

**DIPLOMARBEIT**  
Master Thesis

**Exemplarische Konzeption einer Großsportstätte  
in einem afrikanischen Entwicklungsland**

ausgeführt am Institut für Hochbau und Technologie  
Forschungsbereich für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung

zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs/einer Diplom-Ingenieurin

unter der Anleitung von

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Michael Höflinger

und

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Ivana Pajkanovic, BSc  
Matr. Nr.: 0825165  
Davidgasse 33/16  
A - 1100 Wien

Romana Schmidleitner, BSc  
Matr. Nr.: 0825226  
Gehnbach 9  
A - 4754 Andrichsfurt

Wien, Mai 2014

## **DANKSAGUNG**

Diese Arbeit ist der Abschluss unseres Studiums an der Technischen Universität Wien. Aus diesem Grund wollen wir uns bei all jenen bedanken, die uns während unseres Studiums und bei dieser Arbeit unterstützt haben.

Von ganzem Herzen bedanken wir uns bei unseren lieben Familien, ohne deren Unterstützung wir in unserem Leben niemals so viel erreicht hätten. Ein ganz besonderes Dankeschön geht an unsere starken Eltern Snezana und Miladin Pajkanovic und Hilde und Walter Schmidleitner und an zwei für uns unersetzbare junge Männer Stani Pajkanovic und Martin Schmidleitner, unsere Brüder.

Vielen herzlichen Dank unseren treuen Freunden, die uns stets bei allen Höhen und Tiefen zur Seite standen und stehen, vor allem an Tobias Reinstadler, verlässlichen Partner und guten Freund.

Wir hätten unser Studium ohne die richtigen Kollegen und mittlerweile engen Freunde nicht so gut meistern können. Allerliebsten Dank an alle aus dem Jahrgang 2008 und ganz speziell an unsere Meli und unsere Burschen Tomi Hofer, Matze, Tomi Weger, die zwei Flos, Tobi, Stelzi und Ralf. Aus anfänglichen Nutzbeziehungen für das Studium wurden unverzichtbare Freundschaften auch für das Privatleben. Wir haben gemeinsam Tage und Nächte verbracht, Seite an Seite gekämpft, miteinander und füreinander gezittert und uns gegenseitig aufgebaut und angespornt.

Für seinen ehrlichen Beistand, seine ausgezeichnete Betreuung und konstruktive Kritik danken wir unserem wertvollen Betreuer Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Michael Höflinger. Dank gebührt unserem Studiendekan Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch, der uns diese Arbeit ermöglicht hat und uns stets mit seiner Erfahrung und seinem Fachwissen zur Seite stand.

Für die Kontaktherstellung und Unterstützung während der Besichtigungsreise danken wir Birgit Taferner, Marko Amminger und Martin Zachs. Die herzliche Aufnahme und Gastfreundschaft in Tansania von Bischof Alfred Maluma und Father Ado war uns sehr viel wert – Danke! Father Arnold hat uns während der gesamten Arbeit von Njombe aus betreut – ein herzliches Dankeschön an ihn!

## **KURZFASSUNG**

Diese Diplomarbeit behandelt die exemplarische Konzeption einer Großsportstätte in einem afrikanischen Entwicklungsland, genauer in der Stadt Njombe in Tansania.

Ein Fußball- und Leichtathletikstadion mit einer Kapazität von 25.000 Zuschauerplätzen ist das Herzstück des geplanten Sport- und Freizeitzentrums. Mit im Gelände enthalten sind Fußball-, Basketball-, Handball-, Netball-, Tennis- und Volleyballplätze, sowie ein Fitnessstudio, ein Hotel, eine Jugendherberge und eine Parkanlage mit einer Kantine und diversen Geschäften.

Ziel dieser Arbeit war die Erstellung eines Konzeptplanes für das gesamte Areal und die Planung und Bemessung des Wettkampfbereiches, Tribünenbauwerkes und der Nebengebäude mithilfe einer Machbarkeitsstudie für die Materialwahl und einer Variantenstudie für die Formwahl.

## **ABSTRACT**

This diploma thesis presents an exemplar conception of a large sports venue in an African developing country, in the city Njombe in Tanzania.

A stadium for soccer and athletic sports with a capacity of 25.000 places will be the heart of a centre for sports and leisure. The area will include fields for soccer training, basketball, handball, netball, tennis and volleyball, as well as a gym, a hotel, a hostel and a park with a canteen and various shops.

The aim of this thesis is to create a masterplan for the whole area and, to be more precise, the dimensioning and designing of the competition zone, the stands and the subsidiary buildings.

## VORWORT

Weltsport Fußball ist schon lange nicht mehr nur eine Freizeitbeschäftigung der am Geschehen der Ball- und Torjagd Beteiligten. Sport ist nicht mehr nur Zeitvertreib. Sport, ganz speziell der Fußballsport, ist viel mehr. Tagesgestaltung, Sozialveranstaltung, Tradition, Hoffnungsträger, Sinngebung, Arbeitsplatz, Wirtschaftskurbel und Bauprojekt – das alles ist Fußball.

Besonders in armen Ländern, wie dem ostafrikanischen Tansania, sind Ruhm und Erfolg durch sportliche Leistung sehr begehrenswerte Aspekte, die genützt werden, um Waisenkinder und Arbeitslose vom brutalen Leben auf der Straße wegzubringen, ihnen Stabilitäten zu geben, Gemeinschaft und dadurch auch Liebe zu schenken. In diesem Sinne beauftragte die Regierung der Vereinigten Republik von Tansania Diözesanbischof Alfred Leonhard Maluma und sein Bistum Njombe um die Planung und Errichtung eines Fußball- und Leichtathletikstadions für die Kleinstadt, mit im Gelände enthaltenen Fußball-, Basketball-, Handball-, Netball-, Tennis- und Volleyballplätzen, sowie einem Fitnessstudio, einem Hotel, einer Jugendherberge und einer Parkanlage mit einer Kantine und diversen Geschäften. Das Bistum Njombe ist eine römisch-katholische Diözese mit Sitz in der 64.122 Einwohnerstadt Njombe (Zählung vom 26.08.2012), in der gleichnamigen Verwaltungsregion Njombe (702.097 Einwohner laut Zählung vom 26.08.2012), im Landesinneren des ostafrikanischen Staates Tansania. [1] Das Stadion soll im Zeichen der Bekämpfung der Kriminalität erbaut werden.

Der österreichische Fußballnachwuchstrainer des SV Mattersburg Marko Amminger organisiert seit 2011 jährlich im Dezember ein Benefizturnier, um Spendengelder für Wasserversorgungsleitungen, ein Waisenhaus und sonstige für die Menschen in der Region Njombe nötige Hilfen zu sammeln. Im August 2013 war er nicht um materiellen Beistand bemüht, sondern suchte Mithilfe seiner zwei wertvollen Freunde DI Martin Zachs, Bauingenieur mit Abschluss an der Technischen Universität Wien, und Ing. Birgit Taferner, Bautechnikerin, nach bautechnischer Unterstützung für Bischof Malumas Vorhaben.

So kam es, dass sich folgende Arbeit diesem Thema mit starkem Sozialcharakter widmet. Das Institut für Hochbau und Technologie der Technischen Universität Wien wurde zur Betreuung dieser Diplomarbeit aktiviert.

Als konkrete Aufgabenstellung kristallisierte sich folgendes heraus: Die Erstellung eines Konzeptplans für das gesamte Gelände mithilfe einer Konzeptstudie und die Planung und Bemessung eines Fußball- und Leichtathletikstadions mithilfe einer Machbarkeits- und einer Variantenstudie.

Das Thema wurde wegen des Umfangs von zwei Personen bearbeitet. Die Aufteilung der Aufgabenbereiche ist im Inhaltsverzeichnis mit den jeweiligen Initialen gekennzeichnet. IP steht für die Bearbeitung des Kapitels von Ivana Pajkanovic, RS für Romana Schmidleitner.

Mai, 2014

Ivana Pajkanovic, BSc und Romana Schmidleitner, BSc

In der folgenden Abbildung sind Kinder aus Luduga, einer Ortschaft der Region Njombe, auf ihrem Heimweg von der Schule zu sehen.



Abbildung 1: Schulkinder in Luduga, Region Njombe (Foto: Autorin)

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>I</b>
<b>KURZFASSUNG (IP)</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT (IP)</b> .....	<b>II</b>
<b>VORWORT (IP)</b> .....	<b>III</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>1</b>
<b>1 ALLGEMEINE VORUNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>3</b>
1.1 DAS LAND (IP) .....	4
1.2 DER SPORT (IP) .....	10
1.3 DAS BAUPROJEKT (RS) .....	11
1.3.1 <i>Beispielreihe Einfamilienhäuser</i> .....	12
1.3.2 <i>Beispielreihe Stadien</i> .....	15
1.3.3 <i>Ziegelarten</i> .....	18
1.3.4 <i>Preise</i> .....	19
<b>2 SPEZIFISCHE VORUNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>20</b>
2.1 DIE FORDERUNGEN (RS) .....	20
2.2 DER BAUPLATZ (RS) .....	22
2.3 DIE AUSFÜHRUNG (RS) .....	23
2.4 DIE HYDRAFORM TECHNOLOGIE (IP) .....	24
<b>3 ALLGEMEINE PLANUNG</b> .....	<b>26</b>
3.1 DIE MACHBARKEITSSTUDIE (IP) .....	26
3.2 DIE VARIANTENSTUDIE (IP) .....	27
3.3 DAS GESAMTKONZEPT .....	31
3.3.1 <i>Platzbedarf (RS)</i> .....	31
3.3.2 <i>Konzept A (RS)</i> .....	34
3.3.3 <i>Konzept B (IP)</i> .....	35
3.3.4 <i>Wahl (IP)</i> .....	35

<b>4</b>	<b>SPEZIFISCHE PLANUNG</b> .....	<b>40</b>
4.1	DER WEG ZUM ENTWURF (IP) .....	40
4.2	DIE KRITERIEN .....	41
4.2.1	<i>Spielfeld und Kampfbahn (IP)</i> .....	42
4.2.2	<i>Be- und Entwässerung (RS)</i> .....	50
4.2.3	<i>Tribünen (RS)</i> .....	53
4.2.4	<i>Nebengebäude (RS)</i> .....	59
4.2.5	<i>Elektrische Ausstattung (RS)</i> .....	60
4.3	DER ENTWURF (IP).....	61
4.4	DIE VARIANTEN .....	68
4.4.1	<i>Allgemein gültige Annahmen (RS)</i> .....	69
4.4.2	<i>Variante 1 (RS)</i> .....	81
4.4.3	<i>Variante 2 (IP)</i> .....	88
4.4.4	<i>Variante 3 (RS)</i> .....	91
4.4.5	<i>Variante 4 (IP)</i> .....	97
4.4.6	<i>Kubaturen und Kosten (IP)</i> .....	101
4.4.7	<i>Wahl (IP)</i> .....	103
<b>5</b>	<b>NURU STADIUM</b> .....	<b>103</b>
5.1	DER NAME (IP).....	103
5.2	DIE PLÄNE .....	104
5.2.1	<i>Lageplan (RS)</i> .....	104
5.2.2	<i>Grundrisse, Schnitte, Ansichten (IP)</i> .....	104
5.2.3	<i>Handbuch (RS)</i> .....	104
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG (IP)</b> .....	<b>106</b>
<b>7</b>	<b>LITERATUR- BZW. QUELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>109</b>
<b>8</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>113</b>
<b>9</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>117</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>118</b>

## **1 ALLGEMEINE VORUNTERSUCHUNGEN**

Die Regierung der Vereinigten Republik von Tansania beauftragte Diözesanbischof Alfred Leonhard Maluma und sein Bistum Njombe mit der Planung und Errichtung eines Fußball- und Leichtathletikstadions für die Kleinstadt, mit im Gelände enthaltenen Fußball-, Basketball-, Handball-, Netball-, Tennis- und Volleyballplätzen, sowie einem Fitnessstudio, einem Hotel, einer Jugendherberge und einer Parkanlage mit einer Kantine und diversen Geschäften.

Das Bistum Njombe ist eine römisch-katholische Diözese mit Sitz in der 64.122 Einwohnerstadt Njombe (Zählung vom 26.08.2012), in der gleichnamigen Verwaltungsregion Njombe (702.097 Einwohner laut Zählung vom 26.08.2012), im Landesinneren des ostafrikanischen Staates Tansania. [1] Aufgrund der Einwohnerzahlen, des hohen Jugendanteils und der daraus resultierenden hohen Wachstumsrate der Region, hat sich das Bistum Njombe dazu entschlossen, ein Fußball- und Leichtathletikstadion mit 25.000 Zuschauerplätzen zu errichten. Wegen der Etappenfinanzierung des Projektes wurde um eine Planung für die Ausführung in mehreren Abschnitten ersucht. Die Nutzung des Stadions wurde primär auf Fußball- und Leichtathletikveranstaltungen ausgelegt. Kultur-, Musik- und Politikangebote wurden als Sekundärnutzer geplant.

Ziel dieser Arbeit war die Erstellung eines Konzeptplanes für das gesamte Areal und genauer die Planung und Bemessung des Wettkampfbereiches, des Tribünenbauwerkes und der Nebengebäude, nach der Auswahl einer geeigneten Variante aus einer Machbarkeits- und Variantenstudie.

Ein besonderer Anreiz für die Wahl dieses Themas mit starkem Sozialcharakter war die Tatsache, dass es sich hierbei um ein real zu verwirklichendes Projekt handelt und die Entwicklungshilfe, die es für die Region Njombe darstellt.

Vor den projektspezifischen Untersuchungen und der Planungsarbeit war es nötig, die in Tansania und speziell in Njombe vorherrschende allgemeine, sportliche und bautechnische Situation zu berücksichtigen.



## 1.1 DAS LAND

Die Vereinigte Republik von Tansania ist ein ostafrikanischer Staat am Indischen Ozean, welcher im Norden an Kenia und Uganda, im Westen an Ruanda, Burundi und die Demokratische Republik Kongo und im Süden an Sambia, Malawi und Mozambique grenzt.

Mit einer Fläche von 885.803 km<sup>2</sup> und 44.928.923 Einwohnern (laut Zählung vom 26.08.2012) ergibt sich eine Bevölkerungsdichte von rund 51 Einwohnern pro km<sup>2</sup>. [1] Zum Vergleich: Österreich hat 8.404.252 Einwohner (laut Zählung vom 01.01.2011 [2]) und eine Fläche von 83.878,99 km<sup>2</sup> (laut Zählung vom 01.01.2013 [3]). Dies führt zu einer Bevölkerungsdichte von etwa 100 Einwohnern pro km<sup>2</sup>. Deutschland hat 81.843.743 Einwohner und eine Fläche von 357.121,41 km<sup>2</sup>, also eine Bevölkerungsdichte von ungefähr 229 Einwohnern pro km<sup>2</sup> (laut Zählung vom 31.12.2011). [4]

Die Hauptstadt ist Dodoma und der Regierungssitz befindet sich in Daressalam. Der Tansania-Schilling [TZS] ist die nationale Währung des Landes. Mit dem US-Dollar und teilweise auch mit dem Euro kann meist ebenfalls gezahlt werden. Ein Euro [EUR] entspricht der Wertigkeit von 2.156,16 TZS, 1.000 TZS sind gleichzusetzen mit 0,44292 EUR (laut Wechselkurs 15.Dezember 2013). [5] Die Amtssprache ist zwar Swahili, jedoch werden 129 Sprachen gesprochen, darunter auch Englisch. [6] Besonders an Universitäten und höheren Gerichten wird Englisch genutzt.

Der Norden, die Küstengebiete und die Insel Sansibar sind vom islamischen Glauben geprägt. Im Landesinneren überwiegt das Christentum, welches durch die römisch-katholische Glaubensgemeinschaft dominiert wird, so auch in Njombe, welches im südlichen Hochland von Tansania auf einer Höhe von etwa 1.900 m über dem Meeresspiegel liegt (siehe Abbildung 2).

In Abbildung 2 sind neben der geografischen Karte rechts oben die Flagge und links unten das Wappen der Republik ersichtlich.



Abbildung 2: Lage von Njombe [7] [8] [9]

Die Vereinigte Republik von Tansania ist am 29. Oktober 1964 entstanden, nachdem sich Tanganjika und Sansibar am 26. April 1964 zusammenschlossen. Tanganjika erhielt am 9. Dezember 1961 seine Unabhängigkeit, Sansibar am 10. Dezember 1963. Die Region war durch britische und deutsche Kolonien geprägt. Daher kommt die auch heute noch fortwährende Bedeutung der englischen Sprache. Derzeit unterliegt die föderale Republik einem präsidentiellen Regierungssystem. Jakaya Mrisho Kikwete, Mitglied der Partei Chama Cha Mapinduzi, ist momentan das Staatsoberhaupt. [10]

Der ostafrikanische Staat ist überflutet von starker Armut, resultierend aus dem niedrigen Bildungsstandard und der hohen Arbeitslosigkeit, welche eine mangelhafte Infrastruktur, einen stark eingeschränkten Zugang zu sauberem Wasser, eine schlechte Gesundheitsversorgung und dadurch viele Krankheiten

verursacht. Die häufigste Todesursache ist Malaria, eine durch Parasiten übertragene Seuche. Weitere gesundheitliche Probleme ergeben sich aus der Unterernährung der Kinder, verschiedensten Atemwegs- und Durchfallerkrankungen und der hohen HIV-Infektionsrate. [11] Die durchschnittliche Lebenserwartung liegt bei etwa 60 Jahren. (Zum Vergleich: Die österreichische Lebenserwartung liegt knapp über 80 Jahren.) [12]

Je größer die Entfernung zur Küste, umso schlechter sind die Zustände der Infrastruktur. Lediglich die Hauptstraßen, siehe Abbildung 3 (rot markiert), sind asphaltiert. Der Großteil des Straßennetzes ist geschottert oder vergleichbar mit in Österreich sogenannten Feldwegen. Das Hauptbeförderungsmittel der Bevölkerung sind überfüllte Autobusse. Die Baustoffe werden vor allem mit Lastkraftfahrzeugen befördert. Wenn möglich wird versucht die lokal vorhandenen Materialien zu nützen. Aufgrund der unachtsamen und geschwindigkeitsorientierten Fahrweise passieren viele Unfälle.

Ein Eisenbahnnetz, siehe Abbildung 3 (blau markiert), ist zwar vorhanden, jedoch erst in den Anfängen der Entwicklung. Der Schiffsverkehr wird hauptsächlich zwischen Daressalam und Sansibar genützt. Der Luftverkehr dient der internationalen Verbindung. Das Land verfügt über vier bedeutende Flughäfen.

- Julius K. Nyerere International Airport (DAR) in Daressalam
- Kilimanjaro International Airport (JRO) zwischen Arusha und Moshi
- Zanzibar Kisauni International Airport (ZNZ)
- Mwanza International Airport (MWZ)

Der Anschluss an Wasser- und Stromleitungen ist nicht selbstverständlich. Kleine Ortschaften sind oft nicht an das Stromnetz angeschlossen. Auch in den größeren Städten kommt es aufgrund von Gebrechen zu Strom- sowie Wasserversorgungsausfällen. Im Gegensatz dazu nimmt die Verbreitung der Mobiltelefone und Internetzugriffsmöglichkeiten immer stärker zu, stärker als der Ausbau der Festnetzleitung.

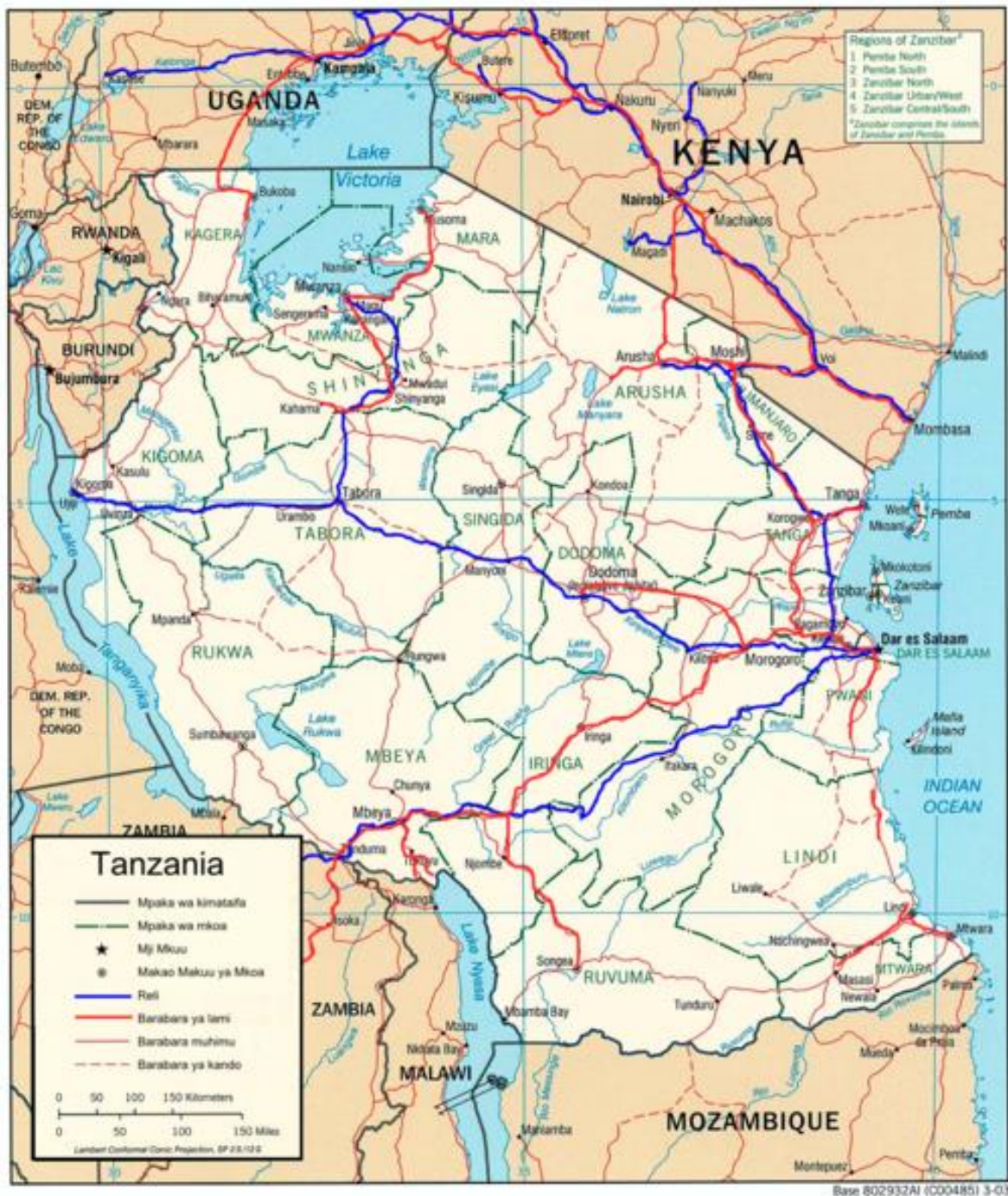


Abbildung 3: Infrastruktur Tansania [13]

Trotz dieser Umstände lockt die unberührte und einzigartige Natur Touristen aus aller Welt an. Sehr beliebt sind Safarifahrten mit der Besichtigung der beeindruckenden Tier- und Pflanzenwelt, Besteigungen des Kibo im Kilimandscharo Gebirge und Besuche der Strände Sansibars.

Die idyllischen Landschaften liegen dem tropischen Klima zugrunde. Entlang der Küste und auf den Inseln bewegen sich die Temperaturen zwischen 25°C und 30°C, die Luftfeuchtigkeit beträgt 70 bis 80%. Im Zentralplateau ist mit größeren

Temperaturschwankungen zu rechnen, so sind die Tage sehr trocken und warm mit Temperaturen bis 35°C und die Nächte kühl. Das Jahr ist zu unterteilen in die Trocken- und die Regenzeit. Von Dezember bis März ist mit täglichen Niederschlägen zu rechnen, während in den restlichen Monaten Trockenheit vorherrscht. Dies ist auch aus den folgenden zwei Abbildungen ersichtlich. [14]

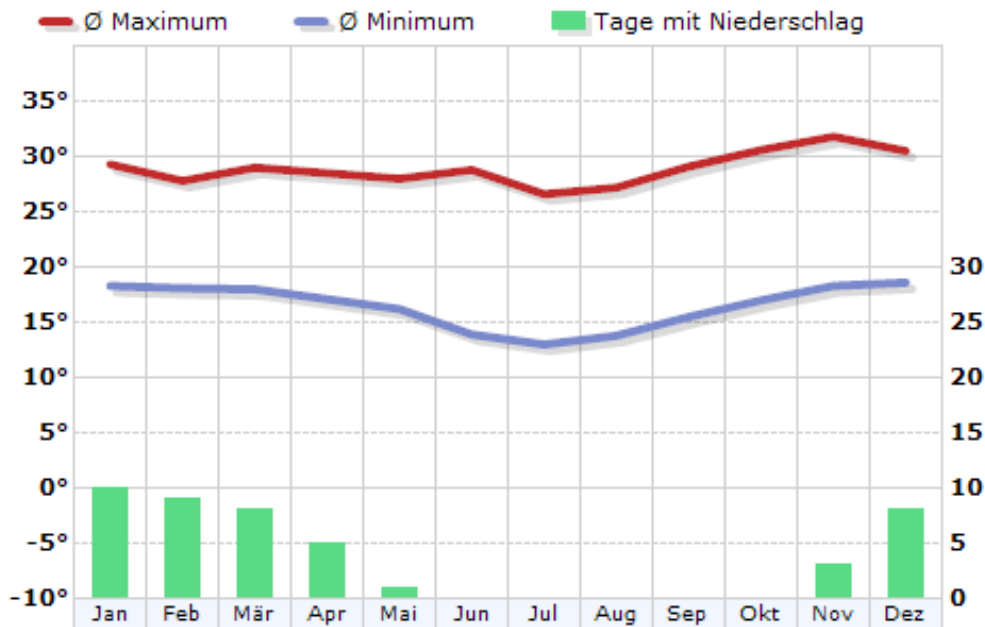


Abbildung 4: Klima in Dodoma bildlich [15]

	Temperatur °C		Niederschlag		relative Feuchte	Sonne h/Tag	Wasser °C
	max. Ø	min. Ø	mm	Tage			
<b>Jan</b>	29,3	18,3	126	10	66	7,8	-
<b>Feb</b>	27,8	18,1	106	9	68	7,7	-
<b>Mär</b>	29	18	110	8	70	7,8	-
<b>Apr</b>	28,5	17,1	61	5	68	8	-
<b>Mai</b>	28	16,2	3	1	63	9	-
<b>Jun</b>	28,8	13,9	0	0	60	9,8	-
<b>Jul</b>	26,6	13	0	0	59	11	-
<b>Aug</b>	27,2	13,8	0	0	58	9,6	-
<b>Sep</b>	29,1	15,5	0	0	55	10	-
<b>Okt</b>	30,6	17	1	0	53	10	-
<b>Nov</b>	31,8	18,3	27	3	55	10,1	-
<b>Dez</b>	30,5	18,6	122	8	63	8,7	-
<b>Jahr</b>	<b>28,9</b>	<b>16,5</b>	<b>556</b>	<b>44</b>	<b>62</b>	<b>9,1</b>	-

Abbildung 5: Klima in Dodoma in Zahlen [15]

Die Thematik der Erdbebenbelastung ist in Tansania durchaus von Bedeutung. Der Grund dafür liegt hauptsächlich im Verlauf der Grenzen des in Abbildung 6 dargestellten, sogenannten ostafrikanischen Grabens (East African Rift System, kurz genannt EARS).

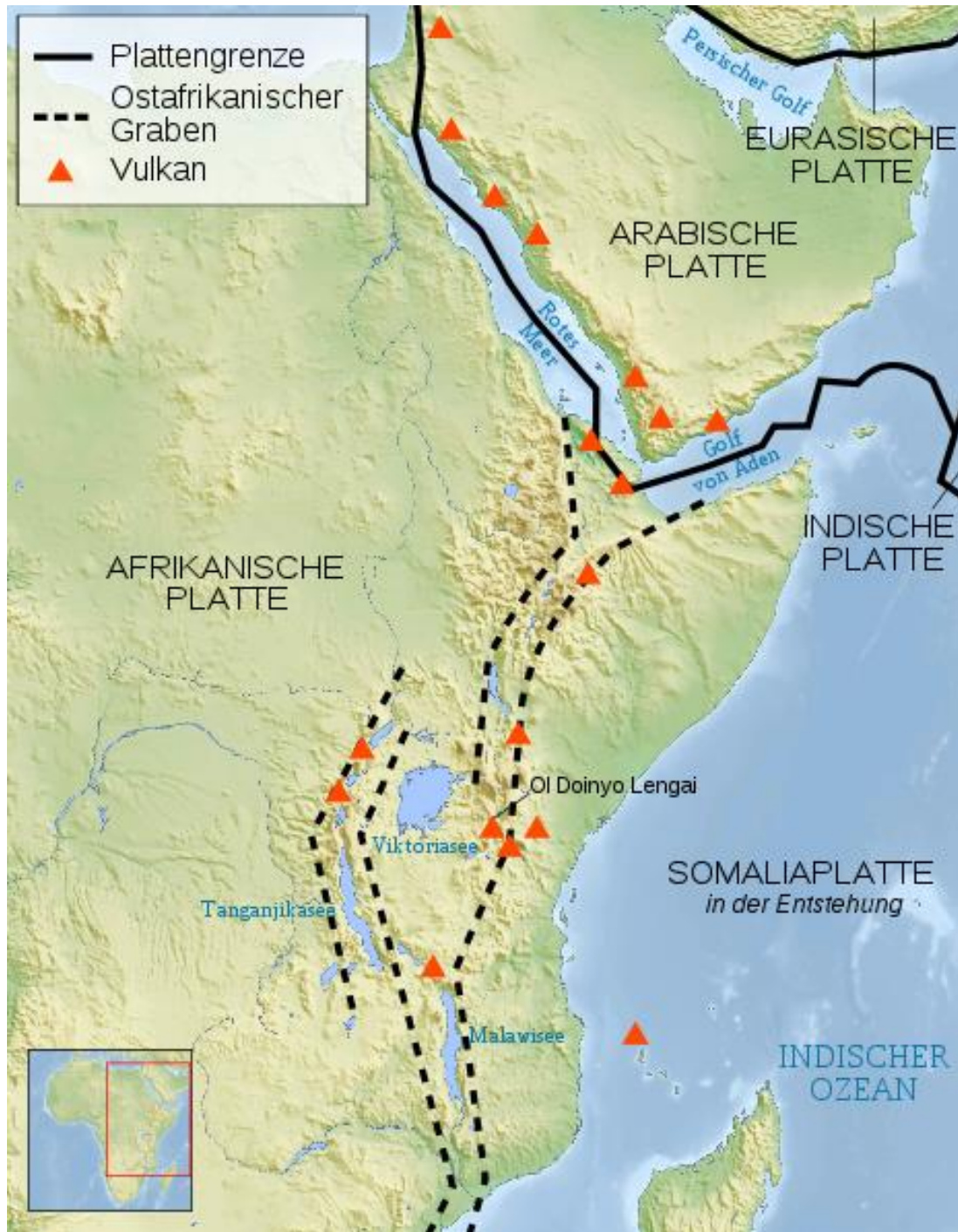


Abbildung 6: Erdbebenentstehung infolge des Verlaufs des ostafrikanischen Grabens [16]

Die Werte für die Bodenbeschleunigung sind vergleichbar mit den Werten in Österreich und liegen zwischen 0,80 und 1,60  $m/s^2$ , wie es aus Abbildung 7 ersichtlich ist.

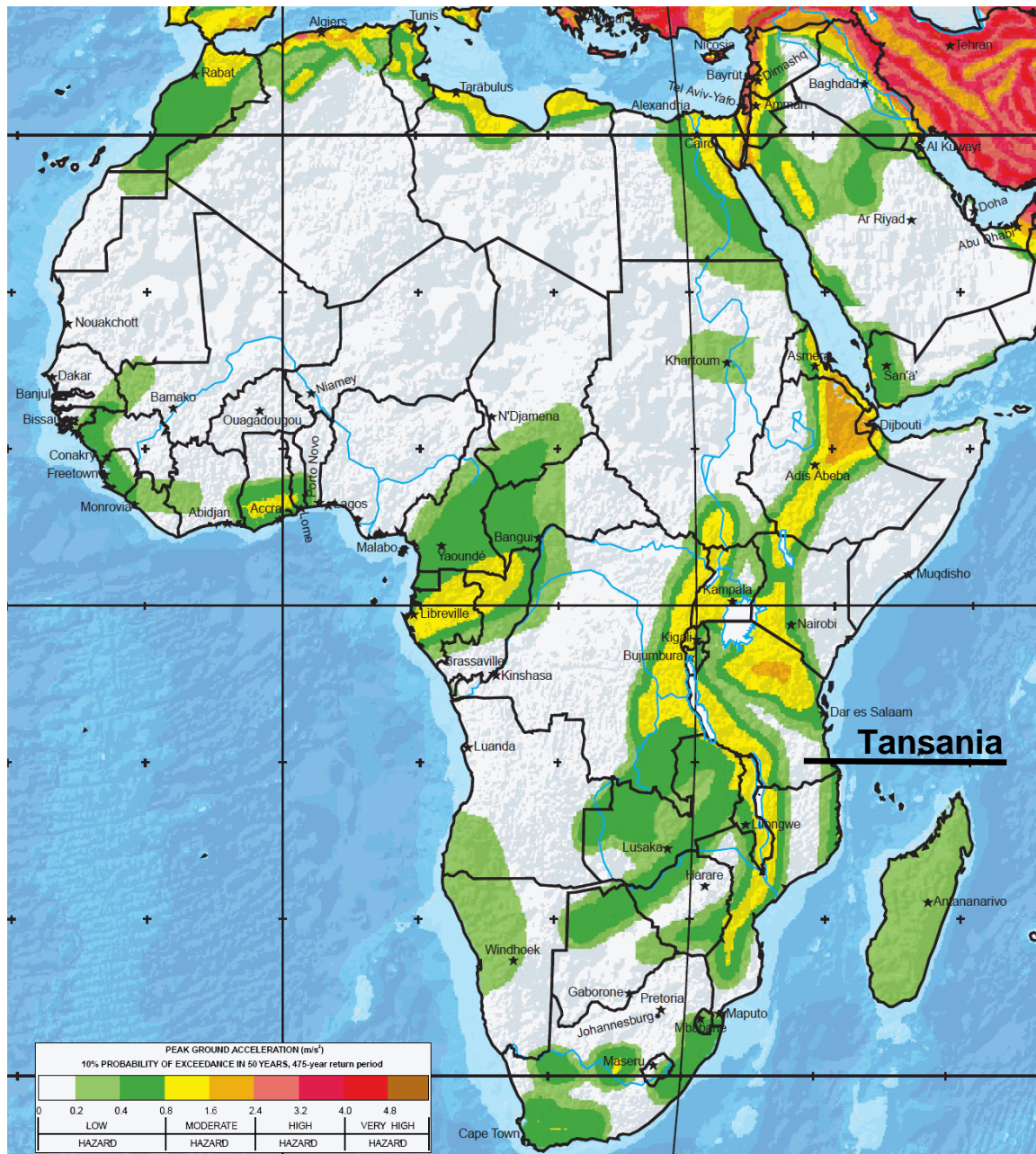


Abbildung 7: Erdbebenstärke in Afrika [17]

## 1.2 DER SPORT

Die beliebteste Sportart in Tansania ist Fußball, ansonsten sind Basketball, Handball, Netball und Volleyball populär.

Fußball spricht in Njombe drei Gruppen von Menschen an:

- Kinder und Jugendliche
- Erwachsene
- Sozial Schwache wie Waisenkinder und Arbeitslose (Die Arbeitslosenquote in der Region Njombe liegt geschätzt bei etwa 80%.)

„Wenn du den Kindern in Njombe Freude machen willst, schenk ihnen einen Fußball“, erzählt Marko Amminger. Bewegung und Geschick vereint mit hoher sozialer Bedeutung das sind die Gründe für die Beliebtheit dieses Mannschaftsspiels bei den Kindern im fernen Afrika.

Jedoch sind nicht nur Kinder, sondern auch Erwachsene in Njombe fußballbegeistert. So träumen die kleinen und großen Fans der vier Fußballvereine der Stadt Njombe namens Njombe Mji, Njombe United, Police Njombe und Zamalek Njombe von einer Arena für ihre Mannschaft. Ihre Heimatvereine spielen derzeit in der Regional League und in der Zonal League und haben als großes Ziel den Aufstieg in die 1. Liga des Landes, namens Tanzanian Premier League.

Um der dritten Gruppe, den sozial Benachteiligten, Werte wie „[...] *Fairplay, Respekt, Verlässlichkeit, Gerechtigkeit, Wertschätzung und Teamgeist* [...]“ [18] näher zu bringen, sollen mit dem Bau des Stadions Sport und Sportler, die als Personen der Öffentlichkeit Vorbilder für viele – vor allem für junge – Menschen sind, noch mehr in den Focus der Einwohner gerückt werden. Es soll ein neuer Treffpunkt in der Stadt entstehen, der die Sorgen vergessen lässt und als Ausbruchsmöglichkeit in eine neue Welt dienen soll.

### **1.3 DAS BAUPROJEKT**

In Tansania ist der Staat Eigentümer aller Grundstücke. Um ein Bauwerk zu errichten, muss zuerst ein Antrag auf den Bebau des Grundstücks gestellt werden. Wenn die zuständige Behörde der Regierung dem Antrag statt gibt, wird das Bauprojekt eingereicht und geprüft. Hierzu erforderlich abzugeben sind Einreichpläne, das Berechnungsmodell und die Berechnungen. Manchmal sind auch Baugrund- und Umweltprüfungen notwendig. Erhält das Bauwerk die Baugenehmigung, wird das Grundstück offiziell an den Antragsteller übertragen. Um ausführende Tätigkeiten leisten zu können, muss das Unternehmen bzw. die Baufirma bei der Tansanianischen Regierung als solches bzw. solche gemeldet und anerkannt sein.

Die Ausführung großer Bauprojekte erfolgt üblicherweise durch ausländische Auftragnehmer, wobei besonders viele Aufträge von chinesischen Firmen übernommen werden. Kleinere Projekte werden von örtlichen Unternehmen ausgeführt. Einfamilienhäuser und ähnliche Vorhaben werden von den Nutzern



selbst erbaut. Abhängig vom Kapital werden verschiedene Baumethoden und Materialien verwendet.

Die folgende Abbildung soll zeigen, dass die großen Städte wie Daressalam bautechnisch stark westlich orientiert sind.



Abbildung 8: Stadtpanorama von Daressalam [19]

### 1.3.1 BEISPIELREIHE EINFAMILIENHÄUSER

Die folgende Beispielreihe von Einfamilienhäusern soll die Bauverhältnisse in der Region Njombe zeigen. Es wird sehr schnell ersichtlich, dass die Bedeutung von Ziegelsteinen – dem Hauptbaumaterial – sehr groß ist.

- Lehmhaus mit Strohdach

Im, in Abbildung 9 abgebildeten, Haustyp wohnen sozialschwache, arme Familien. Das Hauptbau- und Wandmaterial Lehm ist kostengünstig bzw. kostenlos. Das Grundgerüst des Dachstuhles besteht aus Holz, die Dachhaut aus Stroh. Diese Variante ist allerdings sehr kurzlebig und hält nur wenige Jahre. Die Umwelteinflüsse setzen dem Haus sehr zu. Die Trockenzeit verursacht Risse, in der Regenzeit wird der Lehm vom Niederschlag stark aufgeweicht und abgetragen. Durch den Feucht-Nass-Wechsel in der Regenzeit verrotten die Naturmaterialien.



Abbildung 9: Lehmhaus mit Strohdach (Foto: Autorin)

- Haus aus Ziegelmauerwerk mit Strohdach

Der Dachstuhl und die Dachhaut werden wie bei der vorigen Variante ausgeführt. Jedoch werden die Wände aufgemauert und sind somit viel resistenter gegen die Umwelteinflüsse (siehe Abbildung 10). Die Überlager werden je nach vorhandenen Geldmitteln aus Holz oder Beton hergestellt.



Abbildung 10: Haus aus Ziegelmauerwerk mit Strohdach (Foto: Autorin)

- Haus aus Ziegelmauerwerk mit Blechdach

Die nächsthöhere Stufe ist die Verwendung von Trapez- oder Wellblech als Dachhaut (siehe Abbildung 11), welches die Langlebigkeit weiter steigert.



Abbildung 11: Haus aus Ziegelmauerwerk mit Blechdach (Foto: Autorin)

- Verputztes Haus

Eine weitere Aufwertung erfolgt mit dem Verputzen und Anstreichen der Wände (siehe Abbildung 12). Das Gemisch aus Sand, Zement und Wasser hat eine multifunktionale Verwendung. Je nach beigegebener Körnung wird daraus Außen- und Innenputz oder eine Art Estrich bzw. Bodenbeschichtung.



Abbildung 12: verputztes Haus (Foto: Autorin)

- Fundament

Fundamente werden, wie in Abbildung 13 abgelichtet, in der Regel aus Beton mit Granitsteinen als Füller hergestellt, um die benötigte Betonmenge zu verringern. Beton, Stahlbeton und Stahl werden aus Kostengründen allgemein nur für besonders beanspruchte Bauteile verwendet. Im Gegensatz dazu ist der Granitstein örtlich vorhanden und somit kostengünstig. Gleichzeitig bietet er mit seiner hohen Eigenfestigkeit einen quantitativ und vor allem aber auch qualitativ bedeutenden und guten Ersatz zu den teuren Materialien.



Abbildung 13: Fundament (Foto: Autorin)

### 1.3.2 BEISPIELREIHE STADIEN

Weitere Eindrücke über übliche Baumethoden und vorhandene Dimensionen sollen die zwei folgenden Stadien in Nachbarstädten von Njombe liefern.

Etwa 200 km nordöstlich von Njombe liegt Iringa. Das Stadion der Hauptstadt der gleichnamigen Region (siehe Abbildung 14) umfasst etwa 8.000 Sitzplätze. Zusätzlich ist eine überdachte VIP Tribüne vorhanden, Shops auf der Rückseite einer der Längsribünen, sowie Umkleide-, Dusch- und Toilettenmöglichkeiten für die Sportler und Schiedsrichter. Zum Bau der Tribünen wurde die vor Ort zur Verfügung stehende Erde aufgeschüttet, verdichtet und mit Ziegelmauerwerk umschlossen, welches mit einer Mischung aus Sand, Zement und Wasser vergossen und anschließend eingefärbt wurde.



Abbildung 14: Stadion Iringa (Foto: Autorin)

Das in einer Entfernung von 50 km westlich von Njombe gelegene Makambako, eine Stadt in der Region Njombe, besitzt ein noch nicht fertiggestelltes Stadion (siehe Abbildung 15). Derzeit sind nur die Spielfläche und die Kabinen ausgebaut. Der Bau einer Längstribüne ist in Planung. Diese soll in ähnlicher Weise wie beim Stadion in Iringa erstellt werden.



Abbildung 15: Stadion Makambako (Foto: Autorin)

Zum Vergleich zu den beiden Stadien aus den ländlichen Regionen ist hier in Abbildung 16 das größte Stadion des Landes, das Benjamin Mkapa National Stadium in Daressalam, zu sehen.



Abbildung 16: Benjamin Mkapa National Stadium (Nationalmannschaft Tansania, 60.000 Plätze), Tansania [20]

In der nachstehenden Tabelle sind die größten Stadien in Tansania aufgelistet.

Stadionname	Stadt	Kapazität
Benjamin Mkapa National Stadium	Daressalam	60.000
CCM Kirumba Stadium	Mwanza	35.000
Sheikh Amri Abeid Memorial	Arusha	20.000
Lake Tanganyika Stadium	Kigoma	20.000
Zanzibar Amaan Stadium	Zanzibar	15.000
Gombani Stadium	Chake Chake	10.000
Jamhuri Stadium	Dodoma	10.000
Sokoine Stadium	Mbeya	10.000
Jamhuri Stadium	Morogoro	10.000
Kambarage Stadium	Shinyanga	10.000
Majimaji Stadium	Songea	10.000
Mkwakwani Stadium	Tanga	10.000

Tabelle 1: Liste der größten Stadien in Tansania [21]

### 1.3.3 ZIEGELARTEN

Für gemauerte Bauwerke werden drei verschiedene Arten von Ziegeln verwendet.

- Burned Bricks

Diese sind ein homogenisiertes Ton-Wasser-Gemisch, welches in Form gebracht und getrocknet wird. Die ungebrannten Ziegel werden als Ofen aufgeschichtet (siehe Abbildung 17) und etwa zwei Tage lang gebrannt. Nach dem Abkühlvorgang von etwa einer Woche sind die Ziegel gebrauchsfertig. Die Aufmauerung erfolgt mit einem Sand-Zement-Wasser-Mörtel.



Abbildung 17: Ziegelofen (Foto: Autorin)

- Vibrated Bricks

Im Grund genommen ist der Fertigungsverfahren der gleiche wie bei den Burned Bricks. Hierfür wird das Gemisch durch Zugabe von Zement verbessert.

- Hydraform

Hydraform gilt in Tansania als die neue Technologie der Ziegelherstellung. Dazu werden Erde, Zement und ein sehr geringer Wasseranteil in einer Maschine zu Ziegeln mit Einkerbungen auf vier Seiten verarbeitet. Zwei Seiten, die Sichtseiten, bleiben glatt. Diese Ziegel werden keiner Hitzebehandlung ausgesetzt und sind, wie in Abbildung 18 ersichtlich, ohne Mörtel zu verbauen.



Abbildung 18: Arbeiter verbaut Hydraform [22]

### 1.3.4 PREISE

Die ungefähren Preise für die hauptverwendeten Baustoffe sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Material	Preis in TZS	Preis in EUR [5]
Zement	16.000 pro 25 kg	7,15
Zuschlagstoff	75.000 pro m <sup>3</sup>	33,53
Sand	45.000 pro m <sup>3</sup>	20,11
Bewehrung Ø 8	16.000 pro m	7,15
Bewehrung Ø 12	24.000 pro m	10,73
Bewehrung Ø 16	35.000 pro m	15,65
Holz 1" x 8" x 2"	8.200 pro Stück	3,67
Holz 2" x 4" x 12"	5.800 pro Stück	2,59
Holz 2" x 6" x 12"	8.200 pro Stück	3,67
Nägel	3.500 pro kg	1,56

Tabelle 2: Materialpreise pro Einheit

Der Mindestlohn für einen ausgebildeten Arbeiter liegt bei 300.000 TZS pro Monat (150 EUR) und für einen nicht ausgebildeten bei 80.000 TZS (40 EUR). Die Arbeitszeit ist mit 44 Stunden pro Woche anzunehmen, wobei von Montag bis Freitag acht Stunden pro Tag und am Samstag vier Stunden lang gearbeitet wird.



## **2 SPEZIFISCHE VORUNTERSUCHUNGEN**

### **2.1 DIE FORDERUNGEN**

Der Bauherr und Auftraggeber für das Bauvorhaben ist das Bistum Njombe, welches folgende örtliche und zeitliche Vorgaben stellte: Der Bauplatz (genauere Beschreibung siehe 2.2 Der Bauplatz) für das zu errichtende Stadion wurde vorab ausgewählt und liegt im Herzen der Stadt. Der Baubeginn wurde im August 2013 für August 2014 angesetzt.

Aufgrund der Einwohnerzahlen, des hohen Jugendanteils und der daraus resultierenden hohen Wachstumsrate der Region hat sich das Bistum Njombe dazu entschlossen, ein Fußball- und Leichtathletikstadion mit 25.000 Zuschauerplätzen zu errichten. Diese Zahl teilt sich in 12.500 Steh- und 12.500 Sitzplätze, von denen 30 VIP-, 10 Journalisten- und 30 Rollstuhlplätze sind. Wegen der Etappenfinanzierung des Projektes wurde um eine Planung für die Ausführung in mehreren Abschnitten ersucht.

Rund um das Stadion soll ein Zentrum mit Fußball-, Basketball-, Handball-, Netball-, Tennis- und Volleyballplätzen, sowie einem Fitnessstudio, einem Hotel, einer Jugendherberge und einer Parkanlage mit einer Kantine und diversen Geschäften entstehen. Die Fußball-, Basketball-, Handball-, Netball-, Tennis- und Volleyballplätze sollen öffentlich zugänglich und von einer Parkanlage umgeben sein, in der vor allem Familien und Jugendliche ihre Freizeit verbringen können. Die Zugänge zum Stadion werden abgesperrt sein, um eine Ticketkontrolle zu ermöglichen. Die Nutzung des Stadions wurde primär auf Fußball- und Leichtathletikveranstaltungen ausgelegt. Kultur-, Musik- und Politikangebote wurden als Sekundärnutzer geplant.

Im Einfahrtbereich des Baugrundes werden kostenpflichtige Parkplätze, unterteilt in Abstellmöglichkeiten für 10 Busse, 500 PKWs und weitere für Motorräder, Mopeds und Fahrräder, in einem umzäunten Teil des Grundstückes errichtet.

Ein sehr ernstzunehmendes Thema ist die Problematik der Wasserversorgung. Dazu wurde für die Reinwasserversorgung ein System aus einem unterirdischen Tank mit 300.000 l Füllvolumen und einem oberirdischen Tank mit 3.000 l Kubatur gewählt. Die beiden Tanks werden mit einer Pumpe verbunden, um die dauerhafte Zufuhr sicherzustellen. Das Wasser dafür wird aus dem nahegelegenen Fluss

abgezweigt und auch teilweise aus der örtlichen Wasserversorgungsleitung entnommen. Abwasserkanäle sind nicht vorhanden, daher muss für die Abwasserabfuhr eine Senkgrube angefertigt werden. Hierbei ist in der Planung die Windrichtung stark beachtet worden, um eine Geruchsbelästigung im gesamten Gelände zu vermeiden.

Kernpunkt dieser Arbeit ist das Fußball- und Leichtathletikstadion. Dieses ist mit folgenden Einrichtungen ausgestattet:

- Besucher
  - Informationsstelle
  - Ticketverkauf
  - Erste-Hilfe-Station
  - Toiletten
- Sportler und Schiedsrichter
  - Erste-Hilfe-Station
  - Umkleidekabinen
  - Duschräume
  - Toiletten
- Personal
  - Büro
  - Toiletten
  - Lagerraum für Gerätschaften und andere Utensilien zur Erhaltung, Pflege und Wartung
  - Kommentatorenkabine
- Elektrische Ausstattungen
  - Flutlicht
  - Lautsprecher
- Spielfeld und Leichtathletikanlage
  - Naturrasen
  - Be- und Entwässerungsanlage

Das Normensystem in Tansania ist mangelhaft ausgearbeitet bzw. teilweise nicht vorhanden. Die gewünschte Anpassung an europäische Standards ist der Grund für die Verwendung österreichischer Normen und Richtlinien für die Planung und Bemessung des Stadionprojektes.

## 2.2 DER BAUPLATZ

Der etwa 330.000 m<sup>2</sup> große Bauplatz für das zu errichtende Stadion wurde vorab ausgewählt und liegt im Herzen der Stadt. In Abbildung 19 ist der Lageplan des Grundstückes zu sehen, welches zum Großteil von einem Fluss umgeben ist. Dessen Wasserstand steigt während der Regenzeit stark an. Um eine Überflutung von Bauwerken zu vermeiden, wird nur das Gebiet bebaut, welches fünf Höhenmeter über dem Fluss liegt. Des Weiteren ersichtlich sind die Zufahrtswege. Die Abbildung zeigt außerdem die Topografie des Bauplatzes. Je näher man sich in Richtung Fluss bewegt, desto enger beieinander liegen die Höhenschichtlinien. Das bedeutet, dass das Gelände dort steiler abfällt. Dies ist als wichtiges Kriterium bei der Lagesetzung des Stadions zu beachten.

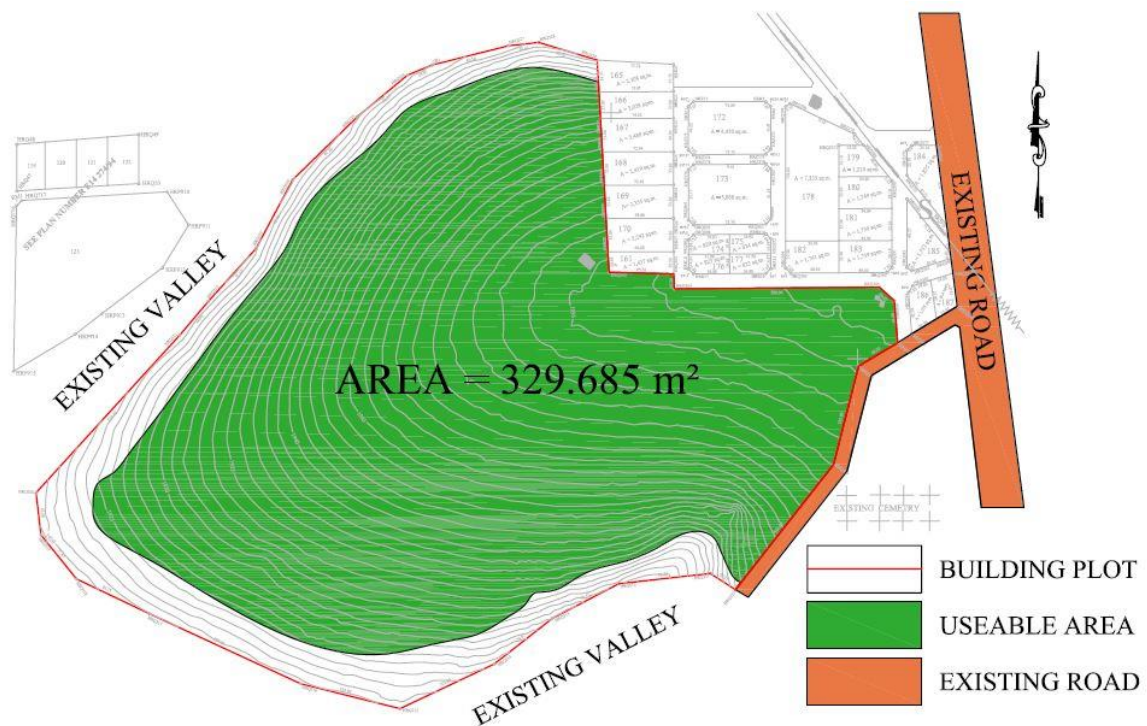


Abbildung 19: Lageplan des Bauplatzes

Die Lage- und Topographiepläne der örtlichen Behörden des Grundstückes sind in Anhang A und Anhang B ersichtlich.

Zu genaueren Untersuchung des Bauplatzes wurden Bodenproben (Protokolle dazu siehe Anhang C) entnommen und in einem Labor in Iringa untersucht. Leider waren zwei der vier Bodenuntersuchungen unbrauchbar bzw. ist die Aussage der dazugehörigen Versuche von geringer Aussagekraft.

Jedoch konnte herausgelesen werden, dass der Untergrund in zwei Schichten gegliedert ist. Die obere besteht aus Ton, die untere aus Granit, welcher sehr weit in die Tiefe reicht. Die Dicke der Tonschicht variiert am gesamten Bauplatz zwischen 0,5 m und 1,0 m. Es handelt sich genau genommen um einen rotbraunen schluffigen Sand mit Kiesanteil. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der Boden gut geeignet ist. Es sind kein Bodenaustausch und keine Bodenverbesserung notwendig.

### **2.3 DIE AUSFÜHRUNG**

Das Bistum Njombe wird mit seiner Baufirma AEDIFICO CONSTRUCTION COMPANY LTD unter der Leitung von Pfarrer Arnold Likiliwike den Bau des Stadions übernehmen. In Anhang D ist die Haftungsbestätigung beigefügt. Wegen der wenigen vorliegenden Gerätschaften

- ein Grader
- ein Bagger
- eine Mischmaschine
- ein Rüttler
- LKWs mit einer Ladefläche, sowie Kipper
- ein Betankungsfahrzeug
- Traktoren

und des stark eingeschränkten Budgets war von Anfang an klar, dass hauptsächlich Baustoffe einzusetzen sind, die vor Ort vorhanden bzw. vor Ort hergestellt werden können. Das sind Erde, Granit, Holz und Ziegel.

Der größte auszuführende Bereich sind die Tribünen, welche nach dem Vorbild der Stadien aus den benachbarten Städten (siehe 1.3.2 Beispielreihe Stadien) erbaut werden sollen, das heißt, das Hauptmaterial ist einmalmehr Ziegel.

Um sich aber doch von den naheliegenden Stadien zu unterscheiden und um eine neue Technologie zu fördern und in der Region Njombe bekannt zu machen, wurde die Verwendung von Hydraform Ziegeln von Diözesanbischof Alfred Leonhard Maluma und den Funktionären und Vertretern der Regierung gefordert.

## 2.4 DIE HYDRAFORM TECHNOLOGIE [23]

Die Hydraform Technologie ist eine neue Art Ziegel herzustellen. Sie kommt aus Südafrika und hat besonderen Anklang in den Ländern Uganda, Angola, Kongo, Nigeria, Tansania und Tunesien gefunden. Das Hydraform Unternehmen mit seinem Hauptsitz in Johannesburg stellt die nötige Gerätschaft für die Produktion dieser Baumethode her.

Der Name Hydraform kommt von der Zusammensetzung der Begriffe HYDRA und FORM. HYDRA steht für die hydraulische Fertigungstechnik, welche das Erde-Zement-Gemisch zusammenpresst, FORM für die Formung der Verzahnung, also dem Nut-Feder-System, auf dem die Konzeption basiert (siehe folgende Seite).

Für die Herstellung sind spezielle Maschinen notwendig, die mit einem Erde-Zement-Wasser-Gemisch befüllt werden (siehe Abbildung 20). Das Material läuft durch einen verdichtenden Produktionsvorgang im Inneren der Maschine und kommt in Ziegelsteinform heraus. Eine Mannschaft von sieben Personen und einer Maschine kann täglich 1.500 bis 4.400 Stück produzieren. Die firmeneigene Anleitung zur Produktion ist in Anhang E nachzulesen. Die fertigen Steine werden anschließend sieben Tage unter einer schwarzen Plastikfolie gelagert und weitere sieben Tage freistehend, bevor sie für den Einbau geeignet sind. Die Vergleichsdruckfestigkeit ist wie bei Beton nach 28 Tagen erreicht.



Abbildung 20: Hydraform Ziegel Herstellung [24]

Genauer handelt es sich um ein Erde-Zement-Gemisch mit einem Anteil von 8 bis 10% Zement der Festigkeitsklasse 42,5 N oder höher. Das heißt zu zwölf Teilen Erde kommt ein Teil Zement dazu. Die Druckfestigkeit der Hydraform Ziegel soll mindestens bei 7 MPa liegen.

Hydraform Ziegel können durchaus in feuchten Gebieten genützt werden. Es sollte aber ein Wasser abweisender Schutz, wie z.B. Putz auf der Oberfläche, aufgetragen werden. Auch können die Hydraform Ziegel mit Farbe bemalt werden. Eine zweite Möglichkeit der Färbung ist die direkte Zugabe der Farbe zur Mischung in der Maschine. Seine natürliche Farbe hat der Ziegelstein von der in der Herstellung verwendeten Erde.

Der Bau läuft so ab, dass die Ziegelsteine ohne Mörtel übereinandergelegt werden. Die Verzahnung erfolgt durch Nut und Feder, welche auf den Deckflächen und den Seiten der Ziegel ausgebildet sind. Die Sichtseiten sind eben. Im Fundament-, Ringanker- und Sturzbereich ist Mörtel zu verwenden. Die Ziegel müssen vor dem Einbau frei von Unreinheiten und Fremdkörpern sein, um die Verzahnung garantieren zu können. Die folgende Abbildung zeigt einen Hydraform Ziegel mit einer Länge sowie Breite von 220 mm und einer Höhe von 110 mm.



Abbildung 21: Hydraform Ziegel 220 x 220 x 110 mm [23]

Als Vorteile sind zu nennen die hohe Mobilität der Maschinen und ihre einfache Bedienbarkeit, die Produktion sowie der Verbau großer Mengen pro Tag, der Entfall der Transportkosten durch die Möglichkeit der Herstellung mit der vor Ort vorhandenen Erde, die geringe Menge an nötigem Zement, der Entfall der thermischen Behandlung und somit höheren Umweltfreundlichkeit und der Entfall des Mörtels beim Verbau. All diese Faktoren reduzieren die Baukosten.

Jedoch ist der Nachteil der variablen Qualität durch die Verwendung von verschiedenem Grundmaterial nicht außer Acht zu lassen, weshalb es nicht möglich war, den Ziegel für Druck- und Scherfestigkeitsversuche nachzubauen. Auch ist auf die Qualitätskontrolle Bedacht zu nehmen, welche vor Ort aufgrund der fehlenden Mittel als schwierig gilt.

### **3 ALLGEMEINE PLANUNG**

Vor der detaillierteren Planung des Stadions musste ein Konzept für das gesamte Gelände sowie ein grober Entwurf mithilfe einer Machbarkeitsstudie bezüglich des Materials und einer Variantenstudie bezüglich der Form erstellt werden.

#### **3.1 DIE MACHBARKEITSSTUDIE**

Als Hauptmaterial wurde der Hydraform Ziegel gewählt. Diese Wahl ermöglicht vorerst vier verschiedene Arten für die Konstruktion.

- Pyramiden aus Erde

Die Tribünen sind aufgeschüttete Erdpyramiden eventuell mit konstruktiven Zwischenwänden aus Hydraform. Der Vorteil dieser Art ist die einfache Konstruktion. Der Nachteil hier ist die große Menge an benötigter Erdkubatur und deren Transport zum Grundstück, da in der Region Njombe ein Mangel an Transportfahrzeugen besteht.

- Volle Mauerung

Die Tribünen werden vollflächig aufgemauert. Der Nachteil dieser Variante liegt in der hohen Zahl der Mauerwerkskubatur. Daraus resultieren lange Bauzeiten und ein hoher Personalbedarf, was trotz der Verwendung des billigen Baustoffes, zu hohen Gesamtbaukosten führt.

- Mauerung mit Gewölbeformen

Mit dem Einbau von Gewölben sinkt die benötigte Kubatur des Mauerwerks. Jedoch ist hierfür ausgebildetes Personal und sorgfältiges Arbeiten notwendig, um die Einsturzgefahr aufgrund von Fehlern in der Verarbeitung auszuschließen. Das Problem in der Verwirklichung für die Diözese ist der Mangel an Fachkräften.

- Mauerung mit Verwendung von zusätzlichen Materialien

Denkbar ist eine Kombination von Mauerwerk mit Beton, Erde, Holz und Stahl um die benötigte Menge an Ziegelmauerwerk zu senken. Die Verwendung von Erde als Füllmittel ist die einfachste Art zur Einsparung. Für besonders beanspruchte Bauteile ist der Einbau von Beton, Stahlbeton oder Stahl zu überlegen. Zur Verringerung der Betonmenge im Fundamentbereich ist der Einsatz von Granitsteinen eine übliche Methode.

- Wahl

Weiterführend hierzu ist in 4.4 Die Varianten die Bemessung aller Möglichkeiten vorgenommen worden, um sich über die nötigen Dimensionen klar zu werden und die endgültige Entscheidung betreffend Materialwahl zu fällen.

### 3.2 DIE VARIANTENSTUDIE

Drei Grundsysteme der geometrischen Form haben sich für ein Fußball- und Leichtathletikstadion herauskristallisiert.

- Rechteck

Diese ist die am einfachsten herzustellende Variante. Jede Tribüne ist unabhängig von den anderen ausführbar, ohne Radius und ohne Krümmung. Die gegenüberliegenden Tribünen sind ident. Jedoch ist die Sicht im Eckbereich der Randsektoren eingeschränkt, siehe Abbildung 22.

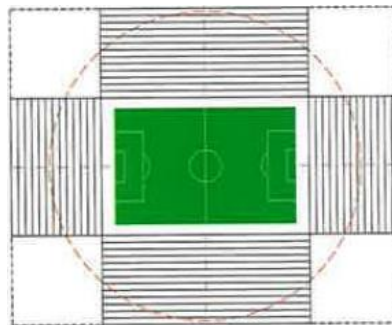


Abbildung 22: Skizze Stadion rechteckig [25]

Ähnlich ausgeführt sind die Stadien der Vereine SC Freiburg (siehe Abbildung 23) und Rot-Weiß-Essen (siehe Abbildung 24).



