/WestAfrica/SenegalGambia/index.html> (Zugriff 07.07.2023).

- Abb. 18: <https://www.skr.de/senegal-reisen/sehenswuerdigkeiten/casamance/> (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 19: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 20: <http://vivreenguinee.canalblog.com/archives/2013/09/12/28000809.html> (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 21: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 22: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 23: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 24: <https://www.agroecologie-senegal-glf.org/photos-aussi-pour-le-plaisir/touba-kane-le-petit-village/> (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 25: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 26: <https://www.nzz.ch/international/im-bassari-land-in-senegal-das-chamaeleon-als-vorbild-ld.1584768> (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 27: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 28: https://www.routard.com/photos/senegal/1390547-case_d_un_village_serere_dans_le_sine_saloum.htm (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 29: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 30: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 31: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: https://www.planete-senegal.com/senegal/habitat_traditionnel_senegal.php (Zugriff 07.07.2023).
- Abb. 32: <https://www.facebook.com/WhyILoveSenegal/photos/a.889430337772938/4032497973466143/?type=3> (Zugriff 07.07.2023).

- Abb. 33: <https://www.ecowoman.de/haus-garten/bauen/bauen-mit-lehm-der-natuerliche-und-nachhaltige-baustoff-5415> (Zugriff 05.08.2023).
- Abb. 34: <https://lehm-in-farbe.de/baustoff-lehm-eigenschaften/> (Zugriff 05.08.2023).
- Abb. 35: Minke 2006, S. 52.
- Abb. 36: Schroeder 2018, S. 354.
- Abb. 37: Minke 2006, S. 62.
- Abb. 38: Minke 2006, S. 62.
- Abb. 39: Minke 2006, S. 63.
- Abb. 40: Schroeder 2018, S. 159.
- Abb. 41: <https://www.flickr.com/photos/35240543@N02/50039304176> (Zugriff 07.08.2023).
- Abb. 42: <https://pixabay.com/de/photos/ziegel-handwerk-afrika-ton-1383712/> (Zugriff 07.08.2023).
- Abb. 43: Eigene Darstellung.
- Abb. 44: Eigene Darstellung.
- Abb. 45: Eigene Darstellung.
- Abb. 46: Eigene Darstellung.
- Abb. 47: Eigene Darstellung.
- Abb. 48: Eigene Darstellung.
- Abb. 49: Eigene Darstellung.
- Abb. 50: Eigene Darstellung.
- Abb. 51: Eigene Darstellung.
- Abb. 52: Eigene Darstellung.
- Abb. 53: Eigene Darstellung.
- Abb. 54: Eigene Darstellung.
- Abb. 55: Eigene Darstellung.
- Abb. 56: Eigene Darstellung.
- Abb. 57: Eigene Darstellung.
- Abb. 58: Eigene Darstellung.
- Abb. 59: Eigene Darstellung.
- Abb. 60: Eigene Darstellung.
- Abb. 61: Eigene Darstellung.

- Abb. 62: Eigene Darstellung, in Anlehnung an: <https://tuebingen-moshi.de/projekte/trockentoiletten> (Zugriff 09.09.2023).
- Abb. 63: Eigene Darstellung.
- Abb. 64: Eigene Darstellung.
- Abb. 65: Eigene Darstellung.
- Abb. 66: Eigene Darstellung.
- Abb. 67: Eigene Darstellung.
- Abb. 68: <https://borgenproject.org/trees-of-knowledge/> (Zugriff 10.10.2023).

Abb. 68: Schule unter dem Baum



Danksagung

Hiermit möchte ich einen herzlichen Dank an alle aussprechen, die mich während meines Studiums und bei der Ausarbeitung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Ein besonderer Dank geht an:

Frau Ao.Univ.Prof.in Dipl.-Ing.in Dr.in phil. Andrea Rieger-Jandl für die inspirierenden Denkanstöße, den wertvollen Austausch und die freundliche, kompetente Betreuung. Vielen Dank auch, dass Sie mein Interesse am Baustoff Lehm und an nachhaltigem Bauen geweckt haben, ohne das ich vielleicht nicht auf dieses Thema gestoßen wäre.

Frau Ass.Prof.in i.R. Univ.Lektorin Dipl.-Ing.in Dr.in techn. Karin Stieldorf und Frau Ass.Prof.in Mag.a art. Dr.in phil. Karin Harather für die Unterstützung als Zweit- und Drittprüferinnen im Rahmen meiner Diplomprüfung.

meine Mutter, die mich immer mental unterstützt hat und für die Begeisterung, die sie gezeigt hat.

meinem Vater, der mich inspiriert hat Architektur zu studieren und mir das Studium in Wien ermöglicht hat. Danke für dein Vertrauen in mich und die aufbauenden Worte während meiner gesamten Studienzeit!