Abbildung 23: Marge Solar Stadion (SC Freiburg, 14.000 Plätze), Deutschland [26]





Abbildung 24: Georg-Melches-Stadion (Rot-Weiß-Essen, 15.000 Plätze),  
Deutschland [27]

- Oval

Der große Vorteil der ovalen Form (siehe Abbildung 25) ist, dass diese beginnend entlang der Laufbahn in die Höhe steigt und somit für optimale Sichtverhältnisse bei Leichtathletik-Veranstaltungen sorgt. Diese Variante ist dynamisch und mitlebend. Die Herstellung bringt allerdings den Nachteil mit sich, dass Ausrundungen komplizierter ausführbar sind und die Bauzeit und somit die Baukosten erhöhen.

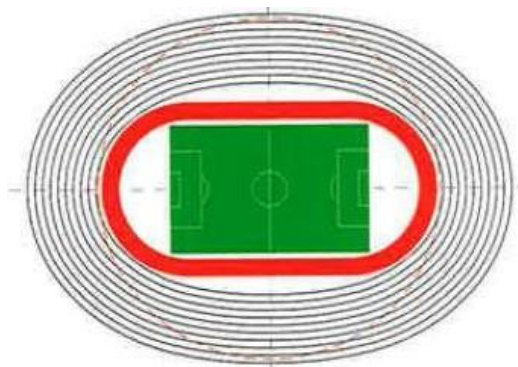


Abbildung 25: Skizze Stadion oval [25]

Beispiele dafür sind die Stadien der Österreichischen Fußballnationalmannschaft (siehe Abbildung 26) und des Hertha BSC (siehe Abbildung 27).



Abbildung 26: Ernst-Happel-Stadion (Nationalmannschaft Österreich, 55.000 Plätze),  
Österreich [28]



Abbildung 27: Olympiastadion Berlin (Hertha BSC, 77.000 Plätze), Deutschland [29]

- Achteck

Streng betrachtet ist die achteckige Form (siehe Abbildung 28) ein Kompromiss aus der rechteckigen und ovalen. Sie ist einfacher zu bauen als die ovale Form, bietet aber nahezu ähnliche Sicht- und Dynamikverhältnisse. Der Unabhängigkeitsvorteil der Tribünen der rechteckigen Form ist jedoch auch hier nicht gegeben.

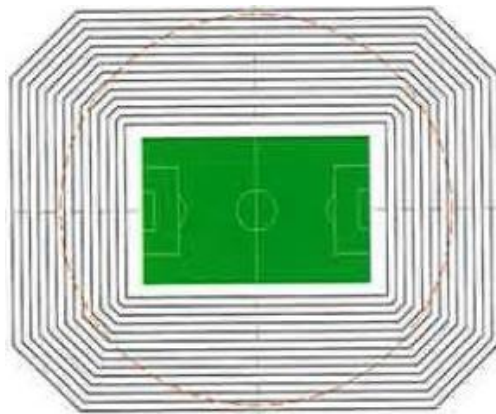


Abbildung 28: Skizze Stadion achteckig [25]

Die Geometrie ist im Stadion des 1. FC Nürnberg (siehe Abbildung 29) und der Miami Dolphins (siehe Abbildung 30) wiederzufinden.



Abbildung 29: Grundig Stadion (1. FC Nürnberg, 50.000 Plätze), Deutschland [30]

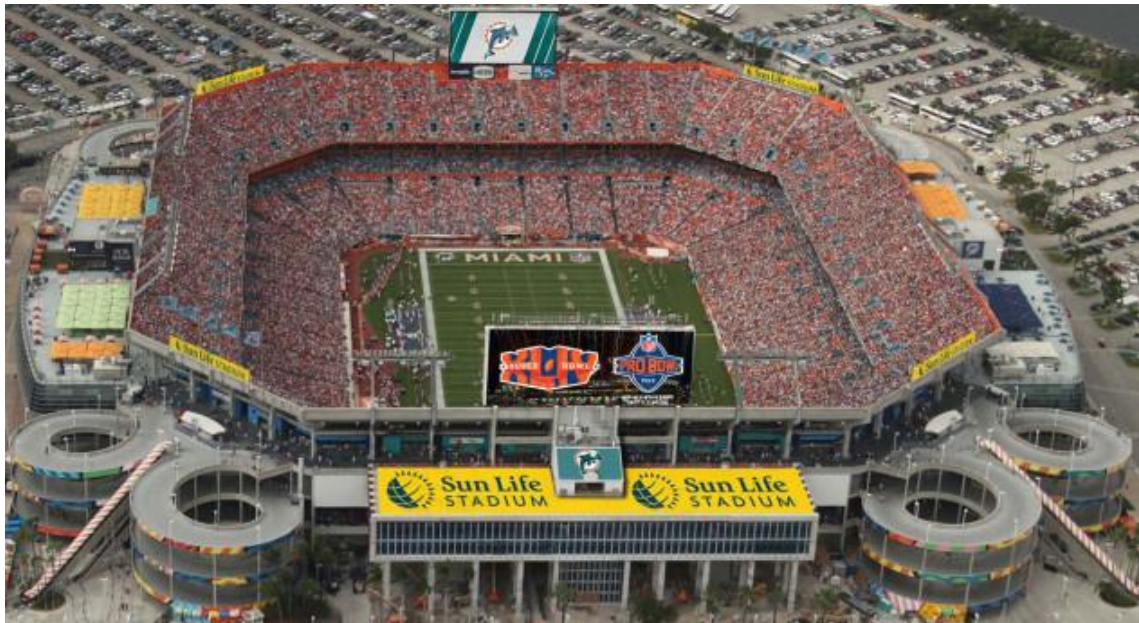


Abbildung 30: Sun Life Stadium (Miami Dolphins, 76.000 Plätze), USA [31]

- Wahl

In Gesprächen vor Ort entschieden sich die Auftraggeber für die „Rechteck“-Form. Die einfache Form des Rechteckes und die Unabhängigkeit der Tribünen untereinander ermöglichen den Arbeitern ein rasches Aufbauen, welches wiederum Bauzeit und Baukosten verringert. Alle Funktionsräume werden sich in nebenstehenden Gebäuden befinden. Damit ist nochmals der Bau in Etappen gesichert, welcher eine große Rolle für die hilfsbedürftige Region spielt.

### 3.3 DAS GESAMTKONZEPT

Die Konzeptplanung betrifft die Situierung der geforderten Anlagen. Vorerst wurde der etwaige Platzbedarf jedes einzelnen Bauwerkes ermittelt, um im Anschluss zwei Konzeptarten mit mehreren Ausführungsmöglichkeiten auszuarbeiten. Für beide Konzepte gilt, dass sich die Fußballtrainings-, Netball- und Multifunktionalplätze, sowie das Fitnessstudio, das Hotel und die Jugendherberge, die Kantine, diverse Geschäfte und öffentlich zugängliche Toiletten, inmitten der Parkanlage befinden.

#### 3.3.1 PLATZBEDARF

- Fußball- und Leichtathletikstadion

Die Abmessungen des Fußballfeldes betragen 105,00 x 68,00 m, das Spielfeld inklusive Sicherheitszone 120,00 x 80,00 m, außerdem ist es entlang seiner Längsachse in Nord-Süd Richtung zu orientieren. [32] Inklusiv der Leichtathletikanlage hat der Sportbereich eine Größe von 180,00 x 100,00 m (näheres dazu siehe 4.2.1 Spielfeld und Kampfbahn). [33]

Für eine erste Platzschätzung wurden die Tribünen als umgrenzende Rechtecke mit einer Breite von 40 m angenommen. Die Nebengebäude des Stadions befinden sich in den Ecken. Dies ergibt eine ungefähre Gesamtgröße des Stadions von 260,00 m x 180,00 m. Die Abbildung 31 soll dies verdeutlichen.

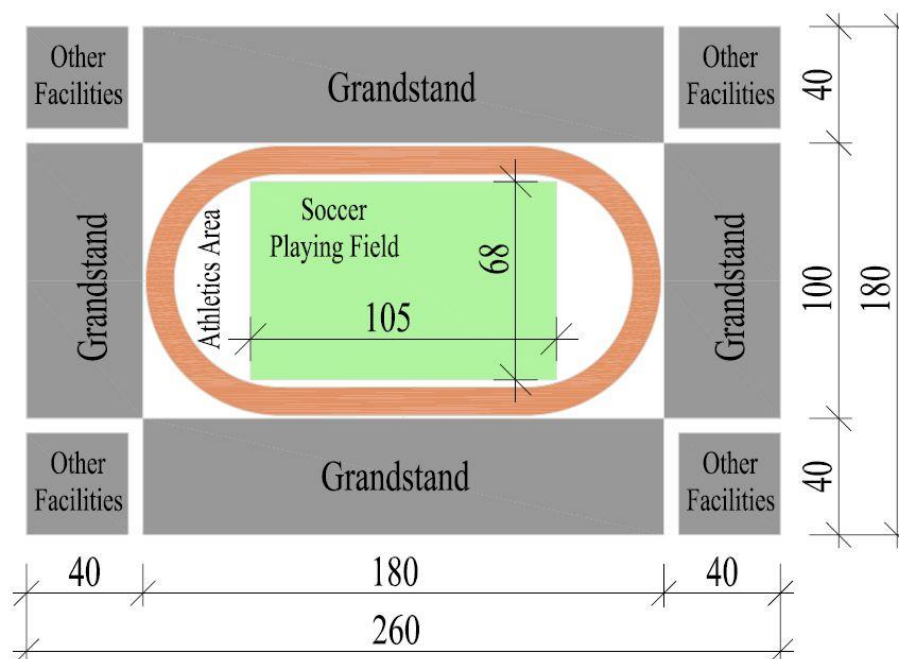


Abbildung 31: Skizze Stadion

- Fußballtrainingsplätze

Ein Fußballtrainingsplatz hat dieselben Abmessungen wie das Fußballspielfeld.

- Netballfeld

Der Grundriss des Netballfeldes, 30,50 x 15,35 m, ist in Abbildung 32 zu sehen.

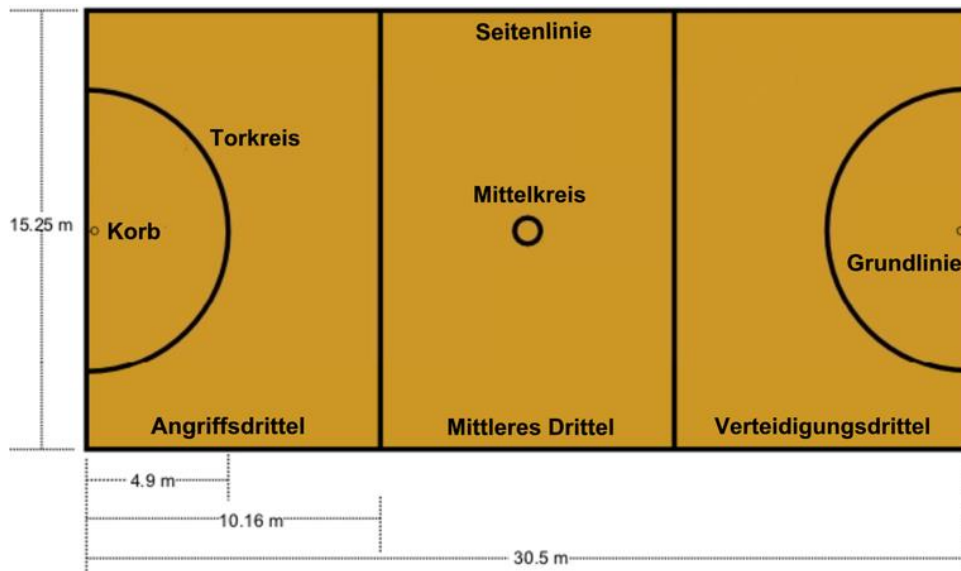


Abbildung 32: Netballspielfeld [34]

- Multifunktionales Spielfeld

Für Basketball, Handball, Tennis und Volleyball ist ein Spielfeld mit Mehrfachmarkierung, wie in Abbildung 42, dargestellt vorzusehen. Sein Umriss beträgt 45,00 x 27,00 m.

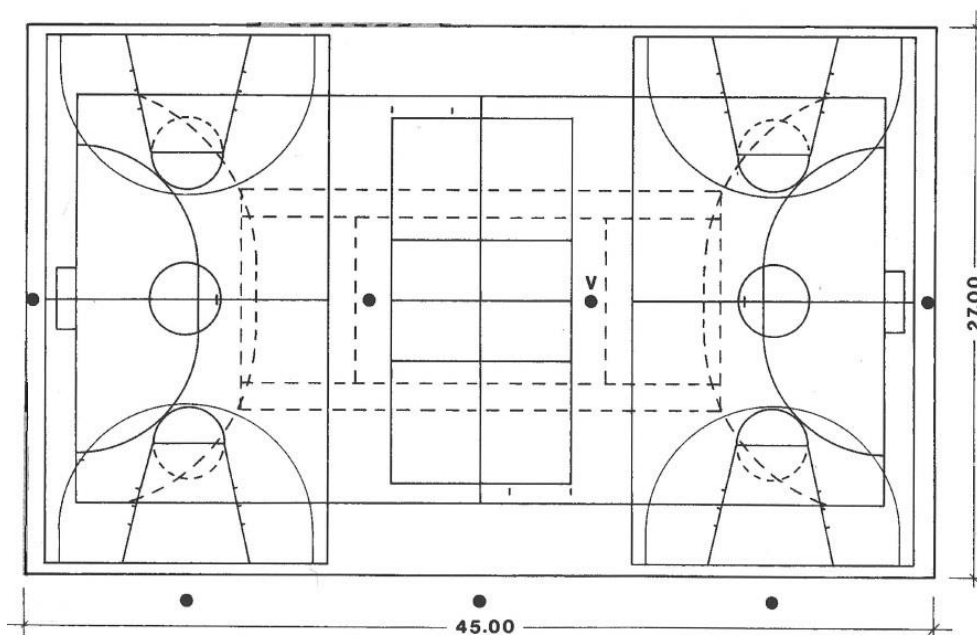


Abbildung 33: Grundriss multifunktionales Spielfeld [35]

- diverse Einrichtungen rund um das Stadion

Hier sind die angenommenen Grundrissabmessungen für die sonstigen geplanten Einrichtungen aufgelistet.

- Fitnessstudio 20,00 x 30,00 m
- Hotel 40,00 x 60,00 m
- Jugendherberge 40,00 x 60,00 m
- Kantine 10,00 x 20,00 m
- diversen Geschäften 5,00 x 10,00 m
- Informations- und Ticketschalter 2,00 x 2,00 m
- Erste Hilfe Station 5,00 x 10,00 m

- Parkplatz

Für das gesamte Areal ist ein gebührenpflichtiger Parkplatz geplant worden. Es sollen 500 Personenkraftwagen, 30 Fahrräder und 10 Busse Platz finden.

Die Zu- und Abfahrt sollte mindestens 3,0 m breit sein und mindestens 2,5 m, wenn Schranken verwendet werden. Die Parkplatzgrößen für PKWs sind abhängig von der Anordnung der Plätze und in der folgenden Tabelle ersichtlich. [36]

	Senkrechtaufstellung	Schrägaufstellung		Längsaufstellung
<b>Winkel des Stellplatzes zur Fahrgasse</b>	90°	60°	45°	0°
<b>Stellplatzgröße für PKW</b>	2,50 x 5,00 m	2,50 x 5,00 m		2,30 x 6,00 m
<b>Barrierereie Stellplatzgröße für PKW</b>	3,50 x 5,00 m	3,50 x 5,00 m		3,50 x 5,00 m
<b>Fahrgassenbreite</b>	6,00 m	4,50 m	3,50 m	3,00 m

Tabelle 3: Platzbedarf für PKW Parkplätze [36]

In Abbildung 34 sind zwei Beispiele für Parkplatzanordnungen dargestellt.

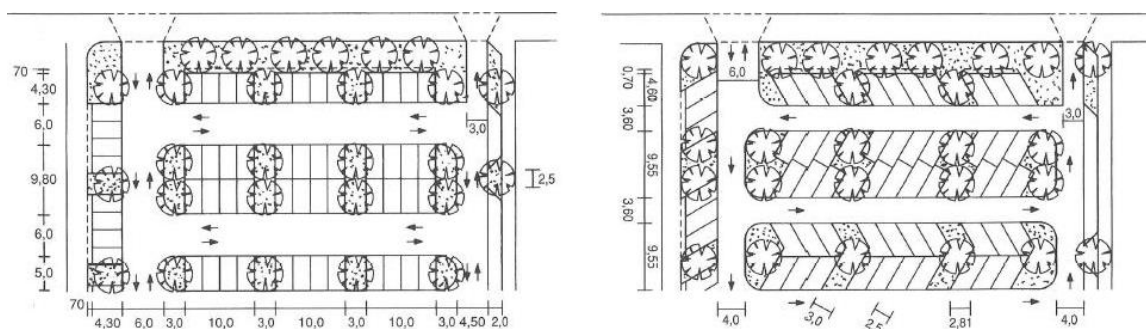


Abbildung 34: Zwei Beispiele für PKW Parkplätze [37]

Für die Fahrradabstellplätze besteht ein Platzbedarf von je 2 x 0,7 m. [38]

Die Busparkplätze sollten nach der Abbildung 35 geplant werden. [37]

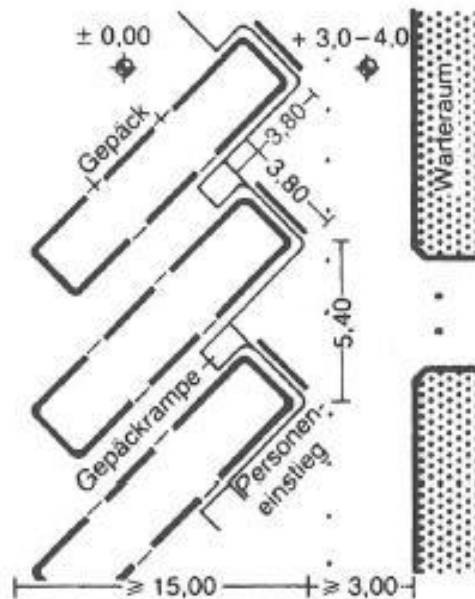


Abbildung 35: Beispiel für Bus Parkplätze [37]

Die Entwässerung des Parkplatzes erfolgt durch ein Oberflächengefälle von maximal 2,5%. Das Wasser wird durch Entwässerungsrinnen oder Einzelabläufen weggeführt. [39]

- unterirdischer Tank, oberirdischer Tank und Senkgrube

Die Senkgrube soll eine Fläche von 200 m<sup>2</sup> aufweisen, dazu ist ein Durchmesser von 16 m erforderlich. Der oberirdische Tank soll die Möglichkeit haben 3.000 l Wasser aufzunehmen, das entspricht etwa einem Durchmesser von 1,40 m, und einer Höhe von 2,00 m. Der unterirdische Tank hat ein Füllvolumen von 300.000 l, wobei die Höhe 3,00 m beträgt und der Grundriss ein 10,00 x 10,00 m Quadrat ist.

### 3.3.2 KONZEPT A

Das Stadion liegt sehr zentral, mitten auf dem Gelände, wie in der Skizze in Abbildung 36 ersichtlich ist. Die Längsachse ist annähernd in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet, wie es in den Normen empfohlen wird. Vor dem Stadion von der Zufahrt aus gesehen, befindet sich der Parkplatz, welcher damit gut erreichbar ist. Allerdings ist dies der Bereich, an dem jeder Besucher vorbei muss und somit ein potentieller Gefahrenpunkt. Der Bauaufwand ist aufgrund der Topografie etwas höher, die hier nicht nur in eine Richtung sondern in zwei Richtungen abfällt. Die

Varianten der möglichen Stadionaufführung und die dafür notwendigen Tondicken, sowie die resultierenden Zuschauerplätze mit der Annahme, dass nicht höher als etwa 8 m gebaut wird, sind in der Abbildung 37 dargestellt. Diese maximale Höhe von etwa 8 m ergibt sich aus den vorherrschenden Gerätschaften und dem Ausbildungsstandard des Personals. Der hier zugehörige Plan ist im Anhang F ersichtlich.

### **3.3.3 KONZEPT B**

Bei diesem Konzept befindet sich das Stadion im, von der Straße aus gesehenen, vorderen und flacheren Teil des Geländes. Dieses fällt gleichmäßig in eine Richtung ab, was den Bauaufwand positiv beeinflusst. Die Längsachse zeigt allerdings annähernd in die nicht optimale Ost-West-Richtung, wie in der nachstehenden Abbildung 38 dargestellt. Um auf den Parkplatz zu gelangen wird eine neue Straße benötigt, die am Stadion vorbeiführt. Das dafür vorgesehene Stück des Bauplatzes ist im Vergleich zum Konzept A steiler. Jedoch verteilen sich die Zuschauerströme gut in vom Parkplatz und von der Straße kommende Besucher. Die Geländelinie mit den möglichen Stadionvarianten und nötigen Tonschichtdicken, sowie der daraus resultierenden Zuschauerplätze mit der Annahme, dass nicht höher als etwa 8 m gebaut wird, für dieses Konzept ist in Abbildung 39 abgebildet. Die Begründung der Festlegung der maximalen Höhe von 8 m ist dieselbe wie beim Konzept A. Der hier zugehörige Plan ist im Anhang G ersichtlich.

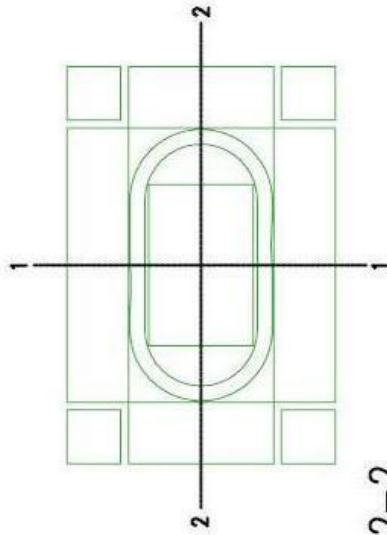
### **3.3.4 WAHL**

Das Bistum Njombe und die Regierung wählten aufgrund der Nord-Süd-Orientierung und der guten Zufahrmöglichkeit zur Parkfläche das Konzept A. Die optimale Belichtung ist vor allem während der Nachmittagszeit, zu der die meisten Veranstaltungen stattfinden, wegen der Stellung der Sonne für die Sportler wichtig. Eine Ost-West-Situierung würde zur Blendung der Sportler, insbesondere der Torwarte bei Fußballspielen, führen. Im Laufe der Planung wurde das Erkunden der Bodenschichten vorgenommen und ergab Tonschichtdicken zwischen 0,50 und 1,00 m. Dies führt dazu, dass ein teilweises Ausführen unter Niveau nicht möglich ist und somit nur mehr Möglichkeit 3 zur Wahl steht.





# Concept A – section PRELIMINARY



section 1-1

section 2-2

Possibility 1



digged in 13,2 m  
about 40 000 spectators

Possibility 2



digged in 7,5 m  
about 30 000 spectators

Possibility 3

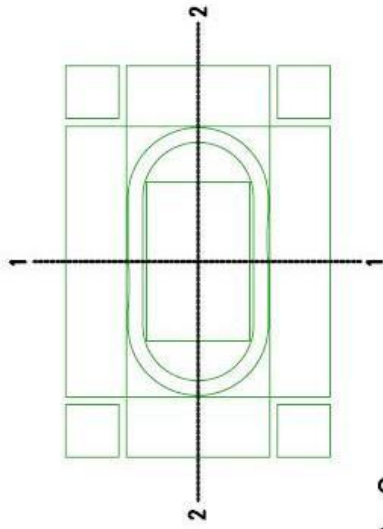


digged in 0 m  
about 25 000 spectators

Abbildung 37: Möglichkeiten der Ausführung des Stadions für das Konzept A



# Concept B – section PRELIMINARY



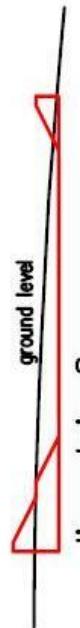
section 1-1

Possibility 1



digged in 15 m  
about 40 000 spectators

Possibility 2



digged in 8 m  
about 33 000 spectators

Possibility 3



digged in 0 m  
about 25 000 spectators

section 2-2

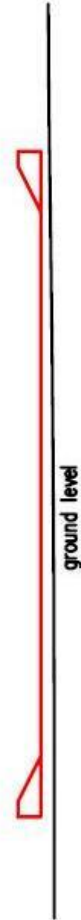
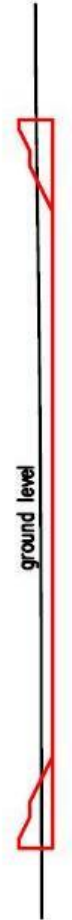


Abbildung 39: Möglichkeiten der Ausführung des Stadions für das Konzept B

## 4 SPEZIFISCHE PLANUNG

Dieses Kapitel widmet sich der Erstellung des Entwurfes und seiner zugehörigen Bemessungsarbeit des Fußball- und Leichtathletikstadions. Dazu war vorerst eine Überlegung der nötigen Anlagen und aller verbindenden Wege nötig, sowie die Ausarbeitung der Empfehlungen aus verschiedensten Richtlinien und Normwerken für Stadien.

### 4.1 DER WEG ZUM ENTWURF

Ziel jeder Entwurfsgestaltung ist ein möglichst hoher Grad an Effizienz. Um dies zu erreichen, wurden je ein Wegorganigramm für die Zuschauer (siehe Abbildung 40) und für offizielle Personen wie Sportler, Schiedsrichter und Personal (siehe Abbildung 41) erstellt. Die Diagramme stellen die Wege für die einzelnen Benutzergruppen des Stadions dar, welche den einzelnen Farben (siehe Legende der Abbildungen) zugeordnet sind: öffentlich zugänglicher Bereich, Zuschauerbereich, VIP-Zuschauerbereich, Personal, Sportler und Schiedsrichter.

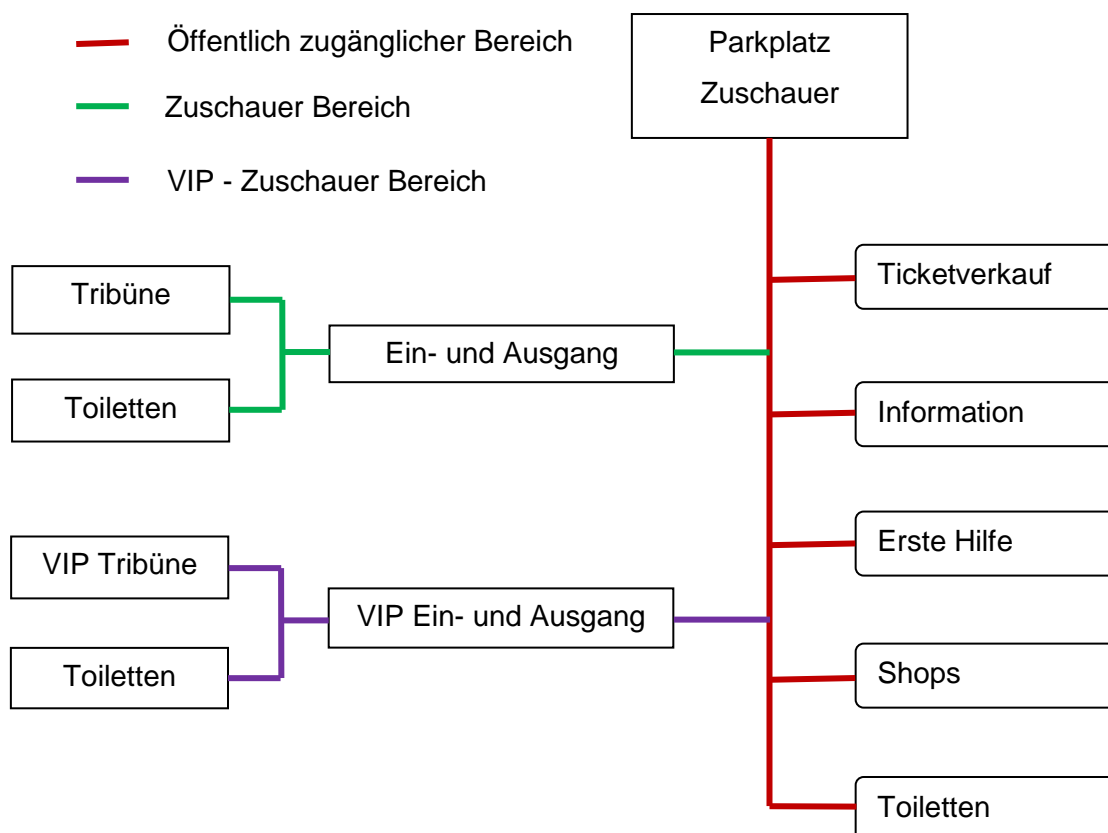


Abbildung 40: Wegorganigramm Zuschauer

Abbildung 40 zeigt, dass alle Zuschauer Zugang zum Parkplatz, Ticketverkauf, zur Information, Ersten Hilfe, zu den Shops und öffentlichen Toiletten haben. Dieser Bereich ist ebenfalls für alle Besucher des Areals zugänglich. Weiters haben die Stadionbesucher mit ihren erworbenen Tickets eine Berechtigung zum Eintritt zu Tribüne und eigenen Toiletten. Besitzer von VIP Karten sind in einem eigenen Bereich des Stadions untergebracht.

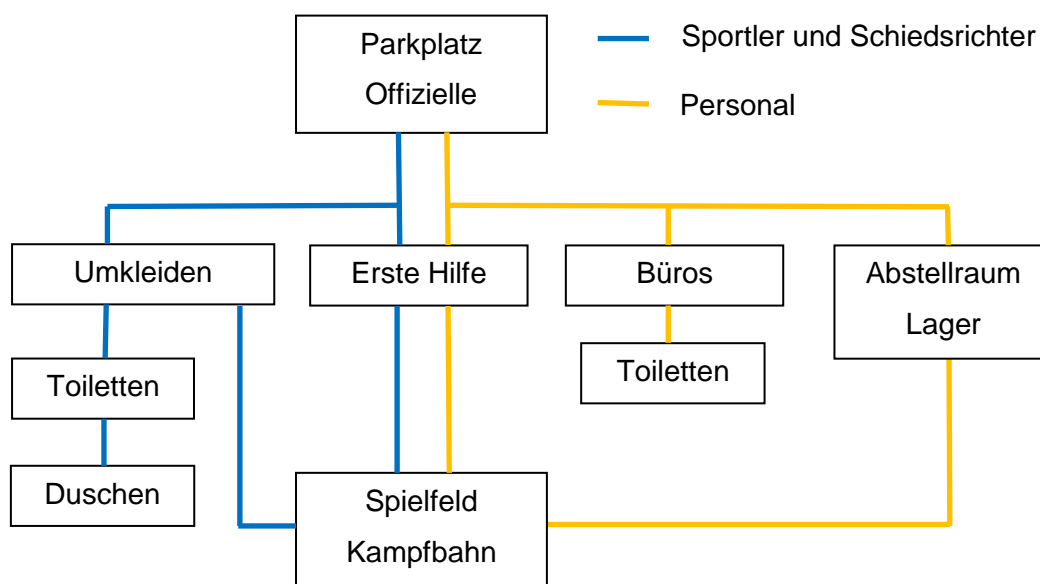


Abbildung 41: Wegorganigramm Offizielle

Abbildung 41 zeigt, dass für Sportler, Schiedsrichter und Personal ein eigener Parkplatz zur Verfügung steht, von welchem sie entweder durch das Nebengebäude oder die Erste Hilfe Einfahrt zum Spielfeld gelangen. Innerhalb des Nebengebäudes sind Umkleiden mit Duschen und Toiletten für die Sportler und Schiedsrichter vorgesehen. Die Umkleide der Schiedsrichter dient gleichzeitig auch als Erste Hilfe Räumlichkeit und hat einen gesonderten, direkten Zugang zum Spielfeld. Auch der Abstellraum bzw. das Lager hat einen direkten Ein- und Ausgang zum Spielfeld. Des Weiteren sind die Büroräumlichkeiten mit Toiletten für das regelmäßig beschäftigte Personal im Nebengebäude enthalten.

## 4.2 DIE KRITERIEN

In Folgendem werden die für dieses Projekt als relevant erachteten Planungskriterien zusammengefasst.

#### 4.2.1 SPIELFELD UND KAMPFBAHN

- Fußball

Das Fußballfeld ist das Zentrum des Stadions. Mit seinen Spielfeldabmessungen von 105,00 x 68,00 m und einer Gesamtabmessung von 120,00 x 80,00 m (siehe Abbildung 42), d.h. Spielfeld inklusive Sicherheitszone, ist es vorzugsweise entlang seiner Längsachse in Nord-Süd Richtung zu orientieren (siehe Abbildung 43). [32] Der Grund dafür ist, dass Sportveranstaltungen und hauptsächlich Fußballspiele am häufigsten nachmittags ausgetragen werden und die Sonnenstellung die Sportler, vor allem aber die Torwarte, stark blenden würde. Somit wären bei einer Ost-West-Situierung nicht vollkommen faire Spielverhältnisse gegeben.

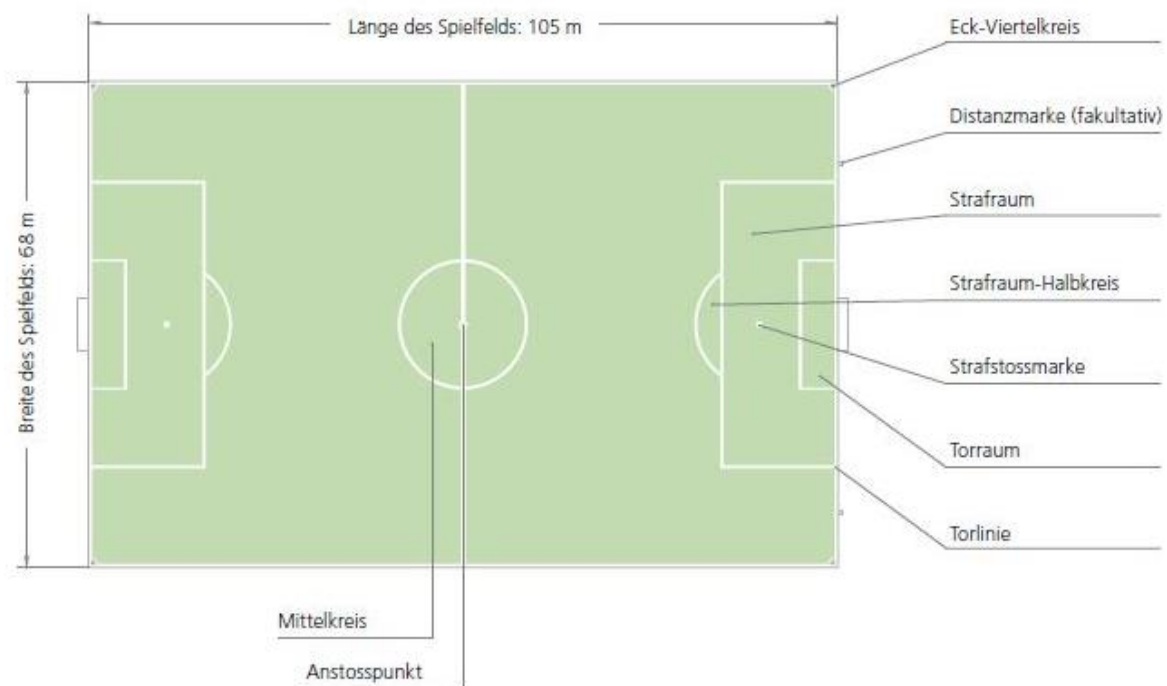


Abbildung 42: Fußballspielfeld [40]

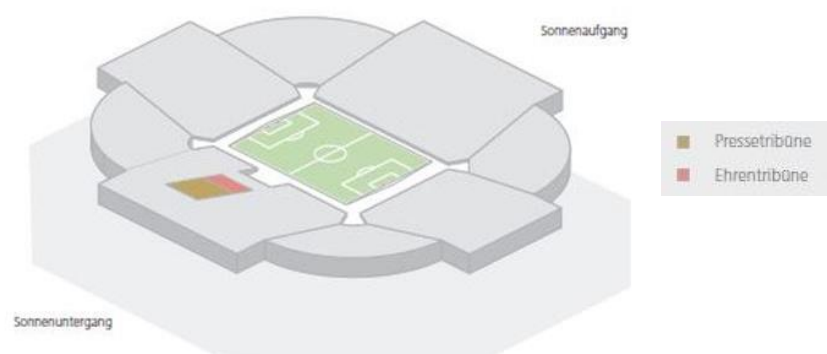


Abbildung 43: Ausrichtung des Stadions [40]

Die Lichten Maße der beiden Tore betragen 2,44 m in der Höhe und 7,32 m in der Breite (siehe Abbildung 44). [40] Die Fundamente für die dickwandigen Aluminiumtorstangen, welche mindestens 50 cm in den Erdboden reichen müssen, sind mit einer 4 cm starken Schicht zu überdecken, um die Verletzungsgefahr in diesem Punkt auszuschließen. [41] [42]

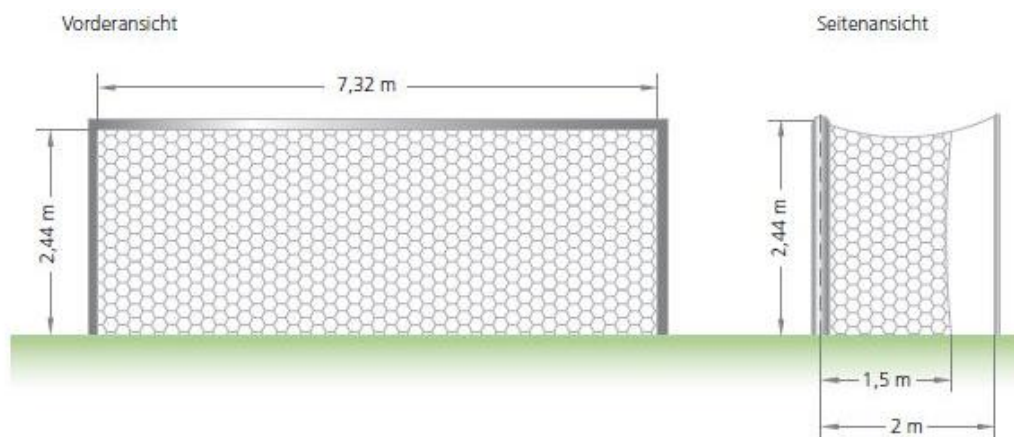


Abbildung 44: Abmessungen eines Fußballtores [40]

Wie die Torstangen sind auch die sechs Grenzstangen in den Ecken und an den Endpunkten der Mittellinie auszuführen. [41]

Auf den zwei Ersatzbänken sind überdachte Sitzplätze für je fünfzehn Personen vorzusehen. Die zu beachtenden Mindestabstände zum Spielfeld und zueinander sind der Abbildung 45 zu entnehmen. [32] Da es sich hierbei um ein mehrfach genütztes Stadion handelt, müssen mobile Ersatzbänke verwendet werden, die zwischen den Wechseln der Veranstaltungen entfernt bzw. aufgebaut werden können.

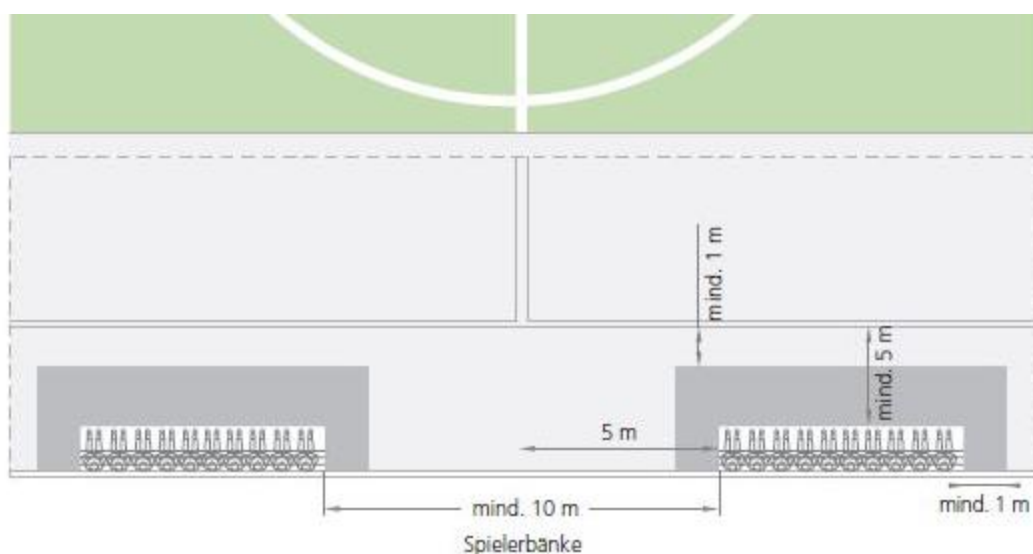


Abbildung 45: Positionierung der Ersatzbänke [40]



- Leichtathletik

Leichtathletikanlagen werden in drei Klassen je nach Wettbewerbsfähigkeit eingestuft: Typ A, Typ B und Typ C; Wobei die Klasse Typ A für überregionale und internationale Leichtathletik Bewerbe tauglich ist und aus diesem Grund auch für das Stadion in Njombe geplant ist.

Sie werden rund um das Fußballfeld angeordnet und bestehen neben dem innenliegenden Großspielfeld aus acht Kurzstreckenbahnen mit einem Wassergraben für die Laufdisziplinen (Sprint, Mittelstrecken-, Langstrecken-, Staffel-, Hürden-, Hindernislauf und Bahngehen) und weiteren Einzelanlagen für die Sprungdisziplinen (Hoch-, Stabhoch-, Weit- und Dreisprung) und Wurfdisziplinen (Kugelstoß, Diskus-, Hammer- und Speerwurf) innerhalb und außerhalb der Kampfbahn.

Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass die Sprungdisziplinen ohne Sonnenblendung ausgeübt werden können. Der Anlauf für den Hoch- und Stabhochsprung erfolgt nach Süden, beim Speer- und Diskuswurf ist die Hauptanlaufrichtung ebenfalls der Süden, je nach Wind kann auch der Norden als Anlaufrichtung gewählt werden kann. Die Dreisprunganlage kann nach Norden, Süden oder auch Westen ausgerichtet werden. Das Kugelstoßen verläuft bei Tennenbelag nach Osten oder Westen und bei Kunststoffbelag nach Norden oder Süden. [35]

Etwaige Abmessungen sind in der folgenden Abbildung eingetragen.

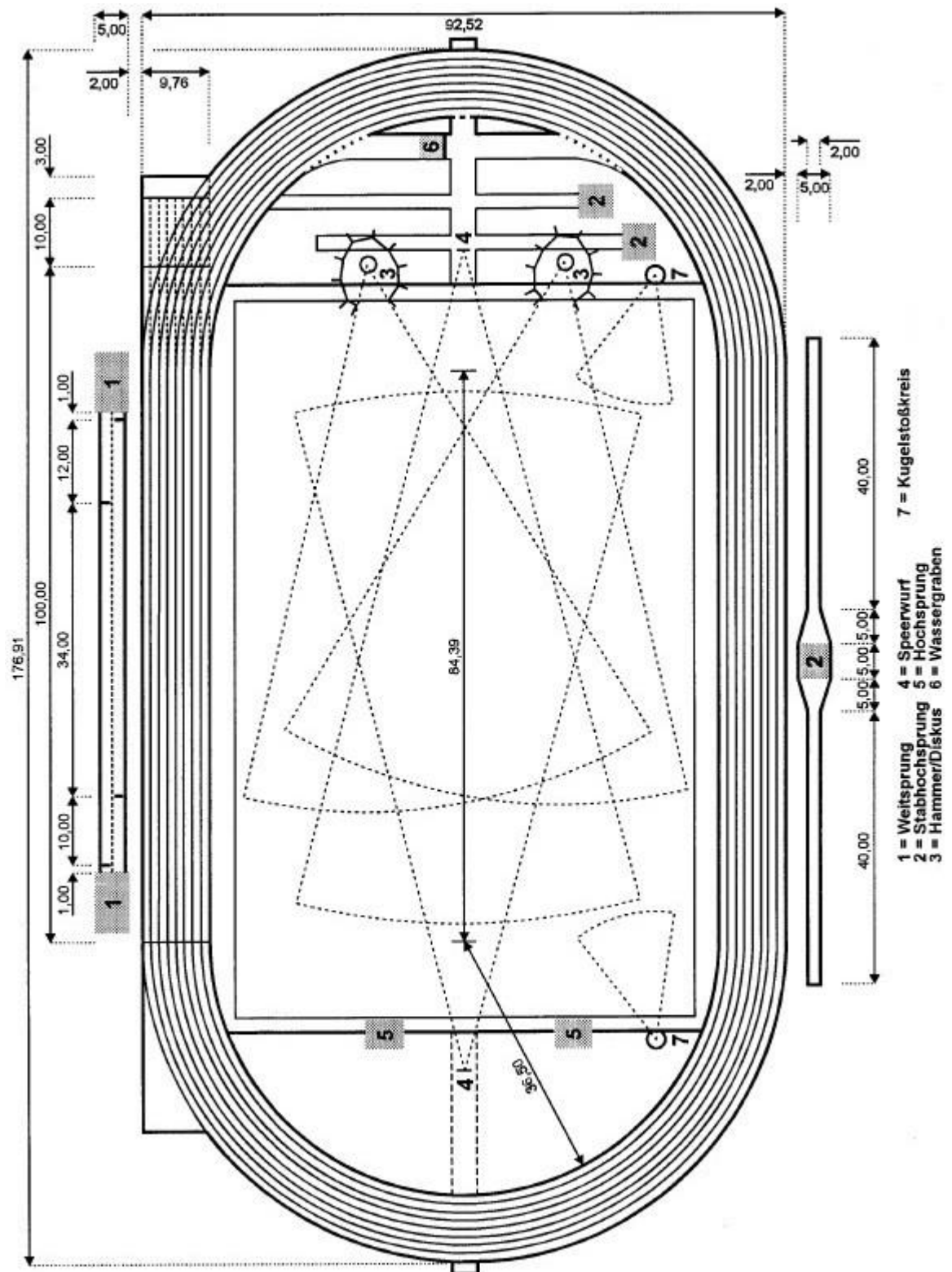


Abbildung 46: Kampfbahn Typ A [33]

Die Kampfbahn Typ A besteht aus folgenden Einzelanlagen:

- 8 Kreisbogenbahnen (400 m)
- 8 bis 10 Einzelbahnen für die geraden Sprint- und Hürdenstrecken
- 1 Hindernislaufbahn, Wassergraben im Startsegment, aus der Mittelachse versetzt
- 1-2 Hochsprunganlage, Anlaufrichtung nach Norden (transportable Sprungkissen)
- 1 Stabhochsprunganlage an der Ostseite außerhalb der Laufbahn mit transportablen Sprungkissen in der Mitte der Anlaufbahn, Anlaufrichtung aus Norden und Süden
- 2 Stabhochsprunganlagen im nördlichen Segment, Anlaufrichtung aus Osten
- 2 kombinierte Anlagen für Weit- und Dreisprung an der Westseite außerhalb der 400-m-Rundbahn, Anlaufrichtung von Norden und Süden
- 1 kombinierte Diskus- und Hammerwurfanlage im nördlichen Segment, Wurfrichtung nach Süden
- 1 Speerwurfanlage im südlichen Segment, Wurfrichtung nach Norden
- 1 Speerwurfanlage im nördlichen Segment, Wurfrichtung nach Süden
- 1 Kugelstoßkreis im nördlichen Segment, Auftrefffläche auf Großspielfeld
- 1 Kugelstoßkreis im südlichen Segment, Auftrefffläche auf Großspielfeld

Die baulich zu beachtenden Kriterien werden im Weiteren beschrieben.

Die Rennbahn hat eine Länge von 400 m und wird durch Kreisbögen beschrieben. Die Bahn besteht aus zwei parallelen Geraden mit einer Länge von je 84,39 m und zwei Halbkreisen mit einem Radius von 36,50 m. [39] Eine Laufbahn ist 1,22 m breit, jedoch beträgt die lichte Breite 1,17 m wegen der 5 cm breiten Trennmarkierung. Außerhalb der acht Bahnen verläuft an der Innen- und Außenseite eine 5 cm hohe und 5 bis 25 cm breite Einfassung mit einer zur Laufbahn abgerundeten oder gebrochenen Kante in der die Entwässerung der Laufbahn integriert ist. Jedoch ist die Entwässerung nur an der Innenseite notwendig. Nach der Begrenzung ist eine 0,28 m breite Sicherheitszone freizuhalten und mit einer 1,00 m hohen Umzäunung abzutrennen. Das Quergefälle ist mit max. 1% begrenzt und das Gefälle in Laufrichtung mit 0,01%. Der Aufbau der Laufbahn setzt sich von oben nach unten aus 4 cm ( $\pm 0,5$  cm)

Tennenbelag aus 0/3 mm Spezialstoff, 6 cm dynamischer Schicht mit guter Verzahnung aus 0/15 mm oder 0/20 mm mit hoher Wasserspeicherfähigkeit, 15 cm Tragschicht aus 3/32 mm Schotter und 6 cm Filterschicht aus 0/20 mm Sand-Kies-Gemisch über dem Untergrund zusammen. [35]

Der Wassergraben ist Bestandteil des 400 m/1.500 m/3.000 m Hürdenlaufs und im Südsegment der Laufbahn anzuordnen. Dieser ist 3,66 m breit und auch lang mit einer Toleranz von  $\pm 2$  cm. Die Länge wird gemessen von Beginn der Hürde bis zum Ende des Wassergrabens, das heißt der Wassergraben ist kürzer als das angeführte Maß, jedoch mindestens 2,50 m lang. Seine Tiefe beträgt in den vorderen 0,30 m 0,70 m und steigt danach stetig bis zur Oberkante der Bahn. Der Hindernisbalken hat eine Breite von 3,66 m und wird bei Frauen auf einer Höhe von 76,20 cm ( $\pm 0,30$  cm) und bei Männern auf 91,40 cm ( $\pm 0,30$  cm) montiert. Der Querschnitt des Balkens hat die Abmessungen 12,70 x 12,70 cm. [35] In der nachstehenden Abbildung ist die Skizze eines Wassergrabens im Schnitt dargestellt.

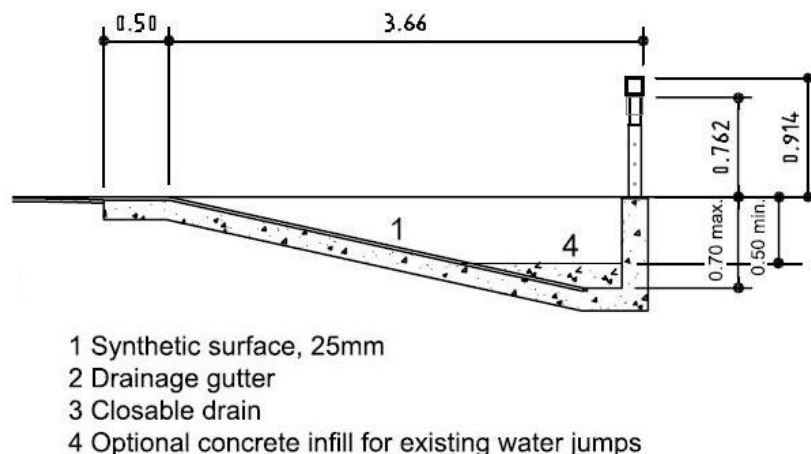


Abbildung 47: Längsschnitt durch den Wassergraben [43]

Die Hochsprunganlage hat eine halbkreisförmige Anlauffläche mit einer Mindestlänge von 20 m und einem Maximalgefälle von 0,4%. Das Aufsprungkissen mit seinen Mindestabmessungen von 5,00 x 3,00 x 0,50 m ist am nördlichen Segment direkt am Rande des Großspielfeldes mit der Sprungrichtung nach Süden zu platzieren. [35]

Die Stabhochsprunganlange hat eine Anlaufbahn mit einer Mindestlänge von 40,00 m und ist 1,22 m ( $\pm 2$  cm) breit. Sie ist mit beidseitig mit einer 5 cm breiten weißen Linie zu kennzeichnen. Ihr Gefälle in Laufrichtung soll nicht mehr als 0,1%

betragen und quer zur Laufrichtung nicht mehr als 1%. Am Ende der Anlaufbahn befindet sich der Einstichkasten zum Absprung. Weiters sind zur Ausübung des Stabhochsprunges eine Aufsprungfläche mit den Mindestabmessungen 5,00 x 5,00 x 0,80 m (bei spitzensportlichen Veranstaltungen: 6,00 x 6,00 x 0,80 m) und ein Sprungständer für die Sprungstäbe nötig. Der Abstand zwischen dem Einstichkasten und dem Aufsprung-Kissen soll etwa 10 bis 15 cm betragen. [35]

Die Weitsprunganlage besteht aus mindestens einer Anlaufbahnen mit Absprungbalken und Sprunggrube. Die Anlaufbahn muss mindestens 40,00 m lang und 1,22 m breit sein, wobei diese beidseitig durch eine 5 cm breite Markierung begrenzt sein muss. Der Absprungbalken, mit den Maßen 1,21-1,22 x 0,34 x 0,10 m, befindet sich 20 cm hinter der anlaufseitigen Kante der Sprunggrube und ist in den Boden eingelassen. Die, durch eine elastische Randeinfassung begrenzte, Sprunggrube sollte 2,75 m breit sein und eine Länge von der Absprunglinie bis zum Ende der Grube von mindestens 10 m aufweisen. Die Grubentiefe soll am Rand mindestens 0,2 m und in Grubenmitte mindestens 0,3 m betragen. Die Sprunggrube wird mit Sand der Körnung 0,2 mm bis 2 mm verfüllt. [35]

Die Abmessungen und Bauweise für die Sprunggrube und die Anlaufbahn sind bei der Dreisprunganlage genauso wie bei der vorher erläuterten Weitsprunganlage, lediglich der Absprungbalken ist anders angeordnet. Dieser befindet sich bei 11,00 m (Frauen) bzw. 13,00 m (Männer) zum anlaufseitigen Grubenrand. [35]

In der Tabelle 4 sind die Abmessungen der Sprunganlagen dargestellt.

Abmessungen von Sprunganlagen						
Anlagenart	Anlauf		Sprunggrube		Kissen	
	Länge m	Breite m	Länge m	Breite m	Länge m	Breite m
Weitsprunganlage	> 45,00 1)	1,22 2)	7,00-9,00	2,75	-	-
Dreisprunganlage	> 45,00	1,22 3)	7,00-9,00	2,75	-	-
Stabhochsprunganlage	> 45,00	1,22	-	-	> 5,00	5,00
Hochsprunganlage	Halbkreis Radius > 20m		-	-	3,00	5,00-6,00

1) Der Absprungbalken ist 1-3 m von der Sprunggrube entfernt. Der Abstand zwischen Absprunglinie und Grubenende beträgt mind. 10m. Bei Hochleistungsportanlagen beträgt die Grubenlänge 1,00 m.

2) Bei mehreren Anlaufbahnen beträgt die Breite 2,00 m.

3) Der Absprungbalken liegt 11m von der Grube entfernt, bei Hochleistungsportanlagen 13 m und bei Anlagen für den Nachwuchs 9 m.

Tabelle 4: Abmessungen von Sprunganlagen [39]

Die Kugelstoßanlage besteht aus einem Stoßkreis und einem Stoßsektor, in dem die Kugel auftrifft. Der Innendurchmesser des Stoßkreises beträgt 2,135 m ( $\pm 5$  mm). Die Einfassung soll aus korrosionssicherem Material bestehen und in Stoßrichtung ist ein bogenförmiger Stoßbalken mit einer Sehnenlänge von 1,21 m anzuordnen. Die Verlängerungen des Stoßsektors schneiden sich gedacht im Mittelpunkt des Stoßkreises und der Winkel des Sektors beträgt 34,92°. Rechtwinkelig zur Stoßrichtung sind auf beiden Seiten des Kreises mindestens 75 cm lange und 5 cm breite weiße Markierungen anzufertigen. Die Auftrefffläche ist als Rasen- oder Tennenbelag auszuführen. [35]

Teil der Diskuswurfanlage sind Diskuswurfkreis, Schutzgitter und Wurfsektor als Auftrefffläche. Der Innendurchmesser des Kreises beträgt 2,50 m ( $\pm 5$  mm) und die Details sind wie bei einer Kugelstoßanlage auszuführen. Auch der Wurfsektor ist bei der Diskuswurfanlage dieselbe. Das Schutznetz verläuft U-förmig um den Wurfkreis, nur zur Wurfrichtung ist dieses offen. Die Öffnung des Netzes ist 6 m breit und befindet sich 7,00 m vor dem Mittelpunkt des Kreises. Das Schutznetz soll mindestens 4,00 m hoch sein, 30 cm am Boden aufliegen und einen 2 kg schweren mit einer Geschwindigkeit von 25 m/s fliegenden Diskus standhalten. Getragen wird das Netz normalerweise von galgenförmigen Metallstützen. [35]

Die Hammerwurfanlage unterscheidet sich von der Diskuswurfanlage nur im Durchmesser des Abwurfkreises. Dieser beträgt hier 2,135 m ( $\pm 5$  mm) und ist wie beim Kugelstoßen auszuführen. Das Schutzgitter soll mindestens 5 m und an den Flügeln 10 m hoch sein. Das Schutznetz hat einem 7,6 kg schweren mit 32 m/s fliegenden Hammer standzuhalten. [35]

Die Sperrwurfanlage besteht aus einer Anlaufbahn und einem Wurfsektor. Die mindestens 30,00 m und maximal 36,50 m lange Anlaufbahn ist 4,00 m breit und mit einer 5 cm breiten weißen Markierungslinie eingegrenzt. Ihr Gefälle in Laufrichtung soll nicht mehr als 0,1% betragen und quer zur Laufrichtung nicht mehr als 1%. Die Abwurfline ist niveaugleich und bogenförmig mit einem Radius von 8,00 m auszuführen. An ihren Enden ist im rechten Winkel zum Boden eine 0,75 m lange und 7 cm breite weiße Markierungslinie zu ziehen. Der Wurfsektor ist am Spielfeld mit 5 cm breiten Linien in einem Winkel von 29° zu markieren. [35]

In der Tabelle 5 sind die Abmessungen der Wurf- und Stoßanlagen zusammengefasst.

Abmessungen von Wurf- und Stoßanlagen			
Anlagenart	Abwurf- oder Abstoßfläche	Auftreffsektor	
		Winkel	Länge
Diskuswurfanlage	Kreisring d= 2,50 m <sup>1)</sup>	34,92°	80 m
Hammerwurfanlage	Kreisring d= 2,135 m	34,92°	80 m
Speerwurfanlage	Anlaufbahn 4m x 36,50 m <sup>2)</sup>	29,00°	100 m
Kugelstoßanlage	Kreisring d= 2,135	34,92°	25 m
1) Durch die Einlage eines Profilringes auch für Hammerwurf nutzbar.			
2) Mindestlänge 30,00m.			

Tabelle 5: Abmessungen von Wurf- und Stoßanlagen [39]

Genauere Ausführungsrichtlinien sind aus „IAAF Competition Rules 2014-2015“ [44] zu entnehmen.

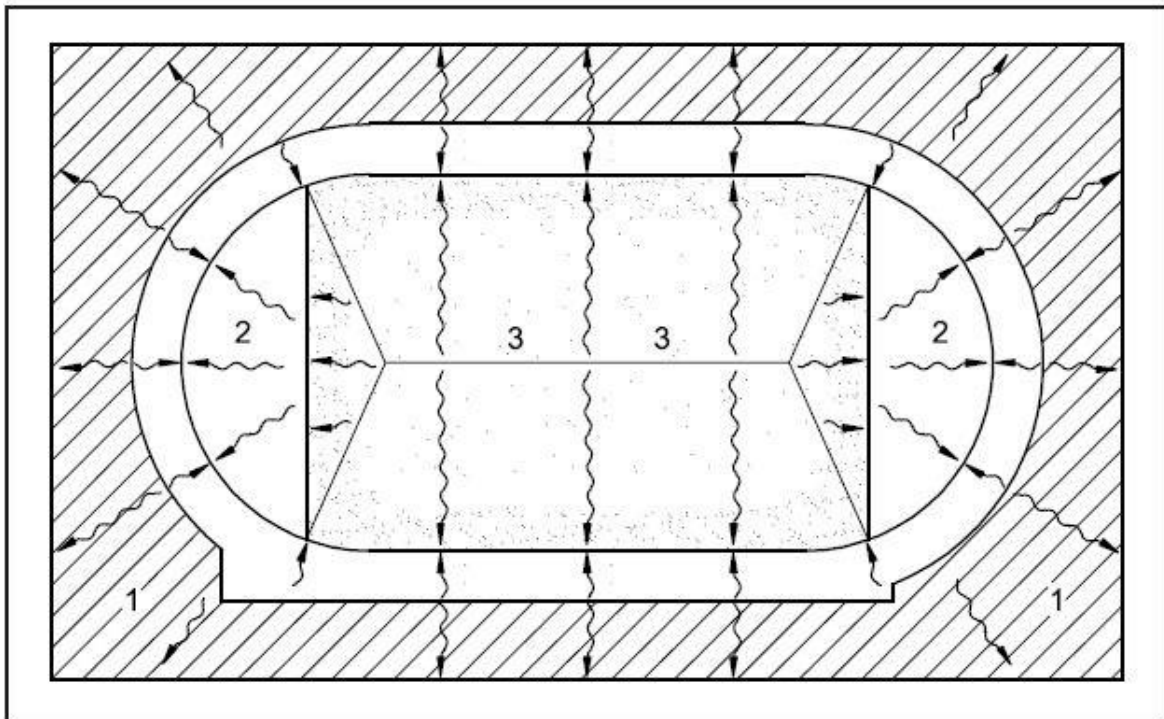
#### 4.2.2 BE- UND ENTWÄSSERUNG

- Entwässerung

Der Baugrund des Spielfeldes ist der Träger aller anfallenden Lasten der darüber liegenden Schichten und hat die Ebenheit dieser sicherzustellen (maximale Abweichungen von  $\pm 15$  mm von der Nennhöhe zulässig). Hier wird Sickerwasser entweder aufgenommen oder über eine Entwässerungseinrichtung abgeführt. Der Wert der Wasserinfiltration liegt etwa zwischen 30 und 1.800 mm/h. Handelt es sich um einen nicht ausreichend durchlässigen Baugrund, so ist eine Dränschicht zwischen dem Baugrund und der Rasentragschicht vorzusehen. Diese leitet das überschüssige Wasser durch Dränstränge oder Drängräben ab. Dazu werden Sande und Feinkiese verwendet und zumindest 120 mm dick verbaut. Das Gefälle der Drän- sowie der Rasentragschicht darf maximal 1% betragen und ist in der Form eines Sattel-, Walm- oder Seitenpultdaches oder als Diagonalgefälle auszuführen. Die Entwässerung der Oberfläche durch ein Gefälle ist in Abbildung 48 dargestellt. Durch Entwässerungseinrichtungen, gedeckte Rinnen (Hohlprofilrinnen), offene Rinnen (Muldenrinnen) oder Einzelabläufe in Randsteinen, wird das Oberflächenwasser an die Vorflut weitergeleitet. Die Drainage Gräben sind mit einem Gefälle von etwa 0,3% auszuführen. [41]

Das Grundwasser sollte am tiefsten Punkt der gesamten Fläche 600 mm unter der Oberkante der Rasentragschicht liegen. Die Rasentragschicht ist eine durchlässige, belastbare und intensiv durchwurzelbare Schicht aus unterschiedlichen Gerüstbaustoffen, wie Oberböden, Sanden und

Gesteinsmengen, sowie Zusatzstoffen. Sie speichert einen Teil des einsickernden Oberflächenwassers und gibt das Überschusswasser an den Baugrund ab. [41]



- 1 Groundwater, vegetation areas (0.25), paved paths (0.60), asphalted paths (0.80), waterbound paths (0.30)  
 2 Unbound mineral surface (0.50), non-permeable synthetic surface (0.90), permeable synthetic surface (0.50), turf (0.25)  
 3 Turf (0.25), synthetic turf (0.60)

Abbildung 48: Oberflächenentwässerung einer Kampfbahn und ihr Gefälle [43]

Für die Ausführung der Drainage gibt es verschiedene Möglichkeiten. Hier wird die beschrieben, die im Stadion von Njombe auszuführen ist.

Für alle bearbeitbaren Böden mit unzureichender Wasserdurchlässigkeit des Baugrundes wird folgender Aufbau gewählt. Über dem Baugrundplanum sind rohrlose Dränschlitze im Abstand von etwa 1 bis 1,5 m mit einer Breite von 50 - 80 mm und einer Tiefe bis zu 0,3 m anzuordnen. Diese werden mit einem Mineralgemisch aus 2/8 mm bis 30 mm verfüllt und vom Boden überdeckt. Weiters werden sie an ein Dränagesystem aus Ringsammlern mit Querverbindungen im Abstand von etwa 10 bis 12 m angeschlossen. Die Drängrabensole muss mindestens 100 mm tiefer als die Dränschlitze liegen. Über der Dränschicht liegt die 80 bis 120 mm starke Rasentragschicht und auf ihr die Ansaat oder der Fertigrasen. [41] Der Aufbau und der Verlauf der Drainagen sind in Abbildung 49 und Abbildung 50 graphisch dargestellt.



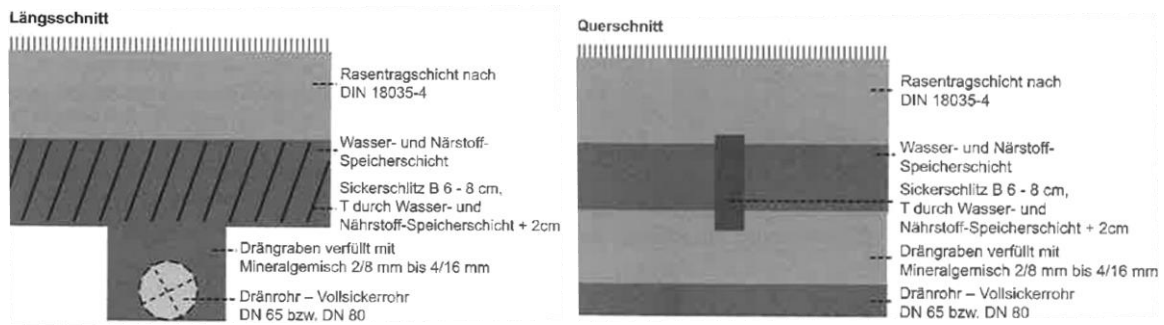


Abbildung 49: Bodenaufbau Spielfeld [41]

Die nächste Abbildung zeigt den möglichen Verlauf der Drainage Leitungen.

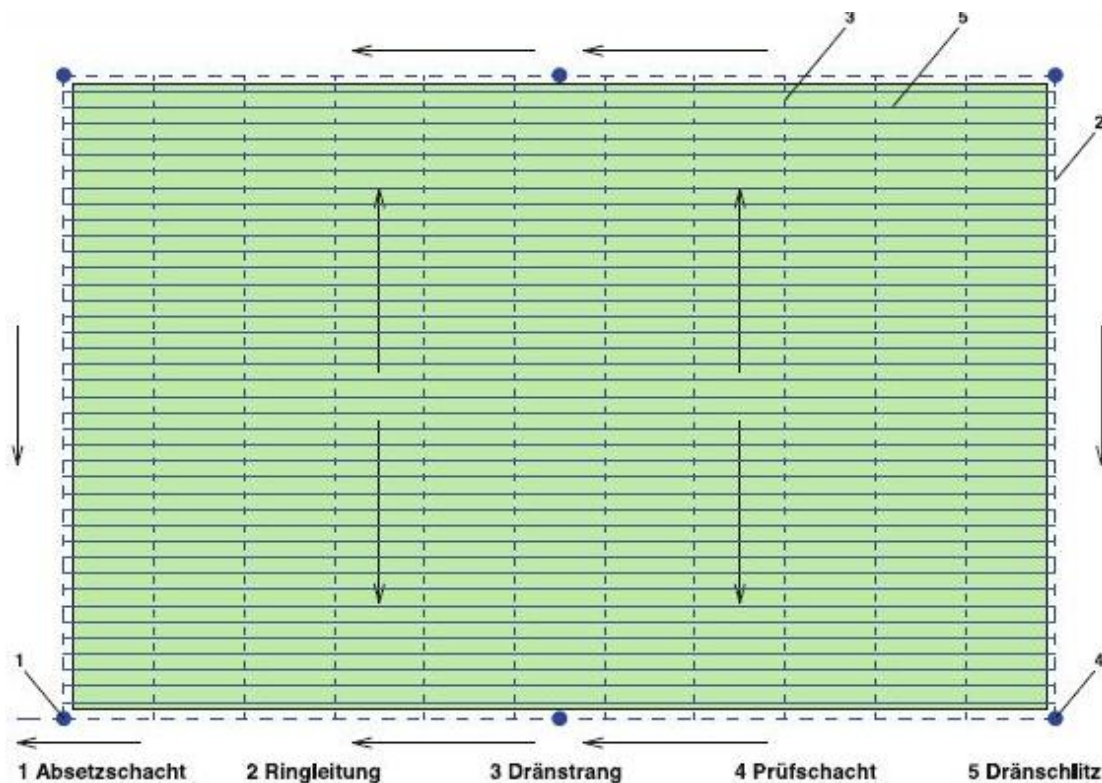


Abbildung 50: Verlauf der Drainage durch den Spielfelduntergrund [39]

Für die Entwässerung der Kampfbahn werden folgende Elemente verwendet:

- Ablaufkästen
- Draingraben
- Drainrohrleitung
- Geschlossene Rohrleitungen
- Kontrollschächte
- Ringsammler

Die Ausführungsrichtlinien sind aus „IAAF Track and Field Facilities Manual 2008“ [43] zu entnehmen.

- Bewässerung

Um den Wachstum und die Scherfestigkeit des Rasens sicherzustellen ist dieser möglichst gleichmäßig zu beregnen, siehe Abbildung 51. Es sind trockenheitsresistente Grassorten wie *Lolium perenne*, *Poa pratensis* oder *Festuca arundinacea* zu wählen. [41]

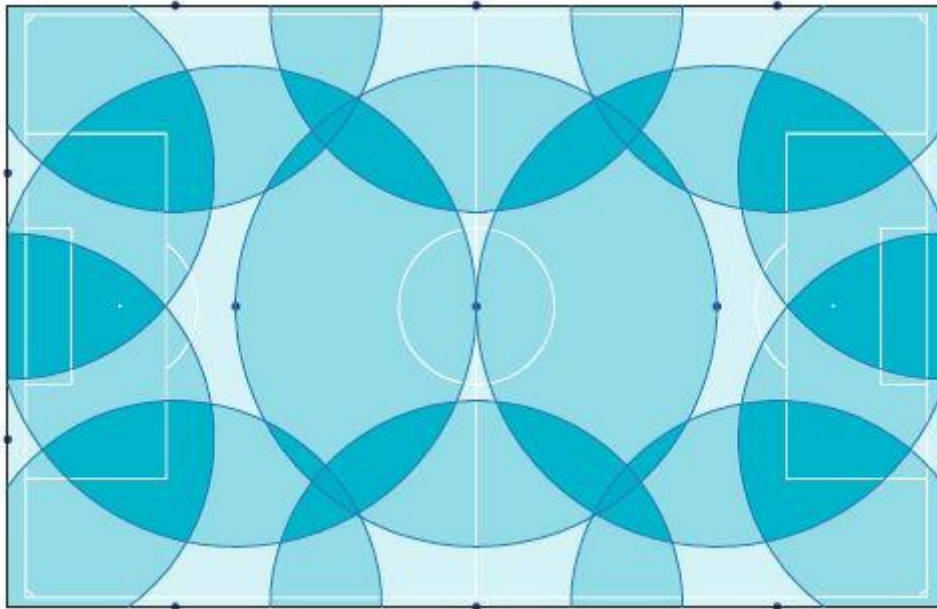


Abbildung 51: Beregnungsanlage eines Fußballfeldes [39]

Jedes Großspielfeld muss mindestens in der Verlängerung seiner Spielfeldquersachse, also außerhalb der längsseitigen Spielfeldbegrenzungslinie, je einen Unterflurhydranten mit einer Nennweite von 50 mm, kurz NW 50, und eine Wasserzuleitung mit NW 65 besitzen. Die Versenkregner sind oberflächengleich mit einer Toleranz von minus 1 cm einzubauen. [35]

#### 4.2.3 TRIBÜNEN

Jede der vier Tribünen ist in Sektoren zu teilen, um den Zu- und Abgang geregelter abwickeln zu können und auch um während der Veranstaltungen die Menschenmenge übersichtlicher verteilen zu können.

Jeder Bereich muss mindestens zwei Ein- bzw. Ausgänge besitzen. [45] Für die Konstruktion der Eingänge ist darauf zu achten, dass ein Zählen und Kontrollieren sowie der Zugang von Zuschauern mit besonderen Bedürfnissen ermöglicht werden können. Die Durchgangsweite der Kontrollstellen soll 60 cm nicht unterschreiten. Bei Rollstuhldurchlässen beträgt die Mindestbreite 1.000 mm,

wobei davor und danach 1.500 x 1.500 mm große ebene Flächen vorzusehen sind. [46]

Die Erschließungswege sollten die Besucher zügig und gefahrlos an ihr Ziel bringen. [35] Bereiche in denen es zu Zuschauerbewegungen kommt, müssen barrierefrei und frei von Stolpersteinen sein und über eine rutschsichere Fußbodenoberfläche verfügen. [46] Für je 750 Personen ist eine Wegbreite von 1,0 m einzuplanen, wenn in zwei Richtungen, d.h. auch auf das Spielfeld, geflüchtet werden kann. [35] Die Mindestbreite der Gänge beträgt 1,2 m, bei Rampen 1,5 m. Treppenaufgänge sollten um mindestens 30% breiter sein als der engste Laufweg. Daraus ergibt sich eine ein  $b_{\min}$  von 1.800 mm. Die lichte Breite von etwaigen Türen und Toren soll mindestens 900 mm betragen. [46]

Der Zuschauerbereich ist in Blöcken von je max. 2.500 Plätzen so zu unterteilen, dass die Zuschauer nicht in einen anderen Block gelangen können. [35] *„Wände, Zäune und Tore dürfen keine Möglichkeit bieten sie mittels Händen oder Füßen zu ersteigen.“* [46]

Die Zuschauerbereiche müssen von der Aktionsfläche durch hoch liegende Sitzplätze, Gräben, Absperrungen (Gitter, Zäune, transparente Absperrungen) oder Kombinationen daraus getrennt werden. [35] [47] Diese drei Grundmöglichkeiten sind in der nachstehenden Abbildung 52 dargestellt.

Bei einer erhöhten Tribüne können sich am Rand der Aktionsfläche viele Personen befinden, ohne das die Sicht der Zuschauer beeinträchtigt wird, allerdings ist für die hinteren Reihen eine schlechtere Sicht auf das Spielfeld gegeben. [48]

Wird ein Graben zur Trennung der Zuschauer vom Aktionsfeld verwendet, wird die Sicht nicht eingeschränkt, allerdings ist mehr Platz für diese Konstruktionsmethode erforderlich. [48]

Bei der Verwendung von Zäunen oder Trennwänden werden die Sportler und das Spielfeld gut geschützt, allerdings kommt es zu Sichtbehinderungen. Bei Fußballstadien soll der Zaun mindestens 2,2 m hoch sein und mit Notausgängen versehen werden. Entfernbarer Absperrungen sind vor allem für eine Alternativnutzung des Stadions von Vorteil. [48]

Bei Fußballfeldern sollte an den Stirnseiten je ein Ballfangzaun mit 6 m Höhe und 40 m Breite angebracht werden. Bei Bedarf können an den gesamten Spielfeldlängsseiten 4 m hohe Zäune errichtet werden. [35]

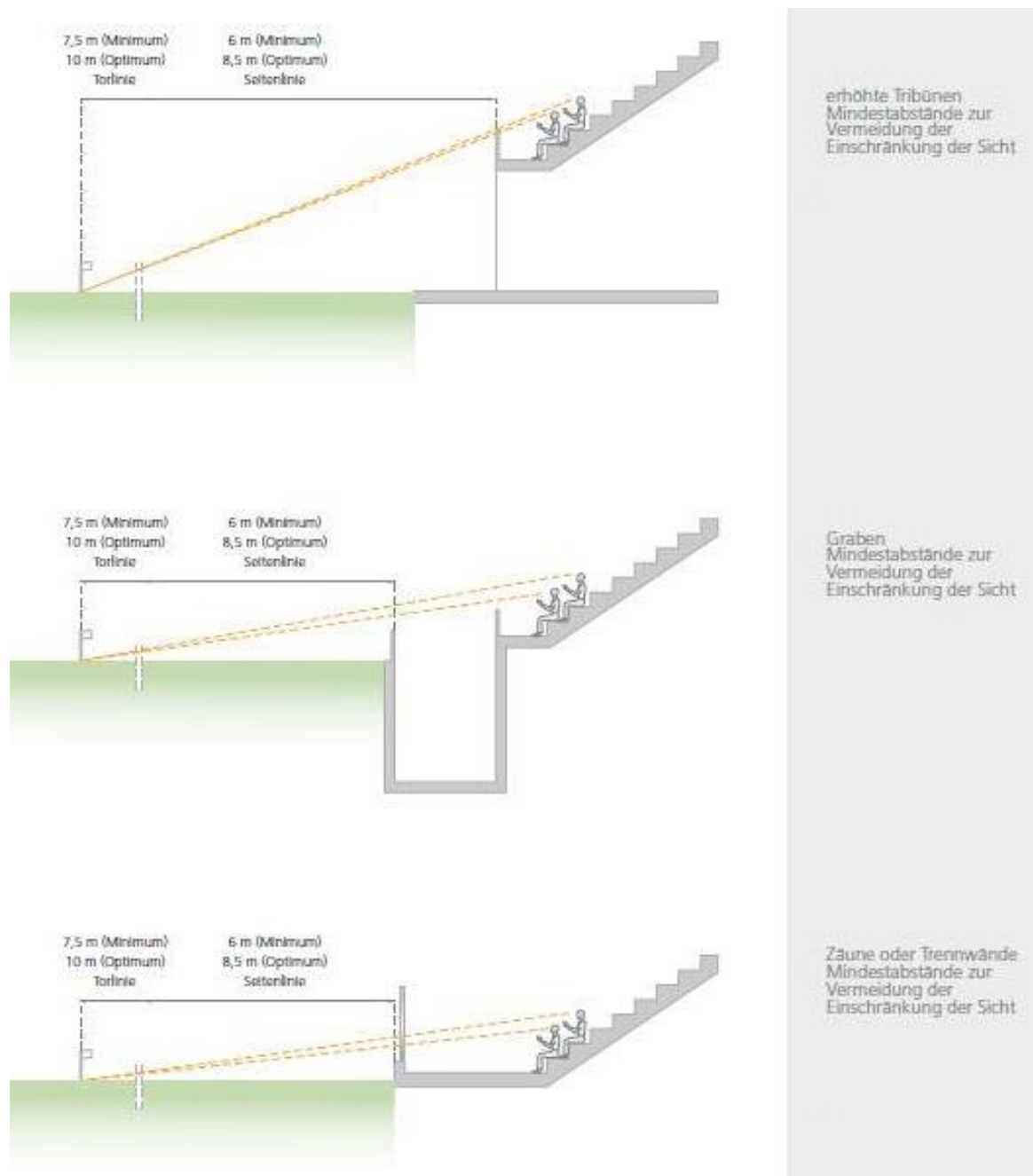


Abbildung 52: Drei Möglichkeiten um die Zuschauer von dem Spielfeldbereich zu trennen [40]

Um eine gute Sicht für alle Zuschauer zu gewähren, soll die Entfernung jedes Zuschauers maximal 150 m (absolutes Maximum 190 m) zum am weitesten entfernten Punkt sein, d.h. die Zuschauer sollten so nah wie möglich am Spielfeld sein. Um eine uneingeschränkte Sicht zu gewährleisten, sollte die Stufenhöhe mittels der folgenden Formel berechnet werden: [48]

$$h = \frac{(L + b) \times (H + x)}{L} - H$$

$h$  = Stufenhöhe = Unterschied der Augenhöhe

$L$  = Abstand zum Bezugspunkt (Spielfeldrand)

$b$  = Reihenabstand oder Reihentiefe

$H$  = Augenhöhe in der vorderen Reihe über dem Sichtbezugspunkt

$H = 1,25 \text{ m}$  (Sitzplätze)

$H = 1,65 \text{ m}$  (Stehplätze)

$x$  = Überhöhung der Sichtlinie der hinteren Reihe

$x = 12 \text{ cm}$  (Sitzplätze)

$x = 15 \text{ cm}$  (Stehplätze)

Zum besseren Entwerfen der Tribüne sollten vorher die zu verwendenden Sitzgelegenheiten ausgewählt werden. Zur Auswahl stehen Bänke, Einzelsitze ohne Rückenlehne, Schalensitze mit Rückenlehne, Klappsitze und einfahrbare und bewegliche Sitze. Der Auftraggeber hat sich für Schalensitze mit Rückenlehne entschieden. Das dafür verwendete Material muss wetterresistent, robust und bequem sein. Aus diesem Grund werden Polypropylen, Nylon, PVC und glasverstärkter Kunststoff am meisten zur Konstruktion der Sitze benutzt. Die Befestigung der Sitze sollte robust sein und auch dem Stehen und Hüpfen von Personen auf den Sitzen standhalten. Bei den Befestigungsmethoden unterscheidet man tread fixed (Der Sitz steht auf der Trittfläche und wird dort befestigt.), nose fixed (Der Sitz wird am vorderen Teil der nächsten Trittfläche befestigt.), riser fixed (Der Sitz wird an der Setzfläche befestigt.) und eine Kombination von tread und riser fixed. Die drei Haupttypen sind in Abbildung 53 dargestellt. [48]

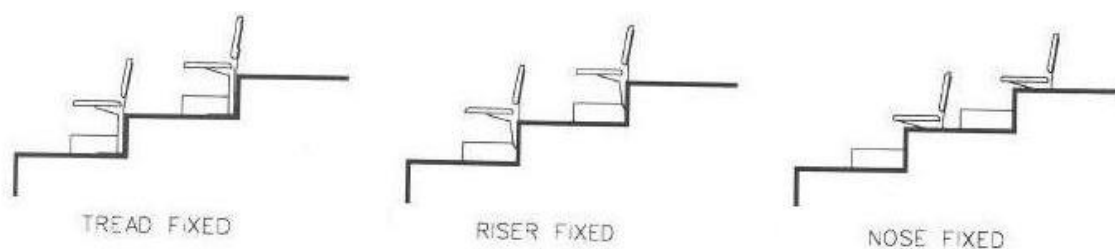
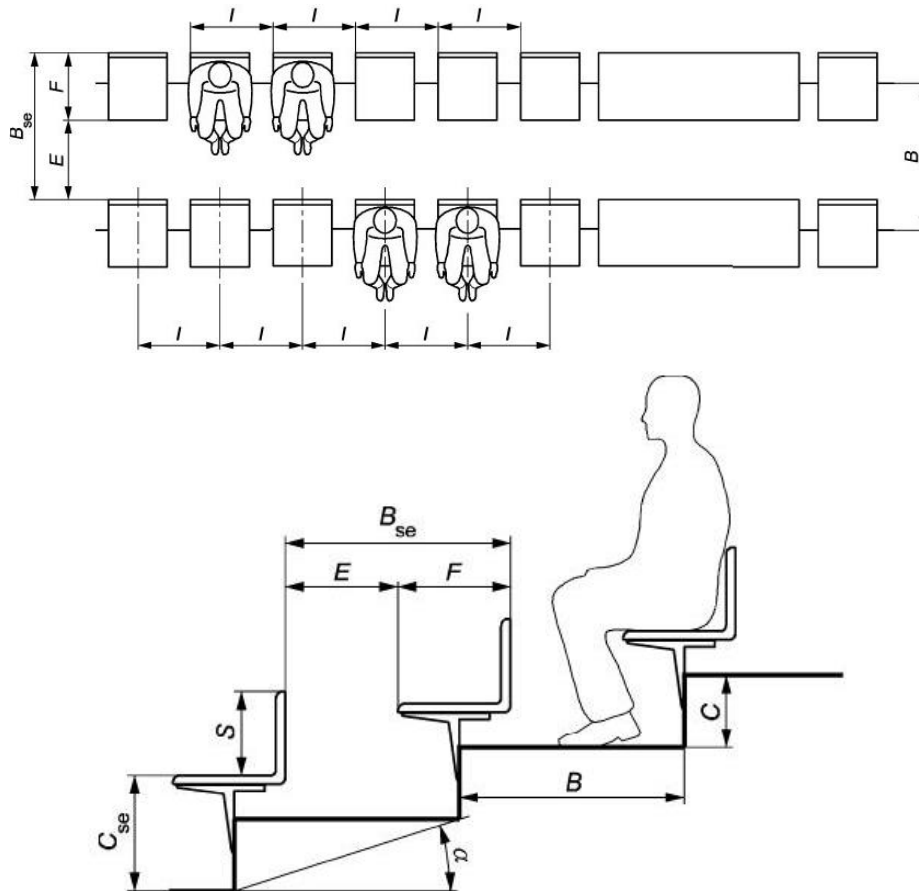


Abbildung 53: Die drei Haupttypen zur Befestigung von Sitzen [48]

Bei Sitzstufen und bei einer Verwendung von Einzelsitzen sind eine Stufentiefe von mindestens 700 mm (800 mm wird empfohlen), ein seitlicher Abstand von mindestens 450 mm (500 mm wird empfohlen), eine Sitztiefe von mindestens 350 mm (400 mm wird empfohlen) und eine Durchgangsbreite von mindestens 350 mm (400 mm wird empfohlen) einzuplanen. Zwischen zwei Gängen sind maximal 40 Plätze zulässig (siehe Abbildung 54). [45]

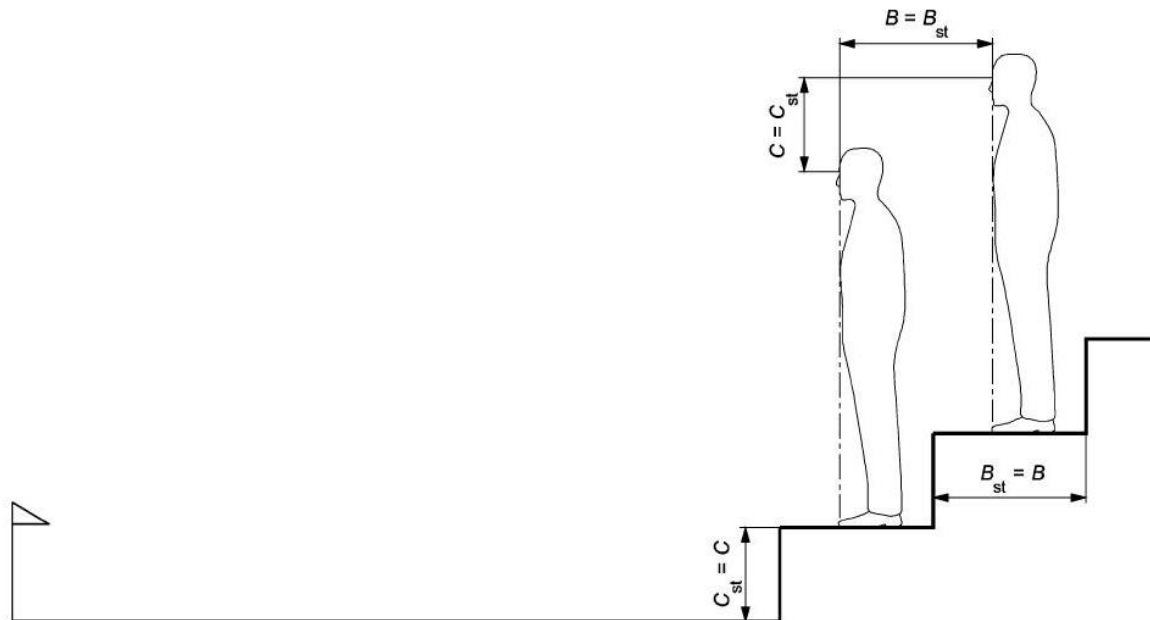


### Legende

- $B_{se}$  Stufentiefe bei Sitzplätzen (Sitzreihentiefe) ( $B_{se} = B$ )  
mindestens: 700 mm empfohlen: 800 mm
- $C$  Stufe zwischen jeder Auftrittfläche
- $E$  lichte Reihendurchgangsbreite  $B_{se} - F$   
mindestens: 350 mm empfohlen: 400 mm
- $F$  Sitzplatztiefe  
mindestens: 350 mm empfohlen: 400 mm
- $C_{se}$  Höhenunterschied zwischen dem Sitz und der Auftrittfläche oder dem Gang darunter  
höchstens: 450 mm empfohlen: 400 mm
- $\alpha$  Steigungswinkel der Tribüne  
höchstens  $35^\circ$
- $S$  Höhe der Rückenlehne  
mindestens: 300 mm
- $I$  Breite seitlicher Abschränkungen  
mindestens: 450 mm empfohlen: 500 mm

Abbildung 54: Abmessungen für Einzelsitze [45]

Bei Stehplätzen sind ein Tritttiefe von mindestens 350 mm (400 mm wird empfohlen) und eine Stufenhöhe von mindestens 200 mm vorgeschrieben (siehe Abbildung 55). [45] [35] Vor der ersten Stufe und nach allen weiteren 10 Stufen sind Wellenbrecher aus einer mindestens 1,1 m hohen, mindestens 5 m langen und stabilen Rohrkonstruktion anzuordnen. [35]



#### Legende

- $C$  Höhe der Stufe
- $B_{st}$  Tritttiefe der Stufe bei Stehplätzen  
mindestens: 350 mm      empfohlen: 400 mm
- $C_{st}$  Höhenunterschied zwischen zwei aufeinanderfolgenden Trittlflächen in Stehplatzbereichen  
höchstens: 225 mm      empfohlen: 170 mm

Abbildung 55: Abmessungen für Stehplätze [45]

Für Personen im Rollstuhl sind Plätze mit einer Größe von mindestens 900 x 1.400 mm (1.400 x 1.400 mm wird empfohlen) vorzusehen. [45] Zur Erlangung der Rollstuhlplätze dürfen Rampen mit einer maximalen Steigung von 1:20 und einer Mindestbreite von 1.200 mm verwendet werden. [48]

Die Grenzwerte für die Abmessungen der Zugangsstufen betragen für die Höhe maximal 200 mm und für die Tiefe mindestens 250 mm. [45] Die maximale Steigung der Stufen sollte 35° nicht überschreiten. [45]

Das Beleuchtungsniveau der Zuschauerbereiche soll aus Sicherheitsgründen mindestens 10 lx betragen. [49]

#### 4.2.4 NEBENGEBÄUDE

In den Nebengebäuden sind Räumlichkeiten für in der folgenden Liste Beschriebenes unterzubringen.

- Für Besucher
  - Informationsstelle
  - Ticketverkauf
    - Pro 5.000 Plätze ist eine Verkaufsstelle nötig, d.h. für 25.000 Plätze sind fünf vorzusehen. [48]
  - Erste-Hilfe-Station
    - Die Größe für den Raum für medizinische Notversorgung sollte zumindest 28 m<sup>2</sup> betragen. [48]
  - Toiletten
    - Zur Berechnung der Toilettenanzahl werden folgende Empfehlungen herangezogen: Ein Stadion wird in europäischen Kreisen von etwa 20% Frauen und 80% Männern in der Regel besucht. In Tansania jedoch ist ein Fußballspiel als seltenes Unterhaltungsereignis anzusehen und daher auch die Teilung der Geschlechter mit dem Verhältnis 1:1 anzunehmen. Es sind pro 125 Frauen ein WC und pro 250 Männer ein Urinal und ein WC vorzusehen. [50] Mindestens zwei getrennt begehbare Toiletten sind für Menschen mit Rollstuhl einzurichten. Pro zwei WCs und pro fünf Urinale ist ein Waschbecken anzuordnen. Die Toilettenanlagen sind wenn möglich innerhalb von 60 m anzuordnen. [48]
- Für Sportler und Schiedsrichter
  - Erste-Hilfe-Station
    - Der Erste-Hilfe-Raum sollte mindestens 15 m<sup>2</sup> groß sein und Waschbecken und Toilette enthalten. [43]
  - Umkleidekabinen mit Duschräumen und Toiletten
    - Ein neues Stadion sollte vier Sportlerkabinen mit einer Größe von 60 m<sup>2</sup> besitzen. [48]



Je zwei Umkleidekabinen ist ein Duschraum mit 8 Duschen und 2 bis 4 Waschstellen bereitzustellen, der wechselseitig von einem der zwei zugehörigen Umkleidekabinen genutzt werden kann. Pro 2 Duschen sind ein WC und ein Waschbecken vorzusehen. [39] Duschen sollten als Schrägduschen mit nicht verstellbaren robusten Duschköpfen in einer Höhe von 1,8 m mit einem Abstand von 0,8m untereinander angeordnet sein.

Bänke mit einer Mindestlänge von 10,00 m müssen untergebracht werden können, wobei die Abstände zwischen den Bänken zumindest 1,20 m sein sollten, besser aber 1,60 m. Jedem Benutzer sollten eine Breite von 0,40 m und eine Sitztiefe von 0,25 bis 0,30 m zur Verfügung stehen. [35]

Die Schiedsrichterkabinen sind 25 m<sup>2</sup> groß und beinhalten 2 Duschen, 1 Waschbecken, 1 Urinal und 1 WC. [48] Sie können auch als Erste-Hilfe-Station genutzt werden. [35]

- Für Personal

- Büro

Das Büro des Direktors soll 20 m<sup>2</sup> groß sein, vom Sekretariat und sonstigen 12 m<sup>2</sup> pro Person.

- Toiletten

- Lagerraum für Gerätschaften und andere Utensilien zur Erhaltung, Pflege und Wartung

- Kommentatorkabine

Der Raum für Kommentatoren und Presse wird üblicherweise für drei Personen geplant und hat etwa 15 m<sup>2</sup>, sodass der Abstand der Personen untereinander etwa 1,50 bis 1,80 m beträgt. [48]

#### 4.2.5 ELEKTRISCHE AUSSTATTUNG

Neben der elektrischen Versorgung der Nebengebäude und Tribünen sind eine Sicherheits- und Platzbeleuchtung und ein Lautsprechersystem vorzusehen.

Für Stadien ohne Dach ist eine Beleuchtung in den vier Ecken des Spielfeldes anzuordnen. [48]

Ein Anhaltspunkt für die Lichtpunkthöhe kann wie folgt angenommen werden. Die Trainingsbeleuchtung ist in mindestens 16,00 m Höhe zu montieren und die Wettkampfbeleuchtung in  $0,55 \times a$  m Höhe, wobei  $a$  der Abstand vom Mittelpunkt der Spielfläche zum Fußpunkt des Flutlichtes ist und mit 100,00 m für die Berechnung angenommen wurde. [35] Daraus resultiert eine Höhe von 55,00 m. Die Beleuchtungsstärke gibt in Lux [lx] den Lichtstrom an, der von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche projiziert wird und muss laut FIFA-Standard etwa 2000 lx betragen. [49]

Eine weitere Voraussetzung ist die gleichmäßige Helligkeit und diese berechnet sich aus dem Verhältnis der niedrigsten zur höchsten Beleuchtungsstärke  $E_{\min} : E_{\max}$ . Das Verhältnis  $E_{\min} : E_{\max}$  sollte 0,7 sein. [39] Der Beleuchtungswinkel des Flutlichtes liegt zwischen 5 und 60°. Zu vermeiden sind Direkt- und Reflexblendung. Weiters zu beachten sind die Lichtfarbe, Lichtrichtung und die Schattigkeit. [51]

Ein Platz kann mit weniger Scheinwerfern auskommen, wenn Planflächenstrahler verwendet werden, da diese sehr hell sind und durch mehrere Spiegel gut gelenkt werden können. [39]

Die Lautsprecheranlage dient dem „[...] *Kommunizieren mit den Zuschauern, zur Weitergabe von Informationen und Anweisungen, zur Unterhaltung und zur Werbung* [...]“ [48] und muss in jedem Fall den „[...] *Hintergrundlärm übertönen* [...]“ [48]. Es ist zu wählen zwischen drei Möglichkeiten der Lautsprecherplatzierung: Zentrale Lautsprecher, teilweise aufgeteilte Lautsprecher, komplett aufgeteilte Lautsprecher. [48] Um Kabelwege und Montagearbeiten zu sparen, wurde für das Stadion in Njombe die Lage der Lautsprecher gleich mit der Lage der Lichtmasten gewählt.

### 4.3 DER ENTWURF

Mit den bisher getroffenen Entscheidungen entstand unter Berücksichtigung der beiden Organigramme aus Abbildung 40 und Abbildung 41 in 4.1 Der Weg zum Entwurf und der beschriebenen Kriterien aus 4.2 Die Kriterien der Entwurf des Stadions.

Im Mittelpunkt befinden sich das Spielfeld und die Leichtathletikanlagen, wie in 4.2.1 Spielfeld und Kampfbahn beschrieben. An den Längs- und Querseiten sind die Tribünenbauwerke angeordnet. Im nordöstlichen Eck zwischen den Tribünen ist das Nebengebäude situiert, wie in Abbildung 56 zu sehen ist. Die Längsribünen (Ost- und Westtribüne) beinhalten ausschließlich Sitzplätze, die Quertribünen (Nord- und Südtribüne) Stehplätze. Jede Tribüne ist in vier Sektoren unterteilt. Für die Längsribünen ist zwischen jedem Sektor eine Bauteilfuge angeordnet worden, für die Quertribünen in Hälfte der Tribüne, d.h. ein baulicher Abschnitt besteht aus zwei Sektoren. Da der Platzbedarf für einen Sitzplatz dem für zwei Stehplätze entspricht und die Längsribünen etwa doppelt so lang sind wie die Quertribünen, bei gleicher Breite und Höhe, ist die mögliche Auslastung einer Längsribüne gleich der einer Quertribüne. Hinzu kommt, dass die Westtribüne über einen Bereich mit Rollstuhlplätzen und einen weiteren für Kommentatoren, Presse und VIP-Besucher verfügt.

Ticketverkauf, Information, Erste Hilfe, Geschäfte und öffentliche Toiletten befinden sich in der Anlage um das Stadion (siehe 3.3 Das Gesamtkonzept).



Abbildung 56: Schema des Stadions

Die Gesamtabmessungen der Tribünen ergeben sich aus folgender Berechnung.

- Längsribüne

Ein Sitzplatzsektor kann pro Reihe 80 Zuschauer aufnehmen. Ein Sitzplatz benötigt 50 cm Platz in Längsrichtung. Daraus resultiert eine Länge von 80 Zuschauer x 50 cm Platzbedarf pro Zuschauer = 40 m. Hinzu kommt, dass

höchstens 20 Plätze von einer Reihe aus begehbar sein können. Somit ist nach den ersten 20 Plätzen ein Gang mit 1,20 m Breite eingeplant und nach weiteren 40 Plätze, die somit von zwei Seiten begehbar sind, ein zweiter. Von diesem aus sind ebenfalls die restlichen 20 Plätze begehbar. Dies ergibt eine neue Sektorenlänge von 42,40 m. Um eine Abschätzung der Gesamtlänge durchzuführen wird diese Länge mit vier multipliziert, da es vier Sektoren sind, und ergibt für die Längstribüne ohne Einberechnung der Abtrennungen und Wände eine Länge von 169,60 m.

Ein Sitzplatz hat in Querrichtung die Abmessungen 40 x 80 cm. Dies führt zu einer Höhe der Tribüne von 40 cm x 20 Reihen = 8 m. Diese Höhe stimmt auch mit der aufgrund der Bauausführung höchstmöglichen Höhe überein. Die Breite resultiert aus der einfachen Rechnung 80 cm x 20 Reihen = 16 m. Somit ist auch der maximale Steigungswinkel von 35° unterschritten, denn der bei vorliegendem Steigungsverhältnis von 1:2 vorhandene ergibt sich zu 26,57°. Zwischen der Zugangsstiege und den Verteilerstiegen benötigt man einen 1,20 m breiten Gang. Die neue Breite ist somit 17,20 m. Das Steigungsverhältnis von 1:2 wird für Gänge beibehalten, lediglich die Tritthöhe und die Auftrittsbreite betragen 20 cm x 40 cm und somit genau die halbe Größe.

Nach 10 Reihen wurde ein Wellenbrecher mit einer Höhe von 110 cm eingeplant.

Auch die höchstmögliche Belegung von 2.500 Zuseher pro Block ist unterschritten: 20 Reihen x 80 Zuseher = 1.600 Zuseher pro Sektor. Gesamt sind es somit für die Längstribüne 1.600 Zuseher x 4 Sektoren = 6.400 Zuseher.

Der Zugang zur Tribüne führt über eine Treppe mit 2,20 m Breite. Diese ergibt sich aus der Berechnung 1.600 Zuseher: 750 Zuseher pro Meter Gangbreite zu 2,13 m, wobei 2,20 m gewählt wurden. Hier ist nach allen 20 Steigungen ein Podest der Breite 1,20 m einzufügen. Insgesamt sind es 40 Steigungen. Die Stufengrößen betragen ebenfalls 20 cm x 40 cm. Dies führt zu einer Länge der Stiege von 17,20 m.

Der Zugang zu jedem Sektor erfolgt über je zwei eigene Ein- und Ausgänge mit einer Breite von 1,00 m. Auch besitzt jeder Sektor Toilettenräume für weibliche und männliche Besucher. Die Räumlichkeiten für Frauen beinhalten 8 WCs und 4 Waschbecken, die für Männer 4 WCs, 4 Urinale und 4 Waschbecken.

Die Abbildung 57 zeigt einen Sitzplatzsektor.

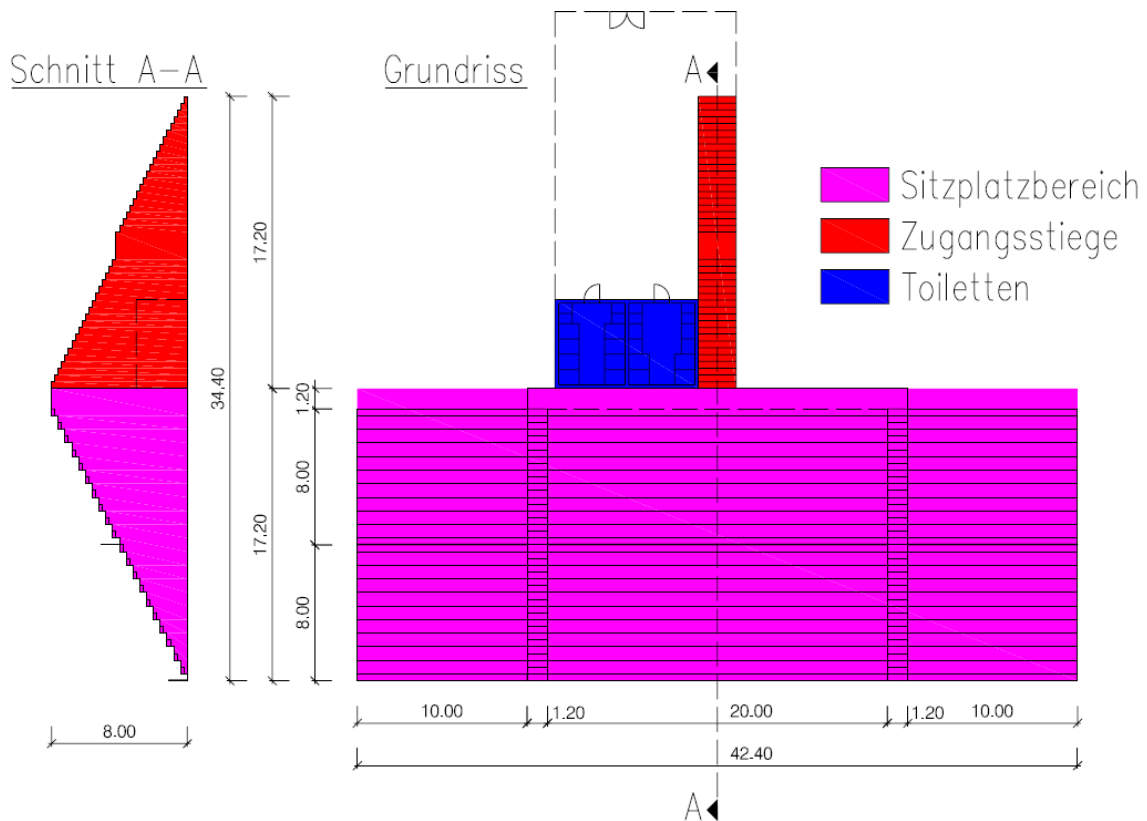


Abbildung 57: Sitzplatzsektor

Zusammenfassung der wichtigsten Zahlen:

	Sitzplatzsektor	Längstribüne
Abmessungen [m]	<b>42,40 x 17,20 x 8,00</b>	<b>169,60 x 17,20 x 8,00</b>
Plätze	<b>1.600</b>	<b>6.400</b>

- Quertribüne

Auf die gleiche Art und Weise sind die Abmessungen der Quertribünen entstanden. Höhe und Breite sind unverändert geblieben, lediglich die Länge vermindert sich, da in Querrichtung pro Sitzplatz zwei Stehplätze angeordnet werden, d.h. mit den Abmessungen von 20 cm x 40 cm, also den gleichen Abmessungen der Zugangs- und Gangstiege. Anstatt von zwei Gängen reicht hier einer mit einer Breite von 2,20 m. Links und rechts davon sind jeweils 20 Stehplätze in 40 Reihen angeordnet. Dies führt zu einer Länge pro Sektor von 40 Zuseher x 0,50 cm Platzbedarf pro Zuseher + 2,20 m Gangbreite = 22,20 m pro Sektor. Die Gesamtlänge der Quertribüne beträgt somit 22,20 m pro Sektor x 4 Sektoren = 88,40 m ohne Einberechnung der Abtrennungen und Wände.

Alle 5 Reihen wurde ein Wellenbrecher mit einer Höhe von 110 cm eingeplant.

Die Anzahl der Zuseher pro Sektor errechnet sich aus 40 Reihen x 40 Zuseher = 1.600 Zuseher. Bei den Stehplatzsektoren kann der ebenerdige Bereich vor der ersten Steigung ebenfalls 40 Zuseher aufnehmen. Die neue Auslastung ist somit 1.640 Zuseher pro Sektor und 6.560 Zuseher pro Quertribüne.

Für die Zugänge und Toiletten gelten die gleichen Annahmen wie für die Längsribüne.

Die Abbildung 58 zeigt einen Stehplatzsektor.

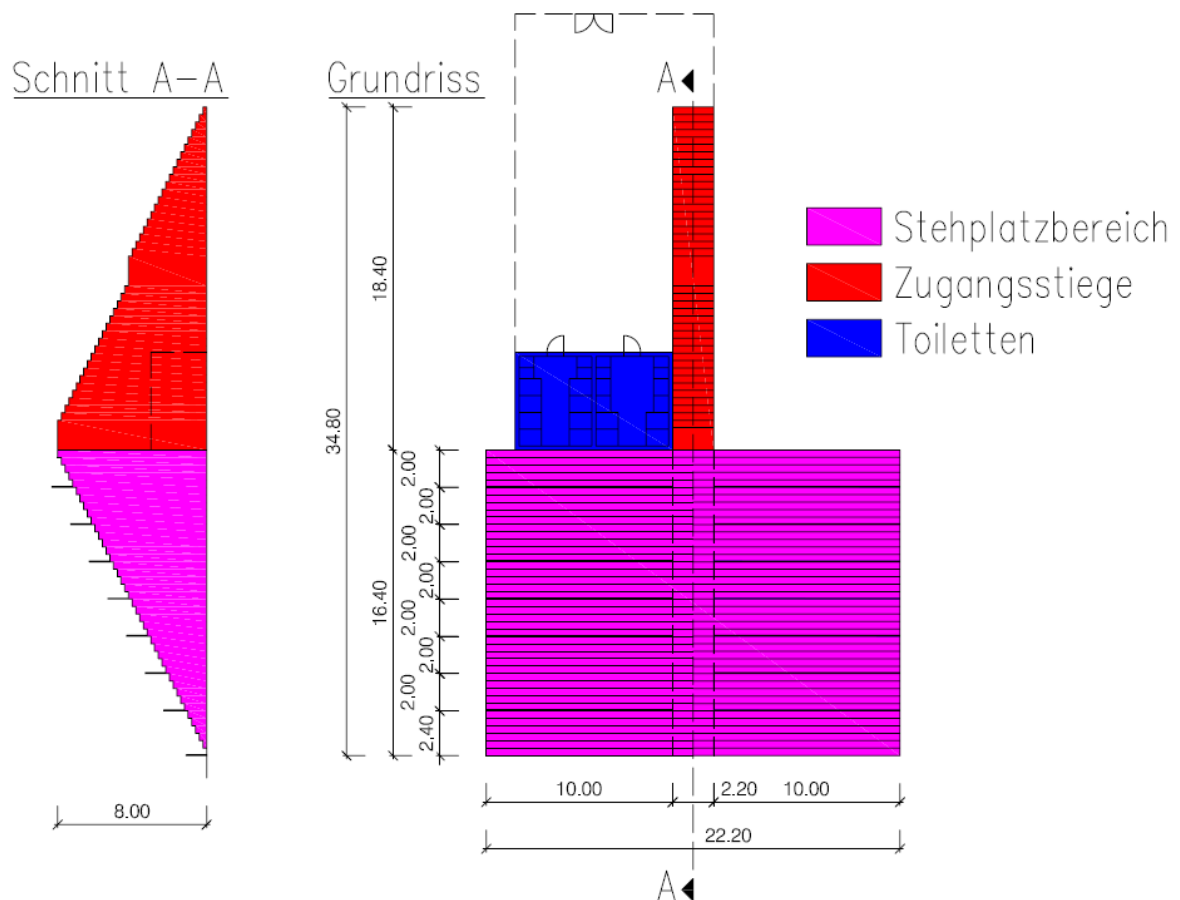


Abbildung 58: Stehplatzsektor

Zusammenfassung der wichtigsten Zahlen:

	Stehplatzsektor	Quertribüne
Abmessungen [m]	<b>22,20 x 16,40 x 8,00</b>	<b>88,40 x 16,40 x 8,00</b>
Plätze	<b>1.640</b>	<b>6.560</b>

- Sonderplätze

Die Westtribüne beherbergt neben Standard Sitzplätzen ebenfalls Sonderplätze (siehe Abbildung 59). Darunter fallen Rollstuhlplätze und Plätze für Kommentatoren, Presse und VIP.

Der Platzbedarf für einen Rollstuhlplatz ist 1,40 m x 1,40 m und 50 cm x 80 cm für die Begleitperson des im Rollstuhl Sitzenden. Es sind 32 Plätze eingeplant. Dieser barrierefreie Bereich hat seinen eigenen Zugang, vor und nach dem eine ebene Fläche mit 1,50 m x 1,50 m eingeplant ist, und seine eigenen Toiletten mit 2 WCs und 1 Waschbecken.

Für Kommentatoren, Presse und VIPs ist eine Adaptierung der Tribüne durch ein vorgefertigtes Tribünenelement mit Überdachung vorgesehen. Der Auftraggeber hat dieses selbst zu wählen und kann somit die Anzahl der Plätze eigenhändig steuern. Dieses Element ist an das Tribünenbauwerk ordnungsgemäß anzuschließen. Auch der Zugang ist durch ein Fertigteilelement vorzusehen. Toiletten für Frauen mit 2 WCs und 1 Waschbecken und für Männer mit 1 WC, 1 Urinal und 1 Waschbecken sind eingeplant.

- Kapazität

Durch die Einplanung der Sonderplätze verringert sich in diesem Bereich die Anzahl der Standardplätze. Somit haben die beiden Sektoren 14 und 15 jeweils 60 Plätze weniger. Dies ergibt mit den vorhergehenden Berechnungen und der nachfolgenden Berechnung eine gesamte Auslastung von 25.864 Plätzen.

$$\begin{aligned} & 6.400 \text{ Zuseher pro Längstribüne} \times 2 \text{ Längstribünen} \\ + & 32 \text{ Rollstuhlplätze} \\ + & 32 \text{ Begleitpersonenplätze} \\ - & 60 \text{ Zuseher pro Sektor} \times 2 \text{ betroffene Sektoren} \\ + & 6.560 \text{ Zuseher pro Quertribüne} \times 2 \text{ Quertribünen} \\ = & \underline{25.864 \text{ Zuseherplätze ohne Kommentatoren, Presse und VIP}} \end{aligned}$$

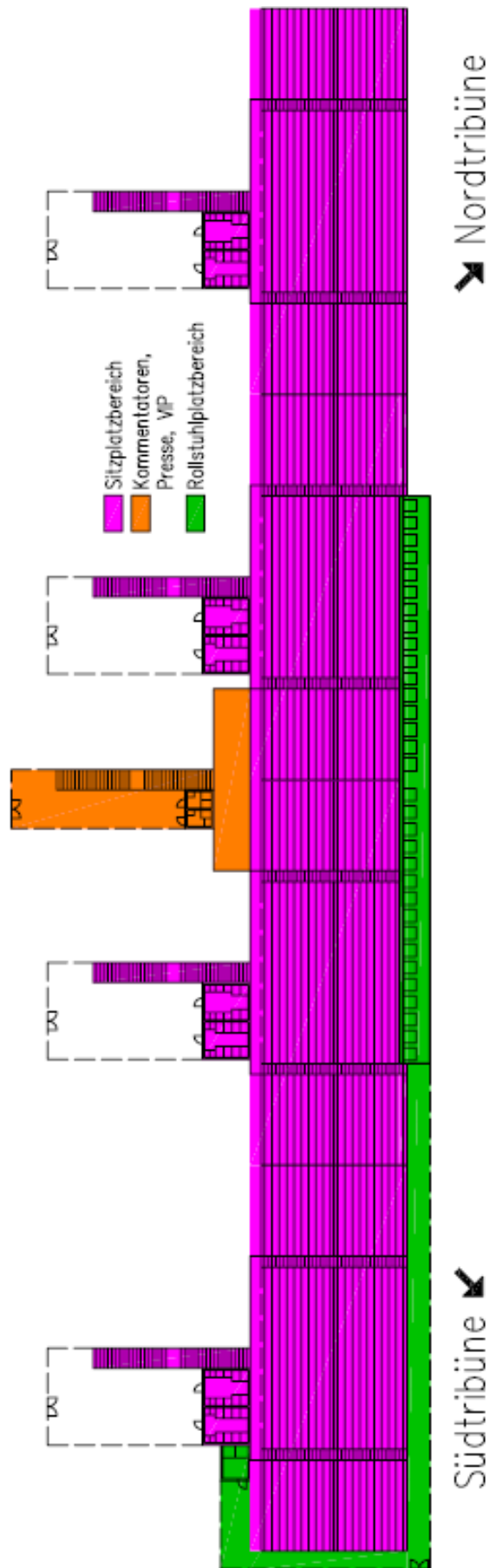


Abbildung 59: Grundriss Westtribüne



- Nebengebäude

Das Nebengebäude dient als Räumlichkeit für Sportler, Schiedsrichter, das Erste Hilfe Team und Personal.

Es hat vier Sportlerumkleiden zu je 60 m<sup>2</sup>. Diese beinhalten einen Duschaum, wobei pro zwei Umkleiden ein Duschaum angeordnet ist. Dieser verfügt über 8 Duschen, 4 Waschbecken und 4 WCs. Die Schiedsrichterumkleide ist ebenfalls 60 m<sup>2</sup> groß und beinhaltet 2 Duschen, 1 Waschbecken und 1 WCs. Gleichzeitig ist sie auch der Raum für Erste Hilfe und hat deshalb einen zweiten Ein- und Ausgang direkt zum Spielfeld.

Für Personalbüros steht eine Fläche von weiteren 60 m<sup>2</sup> zur Verfügung, in welcher 1 WC und 1 Waschbecken untergebracht sind.

Der Lagerraum für Gerätschaften und andere Utensilien zur Erhaltung, Pflege und Wartung ist mit seinem direkten Zugang zum Spielfeld ebenfalls im Nebengebäude situiert und hat eine Größe von 120 m<sup>2</sup>.

Die Abbildung 60 zeigt den Grundriss des Nebengebäudes.

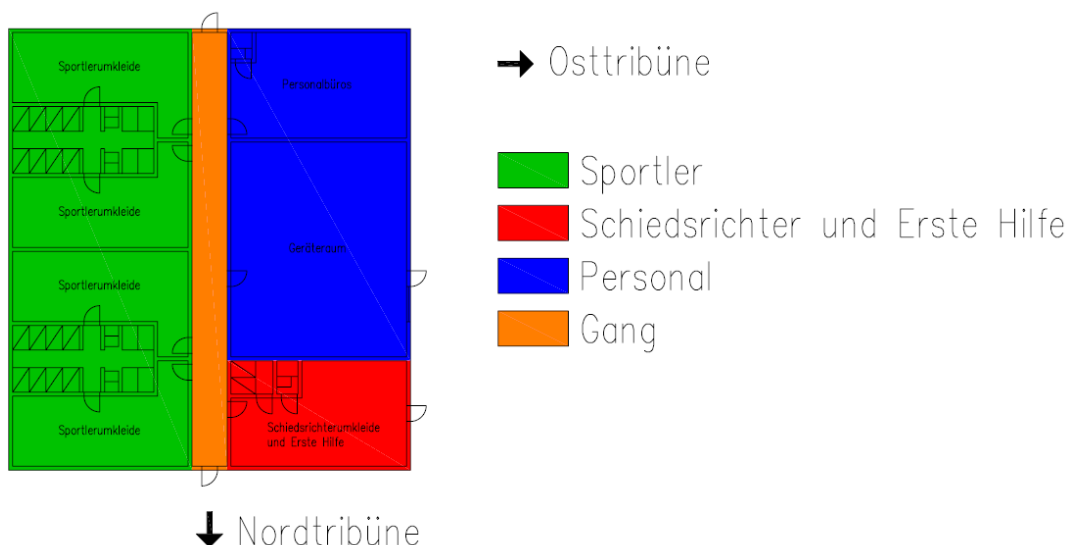


Abbildung 60: Grundriss Nebengebäude

#### 4.4 DIE VARIANTEN

In Kapitel 3.1 Die Machbarkeitsstudie sind vier Möglichkeiten der Materialwahl aufgezeigt: Pyramiden aus Erde, volle Mauerung, Mauerung mit Gewölbeformen, Mauerung mit Verwendung von zusätzlichen Materialien.

Die Variante Pyramiden aus Erde wurde aus mehreren Gründen nicht weiter berücksichtigt. Zum einen wegen der großen Erdkubatur und dem damit verbundenen Transportproblem. Zusätzlich entspricht sie nicht den Vorstellungen des Auftraggebers. Mithilfe des Entwurfes aus 4.3 Der Entwurf wurde schnell ersichtlich, dass die Variante der vollen Mauerung aufgrund des hohen Materialbedarfes wenig sinnvoll ist. Somit wurde diese Möglichkeit verworfen. Die Mauerung mit Gewölbeformen reduziert zwar den Materialbedarf, jedoch verfügt die Baufirma der Diözese nicht über ausreichend ausgebildete Fachkräfte zur Ausführung dieser Möglichkeit. Somit wurde auch diese verworfen. Aus dem vierten Punkt, Mauerung mit Verwendung von zusätzlichen Materialien, entstanden mehrere zur Überlegung herangezogene Unterpunkte.

Zum einen entstand die Idee der Verwendung von Mauerwerk mit Erde (siehe 4.4.2 Variante 1), ähnlich wie bei den Stadien in der Umgebung von Njombe (siehe 1.3.2 Beispielreihe Stadien). Die hohe Belastung auf die umschließenden Wände sorgt für große Dimensionen und führt zu Variante 2, bei welcher diese statt aus Mauerwerk aus Beton hergestellt werden (siehe 4.4.3 Variante 2). Um den Erddruck vollkommen zu umgehen, wurde für Variante 3 das Füllmaterial Erde und die Deckschicht aus Mauerwerk durch horizontale Tragwerksteile aus Beton (siehe 4.4.4 Variante 3) ersetzt. Zum Vergleich der Vor- und Nachteile und zur besseren Vorstellung und Verdeutlichung entstand Variante 4. Hierbei handelt es sich um ein Stadion aus Beton (siehe 4.4.5 Variante 4). Für alle Varianten wurde auf eine möglichst wartungsfreie und langlebige Konstruktion Rücksicht genommen.

Im Weiteren sind die Bemessungen aller vier Varianten durchgeführt worden und mit zugehörigen Kubaturen, Kosten, Vor- und Nachteilen beschrieben. Danach wurde eine Variante ausgewählt.

#### **4.4.1 ALLGEMEIN GÜLTIGE ANNAHMEN**

- Durchführung

Die Durchführung der zu erbringenden Nachweise erfolgte zum Teil manuell und zum anderen Teil mit dem Programm Dlubal RFEM 5.01. Dieses ist eine dreidimensionale Finite Elemente Methoden (kurz FEM) Software genützt für statische Berechnung, als auch für dynamische Analysen. Zur Berechnung mittels

FEM wurde für die Längsribüne nur ein Sektor modelliert, da sich zwischen jedem Sektor eine Bauteilfuge befindet. Für die Querribüne ist nur eine Bauteilfuge vorgesehen, d.h. das Modell besteht aus zwei Sektoren.

- Bemessungskonzept [52] [53]

Alle Berechnungen wurden nach dem in Österreich üblichen semiprobabilistischen Sicherheitskonzept durchgeführt.

Zu unterscheiden sind dabei der Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, die wie folgt berechnet werden.

Grenzzustand der Tragfähigkeit (für ständige oder vorübergehende Bemessungssituationen):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,j} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (charakteristische Kombination):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Wobei G für ständige Lasten steht, P für Vorspannungen, Q für veränderliche Lasten,  $\gamma$  für Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkung,  $\Psi$  für Kombinationsbeiwerte.

Folgende Teilsicherheitsbeiwerte werden empfohlen:

$$\gamma_G = 1,35, \gamma_Q = 1,50$$

- Nutzungskategorie [52] [53]

Bei einem Stadion handelt es sich um Flächen mit Personenansammlungen, genauer um Flächen mit möglichem Menschengedränge (z.B. Gebäude mit öffentlichen Veranstaltungen, Konzertsäle, Sporthallen mit Tribünen, Terrassen, Bahnsteige).

Dies entspricht der Nutzungskategorie C5 mit folgenden Kombinationsbeiwerten:

$$\Psi_0 = 0,70, \Psi_1 = 0,70, \Psi_2 = 0,60$$

- Materialkennwerte

Als Baumaterialien für die verschiedenen Varianten werden nach Hydraformtechnologie hergestellte Ziegel, Stahlbeton und Erde verwendet.

### Hydraform:

Es wird mit zwei verschiedenen Ziegeln berechnet. Zum einen mit einem qualitativ besseren mit einer Druckfestigkeit  $f_b$  von 10,00 N/mm<sup>2</sup> und zum anderen mit einem von niedrigerer Qualität mit  $f_b = 5,00$  N/mm<sup>2</sup>. Die dazugehörigen Scherfestigkeiten wurden aus der Tabelle 3.4 des Eurocodes [54] entnommen. Es handelt sich um Werte für die Haftscherfestigkeit von Mörteln. Es wurden somit für die Berechnung Scherfestigkeiten von  $\tau = 0,15$  N/mm<sup>2</sup> bzw.  $\tau = 0,20$  N/mm<sup>2</sup> angenommen.

Diese Werte wurden für die manuelle Berechnung von Hydraform verwendet. Im Programm RFEM ist dieses Material jedoch nicht verfügbar und die Erstellung eines neuen Materials mit dessen Eigenschaften ruft Fehlermeldungen hervor. Deshalb wurde für die computerunterstützte Berechnung der Beton C12/15 (nach EN 1992-1:2004/AC:2010) anstelle von Hydraform verwendet. Lediglich die Wichte  $\gamma_{Mwk}$  wurde auf 20,60 kN/m<sup>3</sup> geändert. Auch dieser Wert resultiert aus einer Annahme. Aufgrunddessen können die Ergebnisse der FE-Berechnung für alle Tragwerksteile aus Mauerwerk nur als grober Anhaltswert gesehen werden.

Ein weiterer wichtiger Kennwert ist der materialspezifische Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M = 2,50$  (Steine der Kategorie II-C, Klasse 3).

### Stahlbeton: [52] [53]

Für die Berechnung der Elemente aus Stahlbeton wurde als Material der in Österreich herkömmlich verwendete Beton der Festigkeitsklasse C25/30 und der üblich benützte Baustahl BSt 550 verwendet. Deren relevante Eigenschaften sind in den entsprechenden Normen aufgelistet. Bei der Berechnung mittels RFEM sind alle Werte vom Programm automatisch vorgegeben. Hier angeführt sind noch die Materialteilsicherheitsbeiwerte und die Wichte.

$$\gamma_{M,Beton} = 1,50$$

$$\gamma_{M,Baustahl} = 1,15$$

$$\gamma_{StB} = 25,00 \text{ kN/m}^3$$

### Erde:

Die Wichte der Erde  $\gamma_{Erde}$  mit 20,10 kN/m<sup>3</sup> für die Ermittlung der durch die Erdverfüllung in Variante 1 und 2 entstehenden Belastungen ist den Bodenuntersuchungen (siehe Anhang C) zu entnehmen.

- Belastungen [52] [55] [53]

Hier ist zu unterscheiden in

- ständige Lasten wie das Eigengewicht und
- veränderliche Lasten wie Nutzlast und Wind.

Nutzlast:

Die Nutzlast für die Kategorie C5 – Treppen hat eine Wert von  $q_k = 6 \text{ kN/m}^2$ .

Wind:

Hier ist die Windbelastung berechnet worden.

Annahme:  $v_b = 25,00 \text{ m/s}$

$\rho_{\text{Luft}} = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$q_b = 0,50 \times \rho \times v_b^2 = \underline{0,40 \text{ kN/m}^2}$

**Außendruck auf vertikale Wände:**

Der Außendruck auf die Wände ergibt sich aus einer Bereichseinteilung (siehe Abbildung 61), den Außendruckbeiwerten (siehe Tabelle 6) und dem zuvor berechneten  $q_b$ .

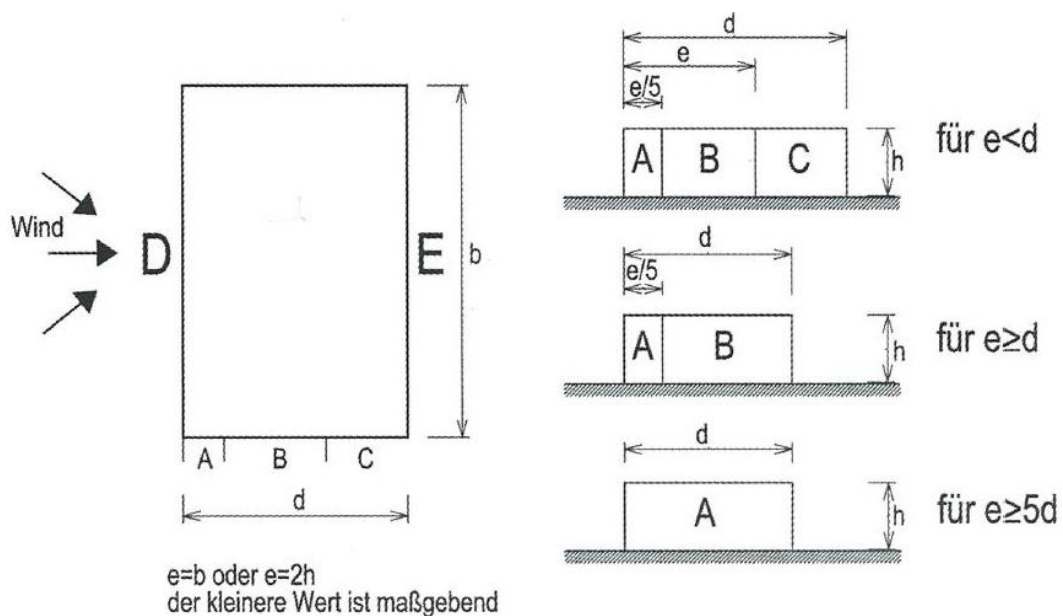


Abbildung 61: Bereichseinteilung für die Windbelastung – vertikale Wände [53]

$e = 2 \times h = 16,00 \text{ m}$

$e/5 = 3,20 \text{ m}$

h/b ≤ 0,5 und d/b ≤ 0,2				
A	B	C	D	E
-1,00	-0,70	-0,40	+0,80	-0,25

Tabelle 6: Außendruckbeiwerte für prismatische Baukörper [53]

Aus der untenstehenden Formel resultieren die Ergebnisse für die einzelnen Bereiche.

Bereichswert = Außendruckbeiwert  $c_{pe,10} \times q_b$

$$A = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,32 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,10 \text{ kN/m}^2$$

Für die Berechnung werden zur Vereinfachung die maximalen Werte für Sog und Druck verwendet:

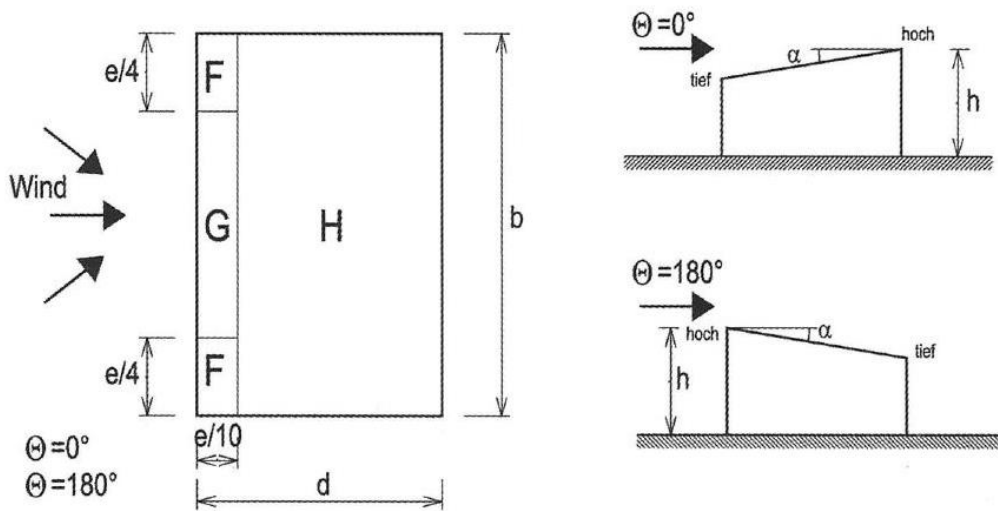
$$q_{\text{SOG}} = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{DRUCK}} = +0,32 \text{ kN/m}^2$$

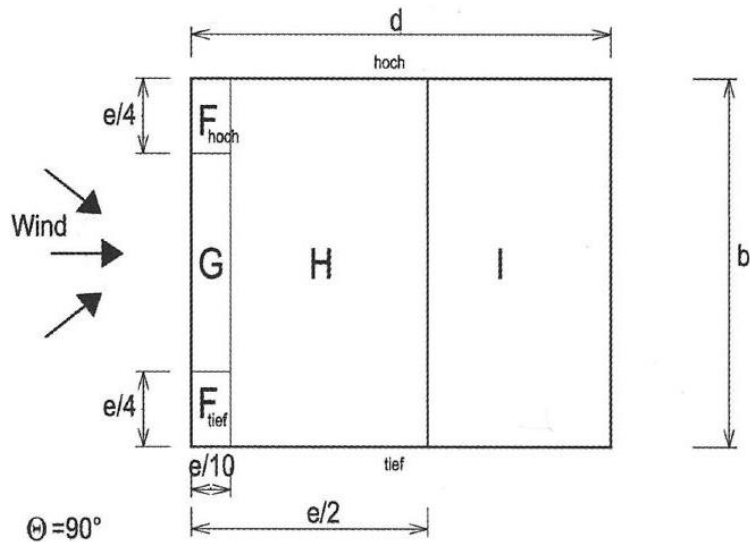
#### **Außendruck auf Pultdach (Sitz- und Stehflächen):**

Die Außendruckberechnung auf die Sitz- und Stehflächen erfolgt analog zur Außendruckberechnung auf Wände mit den Bereichseinteilungen aus Abbildung 62 und den Außendruckbeiwerten aus den Tabellen 7 Tabelle 7 und 8.

$\alpha = 26,50^\circ \rightarrow 30,00^\circ$  gewählt



$e=b$  oder  $e=2h$   
 der kleinere Wert ist maßgebend



$e=b$  oder  $e=2h$   
 der kleinere Wert ist maßgebend

Abbildung 62: Bereichseinteilung für die Windbelastung – Pultdach [53]

$\alpha$	Anströmrichtung $\Theta = 0^\circ$						Anströmrichtung $\Theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
$30^\circ$	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							

Tabelle 7: Außendruckbeiwerte für Pultdächer (Anströmrichtung  $\Theta = 0^\circ$  und  $\Theta = 180^\circ$ ) [53]

$\alpha$	Anströmrichtung $\Theta = 90^\circ$									
	$F_{\text{hoch}}$		$F_{\text{tief}}$		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$30^\circ$	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2

 Tabelle 8: Außendruckbeiwerte für Pultdächer (Anströmrichtung  $\Theta = 90^\circ$ ) [53]

$c_{pe,10}$  wurde benützt, da dies für Flächen größer 10 m<sup>2</sup> verwendet wird.

Für die Berechnung werden die maximalen Werte für Sog und Druck verwendet.

$$q_{\text{SOG}} = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{DRUCK}} = +0,28 \text{ kN/m}^2$$

### Eigengewicht:

Hierzu gehören die aus dem Eigengewicht von Hydraform, Stahlbeton und Erde hervorgerufenen Belastungen.

Die Auflastgröße der Deckschicht ist für Variante 1 und 2 relevant und resultiert aus der nachkommenden Rechnung.

$$g_{k,\text{Deckschicht}} = \gamma_{\text{MWK}} \times h_{\text{durchschnittlich}} = 20,60 \times 0,165 = 3,40 \text{ kN/m}^2$$

Die Erddruckbelastung ergibt sich aus der anschließenden Berechnung.

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(\rho' + \alpha)}{\left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\rho' + \delta_a) \times \sin(\rho' - \beta)}{\cos(\alpha - \delta_a) \times \cos(\alpha + \beta)}}\right)^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\rho' = 22,50^\circ \text{ (lt. DIN 1055-2-Tabelle 4-mittelplastische Schluffe)}$$

$$\gamma = 20,10 \text{ kN/m}^3$$

für  $\alpha = \beta = 0,00^\circ$  (Annahme: konstante Dicke der Erdschicht)

$$h = 8,00 \text{ m}$$

$$\delta_a = 0,00$$

$$K_{ah} = 0,45$$

$$\sigma = h \times \gamma \times K_{ah} = 72,36 \text{ kN/m}^2 = q_k$$



für  $\alpha = 0,00^\circ$ ,  $\beta = -26,50^\circ$  (Annahme: dreiecksförmige Dicke der Erdschicht)

$$h = 8,00 \text{ m}$$

$$\delta_a = 0,00$$

$$K_{ah} = 0,35$$

$$\sigma = h \times \gamma \times K_{ah} = 56,28 \text{ kN/m}^2 = q_k$$

Der Erddruck wird als dreieckige Flächenlast mit dem berechneten Wert als Maximalwert der Belastung auf die entsprechende Wand angesetzt. Da noch weitere Lasten wie die Auflast der Deckschicht und die Nutzlast vorhanden sind, müssen diese zur Erddruckverteilung hinzugerechnet werden. Es ergibt sich eine trapezförmige Belastung, wie in der unten dargestellten Berechnung dargestellt.

Auflast	$3,4 \times 1,35 =$	$4,59 \text{ kN/m}^2$
Nutzlast	$6,0 \times 1,50 =$	$9,00 \text{ kN/m}^2$
Wind	$0,28 \times 1,5 \times 0,7 =$	$0,29 \text{ kN/m}^2$
Summe $q_d =$		$13,88 \text{ kN/m}^2$
Last $q_k =$	$13,88/1,35 =$	$10,28 \text{ kN/m}^2$

$$h_{\text{ersatz}} = \frac{q}{\gamma} = 0,51 \text{ m}$$

$$K_{ah} = 0,45:$$

$$\sigma = h_{\text{ersatz}} \times \gamma \times K_{ah} = 4,61 \text{ kN/m}^2 = q_{k,1}$$

$$q_{k,2} = 72,36 + 4,61 = 76,97 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{ah} = 0,35:$$

$$\sigma = h_{\text{ersatz}} \times \gamma \times K_{ah} = 3,59 \text{ kN/m}^2 = q_{k,1}$$

$$q_{k,2} = 56,28 + 3,59 = 59,87 \text{ kN/m}^2$$

- Grundlegende Nachweise

#### Bewehrung:

Mit Hilfe des Zusatzmoduls „RF-BETON Flächen“ kann die benötigte Bewehrung für Betonbauteile berechnet werden. Als Belastung wird die relevante Lastfallkombination für den Grenzzustand der Tragfähigkeit verwendet. Für Betonteile wird außerdem die automatische Berechnung der Mindestbewehrung nach EN 1992-1-1 eingestellt. Die Betondeckung wird mit 4 cm ( $d_1$ ) bzw. 5 cm ( $d_2$ ) und der maximale Bewehrungsgrad mit 4% angenommen.

### Verschiebung:

Die Ermittlung der maximalen Verschiebung erfolgt durch Berechnung mit RFEM. Hierfür wird als Belastung die Lastfallkombination für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit verwendet.

Die Durchbiegung sollte  $l/200$  nicht überschreiten.

### Stabilität:

Für die Stabilitätsberechnung wird das Zusatzmodul „RF-STABIL“ von RFEM verwendet. Dieses errechnet den Verzweigungslastfaktor  $f [-]$ . Ist dieser größer als 1,0 so ist das System stabil. Für die Berechnung werden die ersten 10 Eigenformen betrachtet, welche mittels Eigenwertanalyse nach Lanczos-Methode ermittelt werden. Als Belastung wird die relevante Lastfallkombination für den Grenzzustand der Tragfähigkeit verwendet.

Für die Hydraformwände wurde außerdem eine manuelle Stabilitätsberechnung nach dem Kapitel 6.3 Unbewehrte, durch Horizontallasten auf Plattenbiegung beanspruchte Mauerwerkswände des Eurocode 6, Teil 1-1 [54], durchgeführt.

### Dynamik:

Durch synchrones Springen und Gehen kann es vor allem bei Stahlkonstruktionen zum Schwingen des Bauwerkes kommen. Um dies zu vermeiden, wird mit dem RFEM-Zusatzmodul „RF-DYNAM“ die Eigenfrequenz ermittelt. Dafür werden wiederum die ersten 10 Eigenformen betrachtet und mit der Eigenwertanalyse nach Lanczos ermittelt. Das Eigengewicht der Masse wird mit dem Faktor 1 berücksichtigt. Für Variante 1 und 2 werden die Eigenfrequenzen nicht berechnet, da die Erde in der Simulation nicht modelliert wurde, sondern als Kraft aufgebracht wird und somit die Masse nicht richtig errechnet werden kann. Außerdem ist durch die großen Kubaturen an Erde ein Aufschwingen der Konstruktion unmöglich.

Die berechneten Frequenzen werden dann mit den Erregerfrequenzen verglichen. Die beiden Werte sollten möglichst nicht im gleichen Bereich liegen um ein Schwingen auszuschließen.

Hier die wichtigsten Erregerfrequenzen: [56]

gehen	1,6 bis 2,4 Hz
laufen	2,0 bis 3,5 Hz

springen	1,5 bis 3,5 Hz
tanzen	1,5 bis 3,0 Hz
klatschen	1,5 bis 3,0 Hz

Das heißt, die Eigenfrequenz der Tribüne muss größer 3,5 Hz sein.

#### Fundament:

Es werden für alle Varianten Streifenfundamente aus mit Beton vergossenen Granitsteinen vorgesehen. Diese Bauweise für Fundamente ist regional üblich. Für das Fundament wurden folgende Nachweise geführt:

- Grundbruch/Tragfähigkeit
- Gleiten
- Kippen
- Setzungen

Diese wurden mittels dafür erstellten Excel-Dateien erbracht, welche sich im Anhang H befinden. Die Nachweise wurden nach Eurocode 7 erbracht. [57]

#### Abheben Deckschicht:

##### **Hydraform:**

Ziegelgröße: 220 × 220 × 110 mm

$$q_{k,SOG} = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d,SOG} = -1,26 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = h \times \gamma \times \gamma_G = 0,11 \times 20,60 \times 1,35 = 3,06 \text{ kN/m}^2 > |q_{d,SOG}| = 1,26 \text{ kN/m}^2$$

Der Nachweis ist erfüllt.

##### **Beton:**

Kleinste Betonbalken Abmessungen: 5.165 × 400 × 200 mm

$$q_{k,SOG} = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d,SOG} = -1,26 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = h \times \gamma \times \gamma_G = 0,20 \times 25,00 \times 1,35 = 6,75 \text{ kN/m}^2 > |q_{d,SOG}| = 1,26 \text{ kN/m}^2$$

Der Nachweis ist erfüllt.

#### Druckspannung Fußpunkt (Hydraform):

$$g_d = h \times \gamma \times \gamma_G = 8,00 \times 20,60 \times 1,35 = 222,48 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{ck,1} = 10,00 \text{ N/mm}^2 = 10.000,00 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,1} = \frac{f_{ck,1}}{\gamma_M} = \frac{10.000,00}{2,50} = 4.000,00 \text{ kN/m}^2 > g_d = 222,48 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{ck,2} = 5,00 \text{ N/mm}^2 = 5.000,00 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,2} = \frac{f_{ck,2}}{\gamma_M} = \frac{5.000,00}{2,50} = 2.000,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > g_d = 222,48 \text{ kN/m}^2$$

Der Nachweis ist erfüllt.

Berechnung der maximalen Höhe der Wand auf die Druckfestigkeit in Abhängigkeit des Eigengewichtes bezogen:

$$h_1 = \frac{f_{cd,1}}{\gamma \times \gamma_G} = \frac{4.000,00}{20,60 \times 1,35} = 143,80 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{f_{cd,2}}{\gamma \times \gamma_G} = \frac{2.000,00}{20,60 \times 1,35} = 71,92 \text{ m}$$

Somit ist gezeigt, dass aus Sicht der Druckfestigkeit eine Höhe von 8,00 m keine Probleme darstellen wird.

#### Betonbalken:

Bei den Varianten 3 und 4 wurden Betonbalken aus Stahlbeton für die Sitz- und Stehflächen verwendet, weil die Erde als Auflagefläche für die Ziegel bei diesen Varianten nicht vorhanden ist. Die Balken wurden mit der maximalen Spannweite in RFEM simuliert. Die Ergebnisse sind bei der jeweiligen Variante ersichtlich. Um die Arbeitsweise des Programmes besser darzustellen, sind hier Bilder zur RFEM-Berechnung beigefügt.

In Abbildung 63 ist das Modell mit den aufgebracht Belastungen und den Lagern dargestellt.

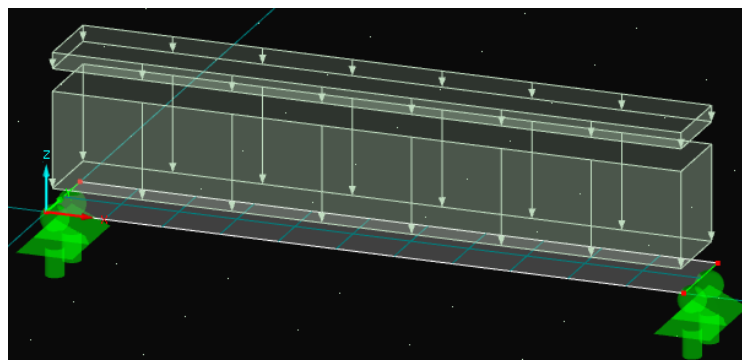


Abbildung 63: Modell mit der aufgebracht Belastung

In der nachstehenden Abbildung ist die Durchbiegung des Balkens ersichtlich. Hier beträgt die maximale Verformung 7,3 mm.

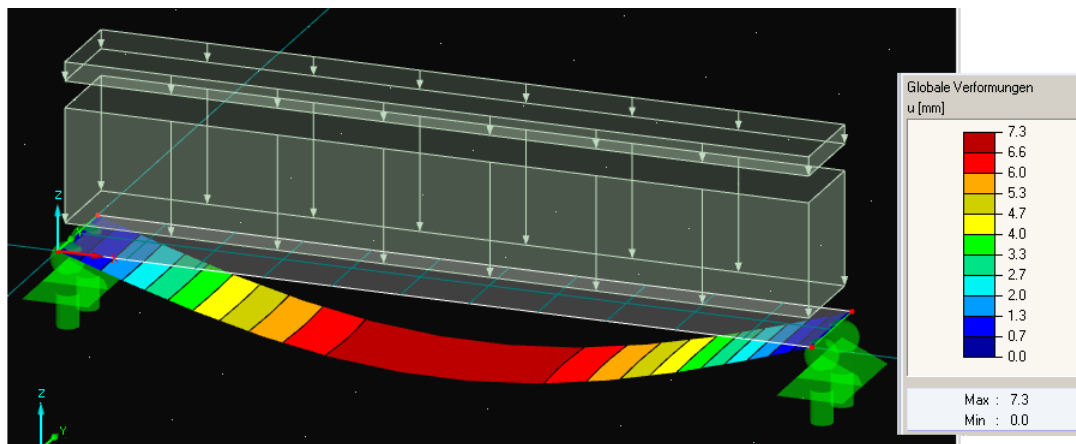


Abbildung 64: Verformung des Betonbalkens in mm

In den Abbildungen 65 bis 69 sind die benötigten Bewehrungsmengen für die einzelnen Lagen dargestellt. Durch die danebenstehende Farblegende lässt sich die Menge leicht herauslesen.

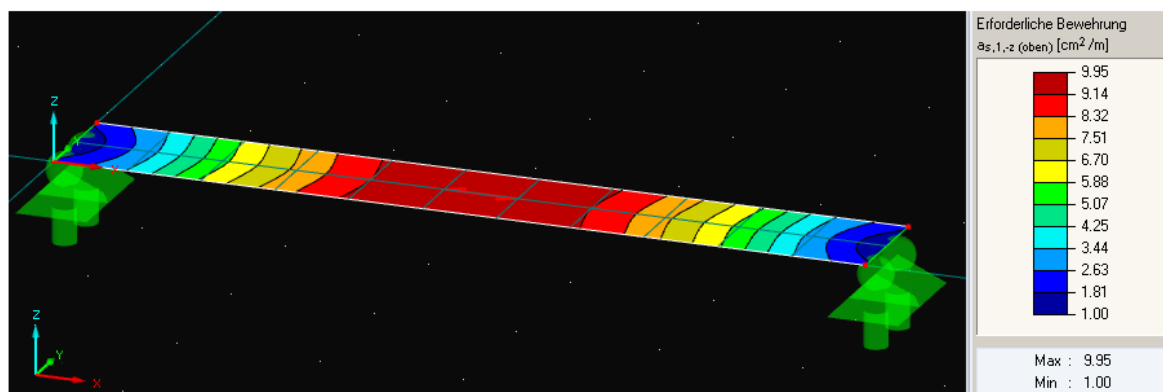


Abbildung 65: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in  $\text{cm}^2/\text{m}$  (unten, Längsrichtung)

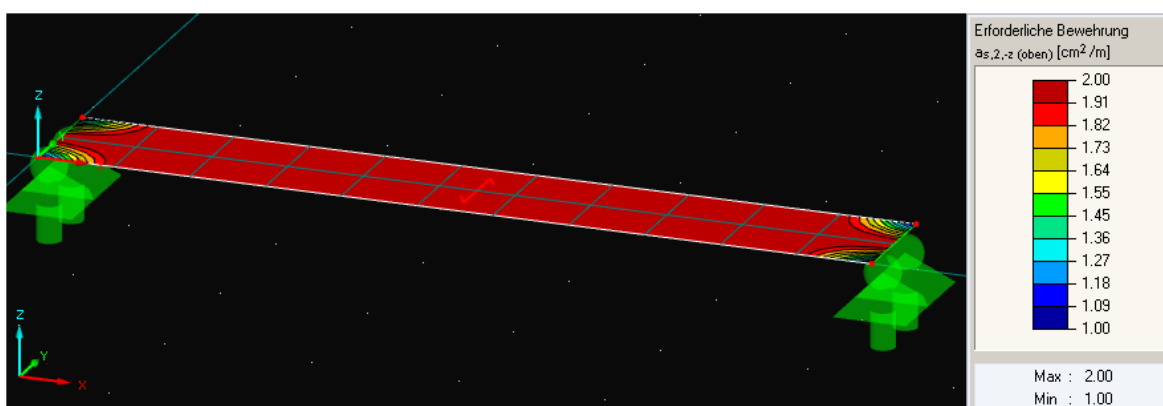


Abbildung 66: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in  $\text{cm}^2/\text{m}$  (unten, Querrichtung)

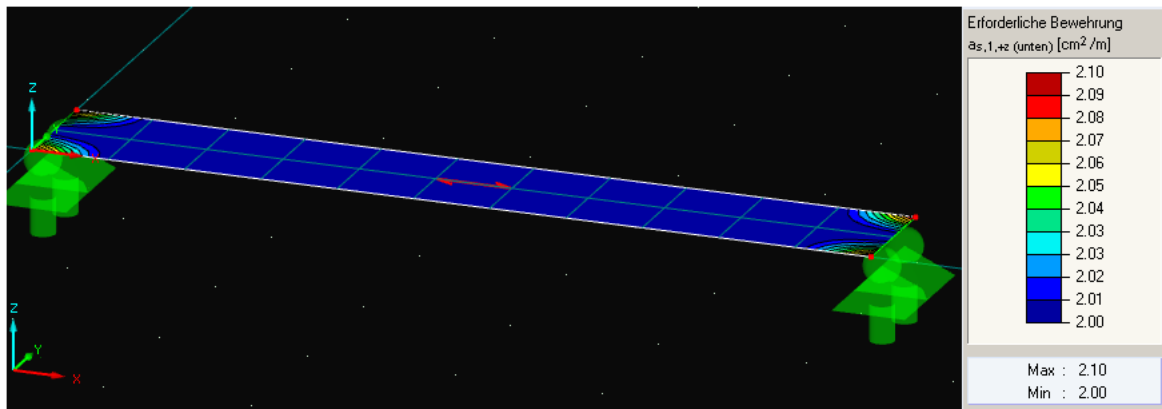


Abbildung 67: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in  $\text{cm}^2/\text{m}$  (oben, Längsrichtung)

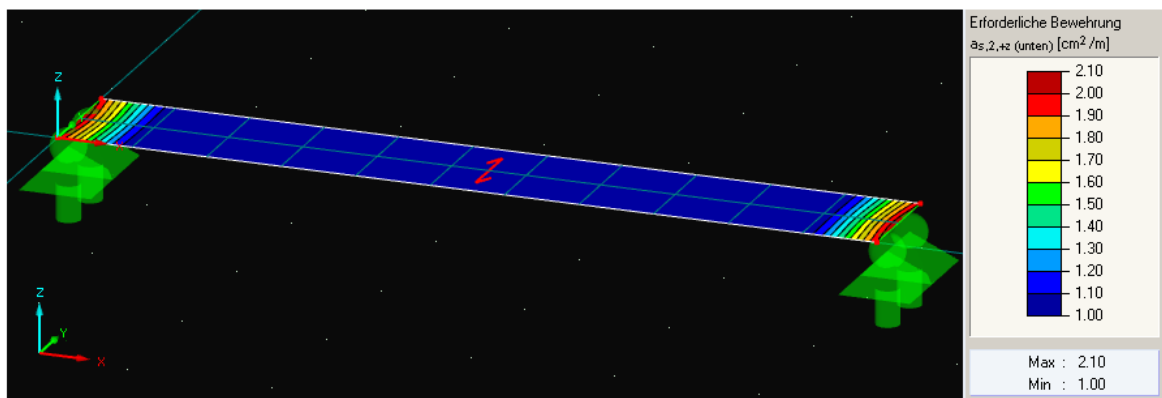


Abbildung 68: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in  $\text{cm}^2/\text{m}$  (oben, Querrichtung)

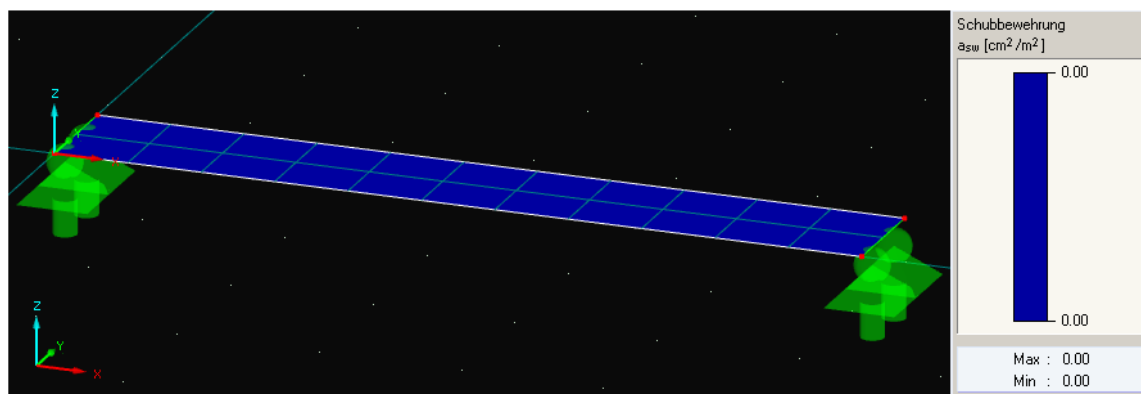


Abbildung 69: Errechnete Schubbewehrung des Betonbalkens in  $\text{cm}^2/\text{m}$

#### 4.4.2 VARIANTE 1

Bei dieser Variante werden Hydraform-Ziegel für die umhüllende Wand, Zwischenwände und die Deckschicht eingesetzt. Das Ganze wird mit Erde verfüllt. Die Zugangsstiegen werden voll gemauert. Eine schematische Darstellung des Konstruktionsprinzips ist in den Abbildungen 70 und 71 dargestellt.

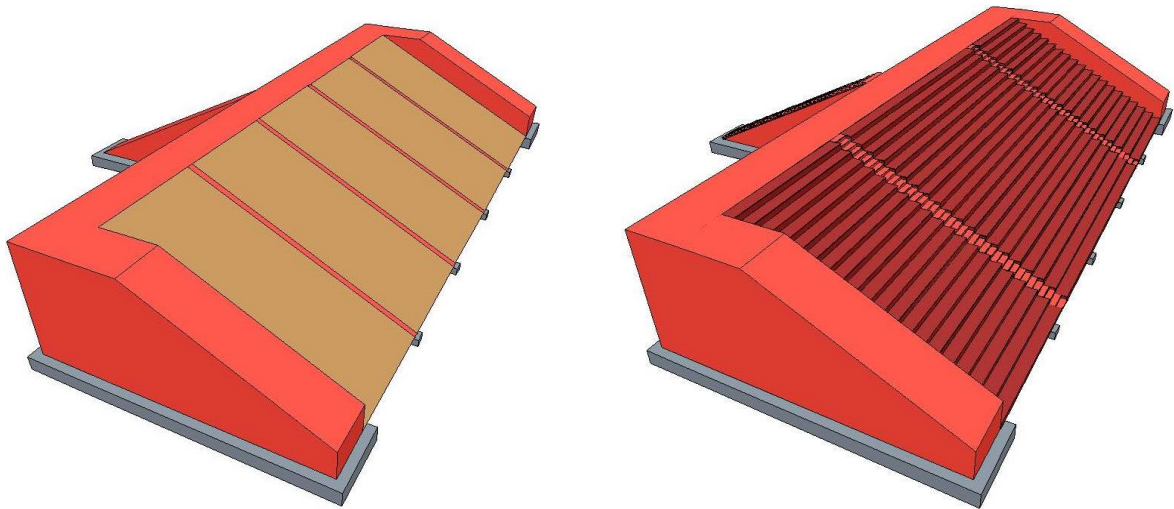


Abbildung 70: Längsribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)

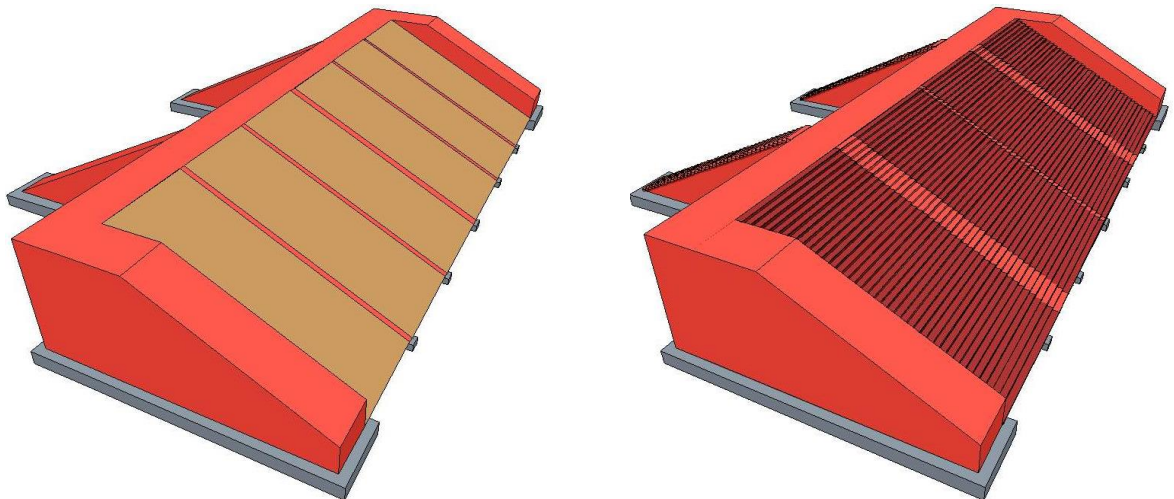


Abbildung 71: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)

Die Hydraform-Wände werden sowohl manuell als auch computerunterstützt (Excel und RFEM) berechnet. Die Nachweise gegen Abheben der Deckschicht und Druckspannung am Fußpunkt sind bereits in 4.4.1 Allgemein gültige Annahmen durchgeführt.

- Manuelle Berechnung [52]

Nachweis gegen Kippen:

Momentengleichung:

$$-4,61 \times 1,35 \times 8,00 \times 4,00 - (76,91 - 4,61) \times \frac{8,00}{2} \times \frac{8,00}{3} \times 1,35 - 0,40 \times 1,50 \times 8,00 \times 4,00 + 36,26 \times 1,35 \times x^2 \times \frac{0,22}{2} = 0,00 \quad \rightarrow x = 15,29$$

16 Wandreihen werden benötigt = 3,52 m dicke Wand

Nachweise gegen Abscheren und Reibung:

Es werden die maximalen Werte bzw. die sich negativ auswirkenden Lasten für die Berechnung herangezogen. Hier wird nur die Berechnung am Fußpunkt und für  $f_b = 10 \text{ N/mm}^2$  feste Ziegel gezeigt.

Lasten:	Eigengewicht der Mauer (1 Schar)	$g_k = 36,26 \text{ kN/m}^2$
	Erddruck mit Auflast	$g_{k,1} = 4,61 \text{ kN/m}^2$
		$g_{k,2} = 76,97 \text{ kN/m}^2$
	Wind - Wand	$q_k = -0,40 \text{ kN/m}^2$
Widerstände:	Druck	$f_{cd,1} = 4.000 \text{ kN/m}^2$
	Abscherung	$\tau_{d,1} = 80 \text{ kN/m}^2$

**Abscherung am Fußpunkt:**

$$Q_{\max} = \frac{(4,61 + 76,97) \times 1,35}{2} \times 8,00 + 0,40 \times 1,50 \times 8,00 = 445,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_{rd} = 80 \times 0,11 = 8,80 \text{ kN/m}^2$$

$$x = \frac{Q_{\max}}{\tau_{rd}} = \frac{445,33}{8,80} = 50,61 \quad \underline{51 \text{ Wandreihen werden benötigt} = 11,22 \text{ m dicke Wand}}$$

**Reibverbund am Fußpunkt:**

Annahme:  $\mu = 0,65$

$$Q_{\max} = \frac{(4,61 + 76,97) \times 1,35}{2} \times 8,00 + 0,40 \times 1,05 \times 8,00 = 445,33 \text{ kN/m}^2$$

$$N = 36,26 \times 1,35 = 48,95 \text{ kN/m}^2$$

$$R = N \times \mu = 48,95 \times 0,65 = 31,82 \text{ kN/m}^2 \text{ (Reibverbund über die gesamte Fläche)}$$

$$x = \frac{Q_{\max}}{R} = \frac{445,33}{31,82} = 14,00 \quad \underline{14 \text{ Wandreihen werden benötigt} = 3,08 \text{ m dicke Wand}}$$

In der Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Berechnung im Mittelpunkt und am Fußpunkt für beide Festigkeiten aufgelistet. Anzumerken ist, dass die Ergebnisse des Nachweises gegen Abscheren extreme Dimensionen ergeben. Außerdem wurden die Widerstandswerte angenommen, d.h. sie sind nicht exakt, deshalb werden diese Ergebnisse außer Acht gelassen.



$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Abscheren				Reibung			
	Mittelpunkt		Fußpunkt		Mittelpunkt		Fußpunkt	
	Wandreihen	[m]	Wandreihen	[m]	Wandreihen	[m]	Wandreihen	[m]
5	18	3,96	68	14,96	4	0,88	14	3,08
10	14	3,08	51	11,22				

Tabelle 9: Nachweise gegen Abscheren und Reibung – Variante 1

Stabilität:

Auf den manuellen Stabilitätsnachweis wurde hier verzichtet, da die Wände durch ihre Abmessungen eine geringe Schlankheit von nur 2,27 aufweisen.

- Computerunterstützte Berechnung

Es wurde auch mit Tabellenblättern gearbeitet, welche aus einer Diplomarbeit für Mauerwerksberechnung hervorgehen. [58] Mit Hilfe dieser Excel-Tabellen ist es sehr einfach eine Mauerwerkswand zu berechnen. Es wurden bei dieser Variante Mindestwandstärken von 1,10 m errechnet, was von der Handrechnung um den Faktor drei abweicht. Der große Unterschied liegt daran, dass bei dieser vereinfachten Berechnung nach Eurocode 6, Teil 3 einige Annahmen getroffen werden, die auf unser Problem nicht zutreffen. Diese Tabelle ist auf den herkömmlichen Hochbau ausgelegt und nicht auf Großbauwerke wie Stadien. Es werden Decken, welche als Scheiben wirken und maximale Wandhöhen von 2,6 m vorausgesetzt. Somit ist dieses Ergebnis ohne Bedeutung für dieses Projekt.

Aus der Fundamentberechnung (siehe Anhang H) gehen Abmessungen von 8,00 × 2,30 m hervor.

- RFEM Berechnung

Die Außenwände, Zwischenwände, Deckschicht und Stiegen sind aus Hydraform Ziegeln. Dieses Material ist jedoch in dem Finiten Elemente Programm nicht verfügbar. Bei dem Versuch zur Erstellung des Materials, führte zu diversen Fehlermeldungen, weshalb darauf verzichtet wurde. Stattdessen wurde für die Finite Elemente Berechnung auf den bereits in der Datenbank vorhandenen Beton C12/15 mit einer Wichte von 20,6 kN/m<sup>2</sup> zurückgegriffen.

Die äußeren Wände wurden mit einer Dicke von 3,52 m modelliert. Dieser Wert stammt aus der maßgebenden manuellen Berechnung. Die Innenwände haben nur eine konstruktive Bedeutung und werden somit nicht berücksichtigt. Die Erde mit der Auflast, der Nutzlast und der Windlast auf die Deckschicht wird mit der aufgetragenen Erdlast simuliert. Die Stiegen werden als Mauerwerk (hier als Beton C12/15) angenommen (ohne Erde). Somit ist die Stiege als Dreiecksebene mit der Dicke von 2,42 m modelliert. Diese wird mit einem Liniengelenk an die Hinterwand der Tribüne angeschlossen.

Bei allen bodenberührenden Bauteilen werden Lager vorgesehen, wobei hierbei drei Varianten simuliert wurden:

- Gelenkige Lager (Verschiebungen in allen drei Richtungen gesperrt, Rotation wird nicht behindert) – Lagerung A
- Einspannung mit Drehfeder (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt, Rotationen werden mit einer Drehfeder modelliert –  $c_{\varphi} = 40.0000 \text{ kN/rad/m}$ ) – Lagerung B
- Einspannung (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt und Rotationen in drei Richtungen gesperrt) – Lagerung C

Die reale Lagerung befindet sich zwischen gelenkig und fix eingespannt. Es wurden diese drei Lagerungsmöglichkeiten ausgewählt, um eine mögliche Bandbreite an Ergebnissen zu erfassen.

Folgende Belastungen wurden aufgebracht:

- Eigengewicht
- Erddruck (alle Lasten auf die Deckschicht miteingerechnet)
- Wind an die vertikalen Wände

Da es hier nur eine maßgebende Lastkombination gibt, wurden nur zwei Lastfallkombinationen erstellt: eine für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und eine für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).

Es wurde die Verschiebung (GZG) berechnet und die Stabilität (GZT) untersucht.

Die dynamische Berechnung des Modells macht hier keinen Sinn, da die Erde nicht modelliert wurde, sondern nur die daraus resultierenden Lasten aufgebracht wurden.

Da bei der FE-Berechnung Beton statt Hydraform verwendet wurde, wird auch die benötigte Bewehrung errechnet. Da weder das Modell noch das Material der Realität entsprechen, haben diese Ergebnisse keine hohe Bedeutung, da es sich noch dazu um geringe Bewehrungsmengen handelt.

In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse aufgelistet.

- Zusammenfassung

Die Verformung ist sehr gering und die Stabilität ist gewährleistet. Die benötigte Bewehrungsmenge ist nicht relevant, da diese sowieso nicht eingebaut werden kann. Außerdem entsprechen Modell und Material nicht der Realsituation. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass von dieser Variante abzuraten ist, da die Materialkennwerte sehr unsicher sind. Es wurden viele Annahmen dazu getroffen. Bei der FEM Berechnung wurde ein anderes Material verwendet. Die Ergebnisse sind daher sehr unsicher. Desweiteren werden sehr hohe Kubaturen an Hydraformziegel und Erde benötigt (siehe 4.4.6 Kubaturen und Kosten).

	Variante 1					
	Längsribüne			Querribüne		
Lagerungsart	A	B	C	A	B	C
<b>Verschiebung</b>						
max. Verschiebung (GZG) [mm]	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,1
<b>Stabilität</b>						
min. Verzweigungslastfaktor [-]	2.041,2	2.092,7	1.6204,8	2.370,0	2.431,5	1.6911,9
<b>Dynamik</b>						
min. Eigenfrequenz [Hz]	-	-	-	-	-	-
<b>max. Bewehrung der Flächen</b>						
<b>seitliche Wände [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	8,09	7,99	8,82	8,44	8,24	8,44
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	3,99	3,80	1,55	3,16	2,99	1,43
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	13,29	13,22	3,73	5,72	5,71	2,59
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	5,56	5,46	1,47	2,21	2,13	1,11
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Rückwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	7,66	7,44	12,30	3,34	3,80	4,37
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	2,86	2,85	1,02	2,28	2,27	0,97
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	15,74	15,71	5,25	11,89	11,88	5,02
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	2,97	2,96	1,06	2,48	2,47	1,05
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	1,32	1,32	0,00
<b>Zwischenwände</b>						
a <sub>s,1</sub>	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2</sub>	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-
<b>Stiegen [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1</sub>	7,01	6,87	0,55	5,34	5,23	0,50
a <sub>s,2</sub>	7,11	7,07	0,86	4,44	4,43	0,78
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Stützwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-
<b>Betonbalken [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (oben, längs)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,-z</sub> (oben, quer)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,1,+z</sub> (unten, längs)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,+z</sub> (unten, quer)	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-

Tabelle 10: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 1

### 4.4.3 VARIANTE 2

Bei dieser Variante wird die umhüllende Wand anstatt aus Hydraform aus Beton ausgeführt. Ansonsten sind keine Änderungen im Vergleich zu Variante 1 vorgenommen worden. Eine schematische Darstellung des Konstruktionsprinzips ist in den Abbildungen 72 und 73 dargestellt.

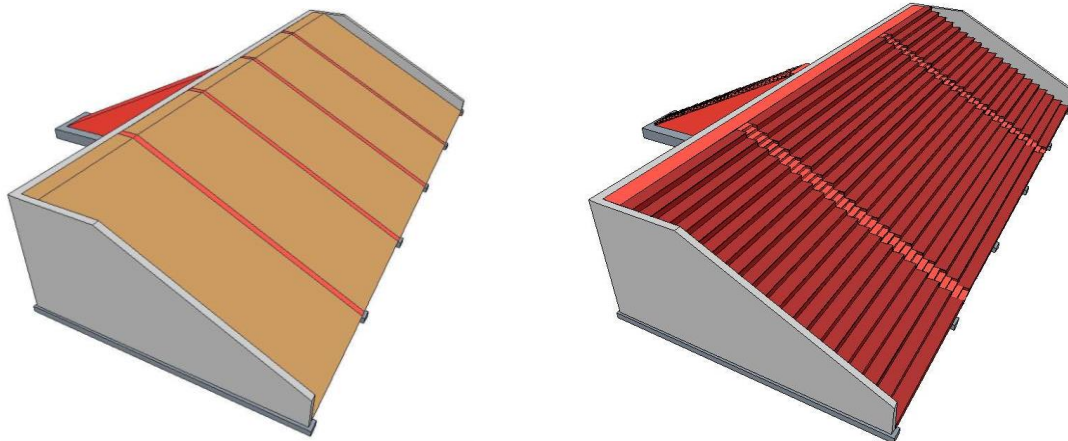


Abbildung 72: Längsribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)

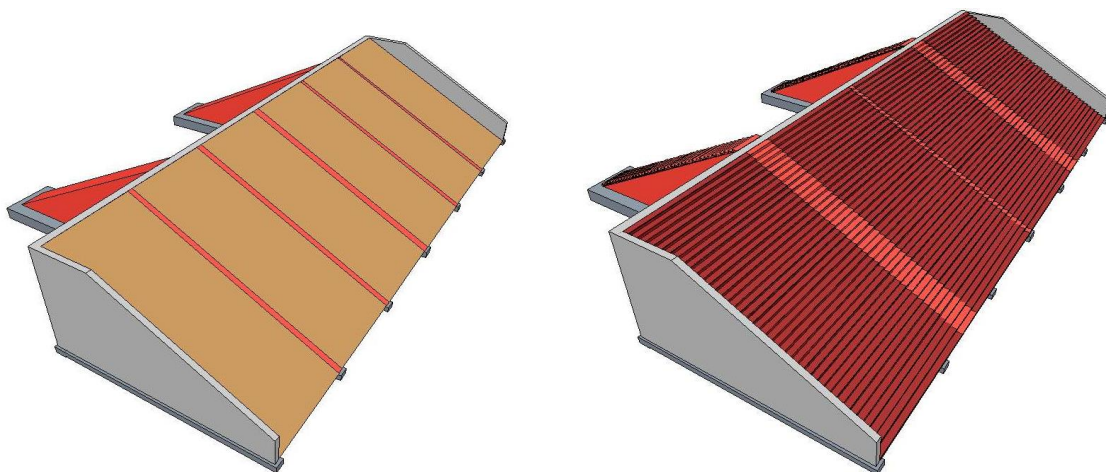


Abbildung 73: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)

Die umhüllende Betonwand ist mit RFEM berechnet worden. Der Nachweis gegen Abheben der Deckschicht ist bereits in 4.4.1 Allgemein gültige Annahmen durchgeführt.

- Computerunterstützte Berechnung

Die Fundamentberechnung (siehe Anhang H) ergibt Abmessungen von  $12,00 \times 3,50$  m.

- RFEM-Berechnung

Die seitlichen Wände wurden mit einer Dicke von 40 cm und die Rückwand mit einer Dicke von 60 cm aus C25/30 in RFEM modelliert. Die Innenwände haben nur eine konstruktive Bedeutung und werden deshalb nicht simuliert. Die Erdlast mit der Auflast, der Nutzlast und der Windlast auf die Deckschicht wird mit der Erdlast aufgebracht. Die Stiegen werden als Mauerwerk (hier als Beton C12/15) angenommen (ohne Erde). Diese wird mit einem Liniengelenk an die Hinterwand der Tribüne angeschlossen.

Bei allen bodenberührenden Bauteilen werden Lager vorgesehen, wobei hierbei wieder drei Varianten simuliert wurden:

- Gelenkige Lager (Verschiebungen in allen drei Richtungen gesperrt, Rotation wird nicht behindert) – Lagerung A
- Einspannung mit Drehfeder (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt, Rotationen werden mit einer Drehfeder modelliert –  $c_{\varphi} = 40.0000 \text{ kN/rad/m}$ ) – Lagerung B
- Einspannung (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt und Rotationen in drei Richtungen gesperrt) – Lagerung C

Folgende Belastungen wurden aufgebracht:

- Eigengewicht
- Erddruck (alle Lasten auf die Deckschicht miteingerechnet)
- Wind an die vertikalen Wände

Da es hier eine maßgebende Lastkombination gibt, wurden nur zwei Lastfallkombinationen erstellt: eine für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und eine für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).

Es wurde die Verschiebung (GZG) berechnet und die Stabilität (GZT) untersucht.

Die dynamische Berechnung des Modells macht hier keinen Sinn, da die Erde nicht modelliert wurde, sondern nur die daraus resultierenden Lasten aufgebracht wurden. Die Bewehrungsmenge wurde aus dem Zusatzmodul „RFEM-BETON Fläche“ ausgelesen, welches diese mit der Lastfallkombination der Grenzzustand der Tragfähigkeit berechnet.

In der nachstehenden Tabelle 11 sind die Ergebnisse aufgelistet.

	Variante 2					
	Längsribüne			Querribüne		
Lagerungsart	A	B	C	A	B	C
<b>Verschiebung</b>						
max. Verschiebung (GZG) [mm]	21,4	19,6	9,0	26,4	22,2	9,3
<b>Stabilität</b>						
min. Verzweigungslastfaktor [-]	936,7	911,9	1.379,9	513,3	566,9	1.049,6
<b>Dynamik</b>						
min. Eigenfrequenz [Hz]	-	-	-	-	-	-
<b>max. Bewehrung der Flächen</b>						
<b>seitliche Wände [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	18,43	13,15	9,01	16,64	11,98	8,28
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	19,16	11,79	6,80	17,80	9,76	5,72
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	47,41	36,61	21,29	32,14	22,41	15,55
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	16,00	13,64	17,42	6,15	8,03	17,32
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	21,59	17,17	10,10	20,83	11,56	8,00
<b>Rückwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	20,68	18,62	9,54	21,11	17,84	8,16
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	16,33	13,42	7,50	18,81	14,61	7,50
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	54,69	49,38	25,17	41,98	37,44	20,74
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	10,70	9,70	30,11	12,60	10,90	30,97
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	21,63	18,18	8,51	24,02	18,52	8,73
<b>Zwischenwände</b>						
a <sub>s,1</sub>	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2</sub>	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-
<b>Stiegen [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1</sub>	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88
a <sub>s,2</sub>	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Stützwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-
<b>Betonbalken [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (oben, längs)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,-z</sub> (oben, quer)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,1,+z</sub> (unten, längs)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2,+z</sub> (unten, quer)	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-

Tabelle 11: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 2

- Zusammenfassung

Die Verformung liegt zwischen 9,0 und 26,4 mm je nach Lagerungsart und Modell. Die Gebrauchstauglichkeit ist damit gewährleistet. Bei dieser Konstruktion ist der Nachweis der Stabilität auch erfüllt. Der Bewehrungsgrad ist bereits relativ hoch, was auf die hohen Kräfte durch die vorhandene Erde zurückzuführen ist.

Bei dieser Variante wird sehr viel Erde benötigt. Die Betonkubaturen und der Stahlbedarf sind auch nicht zu unterschätzen. Näheres dazu ist in 4.4.6 Kubaturen und Kosten nachzulesen. Es kommt außerdem zu den größten Verformungen, im Vergleich zu den anderen Varianten. Da in Njombe sehr wenig Personal verfügbar ist, das im Umgang mit Stahlbeton in diesen Dimensionen geschult ist, ist auch von dieser Variante, bei einer Ausführung nur durch unkundige Arbeiter, abzuraten.

#### 4.4.4 VARIANTE 3

Um die riesige Kubatur der benötigten Erde zu umgehen wurde diese Variante mit vertikalen Wänden in Längs- und Querrichtung aus Hydraform und horizontalen Tragwerksteilen aus Beton konstruiert. Die Zugangsstiegen sind voll gemauert. Eine schematische Darstellung des Konstruktionsprinzips ist in den Abbildungen 74 und 75 dargestellt. Die Hydraform-Wände werden sowohl manuell als auch computerunterstützt (RFEM und Excel) berechnet. Die horizontalen Tragwerksteile aus Beton sind mit RFEM berechnet worden. Der Nachweis gegen Abheben der Deckschicht ist bereits in 4.4.1 Allgemein gültige Annahmen durchgeführt.

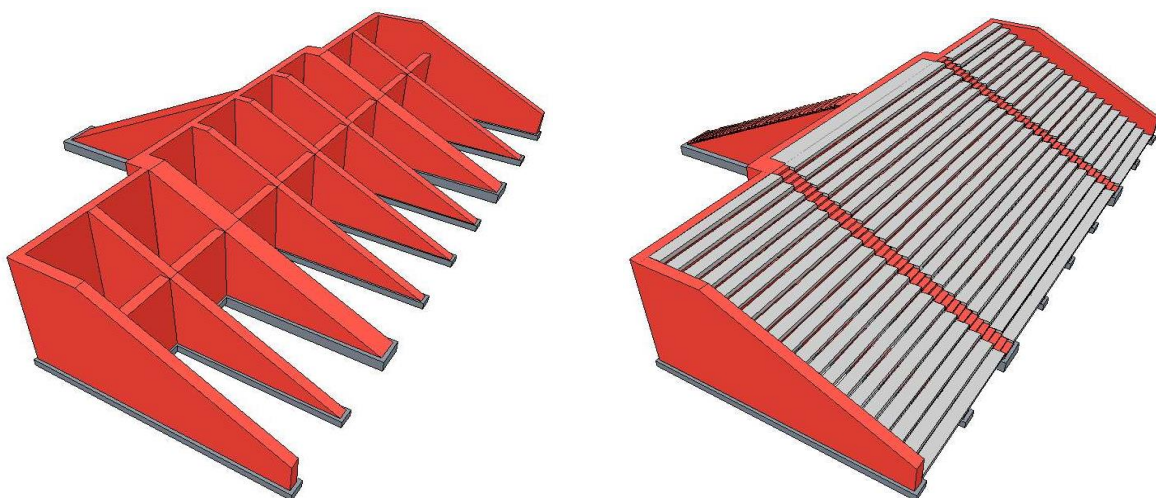


Abbildung 74: Längstribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)



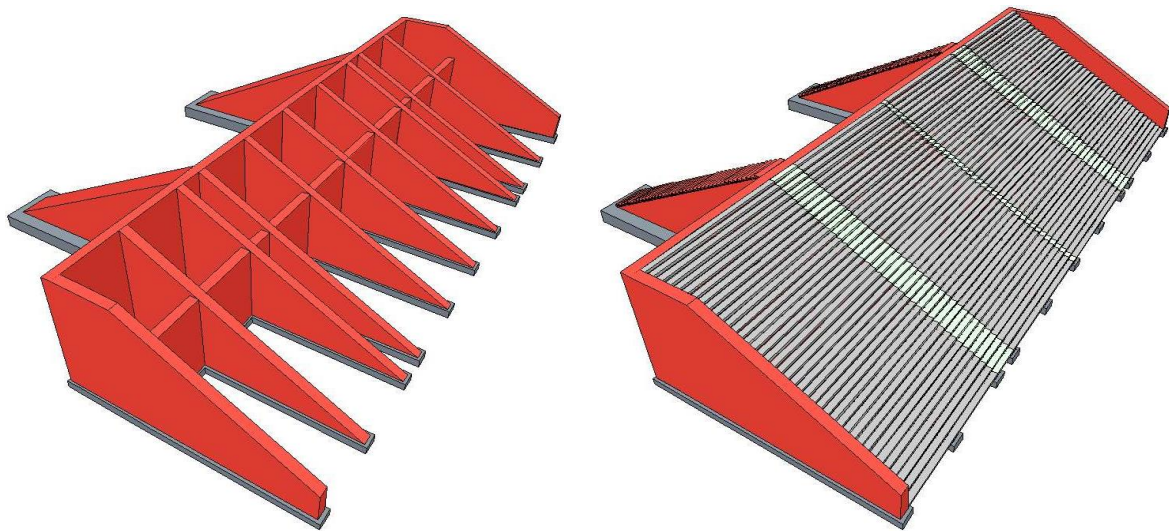


Abbildung 75: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)

- Manuelle Berechnung [52]

Nachweise gegen Kippen:

Momentengleichung:

$$-0,40 \times 1,50 \times 8,00 \times 4,00 + 36,26 \times 1,35 \times x^2 \times \frac{0,22}{2} = 0,00$$

→  $x = 1,88$       2 Wandreihen werden benötigt = 0,44 m dicke Wand

Nachweises gegen Abscheren und Reibung:

Es werden die maximalen Werte bzw. die sich negativ auswirkenden Lasten für die Berechnung herangezogen.

Lasten:	Eigengewicht der Mauer (1 Schar)		$g_k = 36,26 \text{ kN/m}^2$
	Auflast		$g_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$
	Nutzlast		$q_k = 6,00 \text{ kN/m}^2$
	Wind – Decke		$q_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$
	Wind – Wand		$q_k = -0,40 \text{ kN/m}^2$
Widerstände:	$f_b = 10 \text{ N/mm}^2$	Druck	$f_{cd,1} = 4.000 \text{ kN/m}^2$
		Abscherung	$\tau_{d,1} = 80 \text{ kN/m}^2$
	$f_b = 5 \text{ N/mm}^2$	Druck	$f_{cd,2} = 2.000 \text{ kN/m}^2$
		Abscherung	$\tau_{d,2} = 40 \text{ kN/m}^2$

Die Berechnung erfolgt wie in 4.4.2 Variante 1 beispielhaft vorgezeigt und in der Tabelle 12 sind die Ergebnisse der im Mittelpunkt und am Fußpunkt für beide Festigkeiten aufgelistet.

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Abscheren				Reibung			
	Mittelpunkt		Fußpunkt		Mittelpunkt		Fußpunkt	
	Wandreihen	[m]	Wandreihen	[m]	Wandreihen	[m]	Wandreihen	[m]
5	1	0,22	1	0,22	1	0,22	1	0,22
10	1	0,22	1	0,22				

Tabelle 12: Nachweise gegen Abscheren und Reibung – Variante 3

Druckspannung Fußpunkt:

$$b_{\text{Ziegel}} = 0,22 \text{ m}$$

$$\text{max. Spannweite der Tragkonstruktion} = 6,00 \text{ m}$$

$$g_d = 36,26 \times 1,35 = 48,95 \text{ kN/m}^2 \text{ (1 Schar)}$$

$$f_{cd,1} = 4,00 \text{ N/mm}^2 = 4.000,00 \text{ kN/m}^2$$

$$4.000,00 \times 0,22 > 48,95 + (5,0 \times 1,35 + 6,00 \times 1,50 + 0,28 \times 1,05) \times 6,00$$

$$880,00 > 145,21 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,2} = 2,00 \text{ N/mm}^2 = 2.000,00 \text{ kN/m}^2$$

$$2.000,00 \times 0,22 > 48,95 + (5,00 \times 1,35 + 6,00 \times 1,50 + 0,28 \times 1,05) \times 6,00$$

$$440,00 > 145,21 \text{ kN/m}^2$$

Der Nachweis ist erfüllt.

Somit ist gezeigt, dass aus Sicht der Druckfestigkeit eine Höhe von 8 m, sogar für nur 1 Schar Ziegel, keine Probleme darstellen wird.

Druckspannung Balkenaufleger:

Lasten:	Auflast	$g_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$
	Nutzlast	$q_k = 6,00 \text{ kN/m}^2$
	Wind – Decke	$q_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$
	Summe	$q_d = 16,04 \text{ kN/m}^2$

Widerstände:	$f_b = 10 \text{ N/mm}^2$	$f_{cd,1} = 4.000 \text{ kN/m}^2$
	$f_b = 5 \text{ N/mm}^2$	$f_{cd,2} = 2.000 \text{ kN/m}^2$

max. Länge der Stahlbetonbalken  $l = 6,00 \text{ m}$

max. Auflagerkraft:  $F_A = 48,13 \text{ kN/m}$

max. Auflagerlänge:  $l_A = 0,17 \text{ m}$

$E_d = 48,13/0,17 = 283,13 \text{ kN/m}^2$

$f_{cd,1} = 4.000,00 \text{ kN/m}^2 > E_d = 283,13 \text{ kN/m}^2$

$f_{cd,2} = 2.000,00 \text{ kN/m}^2 > E_d = 283,13 \text{ kN/m}^2$

Der Nachweis ist erfüllt.

- Computerunterstützte Berechnung

Es wurden die Mauern, wie auch bei der Variante 1, mit Tabellenblättern berechnet, welche aus einer Diplomarbeit für Mauerwerksberechnung hervorgehen. [58] Es wurde eine Wandstärke von 0,66 m errechnet. Da es sich nur um eine vereinfachte Berechnung handelt, welche nicht auf Großbauwerke wie Stadien ausgelegt ist, ist dieses Ergebnis nicht von Bedeutung für dieses Projekt.

Aus der Fundamentberechnung (siehe Anhang H) gehen Abmessungen von  $2,00 \times 0,60 \text{ m}$  und voraussichtliche Setzungen von 2,60 cm hervor.

Der Tragfähigkeitsnachweis der durch Horizontallasten auf Plattenbiegung beanspruchten Hydraformwände wurde erbracht und ist im Anhang I zu finden.

- RFEM-Berechnung

Die Wände in Längs- und Querrichtung wurden mit einer Dicke von 66 cm aus dem Ersatzmaterial für Hydraform, Beton C12/15, in RFEM modelliert. Wobei alle Berührungspunkte der Längswände mit den Querwänden als Liniengelenk ausgeführt wurden. Die Stiegen werden auch aus Mauerwerk (hier als Beton C12/15) angenommen. Diese wird mit einem Liniengelenk an die Hinterwand der Tribüne angeschlossen. Die horizontalen Tragwerksteile werden vereinfacht als 20 cm dicke Betonplatte (C25/30) simuliert, welche mit Liniengelenken an alle angrenzenden Bauteile angeschlossen werden.

Bei allen bodenberührenden Bauteilen werden Lager vorgesehen, wobei hierbei wieder drei Varianten berechnet wurden:

- Gelenkige Lager (Verschiebungen in allen drei Richtungen gesperrt, Rotation wird nicht behindert) – Lagerung A
- Einspannung mit Drehfeder (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt, Rotationen werden mit einer Drehfeder modelliert –  $c_{\varphi} = 40.0000 \text{ kN/rad/m}$ ) – Lagerung B
- Einspannung (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt und Rotationen in drei Richtungen gesperrt) – Lagerung C

Folgende Belastungen wurden aufgebracht:

- Eigengewicht
- Nutzlast
- Wind auf die horizontale Tragkonstruktion
- Wind auf die vertikalen Wände

Da es verschiedene mögliche Lastkombination gibt, wurden acht Lastfallkombinationen erstellt: vier für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und vier für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).

Es wurde die Verschiebung (GZG) berechnet, die Stabilität (GZT) untersucht und die Eigenfrequenzen errechnet.

Die Bewehrungsmenge wurde aus dem Zusatzmodul „RFEM-BETON Fläche“ ausgelesen, welches diese mit allen Lastfallkombination des Grenzzustandes der Tragfähigkeit berechnet und die maßgebenden ausgibt. Die horizontalen Betontragwerke wurden separat berechnet, da bei der Simulation des Gesamtsystems zur Vereinfachung eine Platte modelliert wurde.

In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse aufgelistet.

	Variante 3					
	Längsribüne			Querribüne		
Lagerungsart	A	B	C	A	B	C
<b>Verschiebung</b>						
max. Verschiebung (GZG) [mm]	4,2	4,1	4,0	3,9	3,9	3,9
	7,3	2,3	1,4	5	1,7	1
<b>Stabilität</b>						
min. Verzweigungslastfaktor [-]	850,0	849,8	847,1	1.777,6	1.760,8	1.574,9
<b>Dynamik</b>						
min. Eigenfrequenz [Hz]	13,54	13,75	13,86	14,02	14,02	14,02
	9,89	17,66	22,68	11,98	21,01	27,45
<b>max. Bewehrung der Flächen seitliche Wände [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	0,96	1,43	1,96	0,44	0,88	1,47
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	1,31	1,31	3,15	1,18	1,18	2,61
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	1,01	1,35	1,92	0,34	0,99	1,46
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	1,42	1,42	3,13	0,96	0,96	2,55
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Rückwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	3,36	3,36	3,36	0,26	0,56	0,56
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	1,21	1,20	1,20	0,44	1,12	1,12
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	2,07	2,06	2,06	0,35	0,81	0,81
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	1,29	1,29	1,29	0,44	0,96	0,96
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Zwischenwände</b>						
a <sub>s,1</sub>	3,20	2,79	3,36	1,00	1,00	1,49
a <sub>s,2</sub>	1,42	1,42	3,13	1,25	1,27	2,54
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Stiegen [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1</sub>	0,27	0,32	0,35	0,35	0,34	0,26
a <sub>s,2</sub>	0,44	0,47	0,51	0,44	0,25	0,24
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Stützwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (außen)	1,26	1,25	1,22	1,39	1,39	1,37
a <sub>s,2,-z</sub> (außen)	1,44	1,25	1,43	1,88	1,88	1,88
a <sub>s,1,+z</sub> (innen)	1,34	1,34	1,29	2,01	1,98	1,96
a <sub>s,2,+z</sub> (innen)	1,47	1,46	1,44	1,62	1,79	1,78
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Betonbalken [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1,-z</sub> (oben, längs)	2,10	5,61	6,89	2,00	4,41	5,39
a <sub>s,2,-z</sub> (oben, quer)	2,10	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00
a <sub>s,1,+z</sub> (unten, längs)	9,95	4,15	3,15	8,00	3,49	2,60
a <sub>s,2,+z</sub> (unten, quer)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

aus separaten Berechnung der Betonbalken

Tabelle 13: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 3

- Zusammenfassung

Die Verformung liegt zwischen 3,9 und 4,2 mm je nach Lagerungsart und Tribüne, wobei es sich bei dieser um die Durchbiegung der Betonplatte handelt. Die Betonplatte besteht in der Realität aus vielen einzelnen Betonbalken deren maximale Durchbiegung zwischen 1,0 und 7,3 mm variiert. Die Gebrauchstauglichkeit ist damit gewährleistet. Bei der Konstruktion ist auch der Nachweis der Stabilität erfüllt. Alle errechneten Eigenfrequenzen befinden sich weit über der kritischen Erregerfrequenz von 3,5 Hz. Somit kann ein Aufschwingen der Konstruktion ausgeschlossen werden.

Die errechnete Bewehrungsmenge ist sehr gering. Da sowieso keine Bewehrung eingebaut werden kann, das simulierte Modell und Material nicht der Wahrheit entsprechen und die Wände sowieso auch manuell ohne Bewehrung gerechnet wurden, ist dieses Ergebnis nicht relevant.

Bei dieser Variante wird keine Erde verwendet, was eine erhebliche Arbeitsverringerung bedeutet und die Verwendung des teuren Betons wurde auf ein notwendiges Minimum beschränkt.

#### 4.4.5 VARIANTE 4

Für diese Variante ist Beton für alle Tragwerksteile, also alle vertikalen Wände in Längs- und Querrichtung und die horizontalen Tragwerksteile, verwendet worden. Eine schematische Darstellung des Konstruktionsprinzips ist in den Abbildungen 76 und 77 dargestellt.

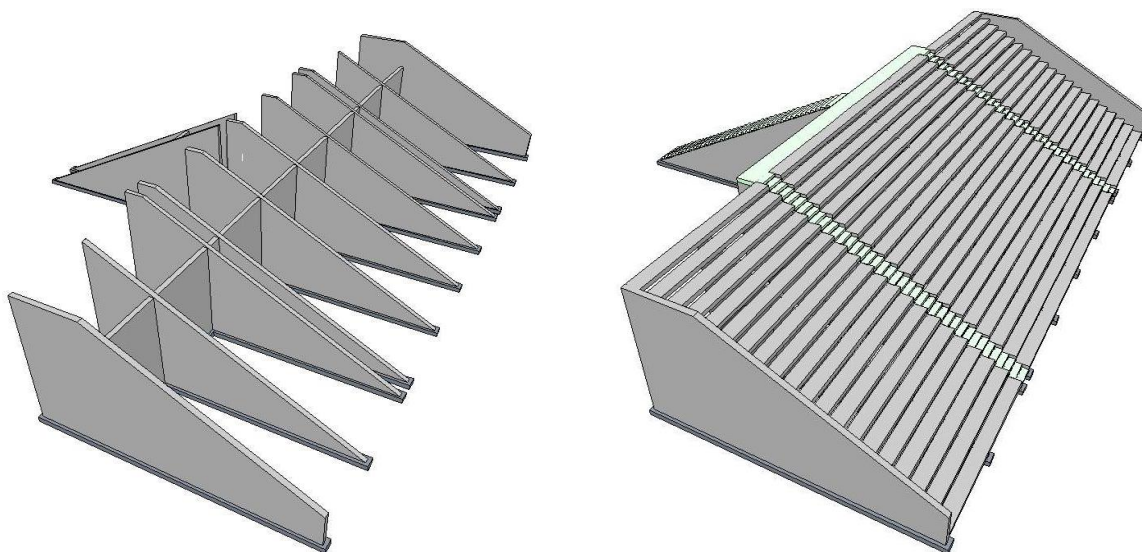


Abbildung 76: Längsribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)

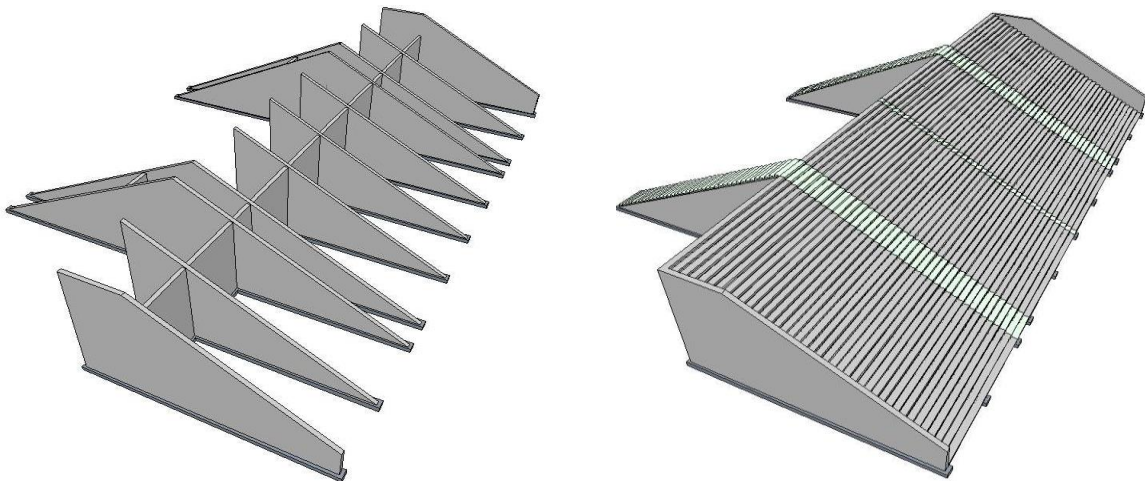


Abbildung 77: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)

Der Nachweis gegen Abheben der Deckschicht ist bereits in 4.4.1 Allgemeine Annahmen durchgeführt. Alle anderen Nachweise, außer der Fundamentberechnung, wurden mit RFEM geführt.

- Computerunterstützte Berechnung

Die Fundamentberechnung (siehe Anhang H) ergibt Abmessungen von  $2,5 \times 0,70$  m.

- RFEM-Berechnung

Die Wände in Längs- und Querrichtung wurden mit einer Dicke von 25 cm aus Beton C25/30 in RFEM modelliert. Wobei alle Berührungspunkte der Längswände mit den Querwänden als Liniengelenk ausgeführt wurden. Die Stiegen werden nicht simuliert. Die horizontalen Tragwerksteile werden vereinfacht als 20 cm dicke Betonplatte (C25/30) modelliert und an alle angrenzenden Bauteile mit Liniengelenken angeschlossen.

Bei allen bodenberührenden Bauteilen werden Lager vorgesehen, wobei hierbei wieder drei Varianten berechnet wurden:

- Gelenkige Lager (Verschiebungen in allen drei Richtungen gesperrt, Rotation wird nicht behindert) – Lagerung A
- Einspannung mit Drehfeder (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt, Rotationen werden mit einer Drehfeder modelliert –  $c_{\varphi} = 40.0000$  kN/rad/m) – Lagerung B
- Einspannung (Verschiebungen in drei Richtungen gesperrt und Rotationen in drei Richtungen gesperrt) – Lagerung C

Folgende Belastungen wurden aufgebracht:

- Eigengewicht
- Nutzlast
- Wind auf die horizontale Tragkonstruktion
- Wind auf die vertikalen Wände

Da es verschiedene mögliche Lastkombination gibt, wurden acht Lastfallkombinationen erstellt: vier für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und vier für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG).

Es wurde die Verschiebung (GZG) berechnet, die Stabilität (GZT) untersucht und die Eigenfrequenzen errechnet.

Die Bewehrungsmenge wurde aus dem Zusatzmodul „RFEM-BETON Fläche“ ausgelesen, wobei für diese Variante die Verwendung der Mindestbewehrungsmenge eingestellt wurde. Die horizontalen Betontragwerke wurden separat berechnet, da bei der Simulation des Gesamtsystems zur Vereinfachung eine Platte modelliert wurde.

In der nachstehenden Tabelle 14 sind die Ergebnisse aufgelistet.

- Zusammenfassung

Die Verformung liegt zwischen 3,7 und 3,9 mm je nach Lagerungsart und Modell, wobei es sich bei dieser um die Durchbiegung der Betonplatte handelt. Die Betonplatte besteht in der Realität aus vielen einzelnen Betonbalken deren maximale Durchbiegung zwischen 0,9 und 4,9 mm variiert. Die Gebrauchstauglichkeit ist damit gewährleistet. Bei der Konstruktion ist der Nachweis der Stabilität auch erfüllt. Alle errechneten Eigenfrequenzen befinden sich weit über der kritischen Erregerfrequenz von 3,5 Hz. Somit kann ein Aufschwingen der Konstruktion ausgeschlossen werden. Die errechnete Bewehrungsmenge ist gering bzw. entspricht der Mindestbewehrungsmenge.

Das gesamte Bauwerk besteht aus Beton. Es sind genaue Materialkennwerte für Beton vorhanden. Demnach sind auch die Nachweise genauer und sicherer im Gegensatz zu den anderen Varianten (besonders Variante 1). In Njombe ist jedoch sehr wenig Personal verfügbar, das im Umgang mit Stahlbeton in diesen Dimensionen geschult ist.



	Variante 4					
	Längsribüne			Querribüne		
Lagerungsart	A	B	C	A	B	C
<b>Verschiebung</b>						
max. Verschiebung (GZG) [mm]	3,8	3,7	3,7	3,9	3,9	3,9
	4,7	1,6	0,9	4,9	1,6	1,0
<b>Stabilität</b>						
min. Verzweigungslastfaktor [-]	146,7	202	227,4	164,1	222,2	257,9
<b>Dynamik</b>						
min. Eigenfrequenz [Hz]	10,41	12,03	13,43	10,48	12,15	13,72
	12,41	21,74	28,48	12,17	21,3	27,88
<b>max. Bewehrung der Flächen seitliche Wände [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1-z</sub> (außen)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
a <sub>s,2-z</sub> (außen)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
a <sub>s,1+z</sub> (innen)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
a <sub>s,2+z</sub> (innen)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Rückwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1-z</sub> (außen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2-z</sub> (außen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,1+z</sub> (innen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2+z</sub> (innen)	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-
<b>Zwischenwände</b>						
a <sub>s,1</sub>	4,76	4,77	4,78	2,48	2,86	2,79
a <sub>s,2</sub>	4,73	4,79	4,70	4,30	4,23	4,32
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Stiegen [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1</sub>	-	-	-	-	-	-
a <sub>s,2</sub>	-	-	-	-	-	-
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	-	-
<b>Stützwand [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1-z</sub> (außen)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
a <sub>s,2-z</sub> (außen)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
a <sub>s,1+z</sub> (innen)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
a <sub>s,2+z</sub> (innen)	3,18	3,16	3,13	2,77	2,77	2,77
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Betonbalken [cm<sup>2</sup>/m]</b>						
a <sub>s,1-z</sub> (oben, längs)	2,10	4,38	5,44	2,00	4,34	5,31
a <sub>s,2-z</sub> (oben, quer)	2,10	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00
a <sub>s,1+z</sub> (unten, längs)	7,74	3,42	2,55	7,86	3,45	2,56
a <sub>s,2+z</sub> (unten, quer)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
a <sub>sw</sub> [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

aus separaten Berechnung der Betonbalken  
Mindestbewehrung

Tabelle 14: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 4

#### 4.4.6 KUBATUREN UND KOSTEN

Zur eindeutigeren Gegenüberstellung der Varianten wurden alle Kubaturen des Mauerwerks, der Erde und des Stahlbetons berechnet, sowie die Kosten des Stahlbetons. Hierbei handelt es sich nur um die reinen Materialkosten des Betons und seiner Bewehrung der Konstruktion ohne Fundamente. Alle m<sup>3</sup> Angaben stammen aus der Auswertung der 3D Modelle aus dem Programm ArchiCAD 17. Ein Euro [EUR] entspricht der Wertigkeit von 2.156,16 TZS, 1.000,00 TZS sind gleichzusetzen mit 0,44292 EUR (laut Wechselkurs 15.Dezember 2013). [5]

Für die Berechnung der Zement- und Zuschlagstoffanteile von 1 m<sup>3</sup> Beton wurde folgenden Annahmen getroffen:

1 m<sup>3</sup> Beton = 360 kg Zement + 685 l Zuschlagstoff. [59]

Mithilfe der Daten aus 1.3.4 Preise Tabelle 2 und dem Bewehrungsatlas [60] wurden die Kosten für den Stahlbeton folgendermaßen ermittelt:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ m}^3 \text{ Beton: } & 360 \text{ kg Zement} \times 16.000 \text{ TZS pro } 25 \text{ kg} = & 230.400 \text{ TZS} \\
 & 685 \text{ l Zuschlagstoff}/1000 \times 75.000 \text{ TZS/m}^3 = & 51.375 \text{ TZS} \\
 & \Sigma = & 281.775 \text{ TZS/m}^3 \text{ Beton} \\
 & = & \mathbf{130,68 \text{ EUR/m}^3 \text{ Beton}}
 \end{aligned}$$

Bewehrung: Ø 8/m	16.000 TZS/m: 0,395 kg/m
Ø12/m	24.000 TZS/m: 0,888 kg/m
Ø16/m	35.000 TZS/m: 1,580 kg/m

Durchschnitt:

$$25.000 \text{ TZS/m: } 0,954 \text{ kg/m} = 26.206 \text{ TZS/kg} = \mathbf{12,15 \text{ EUR/kg Bewehrung}}$$

**Annahme: 100 kg Bewehrung pro m<sup>3</sup> Beton**

In der nachstehenden Tabelle sind für alle Varianten die Kubaturen des Mauerwerks, der Erde, des Betons und der Bewehrung und die Kosten für den Beton und die Bewehrung berechnet. Unterschieden wird in eine Längs-, eine Quertribüne und die Gesamtzahl für beide Längs- und Quertribünen zusammen. Sie zeigt, dass die Kubatur des benötigten Mauerwerks für die Variante 1 doppelt so groß ist wie für die Variante 3 und viermal so groß wie für die Variante 2. Die benötigten m<sup>3</sup> Erde sind für die Varianten 1 und 2 die gleichen. Die Kosten für den Stahlbetonanteil für die Variante 3 sind halb so groß wie für die Variante 2 und entsprechen einem Drittel der Kosten der Variante 4.

	Mauerwerk [m³]	Erde [m³]	Stahlbeton				Gesamt [EUR]
			Beton [m³]	Beton [EUR]	Bewehrung [kg]	Bewehrung [EUR]	
V 1	Längsribüne	8 991,42	-	-	-	-	X
	Querribüne	5 068,83	-	-	-	-	X
	<b>Gesamt</b>	<b>28 120,50</b>	<b>33 203,20</b>	-	-	-	-
V 2	Längsribüne	1 620,26	1 064,96	139 168,97	106 496,00	1 293 926,40	X
	Querribüne	1 242,45	543,68	71 048,10	54 368,00	660 571,20	X
	<b>Gesamt</b>	<b>5 725,41</b>	<b>33 203,20</b>	<b>420 434,15</b>	<b>321 728,00</b>	<b>3 908 995,20</b>	<b>4 329 429,35</b>
V 3	Längsribüne	4 381,70	531,20	69 417,22	53 120,00	645 408,00	X
	Querribüne	2 389,46	287,36	37 552,20	28 736,00	349 142,40	X
	<b>Gesamt</b>	<b>13 542,30</b>	-	<b>213 938,84</b>	<b>163 712,00</b>	<b>1 989 100,80</b>	<b>2 203 039,64</b>
V 4	Längsribüne	-	1 558,90	203 716,53	155 889,60	1 894 058,64	X
	Querribüne	-	887,78	116 015,35	88 778,20	1 078 655,13	X
	<b>Gesamt</b>	-	<b>4 893,36</b>	<b>639 463,76</b>	<b>489 335,60</b>	<b>5 945 427,54</b>	<b>6 584 891,30</b>

Tabelle 15: Kubaturen und Kosten

#### **4.4.7 WAHL**

Unter Berücksichtigung der Wünsche der Einheimischen und in Absprache mit dem Leiter der Baufirma des Bistum Njombe Pfarrer Arnold Likiliwike, dem Diözesanbischof Alfred Leonhard Maluma, den Vertretern der Regierung und des Ministeriums für Bildung und Sport wurde Variante 3 gewählt. Gründe für die Auswahl waren, dass Variante 1 wegen zu großer Unsicherheiten ausgeschlossen wurde und für Variante 3 die Stahlbetonkosten im Vergleich zu Variante 2 und 4 um ein Vielfaches günstiger ausfallen. Ziegel können vor Ort direkt hergestellt werden und das Personal ist vertraut mit dem Umgang mit diesen Materialien. Als realisierbar hat sich herausgestellt, das gesamte Vorhaben in mehreren Teilabschnitten zu erbauen, indem jede Tribüne unabhängig hergestellt werden kann. Dies ist deshalb von großer Bedeutung, da die benötigten Geldmittel ebenfalls nur in mehreren Schritten bereitgestellt werden können.

### **5 NURU STADIUM**

Nachdem alle zur Debatte stehenden Entscheidungen getroffen waren, wurde die genaue Planung vorgenommen. Zeitgleich bekam das Stadion seinen Namen.

#### **5.1 DER NAME**

Der Name des Stadions soll unterstreichen, dass dieses im Zeichen der Bekämpfung der Kriminalität erbaut wird. Kriminalität ist in der Region Njombe das Resultat der vorherrschenden Armut. Es gibt viele Waisenkinder und Arbeitslose, welche teilweise ohne Zukunftsperspektive auf sich allein gestellt ihr Leben meistern müssen. Das Stadion und die Parkanlage sollen als Treffpunkt und Trainingsraum genützt werden. Der sportliche Erfolg soll der Ansporn sein, welcher ein geordnetes und stabiles Leben ermöglicht. Das Ziel ist das Wecken der Hoffnung, das Schaffen eines Lichtblickes in der Finsternis.

So kommt es, dass das Stadion in Njombe den Namen „Stadion des Lichtes“ tragen wird. Seine Nordtribüne wird auch die Sonnentribüne heißen, seine Südtribüne die Mondtribüne und seine beiden Längstribünen Ost- und Weststerne. Übersetzt in die Sprache der Einheimischen, Swahili, bedeutet „Stadion des Lichtes“ „Nuru Stadium“, Sonnentribüne „Jua Jukwaa“, Mondtribüne „Mwezi Jukwaa“, Oststerne „Nyota Mashariki“ und Weststerne „Nyota Magharibi“.

## **5.2 DIE PLÄNE**

### **5.2.1 LAGEPLAN**

Der Lageplan zeigt die Situierung des Stadions auf dem Grundstück und die benötigten Dämme, um eine ebene Fläche gewährleisten zu können (siehe Anhang J).

### **5.2.2 GRUNDRISSE, SCHNITTE, ANSICHTEN**

Aus den Grundrissen und Schnitten soll deutlich werden, wie die Konstruktion der Tribünenbauwerke zu errichten ist (siehe Anhang J).

Das Nebengebäude und die Toilettenanlagen der Sektoren sind nur grob durchgeplant. Es handelt sich hierbei um eingeschossige Gebäude, welche nach Erfahrungswerten der Einheimischen ausgeführt werden. Im Anhang J ist der zugehörige Schemaplan enthalten.

Die Ansichten und das 3D-Modell dienen der besseren Darstellung (siehe Abbildung 78 und Anhang J).

### **5.2.3 HANDBUCH**

Zusätzlich zu den Plänen sind alle Ausführungskriterien und relevanten Berechnungen, sowie die Auflistung der benötigten Kubaturen und Kosten für den Auftraggeber in einem Handbuch ausgearbeitet. Dieses ist als Anhang K beigefügt.

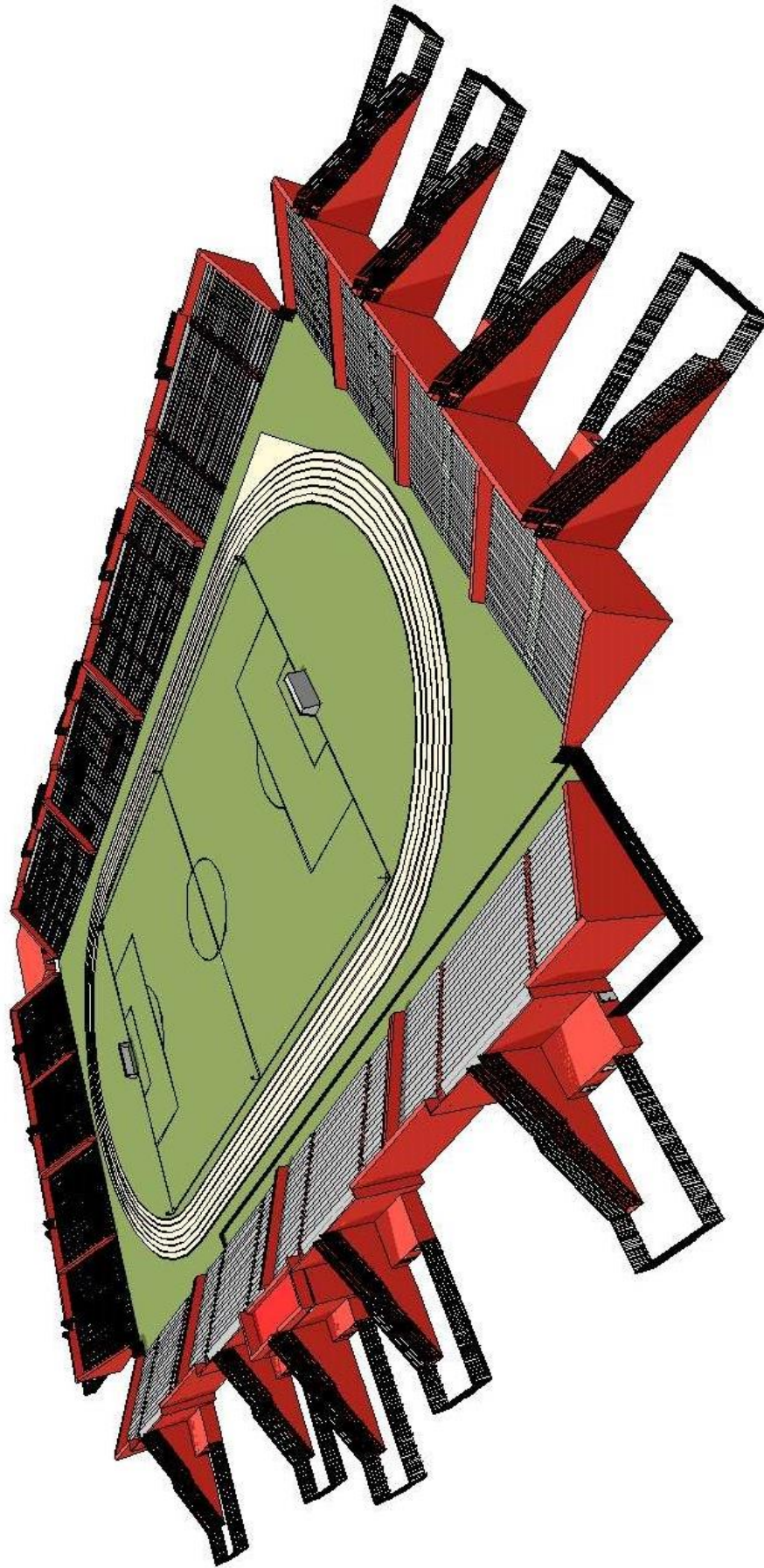


Abbildung 78: 3D-Modell

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Diese Diplomarbeit behandelt die exemplarische Konzeption einer Großsportstätte in einem afrikanischen Entwicklungsland, genauer in der Stadt Njombe in Tansania. Ein Fußball- und Leichtathletikstadion mit einer Kapazität von 25.000 Zuschauerplätzen ist das Herzstück des geplanten Sport- und Freizeitzentrums. Mit im Gelände enthalten sind Fußballtrainings-, Basketball-, Handball-, Netball-, Tennis- und Volleyballplätze, sowie ein Fitnessstudio, ein Hotel, eine Jugendherberge und eine Parkanlage mit einer Kantine und diversen Geschäften.

Diözesanbischof Alfred Leonhard Maluma und sein Bistum Njombe wurden von der Regierung der Vereinigten Republik von Tansania mit der Planung und Errichtung eines neuen Treffpunktes in der Kleinstadt, bei dem der Sport im Vordergrund steht, beauftragt. Das Stadion soll im Zeichen der Bekämpfung der Kriminalität erbaut werden. Diese resultiert aus der vorherrschenden Armut, welche auch eine schlechte Gesundheitsversorgung, Waisenkinder und eine hohe Arbeitslosigkeit mit sich bringt.

Das Bistum Njombe wird mit seiner Baufirma AEDIFICO CONSTRUCTION COMPANY LTD unter der Leitung von Pfarrer Arnold Likiliwike den Bau des Stadions übernehmen. Um eine neue Technologie in der Region Njombe bekannt zu machen, wurde die Verwendung von *Hydraform*-Ziegeln gefordert. Zur Herstellung dieser, wird ein Gemisch aus Erde, einem Anteil von 8 bis 10% Zement und Wasser in einer Maschine zu Ziegeln mit Nut-Feder-Verzahnungen auf vier Seiten verarbeitet. Die Sichtseiten bleiben glatt. Diese Ziegel werden keiner Hitzebehandlung ausgesetzt. Sie werden ohne Mörtel verbaut, die Kraftübertragung erfolgt über den Formschluss.

Ziel dieser Arbeit war die Erstellung eines Konzeptplanes für das gesamte Areal und die Planung und Bemessung des Wettkampfbereiches, des Tribünenbauwerkes und der Nebengebäuden.

- Konzeptplanung

Die Konzeptplanung ergab den in Abbildung 79 ersichtlichen Masterplan. Die optimale Belichtung aufgrund der Nord-Süd-Orientierung ist vor allem während der Sonnenstellung zur Nachmittagszeit, zu der die meisten Veranstaltungen stattfinden, wichtig.

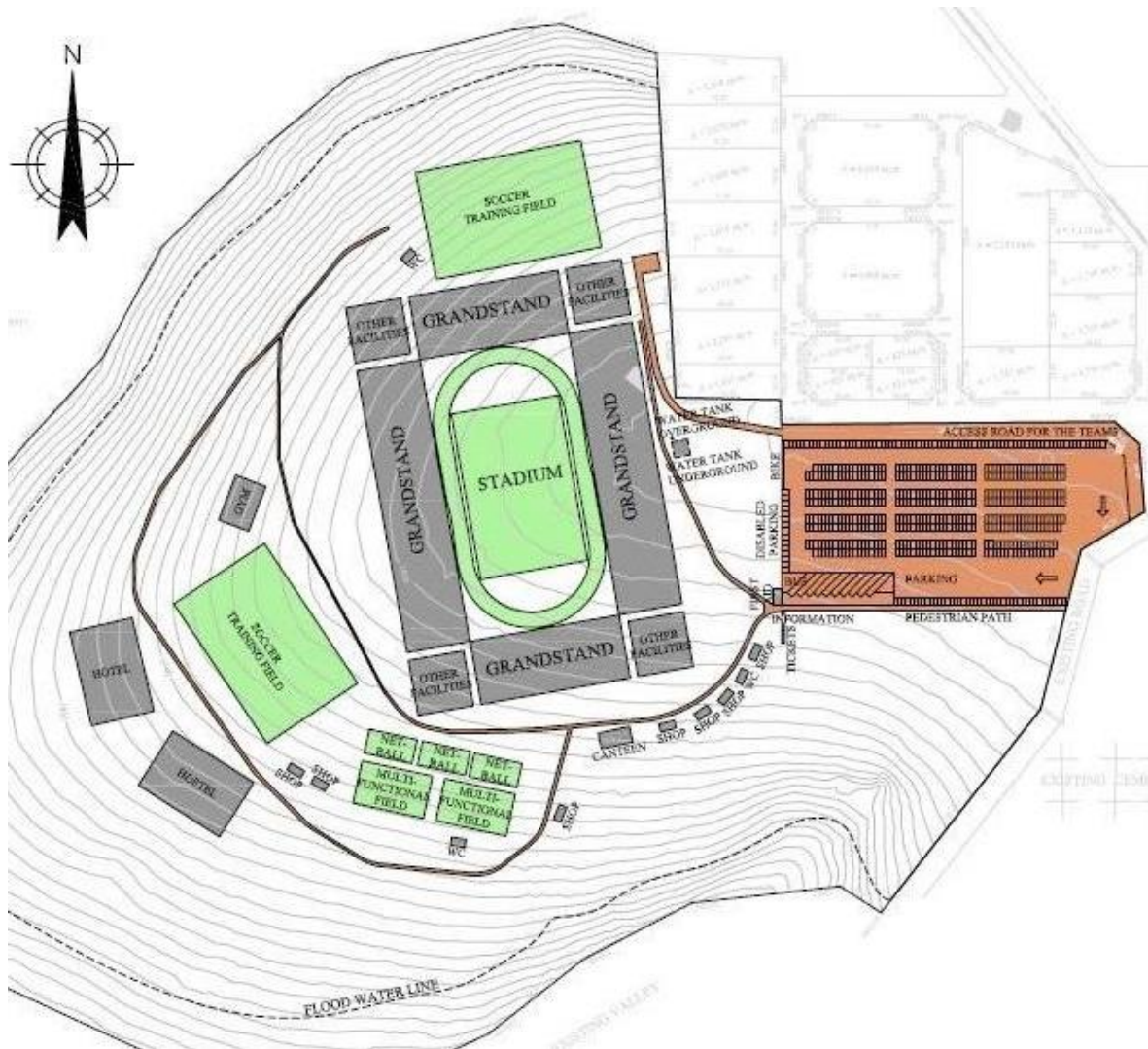


Abbildung 79: Masterplan

- Entwurf

Im Mittelpunkt befinden sich das Spielfeld und die Leichtathletikanlagen. Die Längsribünen (Ost- und Westtribüne) beinhalten ausschließlich Sitzplätze, die Quertribünen (Nord- und Südtribüne) Stehplätze. Jede Tribüne ist in vier Sektoren unterteilt. Der Zugang zu jedem Sektor erfolgt über je zwei eigene Ein- und Ausgänge. Auch besitzt jeder Sektor Toilettenräume für weibliche und männliche Besucher. Ein Sektor verfügt über etwa 1.600 Plätze. Hinzu kommt, dass die Westtribüne über einen Bereich mit 32 Rollstuhlplätzen und über einen weiteren, für Kommentatoren, Presse und VIP-Besucher verfügt. Diese haben gesonderte Eingänge sowie Toilettenanlagen.

Die gesamte Auslastung beträgt 25.864 Plätze.



- Materialstudie

Zur Materialwahl wurden folgenden Überlegungen getroffen. Anfangs standen vier Möglichkeiten zur Debatte: Pyramiden aus Erde, volle Mauerung, Mauerung mit Gewölbeformen und Mauerung mit Verwendung von zusätzlichen Materialien. Die Variante Pyramiden aus Erde wurde, wegen der damit verbundenen Transportprobleme für die große Erdkubatur und auch weil sie zusätzlich nicht den Vorstellungen des Auftraggebers entsprach, nicht weiter berücksichtigt. Die Variante der vollen Mauerung wurde aufgrund des hohen Materialbedarfes verworfen. Die Mauerung mit Gewölbeformen reduziert zwar den Materialbedarf, jedoch verfügt die Baufirma der Diözese nicht über ausreichend ausgebildete Fachkräfte zur Ausführung dieser Möglichkeit. Somit wurde auch diese verworfen. Aus dem dritten Punkt, Mauerung mit Verwendung von zusätzlichen Materialien, entstanden mehrere zur Überlegung herangezogene Unterpunkte.

Zum einen entstand die Idee der Verwendung von Mauerwerk mit Erde als Füllstoff. Die hohe Belastung auf die umschließenden Wände sorgt für große Dimensionen der Wandstärken. Um diese zu verringern wurden für Variante 2, die tragenden Wände statt aus Mauerwerk, aus Beton geplant. Um den Erddruck vollkommen zu umgehen, wurde für Variante 3 das Füllmaterial Erde und die Deckschicht aus Mauerwerk durch horizontale Tragwerksteile aus Beton ersetzt. Zum Vergleich der Vor- und Nachteile und zur besseren Vorstellung und Verdeutlichung, entstand Variante 4. Hierbei handelt es sich um ein Stadion aus Beton.

Variante 3 wurde gewählt. Gründe waren, dass Variante 1, wegen zu großer Unsicherheiten in der Berechnung, ausgeschlossen wurde und für Variante 3 die Stahlbetonkosten, im Vergleich zu Variante 2 und 4, um ein Vielfaches weniger sind. Ziegel können vor Ort direkt hergestellt werden und das Personal ist mit dem Umgang damit vertraut.

Die Erfassung der Materialkennwerte von *Hydraform*-Ziegeln mit verschiedenen Ausgangsstoffen und die Problematik der Bemessung und Konstruktion von *Hydraform*-Bauten sind zwei offengelassene Fragstellungen, welche Themen zukünftiger wissenschaftlicher Arbeiten sein können, die sich mit der Baubranche in afrikanischen Entwicklungsländern beschäftigen.

## 7 LITERATUR- BZW. QUELLENVERZEICHNIS

- [1] *Einwohnerzahlen Tansania/Njombe*: <http://www.oefb.at/spieler-schreiben-an-tageszeitung-ber22981> – abgerufen am 27.11.2013
- [2] *Einwohnerzahl Österreich*: [http://www.statistik.at/web\\_de/presse/061801](http://www.statistik.at/web_de/presse/061801) – abgerufen am 19.12.2013
- [3] *Fläche Österreich*: [www.statistik.at/web\\_de/static/k37\\_054436.pdf](http://www.statistik.at/web_de/static/k37_054436.pdf) – abgerufen am 19.12.2013
- [4] *Einwohnerzahl und Fläche Deutschland*: [http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de\\_jb01\\_jahrtab1.asp](http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb01_jahrtab1.asp) – abgerufen am 19.12.2013
- [5] *Wechselkurs TZS – EUR*: <http://www.lexas.biz/wechselkurse/tansania.aspx> – abgerufen am 15.12.2013
- [6] *Sprache Tansania*: <http://www.ethnologue.com/country/TZ> – abgerufen am 27.11.2013
- [7] *Landkarte Tansania*:  
<http://www.kirchenserver.org/dcms/sites/nad/laender/tansania/land/geschichte.html> – abgerufen am 27.11.2013
- [8] *Wappen Tansania*:  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Coat\\_of\\_arms\\_of\\_Tanzania.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Coat_of_arms_of_Tanzania.svg) – abgerufen am 17.11.2013
- [9] *Flagge Tansania*:  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Flag\\_of\\_Tanzania.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Flag_of_Tanzania.svg) – abgerufen am 17.11.2013
- [10] *Geschichte Tansania*:  
<http://www.kirchenserver.org/dcms/sites/nad/laender/tansania/land/geschichte.html> – abgerufen am 27.11.2013
- [11] *Gesundheitslage Tansania*: <http://www.afrikahelp.de/de/ueber-tansania/gesundheitslage-in-tansania/> – abgerufen am 29.11.2013
- [12] *Lebenserwartung Tansania*: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/tz.html> – abgerufen am 27.11.2013
- [13] *Landkarte mit Infrastruktur*:  
[http://www.lib.utexas.edu/maps/africa/tanzania\\_pol\\_2003.jpg](http://www.lib.utexas.edu/maps/africa/tanzania_pol_2003.jpg) – abgerufen am 29.11.2013
- [14] *Klima in Tansania*: <http://www.tansania.de/land-leute/klima.html> – abgerufen am 29.11.2013
- [15] *Grafiken - Klima in Dodoma*:  
<http://www.wetterkontor.de/de/klima/klima2.asp?land=TZ&stat=63862> – abgerufen am 29.11.2013

[16] *Bild – ostafrikanischer Graben:*

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Great\\_Rift\\_Valley\\_map-de.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Great_Rift_Valley_map-de.svg) – abgerufen am 30.11.2013

[17] *Bild – Erdbeben:* [http://geology.about.com/od/seishazardmaps/ss/World-Seismic-Hazard-Maps\\_12.htm](http://geology.about.com/od/seishazardmaps/ss/World-Seismic-Hazard-Maps_12.htm) – abgerufen am 29.11.2013

[18] *Zitat - ÖFB:* <http://www.oefb.at/spieler-schreiben-an-tageszeitung-ber22981> – abgerufen am 27.11.2013

[19] *Stadtpanorama von Daressalam:* <http://www.panoramio.com/photo/85817401> – abgerufen am 21.12.2013

[20] Benjamin Mkapa National Stadium, *Daressalam:*

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dar\\_es\\_salaam\\_National\\_Stadium.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Dar_es_salaam_National_Stadium.jpg) – abgerufen am 20.12.2013

[21] *Stadien in Tansania:*

<http://www.worldstadiums.com/africa/countries/tanzania.shtml> – abgerufen am 04.12.2013

[22] *Bild – Verbau von „Hydraform“:* <http://www.ssmmediashack.com/folio/#all/> – abgerufen am 29.11.2013.

[23] *Hydraform:* <http://www.hydraform.com/> – abgerufen am 04.04.2014

[24] *Foto Hydraform:* <http://www.ghana2012.yira.org/wp-content/uploads/2013/01/Yaa-hydraform2.jpg> – abgerufen am 04.04.2014

[25] Nixdorf, Stefan: *StadiumATLAS – Technical Recommendations for Grandstands in Modern Stadia*, Verlag: Ernst&Sohn, S. 143, ISBN-13: 978-3433018514, 2008

[26] Marge Solar *Stadion (FC Freiburg):*

<http://www.spoX.com/de/sport/fussball/bundesliga/1208/News/ihk-unterstuetzt-forderung-des-sc-freiburg-nach-stadionneubau-steffen-auer-dieter-salomon-sanierung-fritz-keller.html> – abgerufen am 30.11.2013

[27] *Georg-Melches-Stadion (Rot-Weiß-Essen):*

<http://virtuelle.bundesliga.de/archiv/fifa13/live-events/essen/c/Competition/showGroupRound/6-2/> – abgerufen am 30.11.2013

[28] *Ernst.Happel-Stadion (Nationalmannschaft Österreich):*

[http://www.stadionfotos.at/oesterreich\\_wien\\_1020\\_ernst\\_happel\\_stadion2/oesterr\\_eich\\_wien\\_1020\\_ernst\\_happel\\_stadion2.html](http://www.stadionfotos.at/oesterreich_wien_1020_ernst_happel_stadion2/oesterr_eich_wien_1020_ernst_happel_stadion2.html) – abgerufen am 30.11.2013

[29] Olympiastadion Berlin (*Hertha BSC*):

<http://www.sportschau.de/fussball/bundesliga/vereine/hertha/stadion/> – abgerufen am 30.11.2013

[30] *Grundig Stadion (1.FC Nürnberg):*

<http://www.sportschau.de/fussball/bundesliga/vereine/nuernberg/stadion/nuernbergstadionindex100.html> – abgerufen am 30.11.2013

- [31] *Sun Life Stadium (Miami Dolphins)*: <http://gossipextra.com/2013/04/10/miami-dolphins-stadium-property-taxes-lower-2483/> – abgerufen am 05.12.2013
- [32] *UEFA – Handbuch für Qualitätsstadion*:  
[http://de.uefa.org/MultimediaFiles/Download/EuroExperience/competitions/General/01/74/38/76/1743876\\_DOWNLOAD.pdf](http://de.uefa.org/MultimediaFiles/Download/EuroExperience/competitions/General/01/74/38/76/1743876_DOWNLOAD.pdf) – abgerufen am 15.12.2013
- [33] *Kampfbahn Typ A*: [http://www.k-s-sportstaetten.de/pdf\\_dateien/spielfeldabmessungen/kampfbahn\\_a.pdf](http://www.k-s-sportstaetten.de/pdf_dateien/spielfeldabmessungen/kampfbahn_a.pdf) – abgerufen am 20.12.2013
- [34] *Netballfeld*:  
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Netballfeld.png&filetimestamp=20050806104019&> – abgerufen am 05.12.2013
- [35] Schlesiger, Günter: *Sportplätze – Sportfreianlagen: Planung-Bau-Ausstattung-Pflege*, Sportverlag Strauß, 1. Auflage, S. 35 und 50, ISBN 978-3-86884-515-0, 2010
- [36] *OIB – Richtlinie 4 – Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit*, Oktober 2011 (Österreichisches Institut für Bautechnik)
- [37] Neufert Planungs AG: *Bauentwurfslehre*, Vieweg Verlag, 37. Auflage, ISBN 3-528-98651-4, 2002
- [38] *Oö Bautechnikverordnung 2013 – Verordnung der Oö. Landesregierung, mit der Durchführungsvorschriften zum Oö. Bautechnikgesetz 2013 sowie betreffend den Bauplan erlassen werden*
- [39] *DFB – Sportplatzbau und -erhaltung*:  
[http://www.dfb.de/uploads/media/Sportplatzbau\\_gesamt\\_01.pdf](http://www.dfb.de/uploads/media/Sportplatzbau_gesamt_01.pdf) – abgerufen am 15.03.2014
- [40] *FIFA – Technische Empfehlungen und Anforderungen*:  
[http://de.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/02/football\\_stadium\\_s\\_technical\\_recommendations\\_and\\_requirements\\_de\\_8212.pdf](http://de.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/02/football_stadium_s_technical_recommendations_and_requirements_de_8212.pdf) – abgerufen am 15.12.2013
- [41] Andres, Christine; Baumann, Steffen; Eisel, Thomas; Fröde, Hans-Jürgen; Lada, Peter: *Das Baustellenhandbuch für den Spiel- und Sportplatzbau*, Forum Verlag, 1. Auflage, ISBN 978-3-86586-257-0, 2012.
- [42] *DIN EN 748 – Spielfeldgeräte – Fußballtore – Funktionelle und sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren*; Deutsche Fassung, August 2013 (NA Sport)
- [43] *IAAF- Track and Field Facilities Manual 2008*: <http://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/technical#manuals-guidelines> – abgerufen am 15.03.2014
- [44] *IAAF – Competition Rules 2014-2015*: <http://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/rules-regulations#rules> – abgerufen am 15.03.2014

- [45] *DIN EN 13200-1 – Zuschaueranlagen – Teil 1: Allgemeine Merkmale für Zuschauerplätze*; Deutsche Fassung, November 2012 (NA Bau)
- [46] *DIN EN 13200-7 – ENTWURF – Zuschaueranlagen – Teil 7: Ein- und Ausgangsanlagen und Wege*; Deutsche Fassung, Dezember 2011 (NA Bau)
- [47] *DIN EN 13200-3 – Zuschaueranlagen – Teil 3: Abschränkungen – Anforderungen*; Deutsche Fassung, März 2006 (NA Bau)
- [48] Geraint, John; Sheard, Rod: *Stadia: a design and development guide*, Verlag: Architectural Press, Third Edition, ISBN 0-7506-4534-2, 2000
- [49] *DIN EN 12193 – Licht und Beleuchtung – Sportstätten*; Deutsche Fassung, April 2008 (NFL, DKE, VDE und NVBF)
- [50] *UEFA – Stadioninfrastruktur - Reglement*.  
[http://de.uefa.org/MultimediaFiles/Download/Regulations/uefaorg/Stadium&Security/01/48/48/87/1484887\\_DOWNLOAD.pdf](http://de.uefa.org/MultimediaFiles/Download/Regulations/uefaorg/Stadium&Security/01/48/48/87/1484887_DOWNLOAD.pdf) – abgerufen am 15.12.2013
- [51] Simons, R. H.; Bean, A. R.: *Lighting Engineering: Applied Calculations*, Verlag Routledge, ISBN 9781281308665, 2012
- [52] *EN 1990-1:2002/A2: Eurocode Grundlagen der Tragwerksplanung*, Deutsche Fassung, Dezember 2005
- [53] Krapfenbauer, Thomas: *Bautabellen*, Verlag: Jugend & Volk, ISBN: 978-3-7100-2192-3, 17. Ausgabe, 2010
- [54] *EN 1996-1-1:2005+A1: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*, Deutsche Fassung, November 2012
- [55] *EN 1991-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*, Deutsche Fassung, 2003-2007
- [56] *Vergleichswerte Dynamik*: [https://www.htw-dresden.de/fileadmin/userfiles/biw\\_arch/bauing/baumech/Slavik/a19\\_43.pdf](https://www.htw-dresden.de/fileadmin/userfiles/biw_arch/bauing/baumech/Slavik/a19_43.pdf) – abgerufen am 04.04.2014
- [57] *EN 1997-1:2004+AC:2009: Eurocode 6: Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln*, Deutsche Fassung, November 2004 und Februar 2009
- [58] Taurer, Thomas: Diplomarbeit: *Bemessung von Mauerwerk nach aktueller Normenlage*, Oktober 2003
- [59] *Beton und Zuschlagstoffe*:  
[http://www.lafarge.at/uploads/tx\\_templavoila/zement\\_beton.pdf](http://www.lafarge.at/uploads/tx_templavoila/zement_beton.pdf) – abgerufen am 20.04.2014
- [60] Fritsche, Gerd; Blasy, Rolf: *Bewehrungsatlas 2002*, Güteschutzverband für Bewehrungsstahl, 2002

## 8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schulkinder in Luduga, Region Njombe (Foto: Autorin).....	IV
Abbildung 2: Lage von Njombe [7] [8] [9] .....	5
Abbildung 3: Infrastruktur Tansania [13].....	7
Abbildung 4: Klima in Dodoma bildlich [15] .....	8
Abbildung 5: Klima in Dodoma in Zahlen [15].....	8
Abbildung 6: Erdbebenentstehung infolge des Verlaufs des ostafrikanischen Grabens [16].....	9
Abbildung 7: Erdbebenstärke in Afrika [17] .....	10
Abbildung 8: Stadtpanorama von Daressalam [19] .....	12
Abbildung 9: Lehmhaus mit Strohdach (Foto: Autorin).....	13
Abbildung 10: Haus aus Ziegelmauerwerk mit Strohdach (Foto: Autorin) .....	13
Abbildung 11: Haus aus Ziegelmauerwerk mit Blechdach (Foto: Autorin).....	14
Abbildung 12: verputztes Haus (Foto: Autorin).....	14
Abbildung 13: Fundament (Foto: Autorin) .....	15
Abbildung 14: Stadion Iringa (Foto: Autorin).....	16
Abbildung 15: Stadion Makambako (Foto: Autorin) .....	16
Abbildung 16: Benjamin Mkapa National Stadium (Nationalmannschaft Tansania, 60.000 Plätze), Tansania [20].....	17
Abbildung 17: Ziegelofen (Foto: Autorin).....	18
Abbildung 18: Arbeiter verbaut Hydraform [22] .....	19
Abbildung 19: Lageplan des Bauplatzes .....	22
Abbildung 20: Hydraform Ziegel Herstellung [24] .....	24
Abbildung 21: Hydraform Ziegel 220 x 220 x 110 mm [23].....	25
Abbildung 22: Skizze Stadion rechteckig [25].....	27
Abbildung 23: Marge Solar Stadion (SC Freiburg, 14.000 Plätze), Deutschland [26] .....	27

Abbildung 24: Georg-Melches-Stadion (Rot-Weiß-Essen, 15.000 Plätze), Deutschland [27] .....	28
Abbildung 25: Skizze Stadion oval [25] .....	28
Abbildung 26: Ernst-Happel-Stadion (Nationalmannschaft Österreich, 55.000 Plätze), Österreich [28].....	28
Abbildung 27: Olympiastadion Berlin (Hertha BSC, 77.000 Plätze), Deutschland [29] .....	29
Abbildung 28: Skizze Stadion achteckig [25].....	29
Abbildung 29: Grundrig Stadion (1. FC Nürnberg, 50.000 Plätze), Deutschland [30] .....	30
Abbildung 30: Sun Life Stadium (Miami Dolphins, 76.000 Plätze), USA [31] .....	30
Abbildung 31: Skizze Stadion.....	31
Abbildung 32: Netballspielfeld [34] .....	32
Abbildung 33: Grundriss multifunktionales Spielfeld [35].....	32
Abbildung 34: Zwei Beispiele für PKW Parkplätze [37] .....	33
Abbildung 35: Beispiel für Bus Parkplätze [37].....	34
Abbildung 36: Masterplan Konzept A .....	36
Abbildung 37: Möglichkeiten der Ausführung des Stadions für das Konzept A ....	37
Abbildung 38: Masterplan Konzept B .....	38
Abbildung 39: Möglichkeiten der Ausführung des Stadions für das Konzept B ....	39
Abbildung 40: Wegorganigramm Zuschauer .....	40
Abbildung 41: Wegorganigramm Offizielle .....	41
Abbildung 42: Fußballspielfeld [40] .....	42
Abbildung 43: Ausrichtung des Stadions [40].....	42
Abbildung 44: Abmessungen eines Fußballtores [40] .....	43
Abbildung 45: Positionierung der Ersatzbänke [40].....	43
Abbildung 46: Kampfbahn Typ A [33].....	45

Abbildung 47: Längsschnitt durch den Wassergraben [43] .....	47
Abbildung 48: Oberflächenentwässerung einer Kampfbahn und ihr Gefälle [43] .	51
Abbildung 49: Bodenaufbau Spielfeld [41] .....	52
Abbildung 50: Verlauf der Dränage durch den Spielfelduntergrund [39] .....	52
Abbildung 51: Beregnungsanlage eines Fußballfeldes [39] .....	53
Abbildung 52: Drei Möglichkeiten um die Zuschauer von dem Spielfeldbereich zu trennen [40] .....	55
Abbildung 53: Die drei Haupttypen zur Befestigung von Sitzen [48] .....	56
Abbildung 54: Abmessungen für Einzelsitze [45] .....	57
Abbildung 55: Abmessungen für Stehplätze [45].....	58
Abbildung 56: Schema des Stadions.....	62
Abbildung 57: Sitzplatzsektor .....	64
Abbildung 58: Stehplatzsektor.....	65
Abbildung 59: Grundriss Westtribüne.....	67
Abbildung 60: Grundriss Nebengebäude .....	68
Abbildung 61: Bereichseinteilung für die Windbelastung – vertikale Wände [53] .	72
Abbildung 62: Bereichseinteilung für die Windbelastung – Pultdach [53].....	74
Abbildung 63: Modell mit der aufgebrachten Belastung .....	79
Abbildung 64: Verformung des Betonbalkens in mm.....	80
Abbildung 65: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in $\text{cm}^2/\text{m}$ (unten, Längsrichtung).....	80
Abbildung 66: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in $\text{cm}^2/\text{m}$ (unten, Querrichtung) .....	80
Abbildung 67: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in $\text{cm}^2/\text{m}$ (oben, Längsrichtung).....	81
Abbildung 68: Errechnete Bewehrung des Betonbalkens in $\text{cm}^2/\text{m}$ (oben, Querrichtung) .....	81
Abbildung 69: Errechnete Schubbewehrung des Betonbalkens in $\text{cm}^2/\text{m}$ .....	81



Abbildung 70: Längstribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts) .	82
Abbildung 71: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)...	82
Abbildung 72: Längstribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts) .	88
Abbildung 73: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)...	88
Abbildung 74: Längstribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts) .	91
Abbildung 75: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)...	92
Abbildung 76: Längstribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts) .	97
Abbildung 77: Quertribüne Grundkonstruktion (links), mit Deckschicht (rechts)...	98
Abbildung 78: 3D-Modell .....	105
Abbildung 79: Masterplan.....	107

**9 TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1: Liste der größten Stadien in Tansania [21] .....	17
Tabelle 2: Materialpreise pro Einheit .....	19
Tabelle 3: Platzbedarf für PKW Parkplätze [36] .....	33
Tabelle 4: Abmessungen von Sprunganlagen [39].....	48
Tabelle 5: Abmessungen von Wurf- und Stoßanlagen [39].....	50
Tabelle 6: Außendruckbeiwerte für prismatische Baukörper [53] .....	73
Tabelle 7: Außendruckbeiwerte für Pultdächer (Anströmrichtung $\Theta = 0^\circ$ und $\Theta = 180^\circ$ ) [53].....	74
Tabelle 8: Außendruckbeiwerte für Pultdächer (Anströmrichtung $\Theta = 90^\circ$ ) [53]...	75
Tabelle 9: Nachweise gegen Abscheren und Reibung – Variante 1.....	84
Tabelle 10: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 1 .....	87
Tabelle 11: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 2 .....	90
Tabelle 12: Nachweise gegen Abscheren und Reibung – Variante 3.....	93
Tabelle 13: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 3 .....	96
Tabelle 14: Ergebnisse der FEM Berechnung – Variante 4 .....	100
Tabelle 15: Kubaturen und Kosten .....	102

## **10 ANHANG**

Anhang A: Lageplan der örtlichen Behörden\*

Anhang B: Topographieplan der örtlichen Behörden\*

Anhang C: Bodenuntersuchungen 1 bis 4

Anhang D: Confirmation of the Liability

Anhang E: Hydraform 1500 Blocks Production

Anhang F: Konzept A (Masterplan)\*

Anhang G: Konzept B (Masterplan)\*

Anhang H: Fundamentberechnung

Anhang I: Berechnung: Plattenbiegung

Anhang J: Pläne (Lageplan, Grundrisse, Schnitte, Ansichten)\*

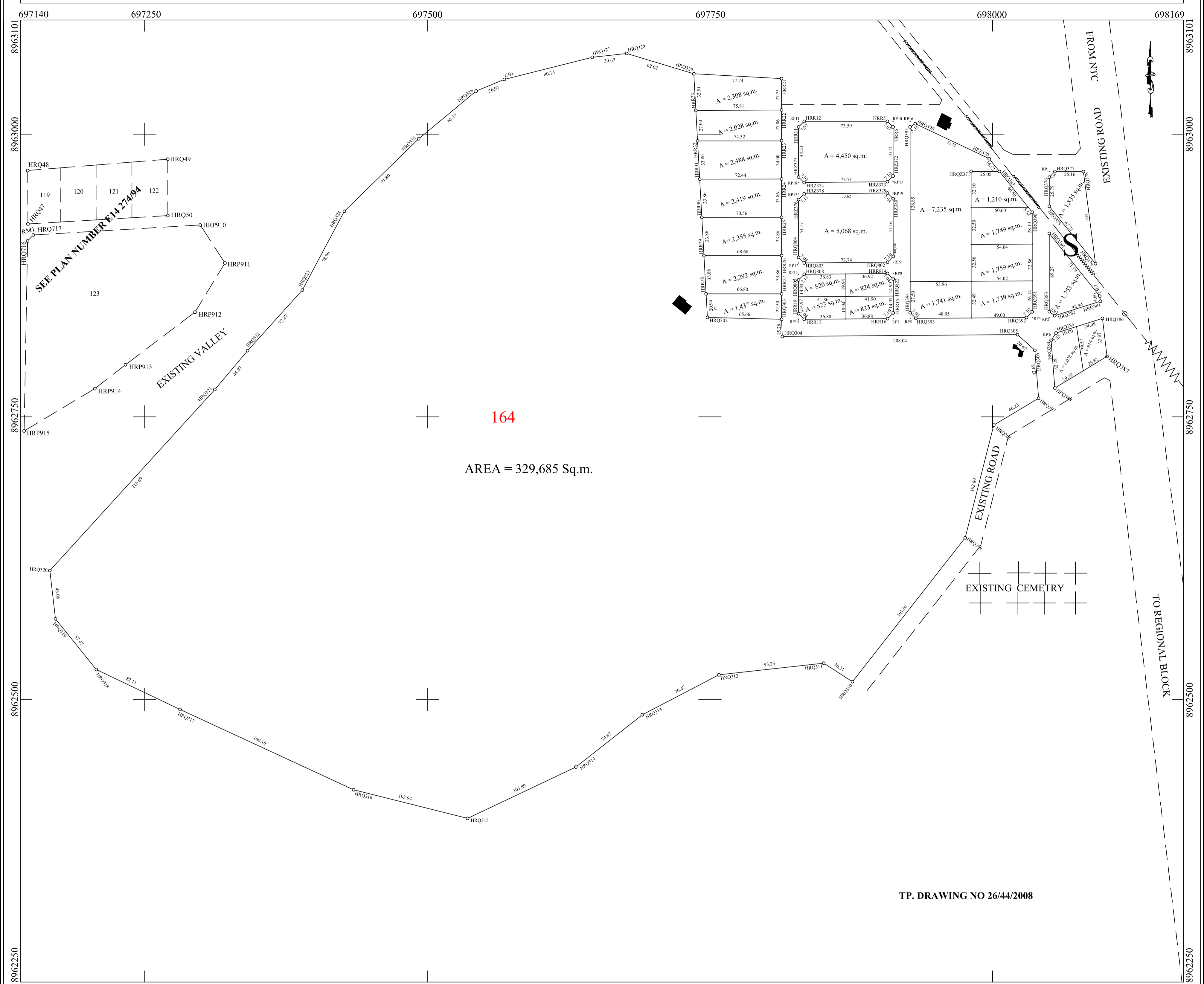
Anhang K: Handbuch

\* Es handelt sich hierbei lediglich um Übersichtspläne, die maßstabgetreuen Pläne sind in der beigefügten CD enthalten.

# Anhang A

Lageplan der örtlichen Behörden

# SURVEY OF PLOT NUMBER ..... 164 - 187 BLOCK "Y" AT MJIMWEMA NJOMBE URBAN AREA - NJOMBE REGIONAL



TP. DRAWING NO 26/44/2008

SCALE 1:2,000

COMPS No. **E<sup>14</sup> 274<sup>Q</sup>**  
 M.P. No. **261 / IV / I VO / V**  
 S. T. D. SHEET No. **261 / IV**  
 ACTION TAKEN .....

PLAN NUMBER **E<sup>14</sup> 274/143**

**AMENDMENTS MADE BY:**

1. **RUNGWE (Plot no) 5/11/013**  
 2. ....  
 3. ....

**PHOTOSTAT SENT TO:-**

1. ....  
 2. ....  
 3. ....

Plan drawn by **Kabujile S. S.**

I hereby certify that the survey represented by this plan was carried out in accordance with the survey regulations.

Date **31.10.2013**

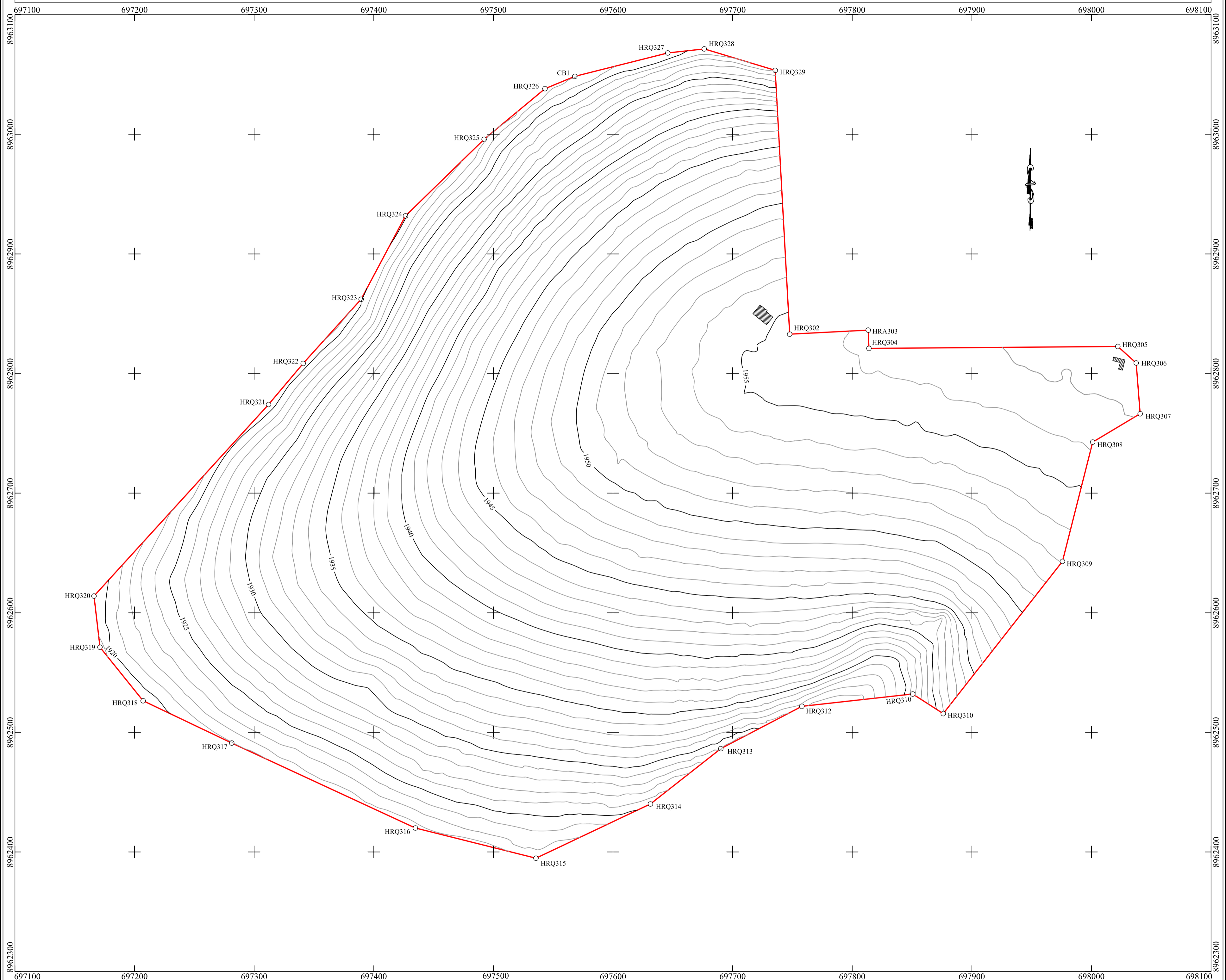
.....  
**KILASI E. MWAKILASI**  
 REGIONAL LAND SURVEYOR

Registered Plan number **74405**

# Anhang B

Topographieplan der örtlichen Behörden

# TOPOGRAPHICAL SURVEY OF PLOT No. 164 BLOCK "Y" AT MJIMWEMA NJOMBE URBAN AREA - NJOMBE REGION



SCALE: 1: 2,000

## KEY:

- SURVEY MARK
- CONTOUR
- PLOT BOUNDARY
- GRID
- EXISTING BUILDING

**SURVEYED BY:** Kabujile Land Survey Consultant,  
P. O. BOX 968,  
NJOMBE - TANZANIA.

**DRAWN BY:** Kabujile S. S.

# Anhang C

Bodenuntersuchungen



**RMO-TANROADS  
IRINGA**

Project Title and Location

CONSTRUCTION OF NEW NJOMBE STADIUM AT MJIMWEMA "A"

Sieve Analysis (Grading Modulus and Grading Coefficient), Test Method CML 1.7  
Moisture Content, Test Method CML 1.1

Sample No.

S-002

Date Sampled: 7-Jan-14

Sampled By: ROBERT

Sample Description: Reddish Brown silty sand with Gravel

Sample St.: MJIMWEMA "A"

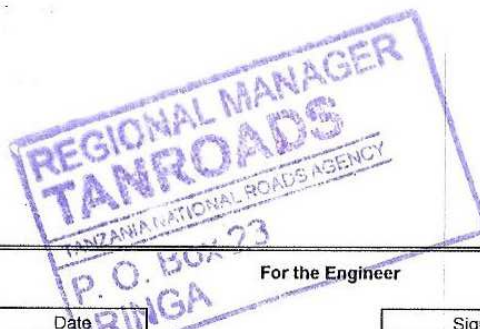
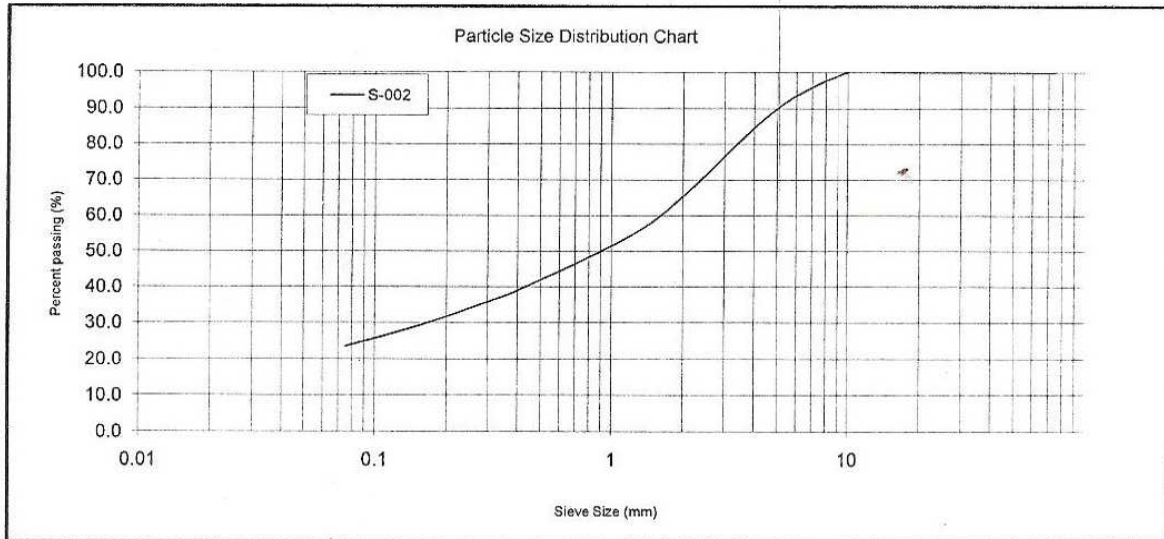
Offset from  $\phi$  (m): N/A

Lane: N/A

Work Area: SITE

Source: EXISTING MATERIAL

Initial Dry Mass	$m_1$	6594.1 g			
BS test sieve (mm)		Mass retained (g)		Percent retained (m/m <sub>1</sub> )*100	Cumulative % passing
		Actual	Corrected (m)		
75		0.0	0	0.0	100.0
63		0.0	0	0.0	100.0
50		0.0	0	0.0	100.0
37.5		0.0	0	0.0	100.0
28		0.0	0	0.0	100.0
20		0.0	0	0.0	100.0
Passing 20mm	$m_2$	6594.1			
Total - checked with $m_1$		6594.1			
Riffled	$m_3$	1543.4			
Riffled and washed	$m_4$	1228.3			
Correction factor	$m_2/m_3$	4.2725			
14		0.0	0.0	0.0	100.0
10		0.0	0.0	0.0	100.0
5		155.1	662.7	10.0	90.0
2		380.5	1625.7	24.7	65.3
1.18		173.4	740.8	11.2	54.1
0.425		220.9	943.8	14.3	39.7
0.300		61.0	260.6	4.0	35.8
0.150		105.1	449.0	6.8	29.0
0.075		85.1	363.6	5.5	23.5
Passing 75 $\mu$ m	$m_F$	29.9	127.7		
Total - checked with $m_4$		1211.0			
Grading Modulus: GM=	1.7				
Grading Coefficients: GC=	54.2			<75 $\mu$ m by difference = 22.4	



For the Technician

Made by  
Approved by

Signature	Date
RM	9-Jan-14

For the Engineer

Approved by

Signature	Date
<i>[Signature]</i>	11-JAN-2014

# RMO-TANROADS-IRINGA

Project Title and Location

CONSTRUCTION OF NEW NJOMBE STADIUM AT MJIMWEMA "A"

CBR Test, Test Method CML 1.11, Three Points Method

Sample No.

S-002

Date Sampled: 7-Jan-14

Sampled By: ROBERT

Sample Description: Reddish Brown silty sand with Gravel

Sample St.: MJIMWEMA "A" Offset from  $\phi$  (m): N/A

Lane: N/A

Work Area: SITE

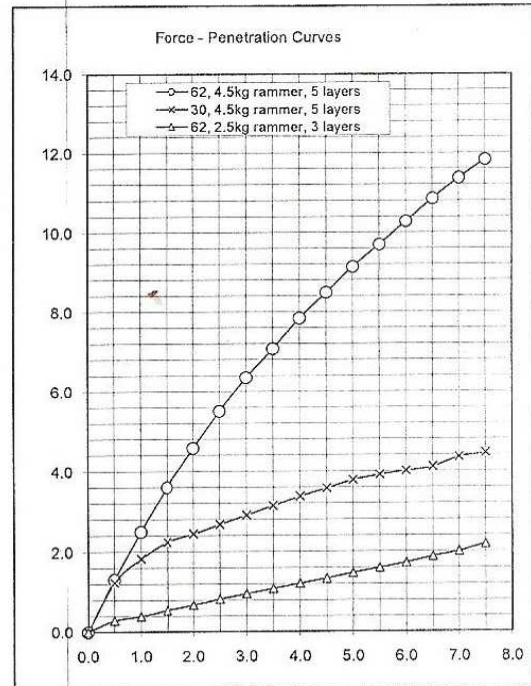
Source: EXISTING MATERIAL

Proving Ring	28KN	62 blows, 5 layers		30 blows, 5 layers		62 blows, 3 layers	
		Bef. Soak	Aft. Soak	Bef. Soak	Aft. Soak	Bef. Soak	Aft. Soak
Proving Ring Factor	0.0257	22	22	21	21	15	15
MDD (kgs/m <sup>3</sup> )	2048	5607	5607	5617	5617	5578	5578
Compaction Data		10641	10760	10444	10867	10304	10629
Mould No.		5034	5153	4827	5250	4726	5051
Mass of mould (g)		2298	2298	2300	2300	2294	2294
Mass of mould + wet soil (g)		2191	2242	2099	2283	2060	2202
Mass of wet soil (g)		9.2	13.5	9.4	13.4	9.5	14.5
Volume of mould (c.c)		2007	1975	1919	2012	1881	1922
Wet Density (kg/m <sup>3</sup> )		98.0	96.5	93.7	98.3	91.8	93.9
Moisture Content (%)							
Dry Density (kg/m <sup>3</sup> )							
Compaction (%)							

### Moisture Content Determination

Cont. Number		TM	OM	TX	GW	T5	W
Wt. of wet soil + Cont.	g	361.80	659.20	370.80	573.10	358.10	377.50
Wt. of dry soil + cont.	g	336.10	589.30	343.80	514.40	331.70	338.70
Wt. Of cont.	g	55.80	71.90	56.10	77.20	54.90	71.70
Wt. Of water	g	25.7	69.9	27	58.7	26.4	38.8
Dry soil	g	280.3	517.4	287.7	437.2	276.8	267
Moisture content	%	9.2	13.5	9.4	13.4	9.5	14.5

Blows Per Layer	Penetration Data					
	62, 4.5kg rammer, 5 layers		30, 4.5kg rammer, 5 layers		62, 2.5kg rammer, 3 layers	
Plunger Penetration (mm)	Gauge Reading	Load (kN)	Gauge Reading	Load (kN)	Gauge Reading	Load (kN)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	51.0	1.3	48.0	1.2	11.0	0.3
1.0	97.0	2.5	71.0	1.8	15.0	0.4
1.5	140.0	3.6	87.0	2.2	21.0	0.5
2.0	178.0	4.6	95.0	2.4	26.0	0.7
2.5	214.0	5.5	104.0	2.7	32.0	0.8
3.0	247.0	6.3	113.0	2.9	37.0	1.0
3.5	275.0	7.1	122.0	3.1	42.0	1.1
4.0	305.0	7.8	131.0	3.4	47.0	1.2
4.5	330.0	8.5	139.0	3.6	52.0	1.3
5.0	355.0	9.1	147.0	3.8	57.0	1.5
5.5	377.0	9.7	152.0	3.9	62.0	1.6
6.0	400.0	10.3	156.0	4.0	67.0	1.7
6.5	422.0	10.8	160.0	4.1	73.0	1.9
7.0	442.0	11.4	169.0	4.3	78.0	2.0
7.5	460.0	11.8	173.0	4.4	85.0	2.2



SWELL			
Soaking Days	4	4	4
Initial Reading Swell	0.000	0.000	0.000
Final Reading Swell	0.100	0.140	0.180
Difference (Swell)	0.1	0.14	0.18
Percentage Swell	0.08	0.11	0.14
Average	0.11		

### CBR Calculations

	62 blows 5layers	30 blows 5layers	62 blows 3layers
%CBR at 2.5mm pen	42	20	6
%CBR at 5.0mm pen	46	19	7
Corr. %CBR at 2.5mm pen			
Corr. %CBR at 5.0mm pen			

Estimated CBR at 80% MDD = NA

Estimated CBR at 85% MDD = 15

Estimated CBR at 90% MDD = 28

Classified as: G15

For the Technician

Made by: Signature: NC, Date: 15-19 January 2014  
 Approved by: Signature: [Signature], Date: 14/01/2014

For the Engineer

Approved by: Signature: [Signature], Date: 11-JAN-2014



# RMO-TANROADS-IRINGA

Project Title and Location

CONSTRUCTION OF NEW NJOMBE SOCCER STADIUM AT MJIMWEMA "A"

Compaction Test, Test Method CML 1.9  
Ref. BS1377:Part4:1990

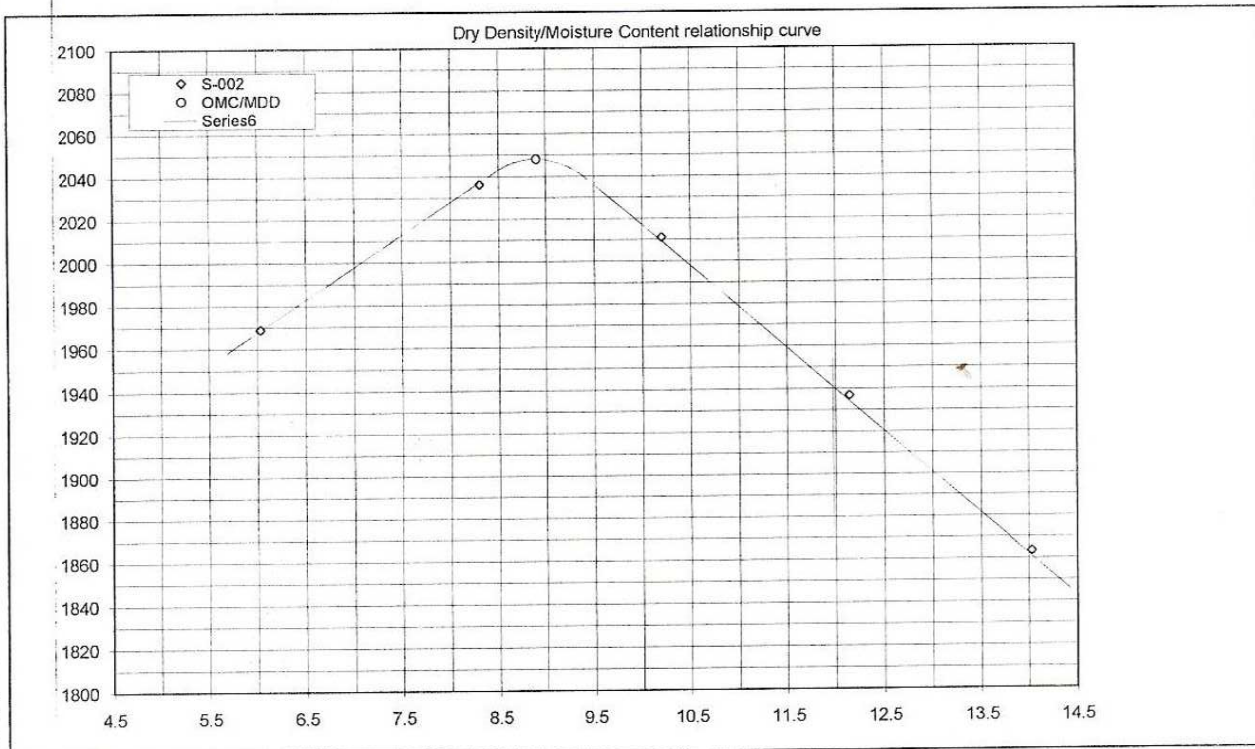
Sample No. S-002

Date Sampled: 7-Jan-14 Sampled By: ROBERT Sample Description: Reddish Brown silty sand with Gravel

Sample St.: MJIMWEMA Offset from  $\phi$  (m): N/A Lane: N/A Work Area: SITE Source: EXISTING MATERIALS

Compaction type: BS-HEAVY

Mould no.	P1	Mass					5564 g	Volume	2285 (cm <sup>3</sup> )
TEST NO.		1	2	3	4	5			
Weight of mould + sample	g	10334.0	10603.0	10628.0	10527.0	10419.0			
Weight of sample	g	4770.0	5039.0	5064.0	4963.0	4855.0			
Wet Density	kg/m <sup>3</sup>	2088	2205	2216	2172	2124.7			
Dry Density	kg/m <sup>3</sup>	1969	2036	2011	1937	1863			
Factor of mould:									
Moisture Container no.		PK	PK	PK	PK	PK			
Weight of wet soil+ container	g	653.40	697.4C	694.20	788.50	767.60			
Weight of dried soil + container	g	642.70	679.6C	673.00	753.50	730.40			
Weight of container	g	465.20	465.20	465.20	465.20	465.20			
Weight of dry soil	g	177.5	214.4	207.8	288.3	265.2			
Moisture Content	%	6.0	8.3	10.2	12.1	14.0			



Optimum Moisture Content:	OMC	8.9	%
Maximum Dry Density:	MDD	2048	kg/m <sup>3</sup>

Remarks:



For the Technician

For the Engineer

Made by	Signature	Date
Approved by	<i>[Signature]</i>	9-Jan-14

Approved by	Signature	Date
	<i>[Signature]</i>	11-JAN-2014

Project Title and Location

CONSTRUCTION OF NEW NJOMBE STADIUM AT MJIMWEMA "A"

Liquid and Plastic Limits (Linear Shrinkage and Shrinkage Product),  
Test Methods CML 1.2,1.3 & 1.4

Sample No. S-002

Date Sampled: 7-Jan-14

Sampled By: ROBERT

Sample Description: Reddish Brown silty sand with Gravel

Sample St.: MJIMWEMA "A"

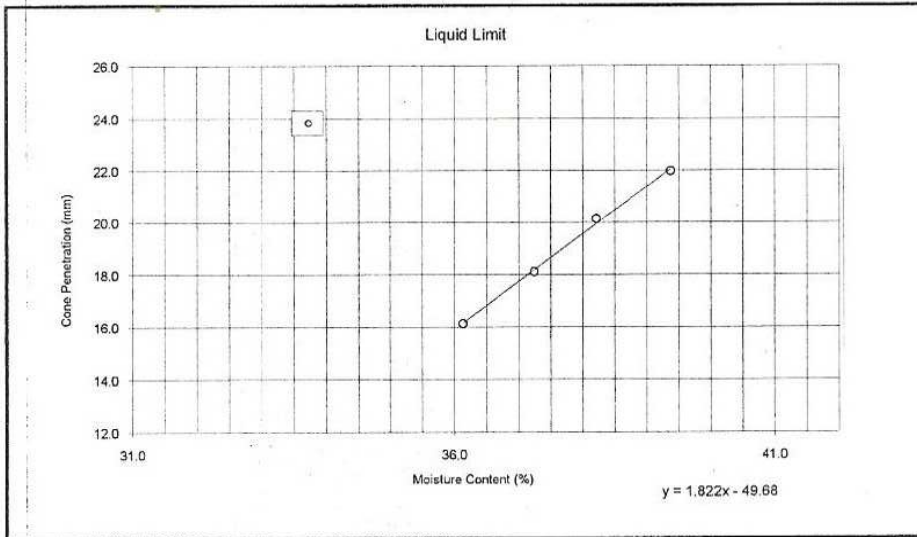
Offset from  $\phi$  (m): N/A

Lane: N/A

Work Area: SITE

Source: EXISTING MATERIAL

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT		
		1			2			3			4			1	2	Average
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Final gauge reading	mm	16.3	16.1	16.0	18.2	18.0	18.1	20.2	20.0	20.2	22.0	22.0	21.9			
	mm	16.3	16.1	16.0	18.2	18.0	18.1	20.2	20.0	20.2	22.0	22.0	21.9			
Average penetration	mm	16.1			18.1			20.1			22.0					
Container no.		TZ			C2			SN			1			2	3	
Mass of wet soil + container	g	30.60			41.60			45.70			51.60			25.00	16.00	
Mass of dry soil + container	g	26.30			36.20			41.00			44.00			23.40	14.00	
Mass of container	g	14.40			21.70			28.70			24.70			17.90	10.80	
Mass of moisture	g	4.3			5.4			4.7			7.6			1.6	2	
Mass of dry soil	g	11.9			14.5			12.3			19.3			5.5	3.2	
Moisture content	%	36.1			37.2			38.2			39.4			29.1	62.5	46



Sample preparation:

- a) As received
- b) Air dried:  °C
- c) Washed on 425 $\mu$ m
- d) Sieved on 425 $\mu$ m
- e) Oven dried:
- f) Not known

Proportion retained on 425 $\mu$ m sieve: 60.3 %

LIQUID LIMIT  
LL= 38 %  
PLASTIC LIMIT  
PL= 46 %  
PLASTICITY INDEX  
PI= -8 %

LINEAR SHRINKAGE AND SHRINKAGE PRODUCT			
Specimen reference			B
Initial length	$L_0$	mm	140.0
Oven dried length	$L_D$	mm	139.0
Linear Shrinkage, LS		%	1
Shrinkage Product, SP		%	28

AASHTO M 145 CLASSIFICATION	A-2-6
GROUP INDEX	0

Remarks:



For the Technician

For the Engineer

Made by: RM  
Approved by: [Signature]

Date: 9-Jan-14  
Date: 11/01/2014

Made by: [Signature]  
Approved by: [Signature]

Date: 11-JAN-2014

# Anhang D

Confirmation of the Liability

AEDIFICO CONSTRUCTION COMP. LTD  
C/O DIOCESE OF NJOMBE  
P. O. BOX 54  
NJOMBE.  
08/01/2014

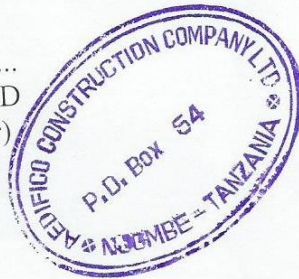
**Re: CONFIRMATION OF THE LIABILITY OF THE SOCCER STADIUM IN NJOMBE.**

Whoever in charge in the University, the heading above is concerned. This is to officially confirm that neither the two students (Romana and her colligue) nor their University will be responsible for Liability of the soccer stadium. The Catholic Diocese of Njombe will be taking the Liability.

Thanks in advance for your assistance and cooperation.

*Likili*

FR. Likiliwike ARNOLD  
(The Company Director)



# Anhang E

Hydraform 1500 Blocks Production

## THE IDEAL BLOCK PRODUCTION METHOD FOR PRODUCING +/- 1 500 BLOCKS PER DAY

*A seven-person team can produce 1 500 blocks per day, if the following procedure is followed:*

1. **The soil** must be sieved with a minimum of two days' lead time, i.e., 1m<sup>3</sup> per 100 blocks or 30m<sup>3</sup> sieved soil for two days' production of 1 500 blocks / day.
2. **The water** must be available close to the operation, preferably by hosepipe, from either a gravity-fed tank or by municipal pipeline.
3. **Cement** must be stacked next to the mixing area. The full day's supply must be stacked before any production begins:
  - 5% cement = 23 bags for 1 500 blocks
  - 10% cement = 45 bags for 1 500 blocks
4. **The labor force** employed should be composed of neither elderly people, nor young girls. Instead, they should be healthy, strong individuals who are able to work hard. To run one machine, seven people are required; this excludes the carrying of the cement to the production area, curing of the blocks, stockpiling and sieving of the soil. All activities, other than running the machine, must be done by separate personnel.

The block production team, and functions of each of the seven, are as follows:

- One machine operator
- One person loading soil by bucket into the machine
- Carrying blocks up to 15m from the machine: 1 person; if the distance exceeds an average of 15m from machine to final stacking point: 2 persons
- Two people mixing the first mix
- Two people mixing the second mix

The second mix is the most crucial mix. If it is not always 100% ready, the machine will have to stop and wait for the mixing to be completed. If the machine stops, production will fall by four blocks per minute.

To illustrate, if the machine stops between each and every mix for only seven minutes, production will fall by almost 30 blocks per mix. To produce 1 500 blocks per day, 15-20 mixes are typically, which means that the production would drop by almost 600 blocks per day – as a result of a mere seven-minute delay per mix.

5. **Production pay** is normally the most effective pay method. The team is paid a fixed amount per good quality finished block. The incentive will ensure that production is maximised while giving the team a goal to increase their daily pay. Example: 7 individuals x daily rates/1 500 blocks = value for 1 block.
6. **Curing** is extremely important and should be done by a responsible person who is separate from the seven-man team. This person should be also used to carry the cement bags before production begins and to prepare the ground for the newly staked blocks.
7. **Tools** should be of good quality and there should be no shortage of tools, forcing people to share.

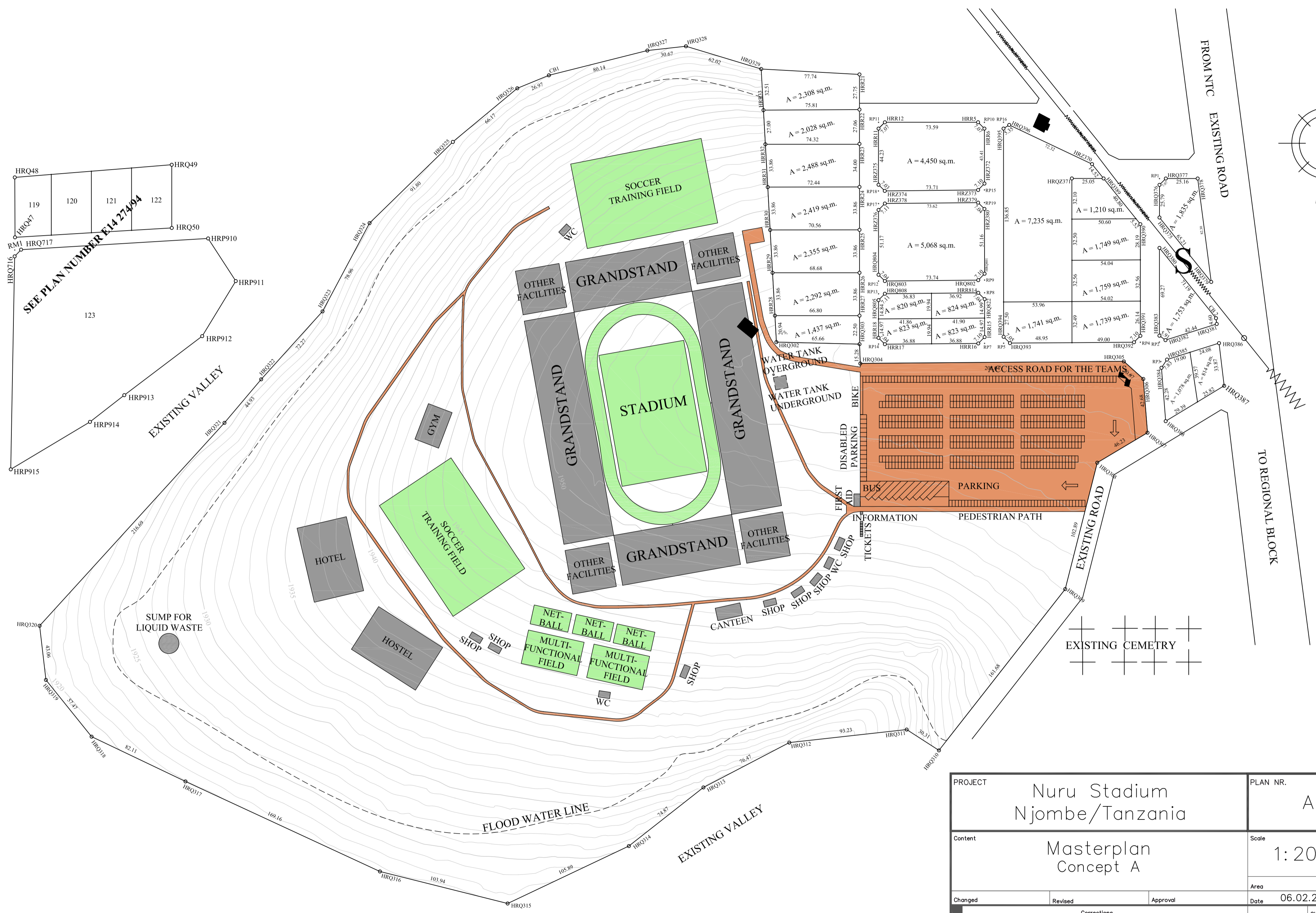
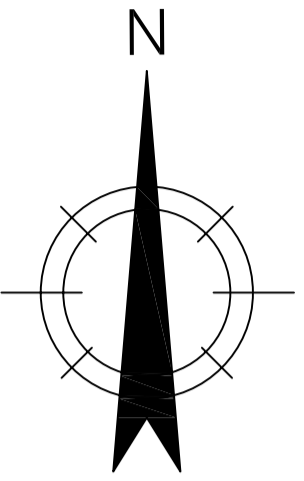


**Tools required are as follows:**

1. **Spades (shovels)**  
4 spades for mixing and loading the bucket  
2 spades for sieving of soil  
1 spade for levelling the ground
  2. **Wheelbarrows**  
2 wheelbarrows for moving soil to the mix and for measuring out the mix  
2 wheelbarrows for sieving  
1 wheelbarrow for moving the cement  
1 wheelbarrow for the person moving the fully cured blocks
  3. **Sieve (8-10mm)**  
A good quality sieve, undamaged and supported by a frame at approximately 45°.
  4. **Ten-litre buckets**  
2 ten-litre buckets, to be used for filling the machine; while one is being lifted the other can be filled on the ground
  5. **Block brush**  
For keeping the machine clean and keeping the bottom ram free from soil build-up
  6. **Shade cloth**  
Not essential but will help to reduce operator fatigue on a hot day
  8. **Lunchtime** – Before the team goes on lunch, they should prepare the mix for after lunch. The cement bags should be placed on top of the soil, ready to be opened, and spread out over the soil. No mix must be left unused before lunch and if the cement has been mixed into the soil, it must be used before lunch. Lunchtime must be strictly monitored. After lunch, the full team should help to get the first mix ready.
  9. **End of the day** – Before packing up, the soil must be measured out for the following day's first two mixes (without adding cement). The machine must be filled with diesel and cleaned. The next morning, the machine should be ready to run 10 minutes after work begins.
  10. **The blockyard** should be set out properly with sufficient space to move freely. The blocks should be set out neatly so as not waste space. The total of 1 500 blocks should take up approximately 2,2mx12m.
-

# Anhang F

Konzept A (Masterplan)



SEE PLAN NUMBER E14 27404

PROJECT		Nuru Stadium Njombe/Tanzania		PLAN NR. A	
Content		Masterplan Concept A		Scale 1: 2000	
Changed		Revised		Approval	
Date		Date		Date	
A		B		C	
Date		Date		Date	
Changed		Date		Changed	

# Anhang G

Konzept B (Masterplan)



# Anhang H

Fundamentberechnung

## Fundament - Variante 1

Wanddicke	3,52 m
Wichte Wand	20,6 kN/m <sup>3</sup>
Höhe Wand	8 m
Lasteinflussbreite	6 m

Lasten:

Ständig:	Auflast	3,40 kN/m <sup>2</sup>	
	Eigengewicht	580,10 kN/m	
veränderlich	Erddruck	72,36 kN/m <sup>2</sup>	
	Nutzlast	6,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Wind - Decke	0,28 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)
	Wind -Wand	0,40 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)
	Erdlast Ersatz	4,67 kN/m <sup>2</sup>	

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

Vertikalkräfte [kN/m]

$$g_k = 580,10 \quad g_d = 783,13$$

$$q_k = 0,00 \quad q_d = 0,00$$

Horizontalkräfte [kN/m]

$$g_k = 420,76 \quad g_d = 568,02$$

$$q_k = 3,12 \quad q_d = 4,68$$

Annahme Fundament:

Breite	8,00 m	Einbindetiefe	0,20 m
Höhe	2,30 m	Tiefe	2,50 m

Wichte Fundament	25,00 kN/m <sup>3</sup>	
Wichte Boden	20,10 kN/m	
$\rho' =$	22,50 °	
$c_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>	(Kohäsion)

$$g_k \text{ (Fundament)} = 460,00 \text{ kN/m}$$

$$g_k \text{ Gesamt} = 1040,10 \text{ kN/m} \quad g_d = 1404,13 \text{ kN/m}$$

$$\rho_k = 22,50 \text{ °}$$

## GRUNDBRUCH/TRAGFÄHIGKEIT

$N_\gamma =$	5,99 kN/m	$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \tan \rho'$
$N_q =$	8,23 kN/m	$N_q = e^{\pi \tan \rho'} \tan^2 \left( 45 - \frac{\rho'}{2} \right)$
$N_c =$	17,45 kN/m	$N_c = (N_q - 1) \cot \rho'$

$Q_{f,k}=R_k=$	11710,34 kN/m
$\gamma_{r,v}=$	1,40
$R_d=$	8364,53 kN/m
$Q_d=$	1404,13 kN

### Nachweis der Tragfähigkeit

$Q_d$	<	$R_d$
1404,13	<	8364,53

Nachweis erfüllt

### GLEITEN

$F_h=$	423,88 kN/m
$F_v=$	1040,10 kN/m
$\gamma_i=$	1,00
$T_d=F_h \cdot \gamma_i$	
$T_d=$	423,88 kN/m
$R_{t,d}=R_{t,k}/\gamma_i$	
$R_{t,d}=$	430,82 kN/m
$R_{t,k}=F_v \cdot \tan \rho$	
$R_{t,k}=$	430,82 kN/m

$$K_p = 2,24 \text{ kN/m}^2$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\rho}{2}\right)$$

$$E_{p,k} = 7,00 \text{ kN/m}$$

$$E_{p,k} = \frac{1}{2} \gamma' h^2 K_p$$

$$E_{p,d} = 7,00 \text{ kN/m}$$

### Gleitsicherheit

$$T_d < R_{t,d} + E_{p,d}$$

423,88	<	437,82
--------	---	--------

Nachweis erfüllt

### KIPPEN

$$\frac{e_l}{l} + \frac{e_b}{b} < \frac{1}{6} \quad \text{oder} \quad \left(\frac{e_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{e_b}{b}\right)^2 < \frac{1}{9}$$

$l=$	1,00 m
$b=$	8,00 m
$e_l=$	0,00 m
$e_b=$	1,02 m
$F_{v(\text{ständig})}=$	1040,10 kN/m
$F_{h(\text{ständig})}=$	420,76 kN/m
$h(\text{vertikal})=$	3,54 m

0,13	<	0,17
------	---	------

Nachweis erfüllt

oder

0,02	<	0,11
------	---	------

Nachweis erfüllt



## Fundament - Variante 2

Wanddicke	0,40 m
Wichte Wand	25,00 kN/m <sup>3</sup>
Höhe Wand	8,00 m
Lasteinflussbreite	6,00 m

Lasten:

Ständig:	Auflast	3,40 kN/m <sup>2</sup>	
	Eigengewicht	80,00 kN/m	
veränderlich	Erddruck	72,36 kN/m <sup>2</sup>	
	Nutzlast	6,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Wind - Decke	0,28 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)
	Wind -Wand	0,40 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)
	Erdlast Ersatz	4,67 kN/m <sup>2</sup>	

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

Vertikalkräfte [kN/m]

$g_k =$	80,00	$g_d =$	108,00
$q_k =$	0,00	$q_d =$	0,00

Horizontalkräfte [kN/m]

$g_k =$	469,78	$g_d =$	634,20
$q_k =$	3,12	$q_d =$	4,68

Annahme Fundament:

Breite	12,00 m	Einbindetiefe	0,20 m
Höhe	3,50 m	Tiefe	3,70 m

Wichte Fundament	25,00 kN/m <sup>3</sup>	
Wichte Boden	20,10 kN/m	
$\rho' =$	22,50 °	
$c_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>	(Kohäsion)

$g_k$ (Fundament)=	1050,00 kN/m	$g_d =$	1525,50 kN/m
$g_k$ Gesamt=	1130,00 kN/m		

$$\rho_k = 22,50^\circ$$

## GRUNDBRUCH/TRAGFÄHIGKEIT

$N_\gamma =$	5,99 kN/m	$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \tan \rho'$
$N_q =$	8,23 kN/m	$N_q = e^{\pi \tan \rho} \tan^2 \left( 45 - \frac{\rho}{2} \right)$
$N_c =$	17,45 kN/m	$N_c = (N_q - 1) \cot \rho'$

$$Q_{f,k} = R_k = 25725,44 \text{ kN/m}$$

$\gamma_{r,v} = 1,40$   
 $R_d = 18375,31 \text{ kN/m}$   
 $Q_d = 1525,50 \text{ kN}$

### Nachweis der Tragfähigkeit

$Q_d$	<	$R_d$
1525,50	<	18375,31

Nachweis erfüllt

## GLEITEN

$F_h = 472,90 \text{ kN/m}$   
 $F_v = 1130,00 \text{ kN/m}$   
 $\gamma_i = 1,00$   
 $T_d = F_h \cdot \gamma_i$   
 $T_d = 472,90 \text{ kN/m}$   
 $R_{t,d} = R_{t,k} / \gamma_i$   
 $R_{t,d} = 468,06 \text{ kN/m}$   
 $R_{t,k} = F_v \cdot \tan \rho$   
 $R_{t,k} = 468,06 \text{ kN/m}$

$K_p = 2,24 \text{ kN/m}^2$   
 $E_{p,k} = 15,33 \text{ kN/m}$   
 $E_{p,d} = 15,33 \text{ kN/m}$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\rho}{2}\right)$$

$$E_{p,k} = \frac{1}{2} \gamma' h^2 K_p$$

### GLEITSICHERHEIT

$T_d < R_{t,d} + E_{p,d}$   

472,90	<	483,39
--------	---	--------

Nachweis erfüllt

## KIPPEN

$$\frac{e_l}{l} + \frac{e_b}{b} < \frac{1}{6} \quad \text{oder} \quad \left(\frac{e_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{e_b}{b}\right)^2 < \frac{1}{9}$$

$l = 1,00 \text{ m}$   
 $b = 12,00 \text{ m}$   
 $e_l = 0,00 \text{ m}$   
 $e_b = 1,16 \text{ m}$   
 $F_{v(\text{ständig})} = 1130,00 \text{ kN/m}$   
 $F_{h(\text{ständig})} = 469,78 \text{ kN/m}$   
 $h(\text{vertikal}) = 3,95 \text{ m}$

0,10	<	0,17
------	---	------

Nachweis erfüllt

0,01	<	0,11
------	---	------

Nachweis erfüllt

## Fundament - Variante 3

Wanddicke	0,66 m
Wichte Wand	20,60 kN/m <sup>3</sup>
Höhe Wand	8,00 m
Lasteinflussbreite	6,00 m

Lasten:

Ständig:	Auflast	5,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Eigengewicht	108,77 kN/m	
veränderlich	Erddruck	0,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Nutzlast	6,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Wind - Decke	0,28 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)
	Wind -Wand	0,40 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

Vertikalkräfte [kN/m]

$g_k =$	138,77	$g_d =$	187,34
$q_k =$	37,68	$q_d =$	56,52

Horizontalkräfte [kN/m]

$g_k =$	0,00	$g_d =$	0,00
$q_k =$	3,12	$q_d =$	4,68

Annahme Fundament:

Breite	2,00 m	Einbindetiefe	0,20 m
Höhe	0,60 m	Tiefe	0,80 m

Wichte Fundament	25,00 kN/m <sup>3</sup>	
Wichte Boden	20,10 kN/m	
$\rho' =$	22,50 °	
$c_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>	(Kohäsion)

$g_k$ (Fundament)=	30,00 kN/m	
$g_k$ Gesamt=	168,77 kN/m	$g_d =$ 227,84 kN/m

$$\rho_k = 22,50 \text{ °}$$

## GRUNDBRUCH/TRAGFÄHIGKEIT

$N_\gamma =$	5,99 kN/m	$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \tan \rho'$
$N_q =$	8,23 kN/m	$N_q = e^{\pi \tan \rho} \tan^2 \left( 45 - \frac{\rho}{2} \right)$
$N_c =$	17,45 kN/m	$N_c = (N_q - 1) \cot \rho'$

$Q_{f,k} = R_k =$	920,69 kN/m
$\gamma_{r,v} =$	1,40

R<sub>d</sub>= 657,63 kN/m

Q<sub>d</sub>= 284,36 kN

### Nachweis der Tragfähigkeit

Q <sub>d</sub>	<	R <sub>d</sub>
284,36	<	657,63

Nachweis erfüllt

### GLEITEN

F<sub>h</sub>= 3,12 kN/m

F<sub>v</sub>= 206,45 kN/m

γ<sub>i</sub>= 1,00

T<sub>d</sub>=F<sub>h</sub>\*γ<sub>i</sub>

T<sub>d</sub>= 3,12 kN/m

R<sub>t,d</sub>=R<sub>t,k</sub>/γ<sub>i</sub>

R<sub>t,d</sub>= 85,51 kN/m

R<sub>t,k</sub>=F<sub>v</sub>\*tan ρ

R<sub>t,k</sub>= 85,51 kN/m

K<sub>p</sub>= 2,24 kN/m<sup>2</sup>

E<sub>p,k</sub>= 0,72 kN/m

E<sub>p,d</sub>= 0,72 kN/m

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\rho}{2}\right)$$

$$E_{p,k} = \frac{1}{2}\gamma' h^2 K_p$$

### Gleitsicherheit

T<sub>d</sub><R<sub>t,d</sub>+E<sub>p,d</sub>

3,12	<	86,23
------	---	-------

Nachweis erfüllt

### KIPPEN

$$\frac{e_l}{l} + \frac{e_b}{b} < \frac{1}{6} \quad \text{oder} \quad \left(\frac{e_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{e_b}{b}\right)^2 < \frac{1}{9}$$

l= 1,00 m

b= 2,00 m

e<sub>l</sub>= 0,00 m

e<sub>b</sub>= 0,53 m

F<sub>v</sub>(ständig 1)= 138,77 kN/m

F<sub>v</sub>(ständig 2)= 5,00 kN/m

F<sub>h</sub>(ständig)= 0,00 kN/m

h(vertikal)= 0,00 m

0,27	>	0,17
------	---	------

Nachweis nicht erfüllt

0,07	<	0,11
------	---	------

Nachweis erfüllt

## Setzungen - Variante 3

vertikale Lasten [kN/m]

$$g_k = 168,77$$

$$q_k = 37,68$$

$$A = 2,00 \text{ m}^2 \quad (\text{auf 1 Meter Länge})$$

$$Q = 206,45 \text{ kN} \quad (\text{auf 1 Meter Länge})$$

$$t_{\text{grenz}} = 2,24 \text{ m (u. FUK)}$$

$$3,04 \text{ m (u. GOK)}$$

$$\sigma_{\text{zus}} = \sigma_{\ddot{u}} * 0,2 = 12,22 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\ddot{u}} = 61,10 \text{ kN/m}^2$$

Spannung an der Fundamentunterkante

$$\sigma_0 = Q/A = 103,22 \text{ kN/m}^2$$

Überlagerungsspannung

$$\sigma_{\ddot{u}} = \gamma_i * d = 16,08 \text{ kN/m}^2$$

Berechnung der Setzungen (Außenkante Mauer)

$t_n$ [m]	$h_n$ [cm]	$\sigma_{\text{zus},m}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\ddot{u}}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{zus},m} + \sigma_{\ddot{u}}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	$e_{1n}$	$e_{2n}$	$e_0$	$\Delta e_n$	$E_{sn}$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$s_n$ [cm]
0,80-1,00	20,0	10,12	1,81	11,92	0,725	0,765	0,745	0,040	441,3	0,458
1,00-1,50	50,0	8,05	2,51	10,56	0,730	0,752	0,741	0,022	637,2	0,632
1,50-2,00	50,0	4,75	3,52	8,27	0,743	0,750	0,747	0,007	1184,7	0,200
2,00-2,50	50,0	2,68	4,52	7,21	0,758	0,746	0,752	0,012	391,8	0,342
2,50-3,00	50,0	1,65	5,53	7,18	0,770	0,741	0,756	0,029	100,0	0,826
3,00-3,04	4,0	1,23	6,07	7,30	0,780	0,738	0,759	0,042	51,5	0,096
										2,555

$$E_s = \frac{\sigma_{\text{zus}}}{\Delta e} (1 + e_0)$$

$$s_n = \frac{\sigma_{\text{zus}}}{E_s} h_n$$

Schätzwerte

Berechnung der Spannungen im Untergrund

Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]	Schicht	Tiefe unter GOK [m]	Tiefe unter FUK [m]	a1=0,67 b1=0,5 a1/b1=1,34		a2=1,33 b2=0,5 a2/b2=2,66		a3=0,67 b3=0,5 a3/b3=1,34		a4=1,33 b4=0,67 a4/b4=2,66		$\sigma_{zus} = i \times \sigma_0$				
				z/b1 [-]	i1 [-]	z/b2 [-]	i2 [-]	z/b3 [-]	i3 [-]	z/b4 [-]	i4 [-]	iges [-]	$\sigma_{zus}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\ddot{U}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\ddot{U}} * 0,2$	
20,10	GOK	0,00														
20,10	FOK	0,20														
20,10	FUK	0,80	0,00	0,00	0,250	0,00	0,250	0,00	0,250	0,00	0,250	1,000	103,22	16,08	3,22	
20,10		1,00	0,20	0,40	0,240	0,40	0,240	0,40	0,240	0,40	0,240	0,960	99,10	20,10	4,02	
20,10		1,50	0,70	1,40	0,150	1,40	0,150	1,40	0,150	1,40	0,150	0,600	61,93	30,15	6,03	
20,10		2,00	1,20	2,40	0,080	2,40	0,080	2,40	0,080	2,40	0,080	0,320	33,03	40,20	8,04	
20,10		2,50	1,70	3,40	0,050	3,40	0,050	3,40	0,050	3,40	0,050	0,200	20,64	50,25	10,05	
20,10		3,00	2,20	4,40	0,030	4,40	0,030	4,40	0,030	4,40	0,030	0,120	12,39	60,30	12,06	
20,10		3,50	2,70	5,40	0,025	5,40	0,025	5,40	0,025	5,40	0,025	0,100	10,32	70,35	14,07	
20,10		4,00	3,20	6,40	0,015	6,40	0,015	6,40	0,015	6,40	0,015	0,060	6,19	80,40	16,08	
20,10		4,50	3,70	7,40	0,012	7,40	0,012	7,40	0,012	7,40	0,012	0,048	4,95	90,45	18,09	
20,10		5,00	4,20	8,40	0,010	8,40	0,010	8,40	0,010	8,40	0,010	0,040	4,13	100,50	20,10	
20,10		5,50	4,70	9,40	0,008	9,40	0,008	9,40	0,008	9,40	0,008	0,032	3,30	110,55	22,11	
20,10		6,00	5,20	10,40	0,006	10,40	0,006	10,40	0,006	10,40	0,006	0,024	2,48	120,60	24,12	
20,10		7,00	6,20	12,40	0,005	12,40	0,005	12,40	0,005	12,40	0,005	0,020	2,06	140,70	28,14	
20,10		8,00	7,20	14,40	0,004	14,40	0,004	14,40	0,004	14,40	0,004	0,016	1,65	160,80	32,16	
20,10		9,00	8,20	16,40	0,003	16,40	0,003	16,40	0,003	16,40	0,003	0,012	1,24	180,90	36,18	
20,10		10,00	9,20	18,40	0,003	18,40	0,003	18,40	0,003	18,40	0,003	0,012	1,24	201,00	40,20	

## Fundament - Variante 4

Wanddicke	0,25 m
Wichte Wand	25,00 kN/m <sup>3</sup>
Höhe Wand	8,00 m
Lasteinflussbreite	6,00 m

Lasten:

Ständig:	Auflast	5,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Eigengewicht	50,00 kN/m	
veränderlich	Erddruck	0,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Nutzlast	6,00 kN/m <sup>2</sup>	
	Wind - Decke	0,28 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)
	Wind -Wand	0,40 kN/m <sup>2</sup>	(maßgebend)
	$\gamma_G =$	1,35	
	$\gamma_Q =$	1,50	

Vertikalkräfte [kN/m]

$g_k =$	80,00	$g_d =$	108,00
$q_k =$	37,68	$q_d =$	56,52

Horizontalkräfte [kN/m]

$g_k =$	0,00	$g_d =$	0,00
$q_k =$	3,12	$q_d =$	4,68

Annahme Fundament:

Breite	2,50 m	Einbindetiefe	0,20 m
Höhe	0,70 m	Tiefe	0,90 m

Wichte Fundament	25,00 kN/m <sup>3</sup>	
Wichte Boden	20,10 kN/m	
$\rho' =$	22,50 °	
$c_k =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>	(Kohäsion)

$g_k$ (Fundament)=	43,75 kN/m	
$g_k$ Gesamt=	123,75 kN/m	$g_d =$ 167,06 kN/m

$\rho_k =$	22,50 °
------------	---------

## GRUNDBRUCH/TRAGFÄHIGKEIT

$N_\gamma =$	5,99 kN/m	$N_\gamma = 2 \times (N_q - 1) \times \tan \rho'$
$N_q =$	8,23 kN/m	$N_q = e^{\pi \tan \rho} \tan^2 \left( 45 - \frac{\rho}{2} \right)$
$N_c =$	17,45 kN/m	$N_c = (N_q - 1) \cot \rho'$

$Q_{f,k} = R_k =$	1342,68 kN/m
$\gamma_{r,v} =$	1,40
$R_d =$	959,06 kN/m

Q<sub>d</sub>= 223,58 kN

### Nachweis der Tragfähigkeit

Q <sub>d</sub>	<	R <sub>d</sub>
223,58	<	959,06

Nachweis erfüllt

### GLEITEN

F<sub>h</sub>= 3,12 kN/m  
F<sub>v</sub>= 161,43 kN/m  
γ<sub>i</sub>= 1,00  
T<sub>d</sub>=F<sub>h</sub>\*γ<sub>i</sub>  
T<sub>d</sub>= 3,12 kN/m  
R<sub>t,d</sub>=R<sub>t,k</sub>/γ<sub>i</sub>  
R<sub>t,d</sub>= 66,87 kN/m  
R<sub>t,k</sub>=F<sub>v</sub>\*tan ρ  
R<sub>t,k</sub>= 66,87 kN/m

K<sub>p</sub>= 2,24 kN/m<sup>2</sup>  
E<sub>p,k</sub>= 0,91 kN/m  
E<sub>p,d</sub>= 0,91 kN/m

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\rho}{2}\right)$$
$$E_{p,k} = \frac{1}{2} \gamma' h^2 K_p$$

### Gleitsicherheit

T<sub>d</sub><R<sub>t,d</sub>+E<sub>p,d</sub>

3,12	<	67,77
------	---	-------

Nachweis erfüllt

### KIPPEN

$$\frac{e_l}{l} + \frac{e_b}{b} < \frac{1}{6} \quad \text{oder} \quad \left(\frac{e_l}{l}\right)^2 + \left(\frac{e_b}{b}\right)^2 < \frac{1}{9}$$

l= 1,00 m  
b= 2,50 m  
e<sub>l</sub>= 0,00 m  
e<sub>b</sub>= 0,73 m  
F<sub>v</sub>(ständig 1)= 93,75 kN/m  
F<sub>v</sub>(ständig 2)= 5,00 kN/m  
F<sub>h</sub>(ständig)= 0,00 kN/m  
h(vertikal)= 0,00 m

0,29	>	0,17
------	---	------

Nachweis nicht erfüllt

0,08	<	0,11
------	---	------

Nachweis erfüllt



# Anhang I

Berechnung: Plattenbiegung

Berechnung: Unbewehrte, durch Horizontallasten auf Plattenbiegung beanspruchte Mauerwerkswände (Eurocode 6)

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} = f_{xd} \times Z$$

$f_{xd}$  = Bemessungswert Biegefestigkeit

Z = elastisches Widerstandsmoment

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{8,00 \times 0,66^3}{12} = 0,19166 \text{ m}^4$$

$$Z = W = \frac{I}{0,33} = 0,5808 \text{ m}^3$$

$$f_{xd,1,app} = f_{xd,1} + \sigma_d$$

$$f_{xd,1} = 0,00$$

$$\sigma_d \leq 0,15 \times N_{Rd}$$

$\sigma_d$  = Bemessungswert der Druckspannung

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{8,00}{450} = 0,0178 \text{ m (ungewollte Ausmitte)}$$

$$h_{ef} = \rho_n \times h = 1,00 \times 8,00 = 8,00 \text{ m}$$

$$\rho_n = 1,00 \text{ (Annahme)}$$

**Für Fußpunkt:**

$$N_{Ed} = 243,86 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = 4,86 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 18,72 \text{ kNm/m}$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05 \text{ t}$$

$$e_{he} = 0,00$$

$$e_i = 0,0946 \geq 0,033$$

$$\phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t} = 0,7134$$

$$N_{Rd} = \phi \times t \times f_d$$

$$\text{für } f_d = 2.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 941,74 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{für } f_d = 4.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 1.883,48 \text{ kN/m}^2$$

### Für Wandmitte:

$$N_{Ed} = 170,44 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 4,80 \text{ kNm/m}$$

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{he} + e_{init} = 0,04596 \text{ m}$$

$$e_{he} = 0,00$$

$$e_{mk} = e_m + e_k = 0,0502 \geq 0,033$$

$$e_k = 0,002 \times \phi_\infty \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t \times e_m} = 0,0042$$

$$\phi_\infty = 1 \text{ (Annahme)}$$

$$\phi_m = 1 - 2 \frac{e_{mk}}{t} = 0,8479$$

$$N_{Rd} = \phi \times t \times f_d$$

$$\text{für } f_d = 2.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 1.119,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{für } f_d = 4.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 2.238,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{d(\min)} = \frac{170,44}{0,66} = 258,24 \text{ kN/m}^2$$

$$0,15 \times N_{Rd(\min)} = 0,15 \times 941,74 = 141,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_d \leq 0,15 \times N_{Rd}$$

$$\sigma_d = 141,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = f_{xd,1,app} = f_{xd}$$

$$M_{Rd} = f_{xd} \times Z = 82,04 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed(\max)} = 18,72 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \leq M_{Rd} = 82,04 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Der Nachweise ist erfüllt.

# Anhang J

Pläne (Lageplan, Grundrisse, Schnitte, Ansichten)



Playing Field and Battle Rail  
109,20 x 184,00 m

± 0.00

Places for Persons with Wheelchairs (W) and their Escort Persons (F)

**WE ARE TAKING NO LIABILITY!**

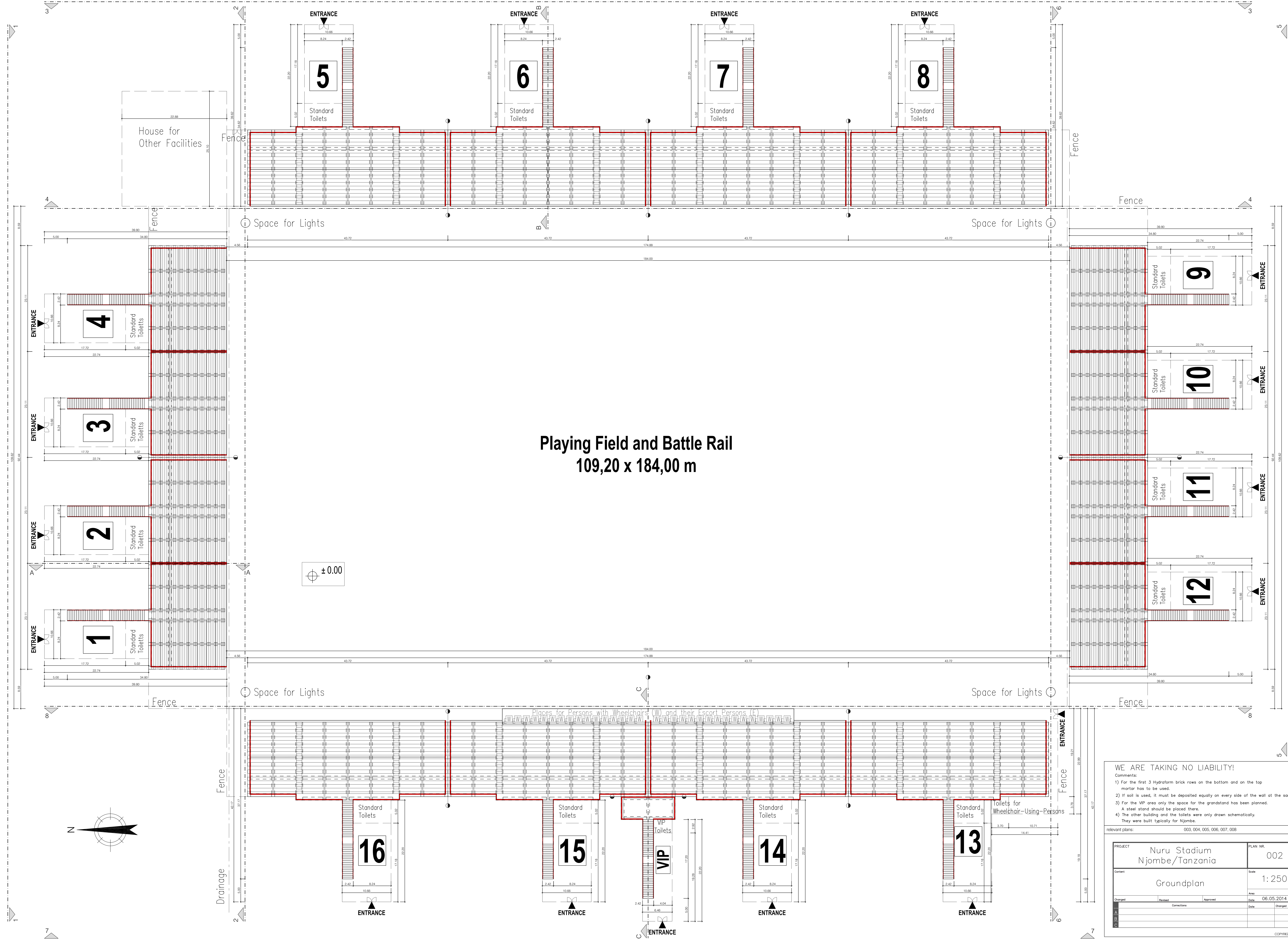
Comments:

- 1) For the first 3 Hydroform brick rows on the bottom and on the top mortar has to be used.
- 2) If soil is used, it must be deposited equally on every side of the wall at the same time.
- 3) For the VIP area only the space for the grandstand has been planned. A steel stand should be placed there.
- 4) The other building and the toilets were only drawn schematically. They were built typically for Njombe.

relevant plans: 003, 004, 005, 006, 007, 008

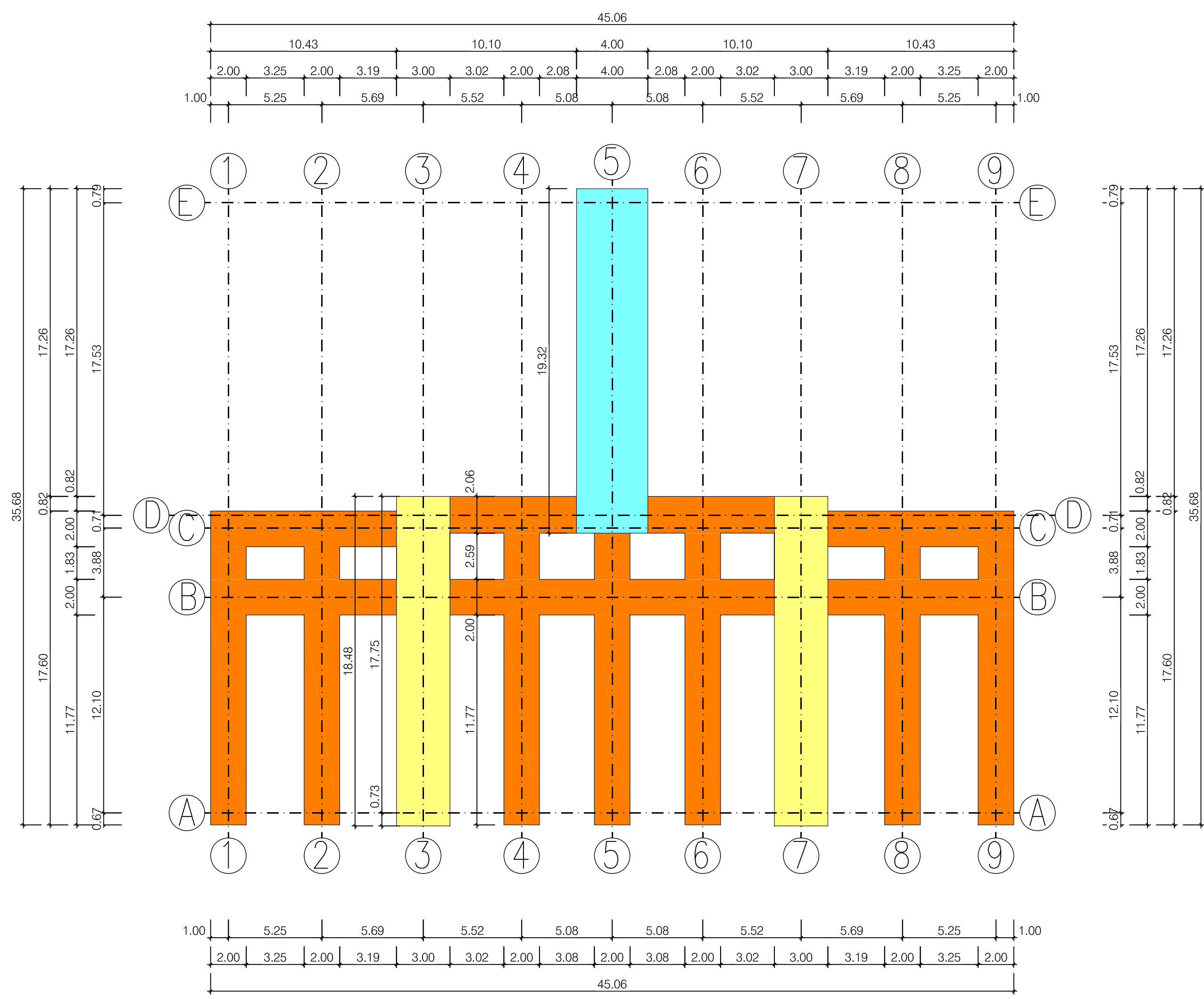
PROJECT	Nuru Stadium Njombe/Tanzania	PLAN NR.	002
Content	Groundplan	Scale	1:250
Changed	Revised	Approved	Area
A			06.05.2014
B			Date
C			Changes

Copyright ©



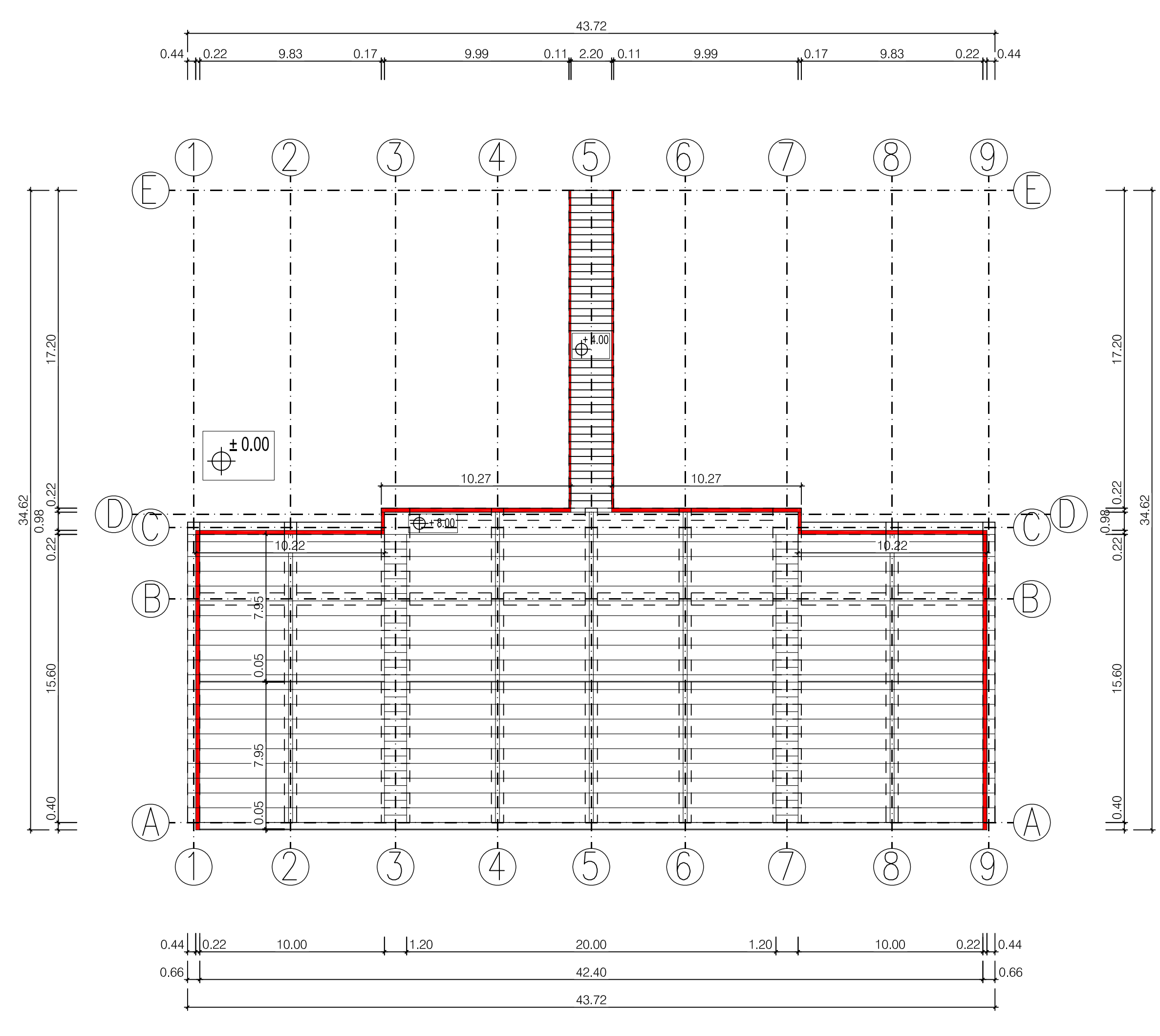
Seat Sektor (5-8, 13-16):  
Groundplan - Foundation

60cm thick  
 90cm thick  
 120cm thick



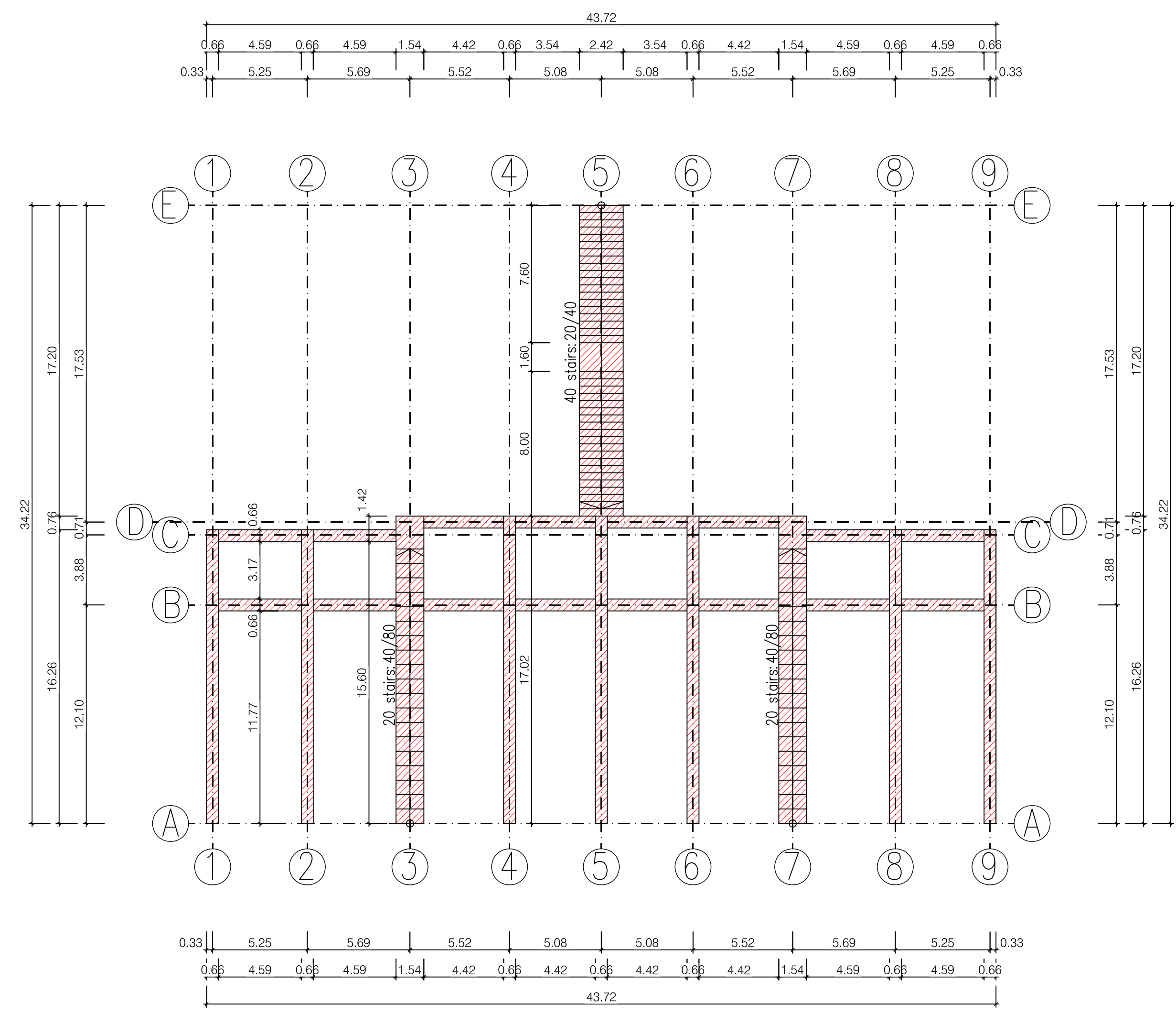
Seat Sektor (5-8, 13, 16):  
Groundplan - Whole Construction

Railing  
 Sea Wall



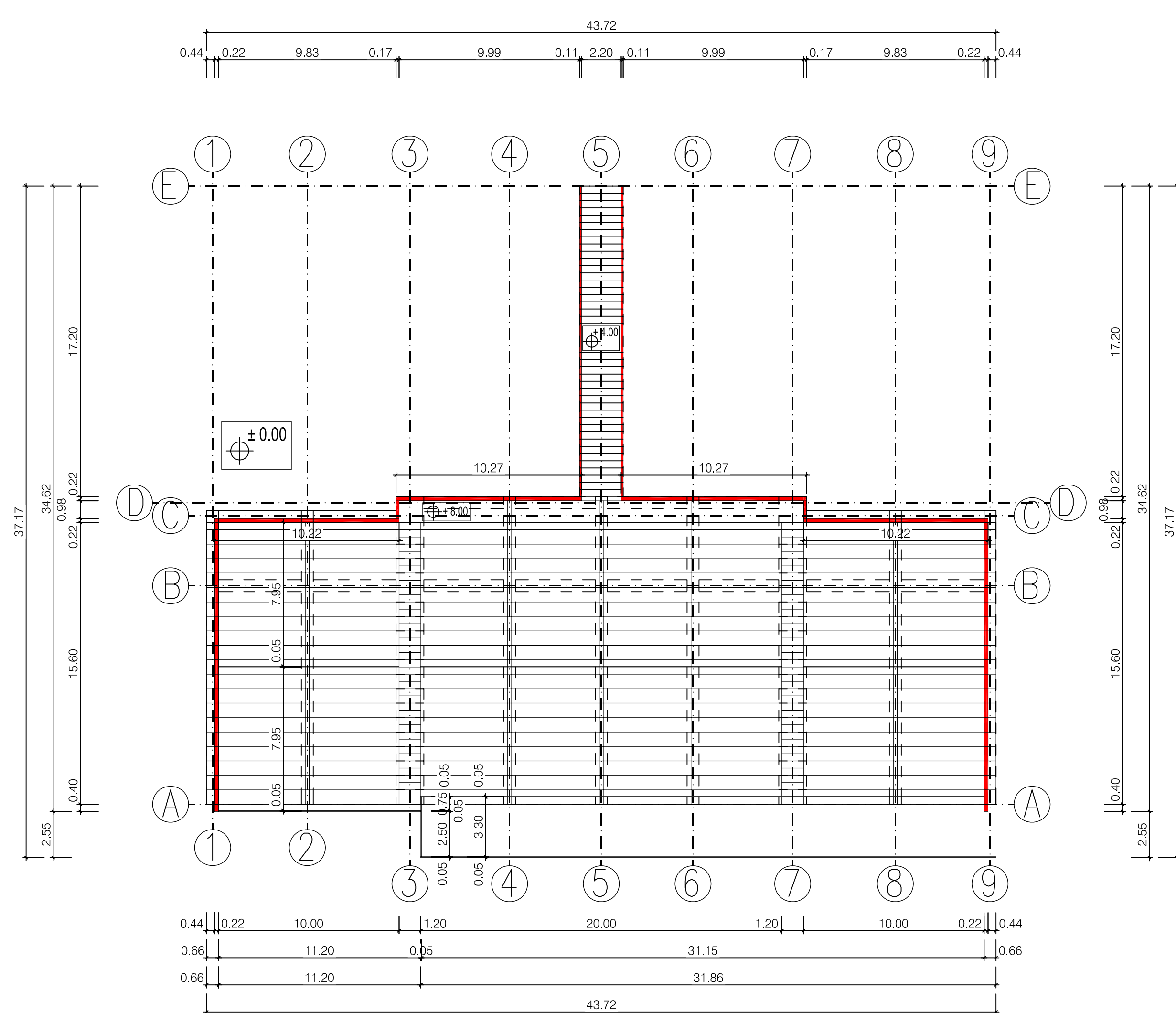
Seat Sektor (5-8, 13-16):  
Groundplan - Hydraform Walls

Hydraform



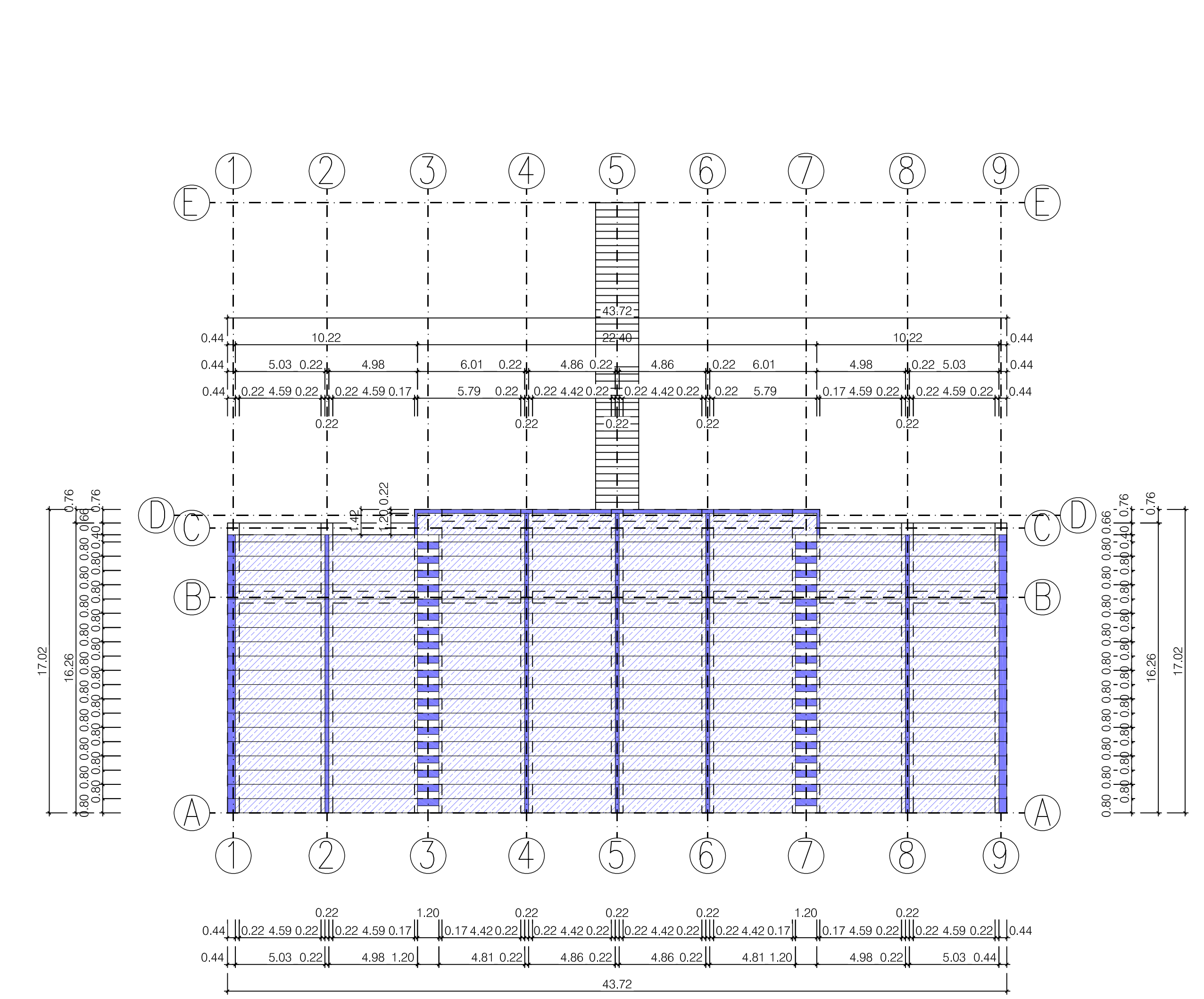
Seat Sektor (14):  
Groundplan - Whole Construction

Railing  
 Sea Wall



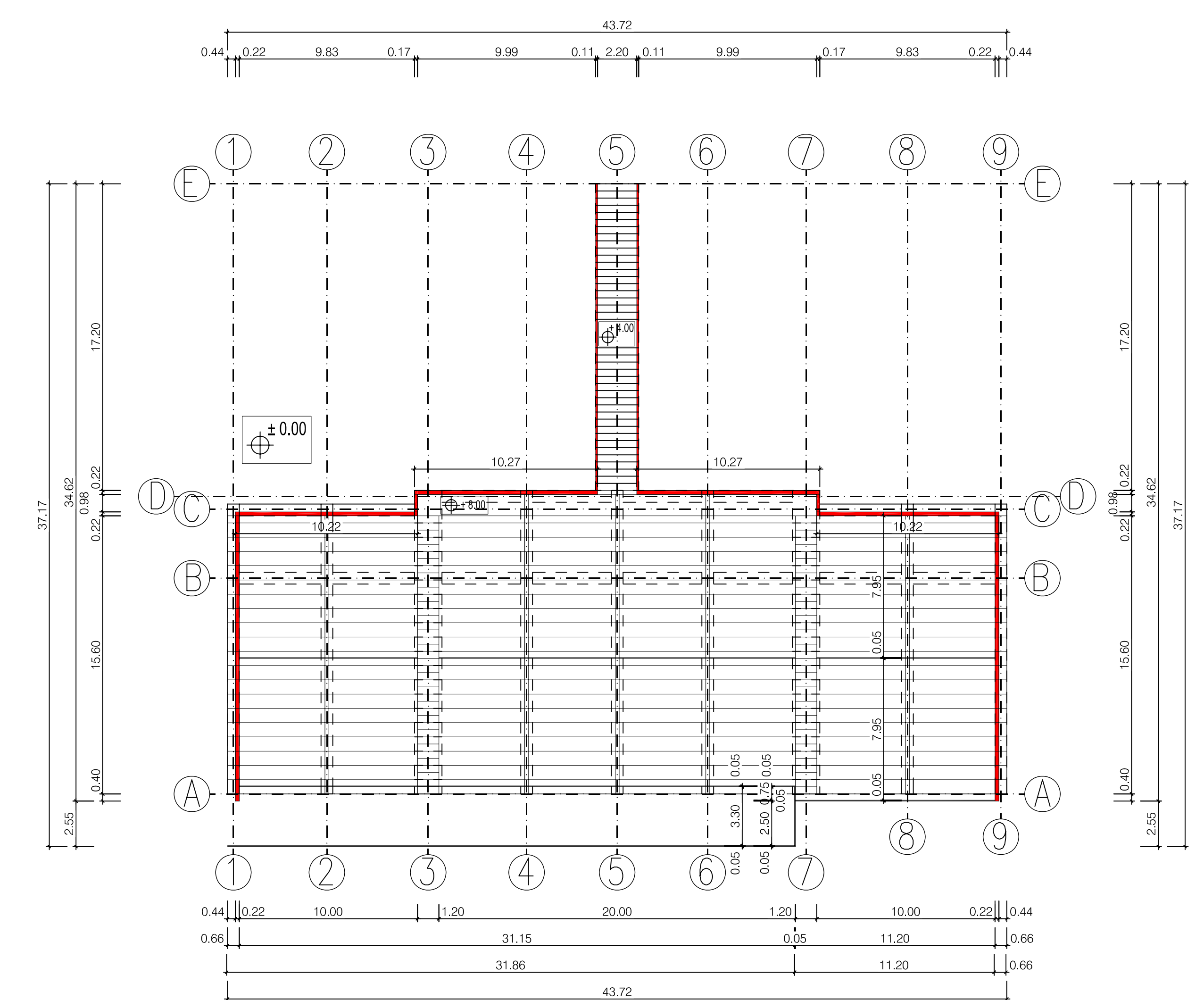
Seat Sektor (5-8, 13-16):  
Groundplan - Concrete Slabs

Concrete Slab  
 In-Situ Concrete



Seat Sektor (15):  
Groundplan - Whole Construction

Railing  
 Sea Wall



**WE ARE TAKING NO LIABILITY!**

Comments:  
 1) For the first 3 Hydraform brick rows on the bottom and on the top mortar has to be used.  
 2) If soil is used, it must be deposited equally on every side of the wall at the same time.  
 3) The embedment depth of the foundation has to be 20 cm.

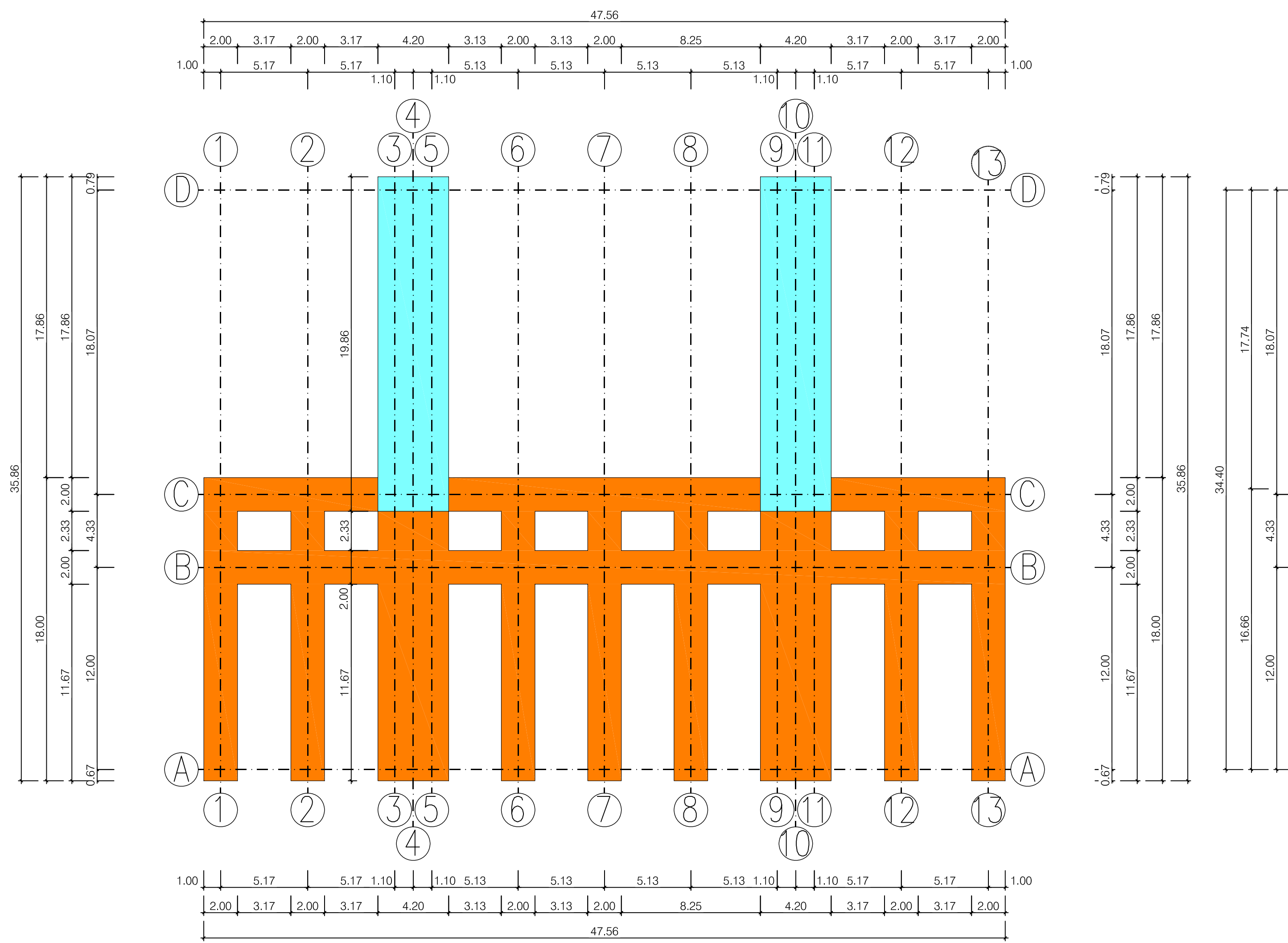
relevant plans: 002, 006, 007

PROJECT	Nuru Stadium Njombe/Tanzania	PLAN NR.	003
Content	Groundplan Seat Sektor	Scale	1:200
Changed	Revised	Approved	06.05.2014
A		Date	Changes
B			
C			

COPYRIGHT ©

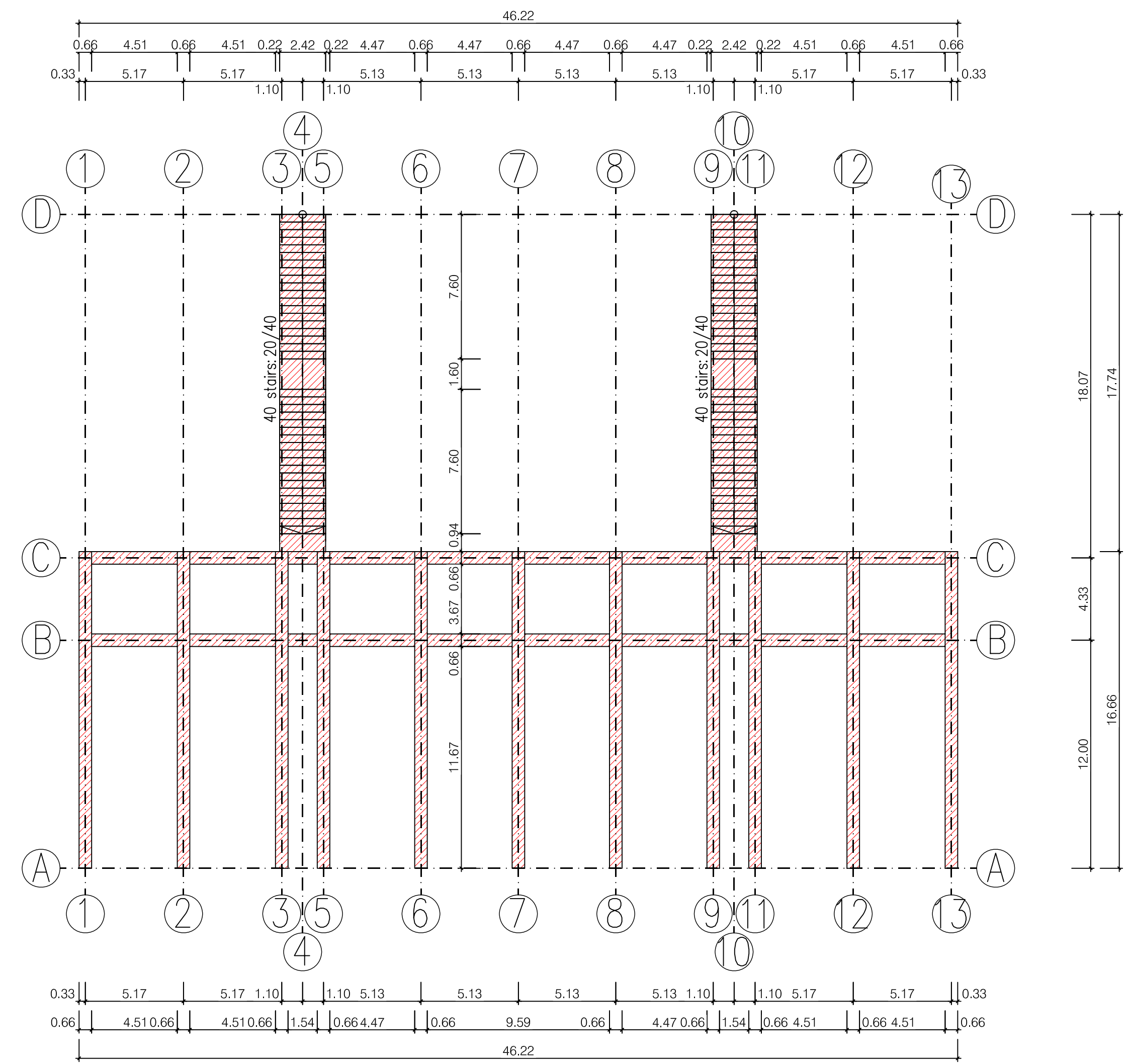
Standing Sektor (1-4, 9-12):  
Groundplan - Foundation

60cm thick  
120cm thick



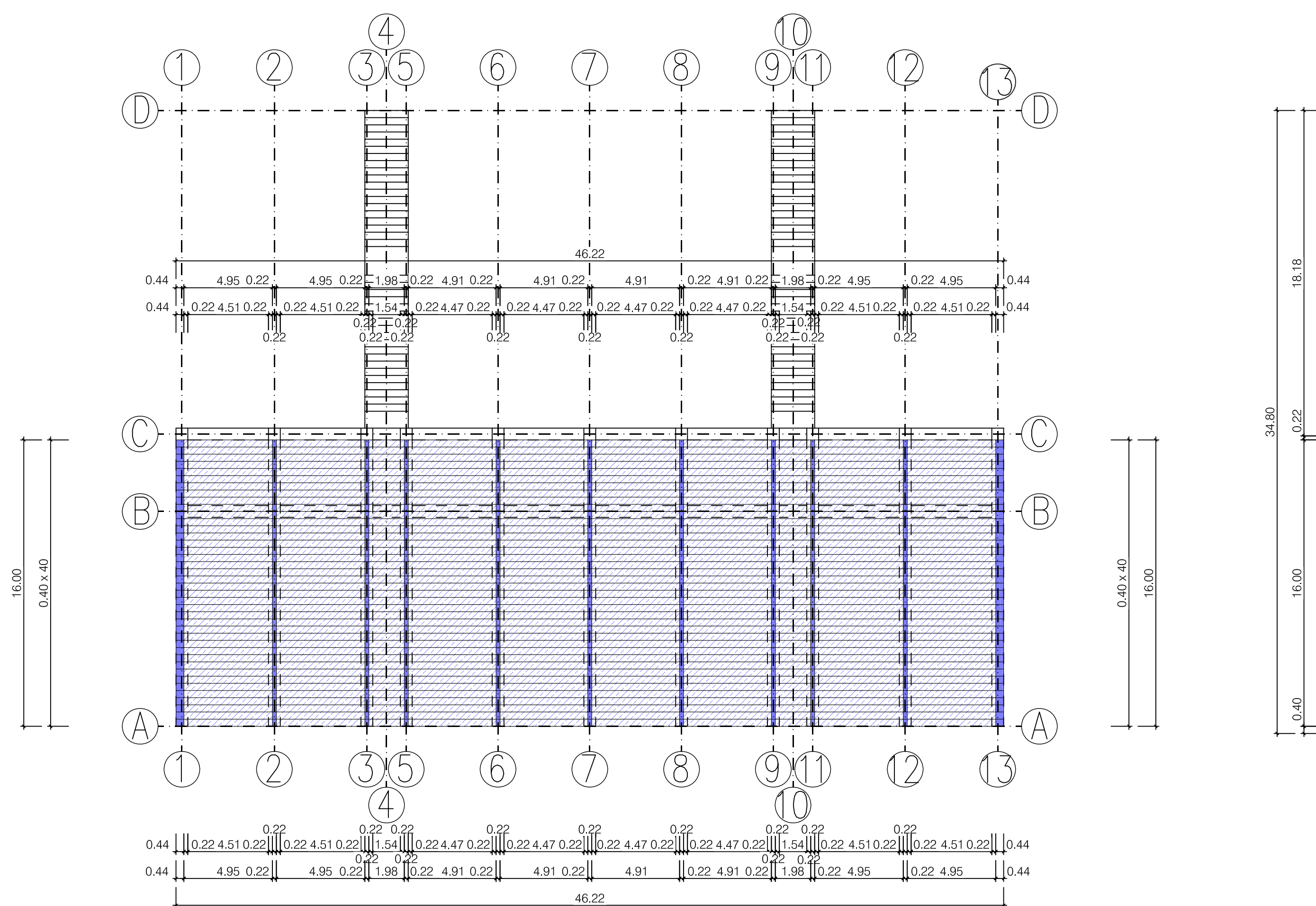
Standing Sektor (1-4, 9-12):  
Groundplan - Hydraform Walls

Hydraform



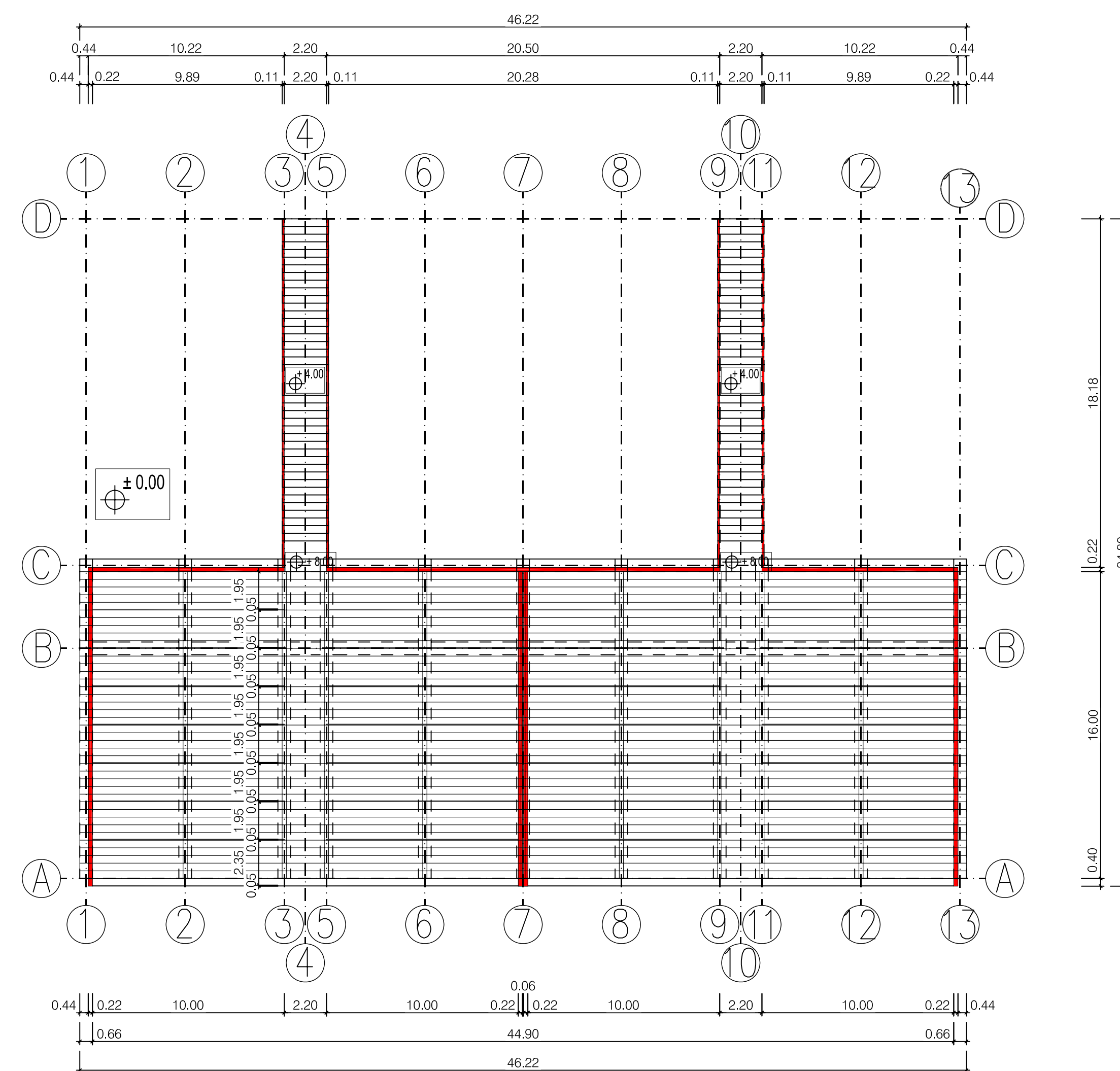
Standing Sektor (1-4, 9-12):  
Groundplan - Concrete Slabs

Concrete Slab  
In-Situ Concrete



Standing Sektor (1-4, 9-12):  
Groundplan - Whole Construction

Railing  
Sea Wall



WE ARE TAKING NO LIABILITY!

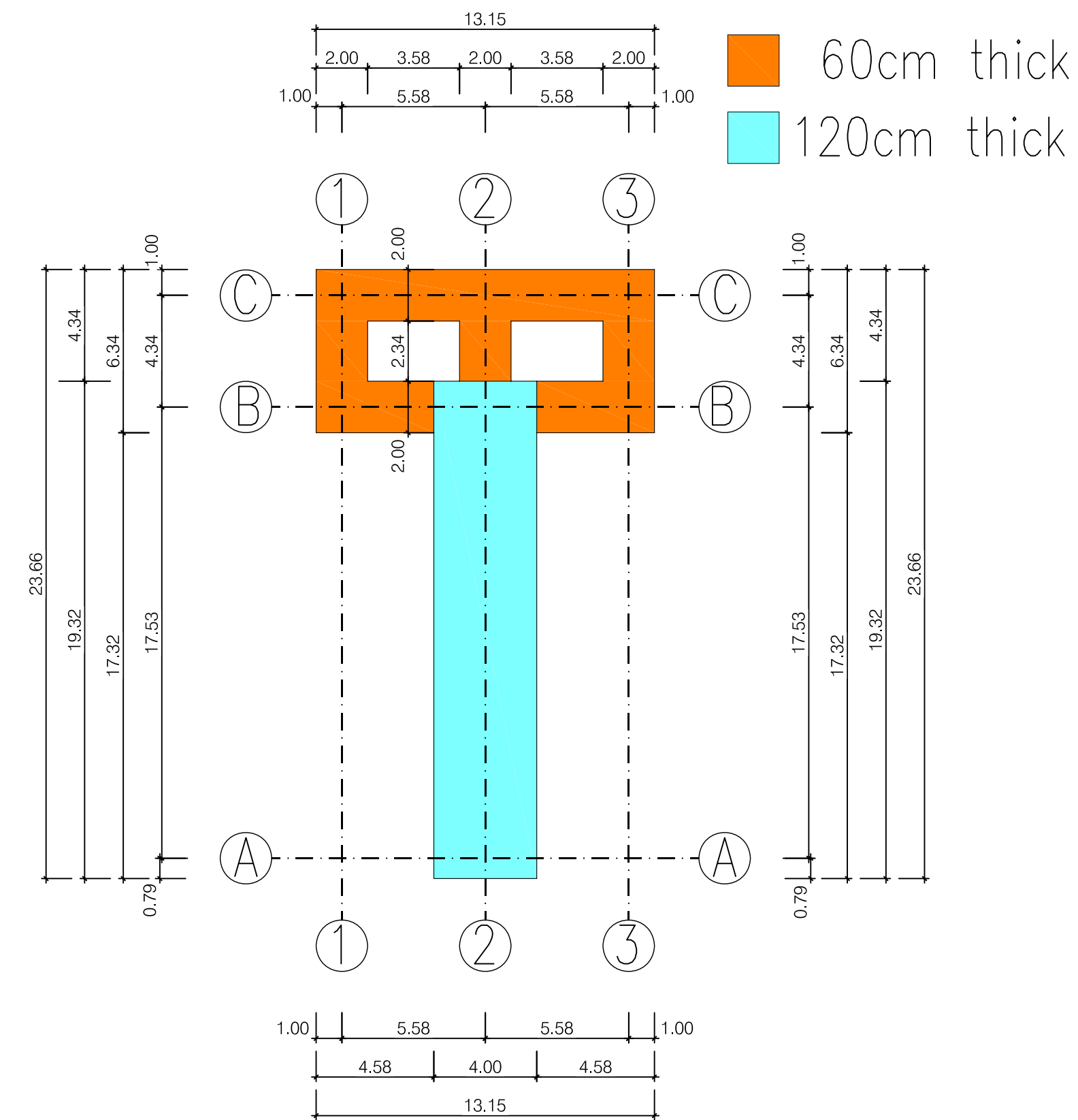
- Comments:
- 1) For the first 3 Hydraform brick rows on the bottom and on the top mortar has to be used.
  - 2) If soil is used, it must be deposited equally on every side of the wall at the same time.
  - 3) The embedment depth of the foundation has to be 20 cm.

relevant plans: 002, 006, 007

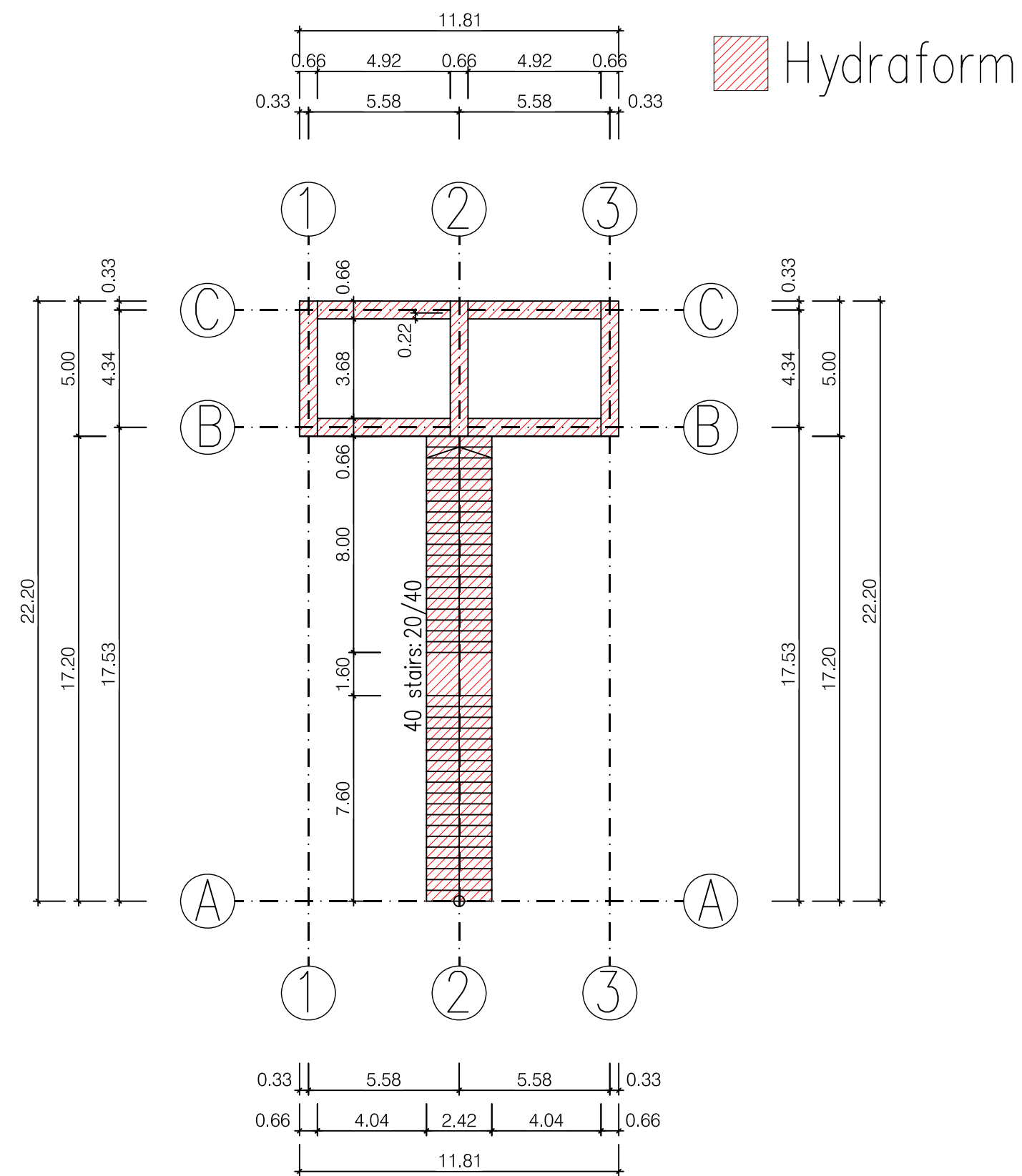
PROJECT	Nuru Stadium Njombe/Tanzania	PLAN NR.	004
Content	Groundplan Standing Sektor	Scale	1:200
Charged	Revised	Approved	Date 06.05.2014
A	B	C	Date
			Changed



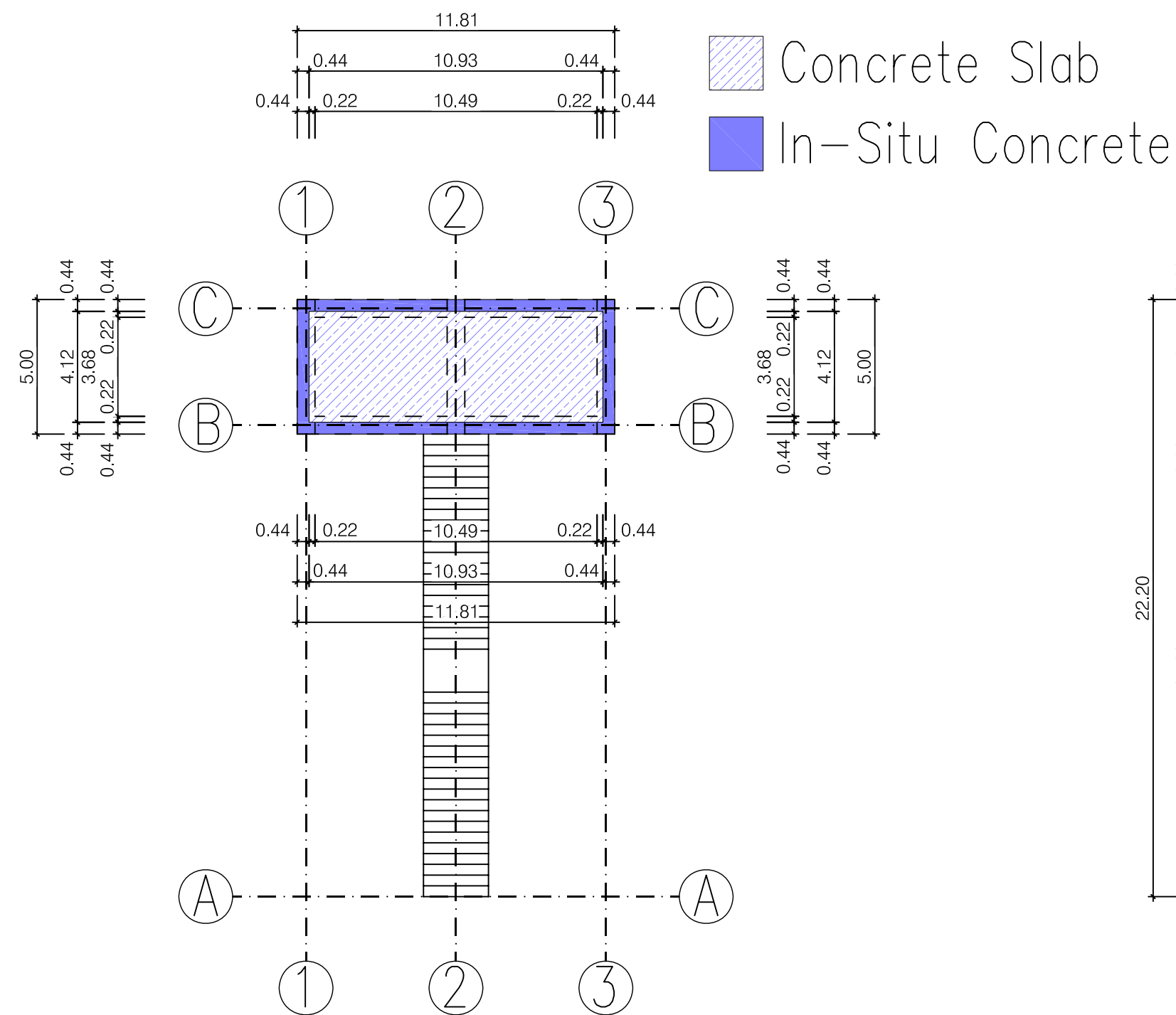
VIP Sektor:  
Groundplan – Foundation



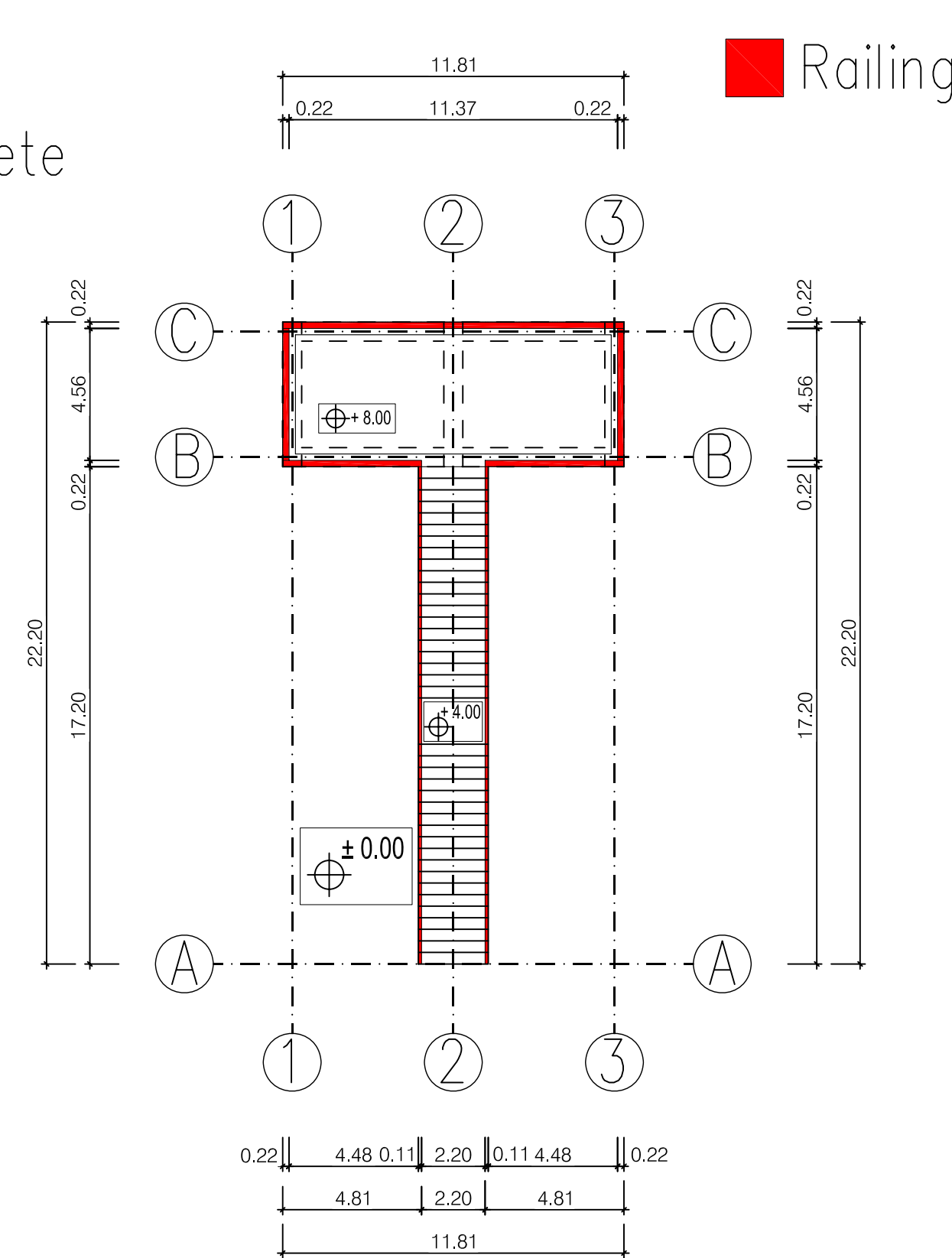
VIP Sektor:  
Groundplan – Hydraform Walls



VIP Sektor:  
Groundplan – Concrete Slabs



VIP Sektor:  
Groundplan – Whole Construction

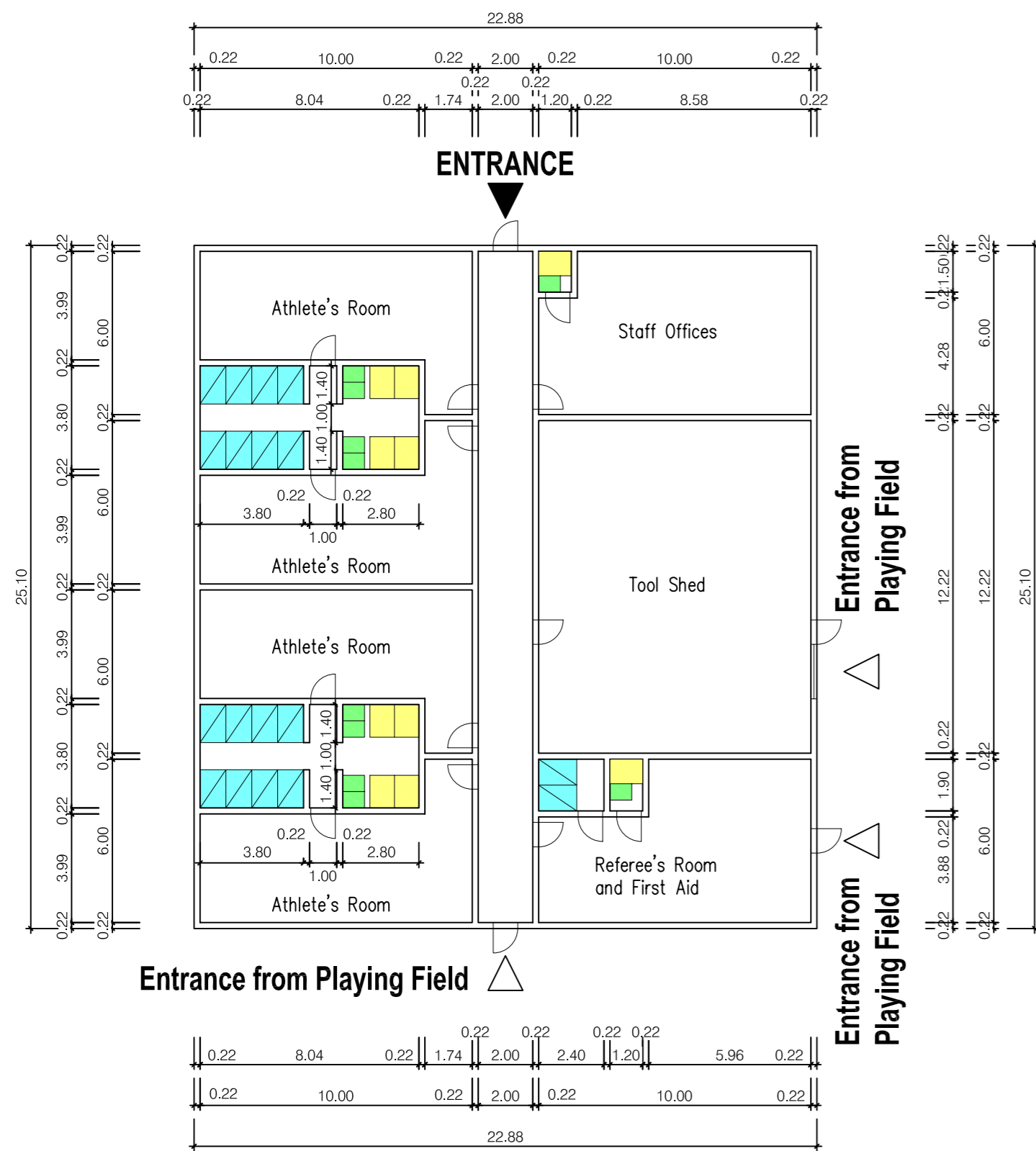


**WE ARE TAKING NO LIABILITY!**  
Comments:  
1) For the first 3 Hydraform brick rows on the bottom and on the top mortar has to be used.  
2) If soil is used, it must be deposited equally on every side of the wall at the same time.  
3) The embedment depth of the foundation has to be 20 cm.

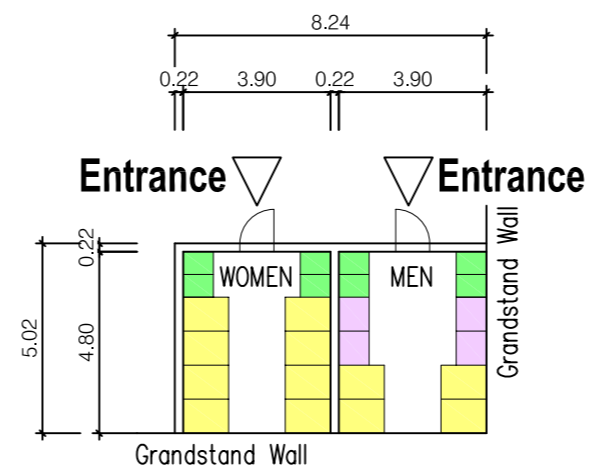
relevant plans: 002, 006, 007

PROJECT		PLAN NR.	
Nuru Stadium Njombe/Tanzania		005	
Content		Scale	
Groundplan VIP Sektor		1: 200	
Changed	Revised	Approved	Area
			06.05.2014
Date		Changed	
A			
B			
C			

# House for Other Facilities: Concept of the Groundplan

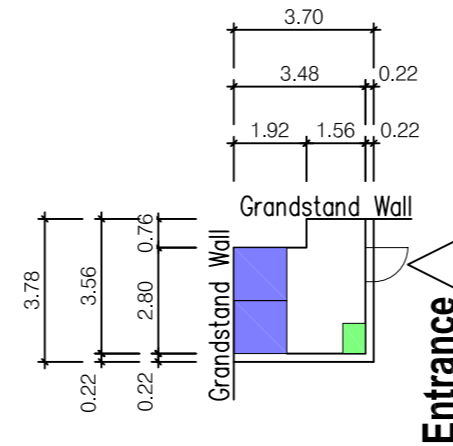


# Standard Toilets: Concept of the Groundplan

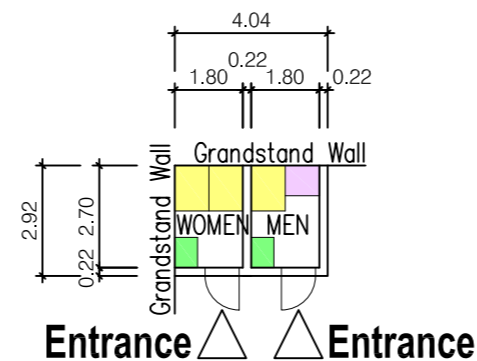


- Shower 90x120 cm
- WC (doors opening outwards) 90x120 cm
- Urinal 90x80 cm
- WC for Wheelchair-Using-Persons 140x140 cm
- Washbasin 60x80 cm

# Toilets for Wheelchair-Using-Persons: Concept of the Groundplan



# Toilets for VIPs: Concept of the Groundplan



**WE ARE TAKING NO LIABILITY!**

Comments:

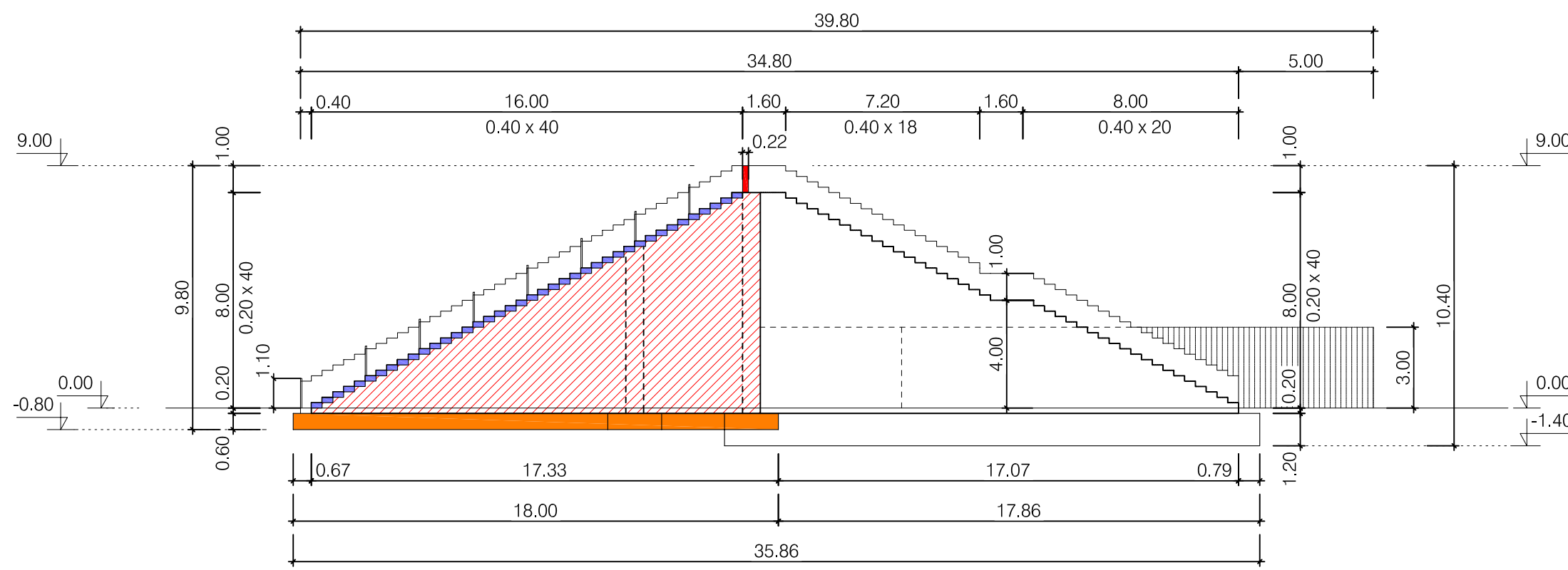
- For the first 3 Hydraform brick rows on the bottom and on the top mortar has to be used.
- The other building and the toilets were only drawn schematically. They were built typically for Njombe.

relevant plans: 002, 003, 004, 005, 007, 008

PROJECT	Nuru Stadium Njombe/Tanzania	PLAN NR.	006
Content	Groundplan Other Facilities, Toilets	Scale	1:200
Changed	Revised	Approved	Date 06.05.2014
Corrections			Date
A			
B			
C			

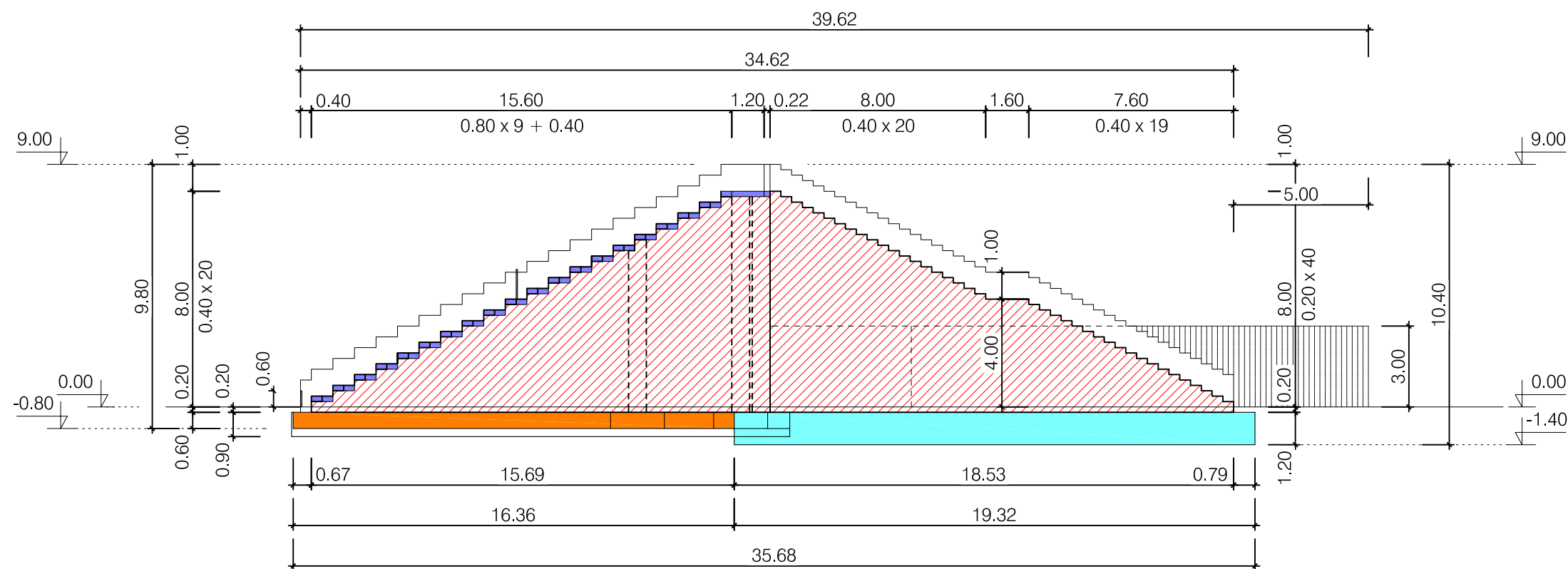
COPYRIGHT ©

### Section A-A:

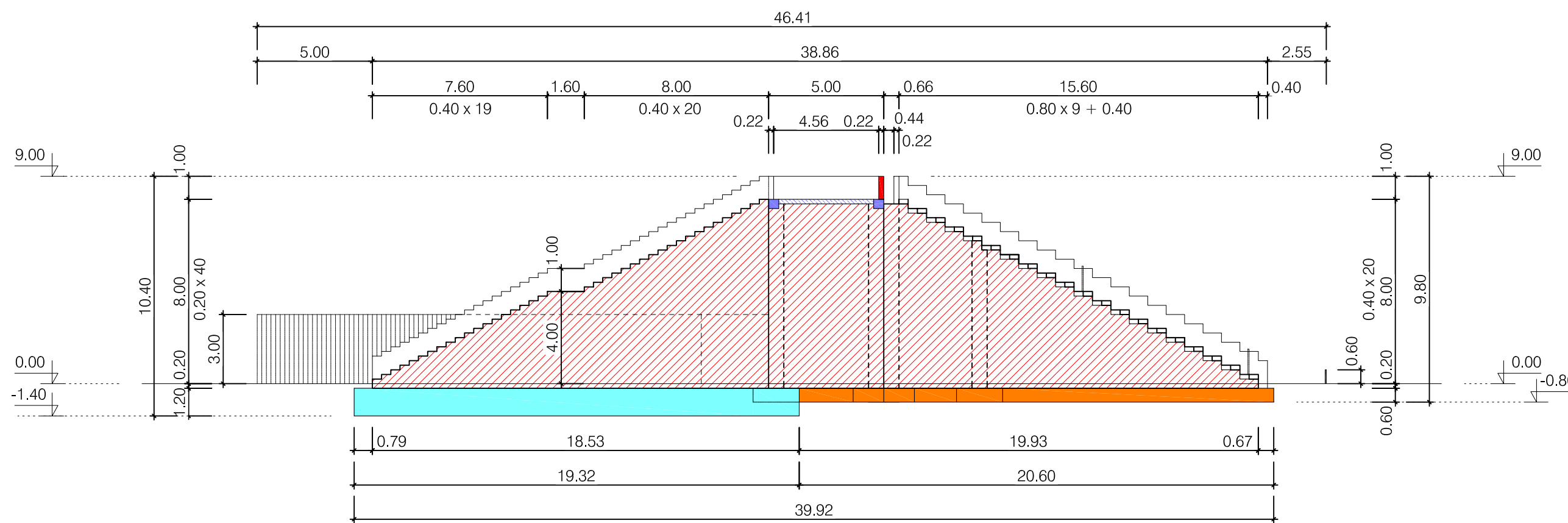


-  Hydraform
-  Concrete Slab
-  In-Situ Concret.
-  Railing
-  Sea Wall
-  60cm thick
-  90cm thick
-  120cm thick

### Section B-B:



### Section C-C:



**WE ARE TAKING NO LIABILITY!**

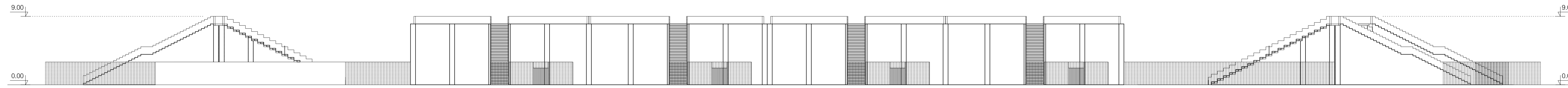
Comments:

- 1) For the first 3 Hydraform brick rows on the bottom and on the top mortar has to be used.
- 2) If soil is used, it must be deposited equally on every side of the wall at the same time.
- 3) The embedment depth of the foundation has to be 20 cm.

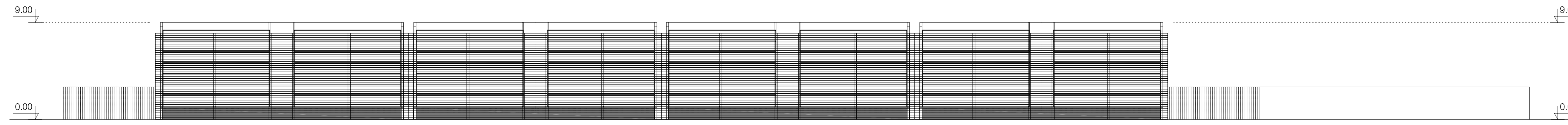
relevant plans: 002, 003, 004, 005, 006, 008

PROJECT		PLAN NR.	
Nuru Stadium Njombe/Tanzania		007	
Content		Scale	
Section A-A, B-B, C-C		1:200	
Changed	Revised	Approved	Date
			06.05.2014
Corrections		Date	Changed
A			
B			
C			

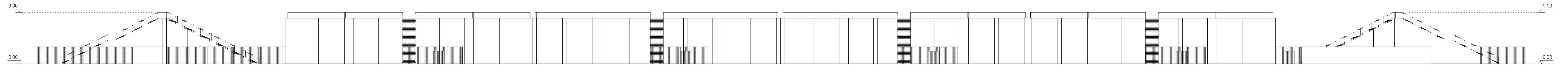
View 1-1:



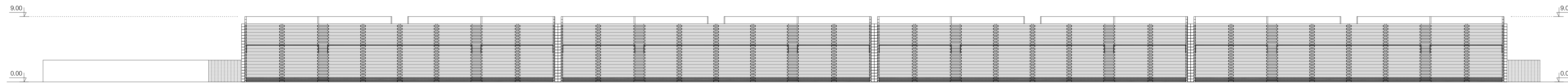
View 2-2:



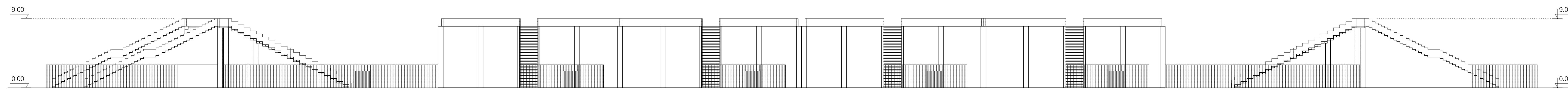
View 3-3:



View 4-4:



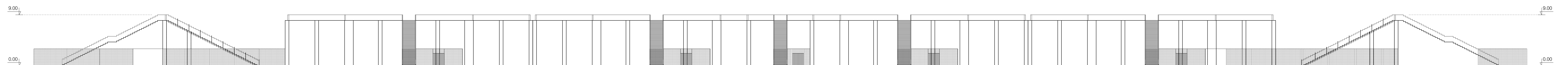
View 5-5:



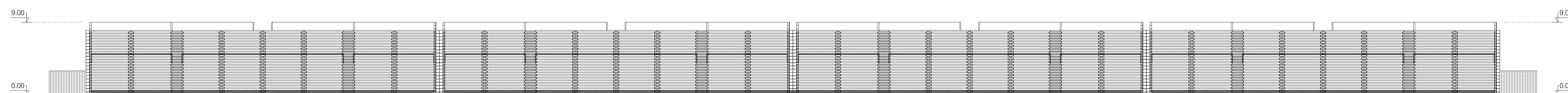
View 6-6:



View 7-7:



View 8-8:



WE ARE TAKING NO LIABILITY!

relevant plans: 002, 003, 004, 005, 006, 007

PROJECT	Nuru Stadium Njombe/Tanzania	PLAN NR.	008
Content	View	Scale	1:250
Changed	Revised	Approved	Area
A	Corrections	Date	06.05.2014
B		Date	Change
C			

COPYRIGHT ©

# Anhang K

Handbuch

# REFERENCE BOOK

Handbuch

## **Nuru Stadium**

WE ARE TAKING NO LIABILITY!

**CONTENT**

- 1 MASTERPLAN ..... 3
  - 1.1 GENERAL ASPECTS..... 3
  - 1.2 CONCEPT A..... 5
  - 1.3 CONCEPT B..... 5
  - 1.4 CHOSE..... 5
  
- 2 PLAYING FIELD AND BATTLE RAIL..... 10
  - 2.1 SOCCER..... 10
  - 2.2 ATHLETIC SPORTS ..... 11
    - 2.2.1 *Running Track*..... 13
    - 2.2.2 *Moat*..... 13
    - 2.2.3 *High Jump Facility*..... 14
    - 2.2.4 *Pole Vault Facility* ..... 14
    - 2.2.5 *Long Jump Facility*..... 14
    - 2.2.6 *Triple Jump Facility*..... 15
    - 2.2.7 *Shot Put Facility*..... 15
    - 2.2.8 *Discus Facility*..... 15
    - 2.2.9 *Hammer Throw Facility*..... 15
    - 2.2.10 *Javelin Throw Facility* ..... 16
  - 2.3 DRAINAGE AND IRRIGATION..... 16
    - 2.3.1 *Drainage* ..... 16
    - 2.3.2 *Irrigation*..... 19
  - 2.4 ELECTRICAL FACILITIES ..... 19
    - 2.4.1 *Lighting* ..... 19
    - 2.4.2 *Speakers*..... 20
  
- 3 GRANDSTAND ..... 20
  - 3.5 THE DRAFT ..... 20
  - 3.6 THE OPTIONS ..... 26

3.6.1 Option 1 ..... 26

3.6.2 Option 2 ..... 27

3.6.3 Option 3 ..... 27

3.6.4 Option 4 ..... 28

3.6.5 Cubature and Costs ..... 30

3.6.6 Chose ..... 31

3.6.7 Calculation of Option 3..... 33

3.7 PLANS..... 47

4 LIST OF REFERENCES ..... 49



# 1 MASTERPLAN

## 1.1 GENERAL ASPECTS

- Playing Field and Battle Rail  
see 2 Playing Field and Battle Rail
- Soccer Training Field

A soccer training field has the same dimensions as a soccer field - 105,00 x 68,00 m. [6]

- Netball Field

The dimension of a netball field is 30,50 x 15,25 m (see Figure 1).

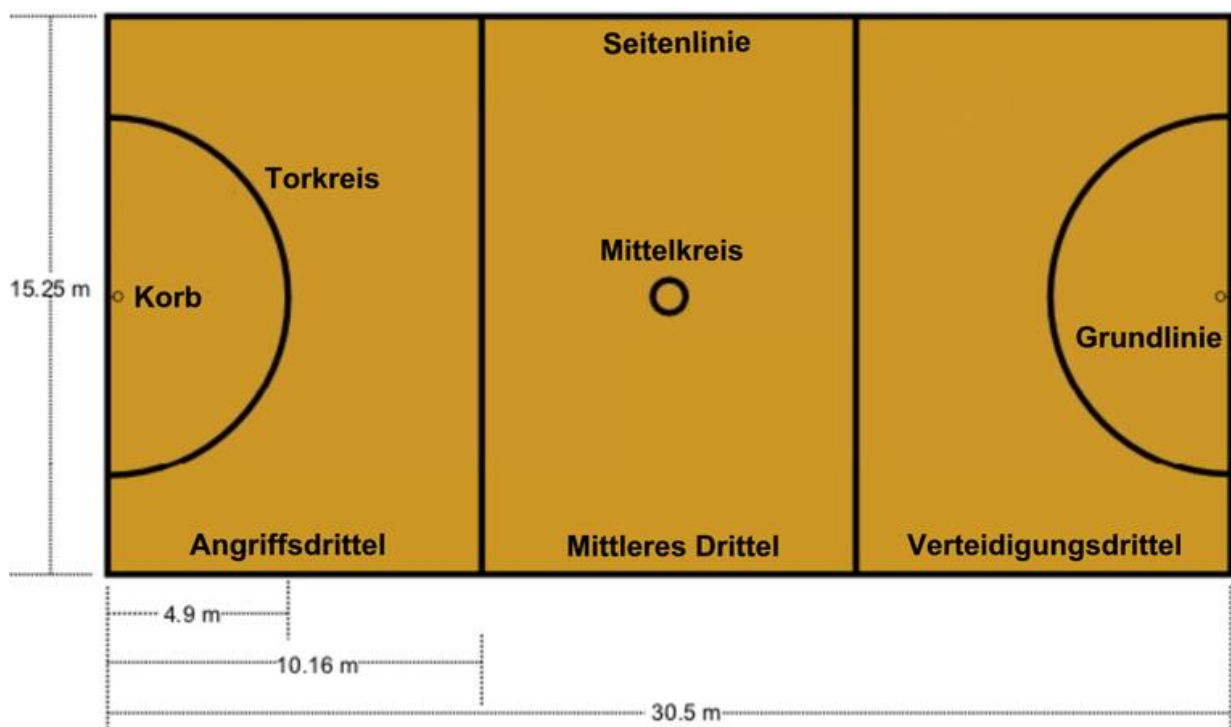


Figure 1: Netball Field [2]

- Multifunctional Playing Field

This field can be used for basketball, handball, tennis and volleyball. The therefore used marks can be evident in Figure 2. The dimensions are 45,00 x 27,00 m.

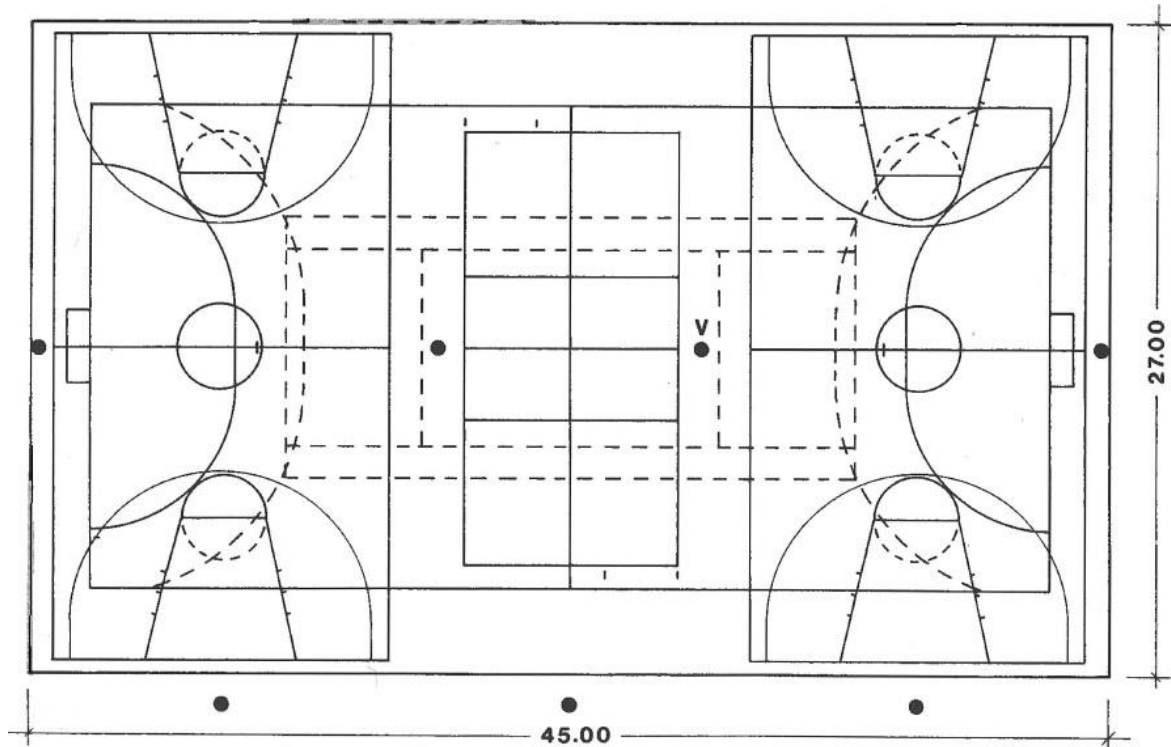


Figure 2: Ground view of a multifunctional playing field [1]

- Parking

The entry and exit should be at least 3,0 m wide and at least 2,5 m when barriers are used. The parking space sizes for cars depend on the arrangement of places and can be seen in the following table. [13]

	Senkrechtaufstellung	Schrägaufstellung		Längsaufstellung
Winkel des Stellplatzes zur Fahrgasse	90 °	60 °	45 °	0 °
Stellplatzgröße für PKW	2,50 m x 5,00 m	2,50 m x 5,00 m		2,30 m x 6,00 m
Barrierefreie Stellplatzgröße für PKW	3,50 m x 5,00 m	3,50 m x 5,00 m		3,50 m x 6,50 m
Fahrgassenbreite	6,00 m	4,50 m	3,50 m	3,00

Table 1: Needed space for car parking [13]

Figure 3 shows two examples of parking arrangements.

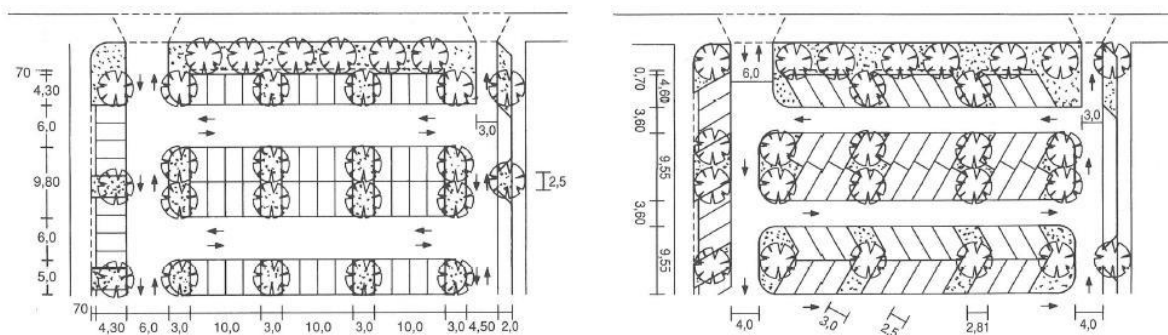


Figure 3: Two examples of car parking arrangements [12]

An area of 2 x 0,7 m is needed for bicycle racks. [14]

The bus parking should be planned according to Figure 4. [12]

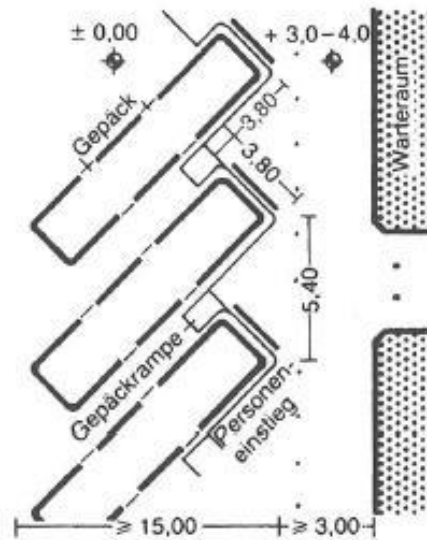


Figure 4: Example for bus parking [12]

## 1.2 CONCEPT A

In concept A the stadium is situated in the middle of the area (see Figure 5). The length axis is positioned approximately in north-south direction, as it should. From the street view the parking space is in front of the stadium and easy accessible. However, the effort for leveling is higher here. The possibilities for executing concept A in dependency of the thickness of the clay bed can be seen in Figure 6.

## 1.3 CONCEPT B

In concept B the stadium is situated in the front of the area from the street view, as can be seen on Figure 7. The length axis is positioned approximately in east-west-direction. This is not optimal. A new street needed to access the parking space, but the visitor stream gets split up. The possibilities for executing concept B in dependency of the thickness of the clay bed can be seen in Figure 8.

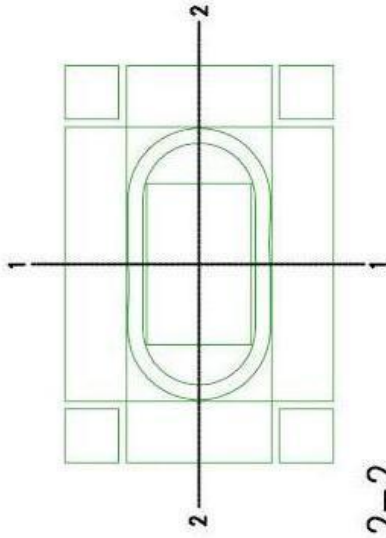
## 1.4 CHOSE

Concept A has been chosen, mainly due to the north-south-direction of the length axis.

The clay bed is between 0,5 and 1,0 m thick. Therefore only possibility 3 can be executed.



# Concept A – section PRELIMINARY



section 1-1

section 2-2

Possibility 1



digged in 13,2 m  
about 40 000 spectators

Possibility 2



digged in 7,5 m  
about 30 000 spectators

Possibility 3

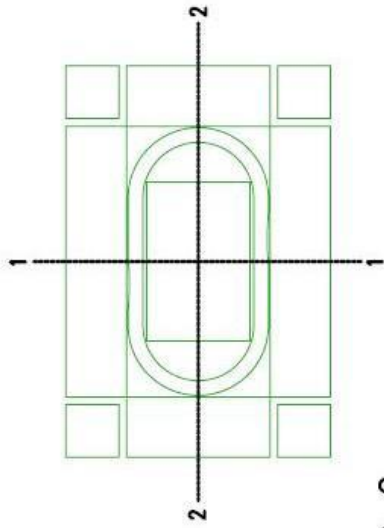


digged in 0 m  
about 25 000 spectators

Figure 6: Possibilities for execution of concept A



# Concept B – section PRELIMINARY



section 1-1



Possibility 1

digged in 15 m  
about 40 000 spectators

section 2-2



Possibility 2

digged in 8 m  
about 33 000 spectators



Possibility 3

digged in 0 m  
about 25 000 spectators



Figure 8: Possibilities for execution of concept B

## 2 PLAYING FIELD AND BATTLE RAIL

In the following the relevant building criteria for this project are summarized.

### 2.1 SOCCER

The field dimensions are 105,00 x 68,00 m and the overall dimensions – playing field and security zone – are 120,00 x 80,00 m (see Figure 9).

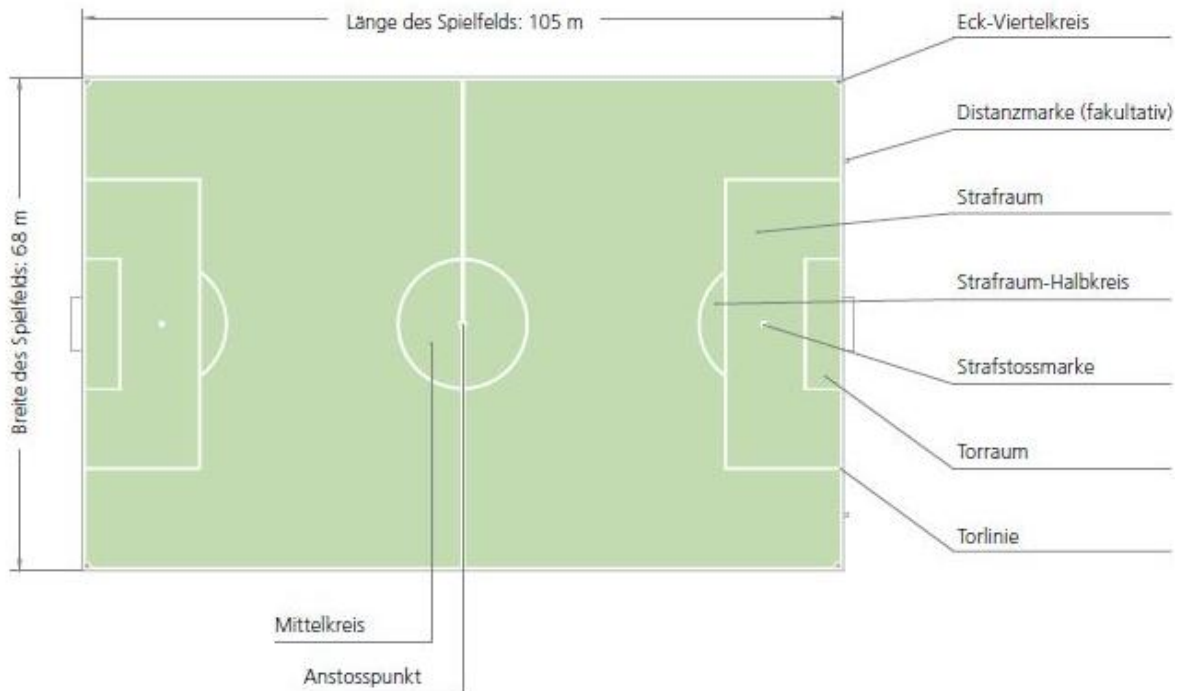


Figure 9: Soccer field [5]

The goal should be 2,44 m high and 7,32 m wide (see Figure 10). [5] The fundamentals for the aluminum goal bars, which have to reach at least until 50 cm under the ground surface, have to be covered by a 4 cm thick soil bed for safety reasons. [4] [9]

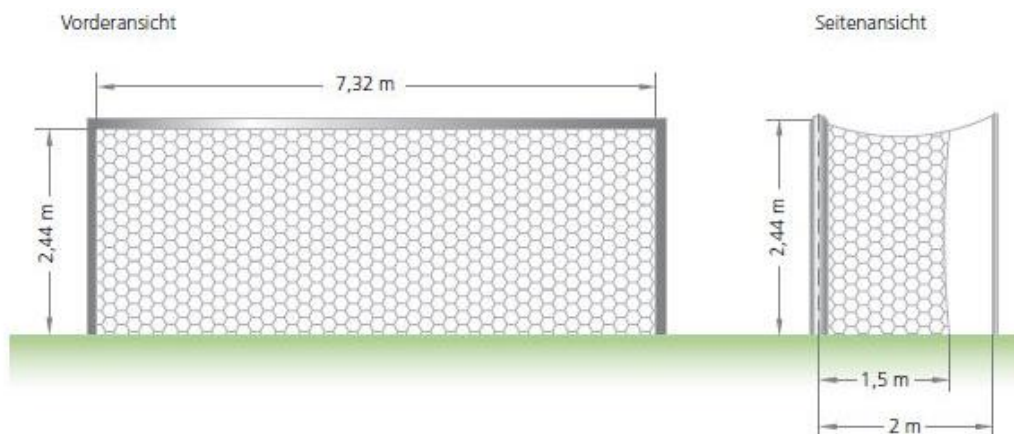


Figure 10: Dimensions of a soccer goal [5]



The 6 limit rods on the edges and on the endpoints of the centre line are constructed the same way as the goal rods. [4]

The substitutes' benches provide space for 15 people each. The minimal distances to the playing ground and to each other are shown in Figure 11. [6]

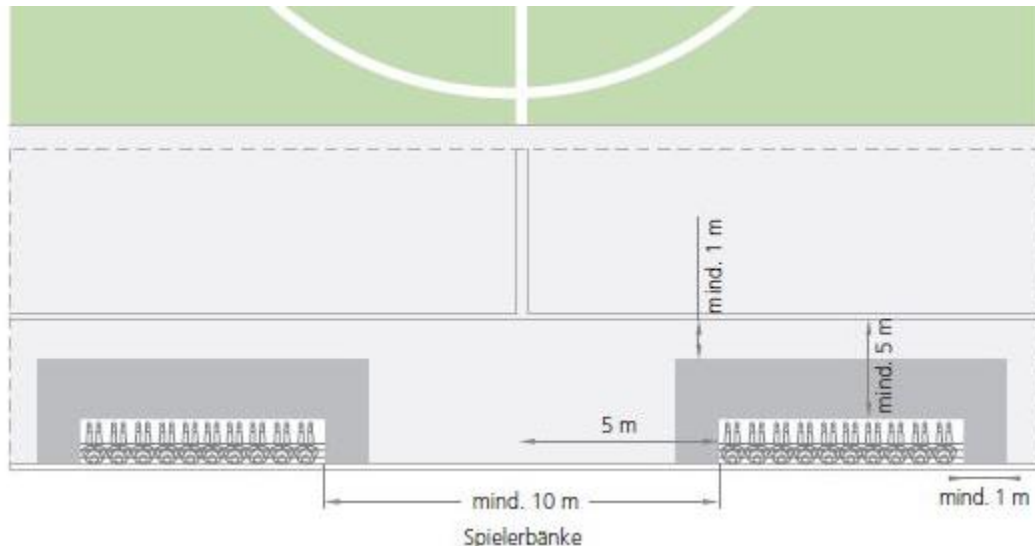


Figure 11: Position of the substitutes' benches [5]

## 2.2 ATHLETIC SPORTS

Athletic facilities are classified into three classes depending on competitiveness: Type A, Type B and Type C. Type A is for national and international athletic competitions. That is why it will be used for the stadium in Njombe. The running track is arranged around the soccer field and consists out of 8 short-distance tracks with a moat for the running events (sprint, middle distance, long distance, relay, hurdles, steeplechase and track walking) and other individual equipment for jumping events (high jump, pole vault, long jump and triple jump) and throwing events (shot-put, discus, hammer throw and javelin throw) in- and outside the arena. Especially the jumping events should be exercised without sun glare. The start-up for the high jump and the pole vault as well as for discus and javelin should be positioned south. The triple jump system can be oriented to the north, south or west. Shot-put is positioned towards east or west for antenna surface and north or south for plastic surface. [1]

All dimensions are shown in Figure 12.

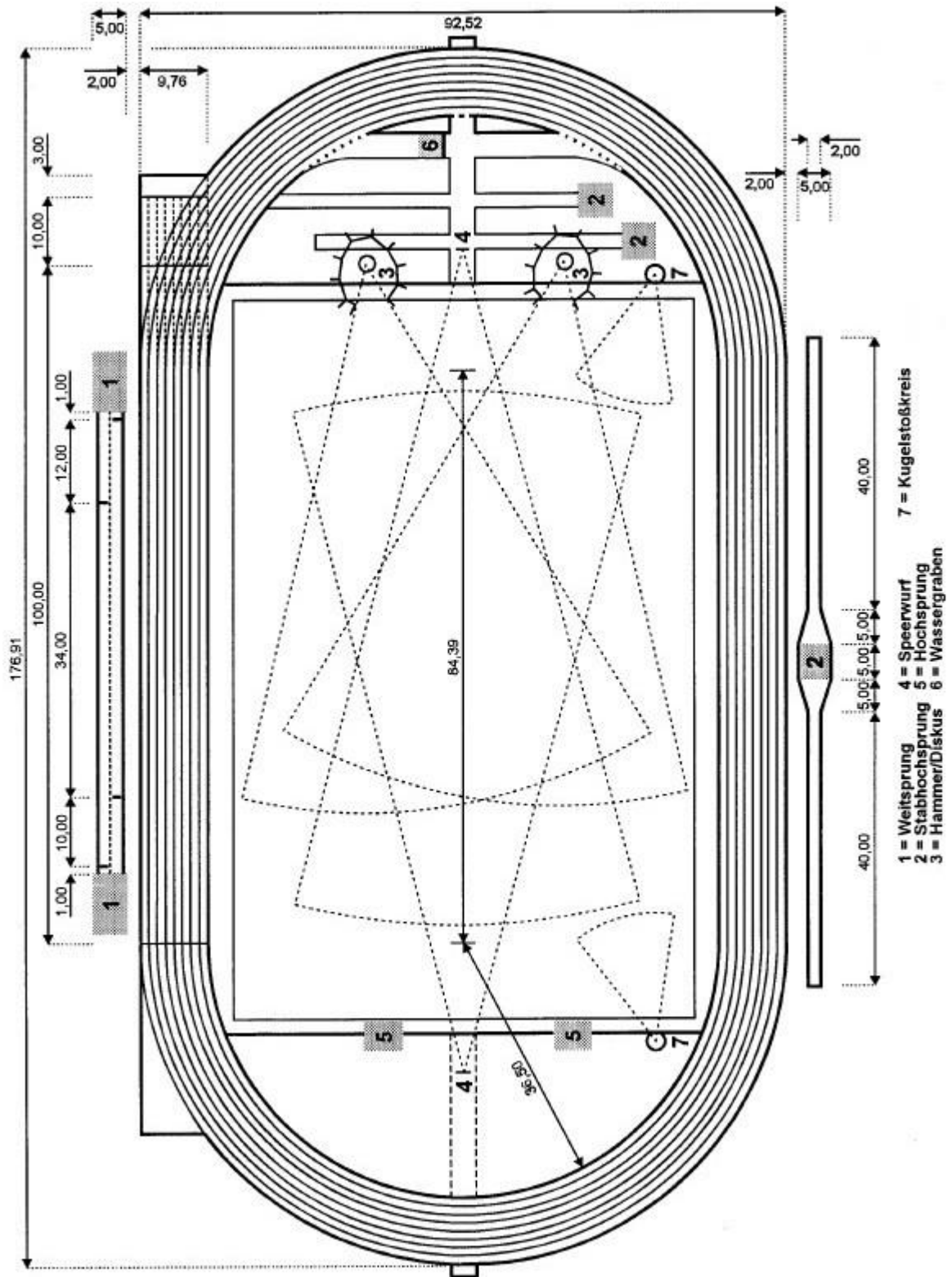


Figure 12: Athletic area typ A [8]

In the following the building criteria for all parts of a battle rail are described.

### 2.2.1 RUNNING TRACK

A running track is 1,22 m wide, but the clear width is 1,77 m because of the 5 cm wide cut marks. Outside the eight running tracks, inside and outside, are 5 cm high and 5 – 25 cm wide edging, with a rounded or broken edge to the track and an integrated drainage. However, dewatering is only necessary on the inside. After the edging a 0,28 m wide safety zone which must be kept clear and separated by a 1,00 m high fence. The cross fall is limited with 1% and in running direction with 0,01%.

The running track further consists out of these layers from top to bottom:

- 4 cm ( $\pm 0,5$  cm) antenna covering from 0/3 mm special fabric
- 6 cm dynamic layer with good teeth from 0/15 mm or 0/ 20 mm with high water storage capacity
- 15 cm base course composed of 3 /32 mm gravel
- 6 cm filter layer of 0 /20 mm sand-gravel mixture
- Base, which degree of compaction has a minimum value of 0,92 and the deformation modulus are  $E_{v2} > 20\text{N/mm}^2$ ,  $E_{v2}/E_{v1} > 2,2$  (or  $E_{v1} > 0.6 \times E_{v2}$ ). [1]

### 2.2.2 MOAT

The moat is part of the 400 m hurdle race and should be placed in the southern part of the battle rail. It is 3,66 m wide and long with a tolerance of  $\pm 2$  cm. The length is measured from the beginning of the hurdle until the end of the moat. That means the moat is a little smaller than the given rate, yet a minimum of 2,50 m.

Its depth is 0,30 m 0,70 m in the front and rises steadily to the top of the track. The barrier beam with a width of 3,66 m is mounted for women at a height of 76,20 cm ( $\pm 0,30$  cm) and for men at a height of 91,40 cm ( $\pm 0,30$  cm). The cross-section of the bar has the dimensions 12,70 x 12,70 cm. [1] A sketch of the moat can be seen in Figure 13.

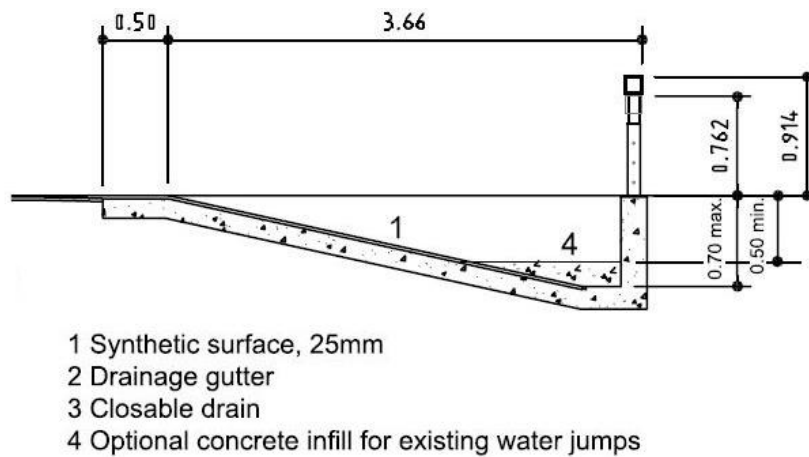


Figure 13: Length section through the moat [16]

### 2.2.3 HIGH JUMP FACILITY

The high jump facility has a semi-circular start-up area with a minimum length of 20 m and a maximum gradient of 0,4%. The landing pad with its minimum dimensions of 5,00 x 3,00 x 0,50 m, has to be placed directly on the northern segment at the edge of the large playing field, in jumping direction to the south. [1]

### 2.2.4 POLE VAULT FACILITY

The pole vault has an approach lane with a minimum length of 40,00 m and a width of 1,22 m ( $\pm 2$  cm). Both sides have to be marked with a 5 cm wide white line. Their gradient in running direction should not be more than 0,1%, and in cross direction not more than 1%. At the end of the runway the injection box for taking-off is situated. Furthermore, a landing area with the minimum dimensions of 5,00 x 5,00 x 0,80 m and a jump rack for the jump bars to exercise pole vaulting is necessary. The distance between the injection box and the landing area should be about 10 to 15 cm. [1]

### 2.2.5 LONG JUMP FACILITY

The long jump system consists of at least one approach lane with take-off boards and landing pit. The approach lane must be at least 40,00 m long and 1,22 m wide, and has to be marked by a 5 cm wide white mark on both sides. The take-off board, with the dimensions 1,21-1,22 x 0,34 x 0,10 m, is situated 20 cm behind the oncoming edge of the landing pit. The take-off board is embedded in the ground. The jump pit should be 2,75 m wide and have a length from the take-off line to the end of the pit of

at least 10 m. It is limited by elastic edging. The pit is filled with sand of grain size from 0,2 mm to 2 mm. [1]

#### 2.2.6 TRIPLE JUMP FACILITY

The dimensions and construction of the pit and the approach lane for the triple jump are the same as the previously described long jump facility, only the take-off board is different. It is located at 11,00 m (women) or 13,00 m (men) to the side edge of the pit. [1]

#### 2.2.7 SHOT PUT FACILITY

The shot put system consists of a pulse circuit and an impact sector where the ball strikes. The inner diameter of the circle is 2,135 m ( $\pm 5$  mm). The border is made out of corrosion-resistant material and in the impact direction there is an arcuate abutment beam with a chord length of 1,21 m. The extensions of the impact sector intersect through the focus of the pulse circuit and the angle of the sector is 34,92°. White markings must be prepared in a right angle to the throwing direction on both sides of the circle, with minimum dimensions of 75 cm long and 5 cm wide. The impact area has to be executed as lawn or antenna pad. [1]

#### 2.2.8 DISCUS FACILITY

Part of the discus throwing area is the discus throw circle, the guard and the throwing sector, as impact area. The inner diameter of the circle is 2,50 m ( $\pm 5$  mm). The details are to be executed like the shot put facility. Also the union sector is the same. The safety net creates a U-shape around the throwing circle; open only in throwing direction. The opening of the net is 6 m wide and the distance from the center of the circle is 7,00 m. The safety net should be at least 4,00 m high, lie 30 cm at the bottom and be able to resist a 2 kg discus flying at a speed of 25 m/s. The net is normally worn by gallow-shaped metal supports. [1]

#### 2.2.9 HAMMER THROW FACILITY

The hammer throw facility differs from the discus throwing facility just in the diameter of the discharge circuit. Here it is 2,135 m ( $\pm 5$  mm) and to be executed like the shot put one. The safety net must be able to resist a 7,6 kg hammer flying at a speed of 32 m/s. [1]

### 2.2.10 JAVELIN THROW FACILITY

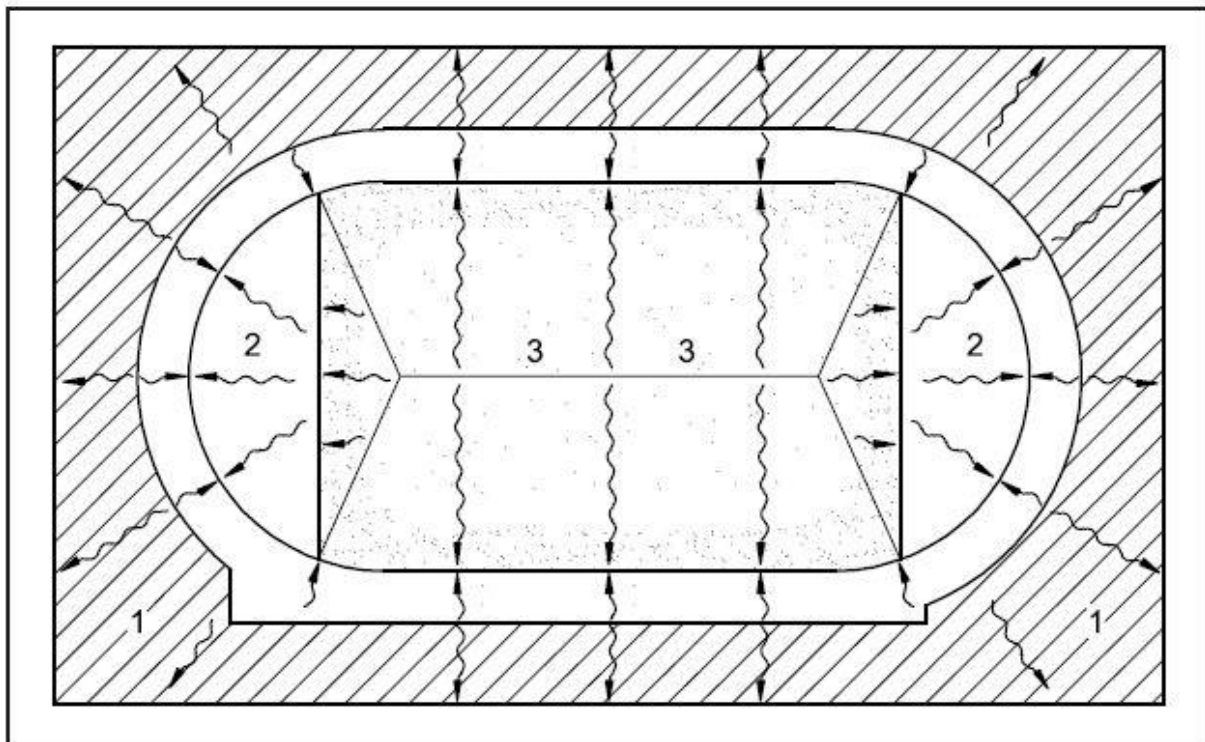
The javelin throwing system consists of an approach lane and a shot sector. The approach lane has to be 30,00 m to 36,50 m long and 4,00 m wide with a 5 cm wide white marking line. The gradient in running direction should be not more than 0,1% and in cross direction not more than 1%. The throwing line is on the same level as the ground and arcuate with a radius of 8,00 m. Wide white lines measuring 0,75 m long and 7 cm have to be drawn at a right angle to the floor at the ends of the throwing line. The shot sector has to be highlighted on the playing field with a 5 cm wide line with an angle of 29°. [1]

Further information can be found in „IAAF Competition Rules 2014-2015“-  
<http://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/rules-regulations#rules> [25].

## 2.3 DRAINAGE AND IRRIGATION

### 2.3.1 DRAINAGE

The foundation of the playing field is the carrier of all overlying loads and layers and has to be flat (maximum deviations of  $\pm 15$  mm from the nominal height permitted). Here leachate is either added or removed via a drainage device. The value of water infiltration has to be between 30-1800 mm/h. If the soil is not sufficiently permeable, a drainage layer between the ground and the grass layer shall be provided. This sends the excess water off by drain section or drain trench. Therefore sand and fine gravel are used and an at least 120 mm thick layer is built. The slope of the drainage and the grass layer must not exceed 1% and has to be executed in the form of a saddle, hipped or pitched roof or diagonal gradient. The groundwater should be, at the lowest point of the entire area, 600 mm under the top edge of the grass layer. The grass layer is a porous, robust and intense rooting layer of different scaffold materials, such as topsoil, sand and rock quantities, as well as additives. It stores a portion of the infiltrating surface water and gives the excess water to the building ground. [4] A draft of the surface drainage can be seen on Figure 14.



- 1 Groundwater, vegetation areas (0.25), paved paths (0.60), asphalted paths (0.80), waterbound paths (0.30)  
 2 Unbound mineral surface (0.50), non-permeable synthetic surface (0.90), permeable synthetic surface (0.50), turf (0.25)  
 3 Turf (0.25), synthetic turf (0.60)

Figure 14: Surface drainage of the athletic area [16]

There are various possibilities to carry out the drainage. Here, one method is described which should be executed in the stadium of Njombe. For all editable soils with insufficient water permeability of the subsoil, the following construction is chosen. Pipe-less drains are built over the building ground at a distance of about 1 to 1,5 m with a width of 50-80 mm and a depth up to 0,3 m. These are filled with a mineral mixture of 2/8 mm to 30 mm and covered by soil. Furthermore, they are connected to a drainage system out of collector rings with cross-connections at a distance of about 10-12 m. The drainage trench sole must be at least 100 mm deeper than the mole drain. Above the drainage layer there is a 80 to 120 mm thick grass layer. [4]

The setup is illustrated graphically in the following figure.

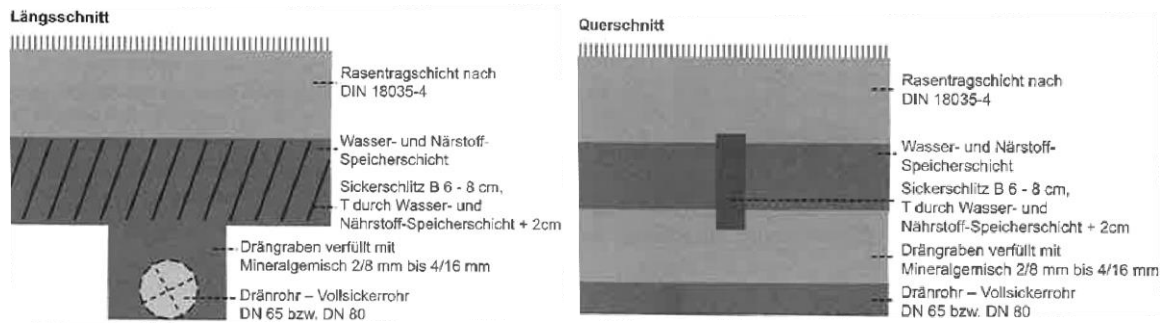


Figure 15: Ground installations [4]

The next figure shows a possible course of the drainage lines.

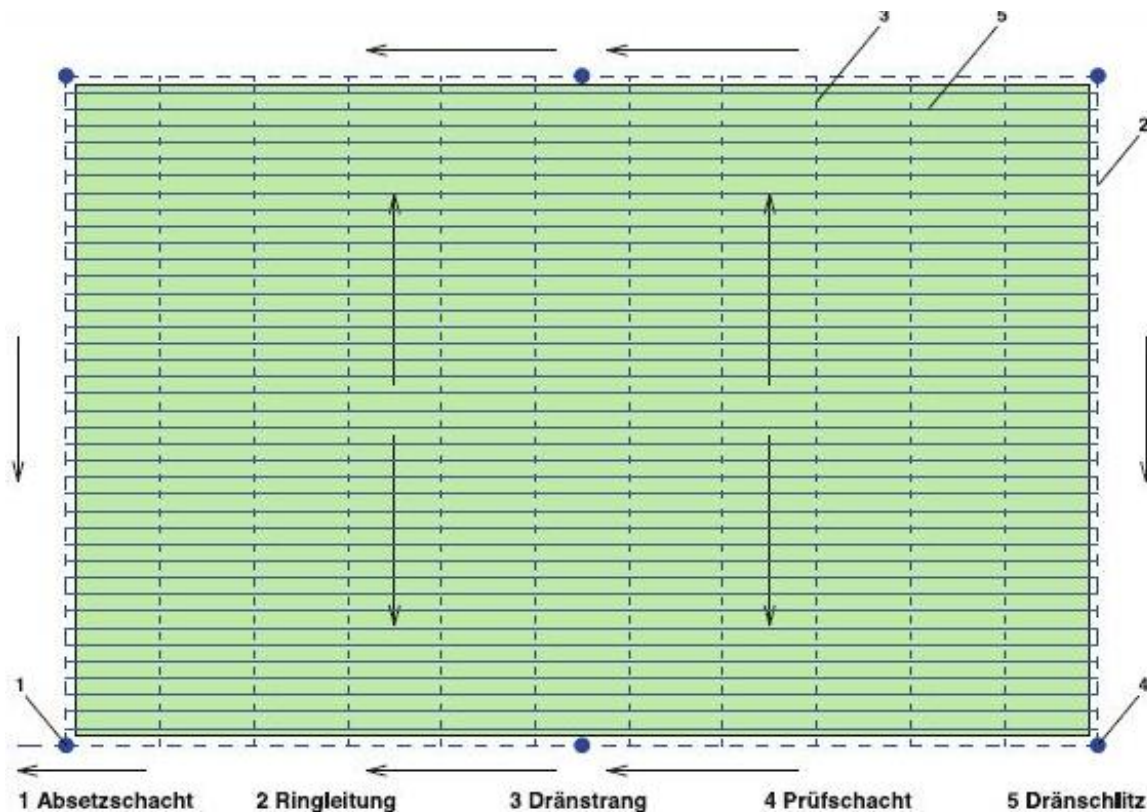


Figure 16: Course of the drainage through the game field background [15]

The collected surface water, leachate water, groundwater, shift water and/or extraneous water (in the collection drainage) have to be derived in the main outfall. The drainage ditches have to be constructed with a gradient of about 0,3%. [4]

Exact regulations for the sporting area can be seen in the IAAF-Regulations. (IAAF-Track and Field Facilities Manual 2008: <http://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/technical#manuals-guidelines>) [16]



### 2.3.2 IRRIGATION

To ensure the growth and the shear strength of the lawn, irrigation should be as uniform as possible, see Figure 17. Drought-resistant grasses such as *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* and *Poa pratensis* should be chosen. [4]

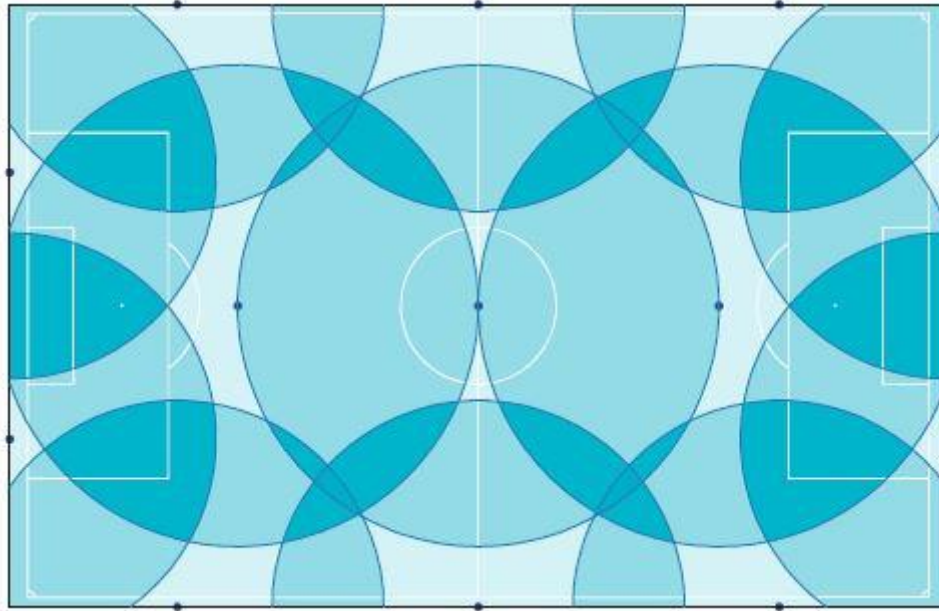


Figure 17: Irrigation of a soccer field [15]

Each playing field must have at least 2 underground hydrants, one on each side of the extension of its field transverse axis (outside the longitudinal boundaries of the field line). They should have a nominal diameter of 50 mm, short NW 50, and have a water supply line with NW 65. The pop-up sprinklers are installed equal surface with a tolerance of -1 cm. [1]

## 2.4 ELECTRICAL FACILITIES

In addition to the electrical supply of the building and grand stands, a security and field lighting and a speaker system should be provided.

### 2.4.1 LIGHTING

For stadia with no roof, lighting has to be arranged in the four corners of the court. [3] An indication of the light spot height can be assumed as follows. The training lighting must be installed in at least 16,00 m height and the competition lighting has to be in  $0,55 \times a$  height, where  $a$  is the distance from the center of the playing area to base of the floodlight. Here  $a$  assumed to be 100,00 m for the calculation. [1] This results in a height of 55,00 m. The illuminance - lux, short lx – is the luminous flux, which is

projected from a light source to a specific area and should be according to FIFA standard about 2000 lx. [10] A further requirement is the uniform brightness and is calculated from the ratio of the lowest to the highest illuminance  $E_{min} : E_{max}$ . The illumination angle of the flood light is between  $5^\circ$  and  $60^\circ$ . Direct and reflected glare should be avoided. Furthermore, the light color, light direction and shadow detail are of importance. The most effective lamps for flood lights are sodium vapor lamps. [11] The space for the lighting is marked in the plans (however no precise calculation or exact planning).

#### 2.4.2 SPEAKERS

The loudspeaker system is used to communicate with the audience, to the dissemination of information and instructions, for the entertainment and advertising and must, in any case, drown background noise. [3] There are three options for speaker placement: center speaker, partially split speakers, complete split speakers. [3] In order to save cable routes and installation work the position of the speaker has been chosen to be equal to the position of the light poles for the stadium in Njombe.

### 3 GRANDSTAND

#### 3.5 THE DRAFT

To maximize the efficiency of the planning, some organisation diagrams have been modeled. One for the ways of the viewers (Figure 18) and one for the ways of the officials such as athletes, referees and staff (Figure 19).

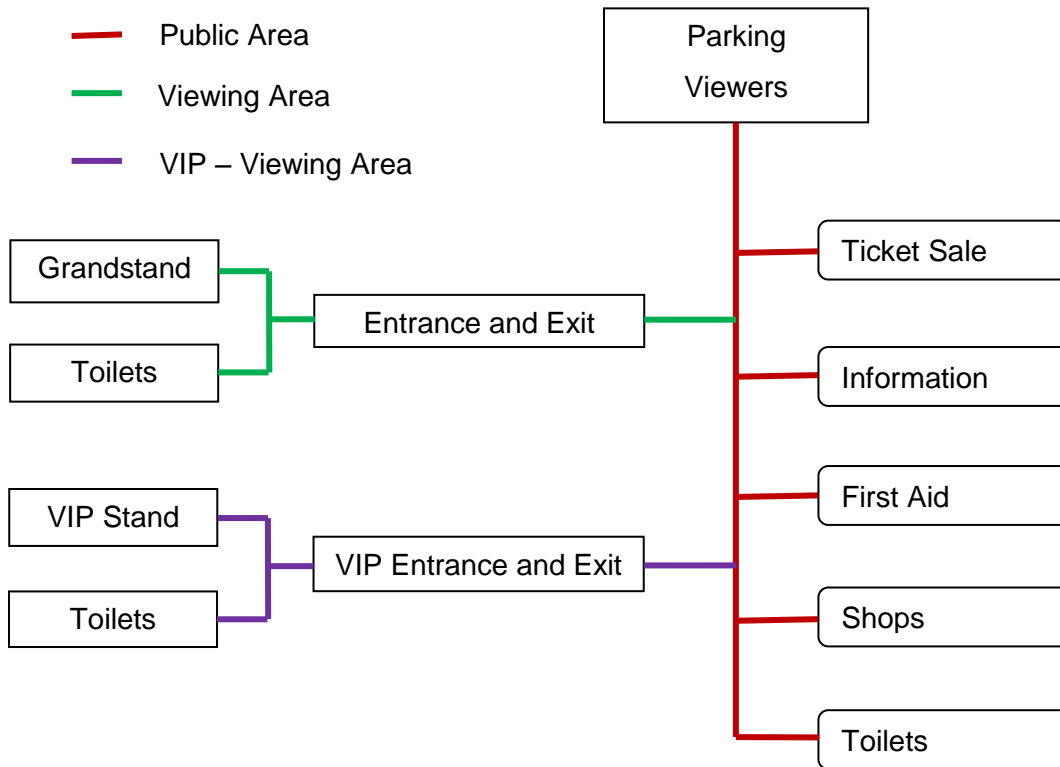


Figure 18: Organisation diagram for the viewers

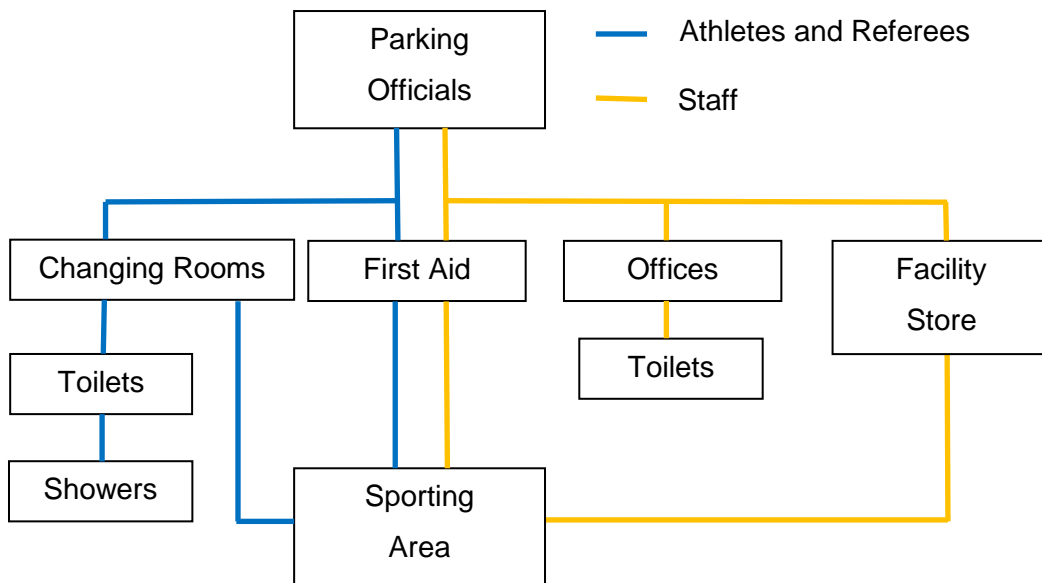


Figure 19: Organisation diagram for the officials

The length stand (east and west) only contains sitting places. The cross stand (north and south) only contains standing places.

Every sector of the length stand will be built separately. Between every sector an element gap has to be built. For the cross stand 2 sectors are one element. Between 2 sectors an element gap has to be situated.

The area for people with wheelchairs, commentators, journalists and VIPs are situated on the west stand.

The following figure shows the scheme of the stadium.



Figure 20: Scheme of the stadium

- Length stand

There is room in one sector for 1.600 spectators. 6.400 people can occupy one length stand. For one sector 8 women’s toilets and 4 basins as well as 4 WCs, 4 urinals and 4 basins for men are needed.

In Figure 21 a sector for sitting places is shown.

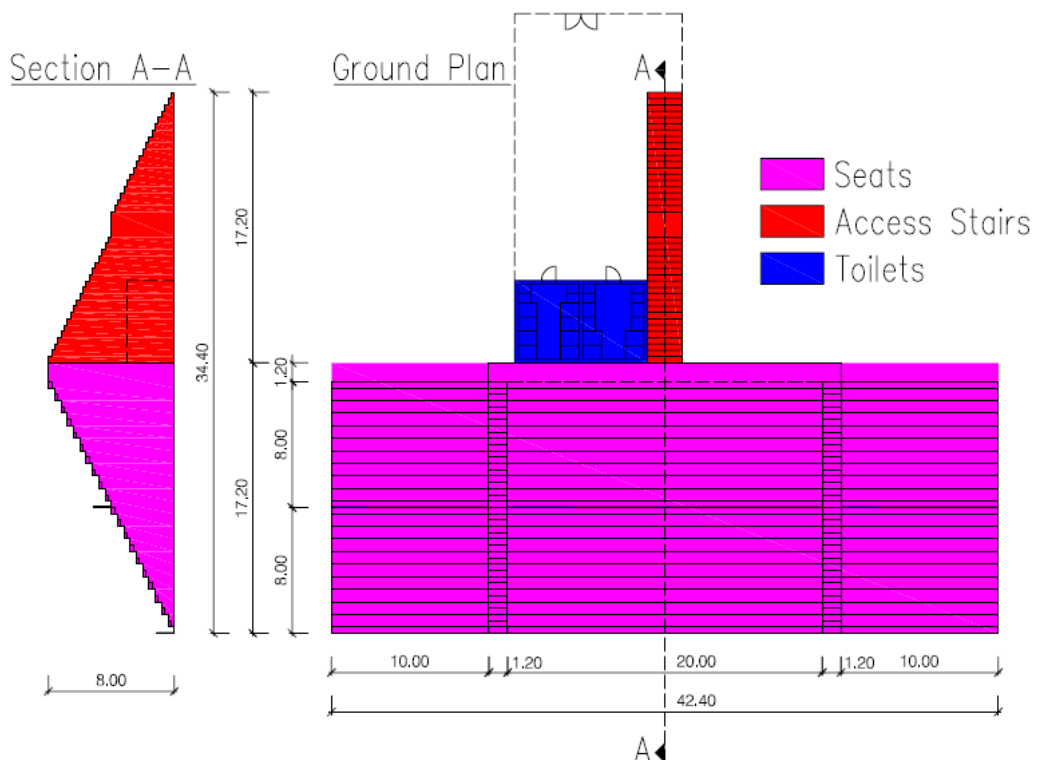


Figure 21: Sector for sitting places

	sitting sector	length stand
dimension [m]	<b>42,40 x 17,20 x 8,00</b>	<b>169,60 x 17,20 x 8,00</b>
places	<b>1.600</b>	<b>6.400</b>

- cross stand

There is room for 1.640 spectators in one sector. One length stand can hold 6.560 people. For one sector 8 women’s toilets and 4 basins as well as 4 WCs, 4 urinals and 4 basins for men are needed.

In Figure 22 a sector for standing places is shown.

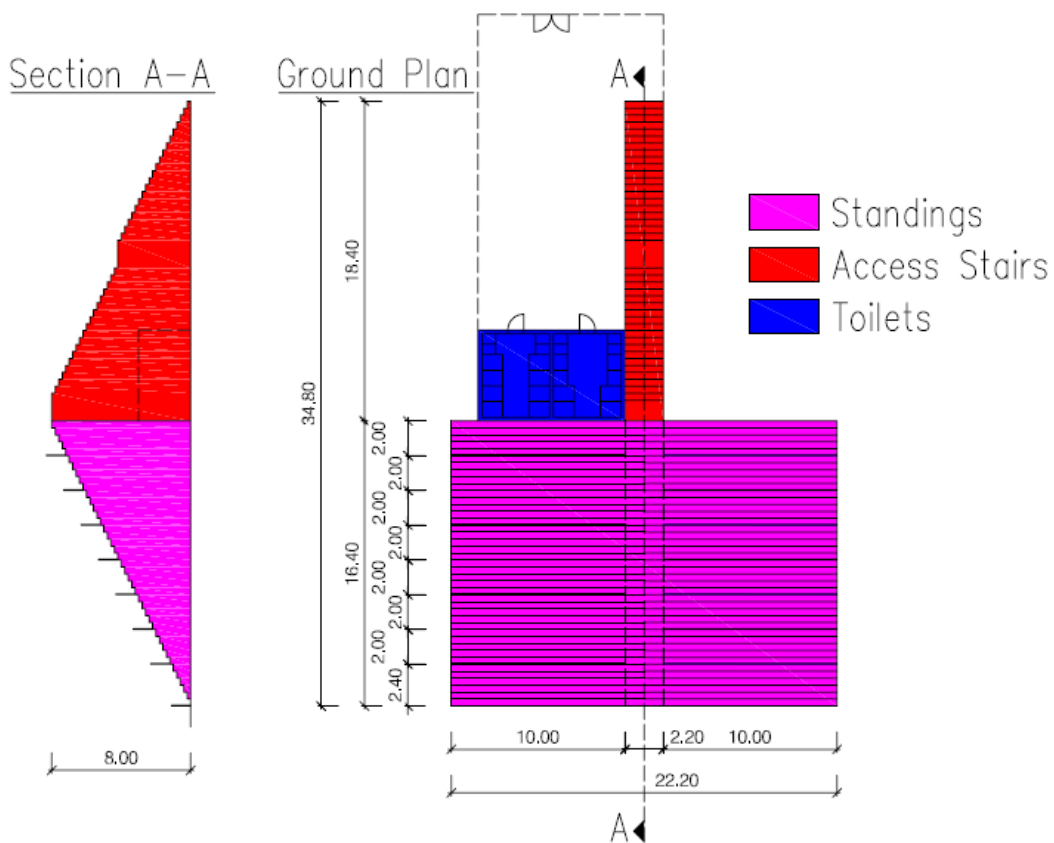


Figure 22: Sector for standing places

	sitting sector	standing sector
dimensions [m]	<b>22,20 x 16,40 x 8,00</b>	<b>88,40 x 16,40 x 8,00</b>
places	<b>1.640</b>	<b>6.560</b>

- special places

For the VIP sector (VIP, commentator and journalists) 2 toilets and 1 basin are needed for women as well as 1 WC, 1 urinal and 1 basin for men.

For the sector of people with wheelchairs 2 toilets and 1 basin are needed.

In Figure 24 a scheme of the west stand is shown.

- capacity

#### 25.864 places without commentators, journalists und VIPs

- other facilities

The other building is needed for the athletes, referees, first aid team and other staff.

There are 4 changing rooms for the athletes, each measuring 60 m<sup>2</sup>. Two changing rooms share one shower room. One shower room contains 8 showers, 4 basins and 4 toilets. The referee changing room is 60 m<sup>2</sup> and contains 2 showers, 1 basin and 1 toilet. This room is used as the first aid room as well. Therefore, there is a second entrance needed to and from the sports area.

For the offices an area of 60 m<sup>2</sup> is planned. This also contains 1 toilet and 1 basin.

The storage room has to have a separate gate to the sporting area and should be about 120 m<sup>2</sup>.

In Figure 23 a draft of the building can be seen.

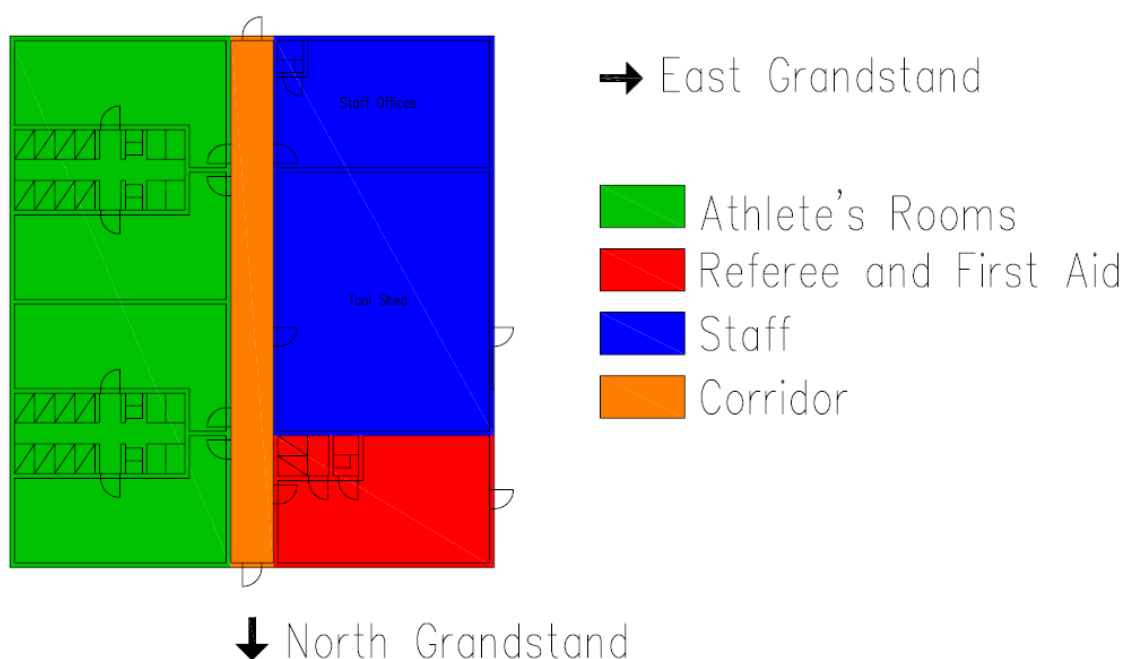


Figure 23: Draft of the building for other facilities

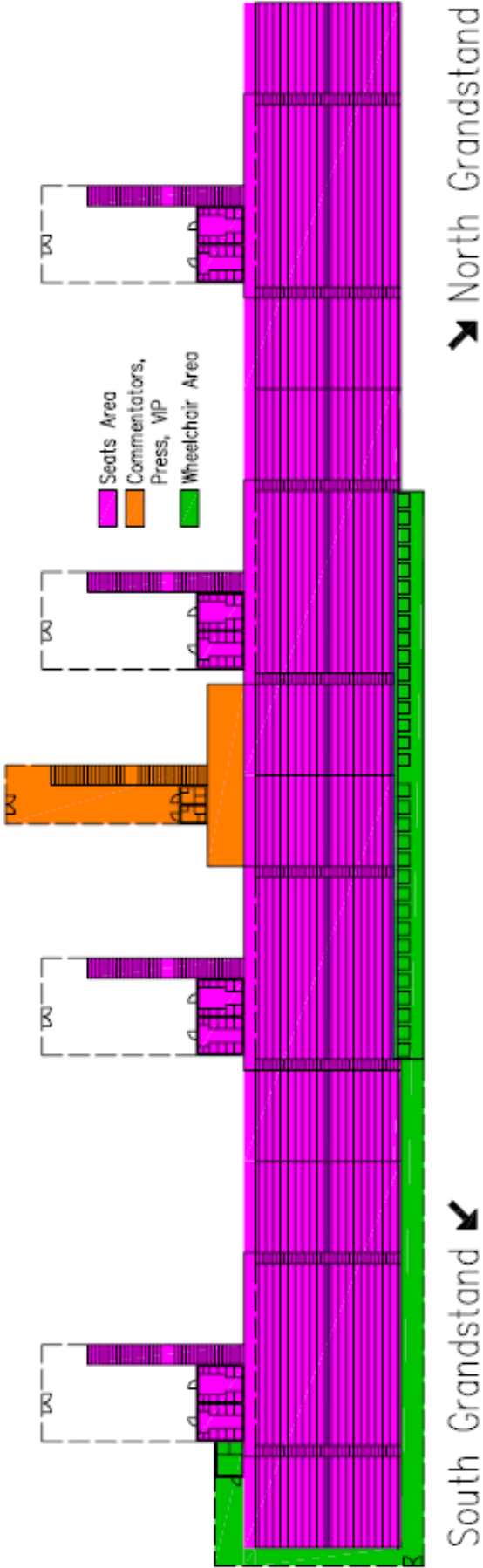


Figure 24: Scheme of the west stand

### 3.6 THE OPTIONS

Option 1 uses brickwork and soil. Option 2 uses reinforced concrete for the outer layer instead of brickwork. In option 3 no soil is used because of the high forces that come from the soil. In option 3 brickwork walls and horizontal reinforced concrete parts are used for the sitting and standing places. Option 4 only uses reinforced concrete and no other material.

For the brickwork Hydraform is to be used. Regulations therefore can be seen on homepage of the company: [www.hydraform.com](http://www.hydraform.com) [21]

#### 3.6.1 OPTION 1

Hydraform is used for all walls, sitting and standing bleachers and the stairs. In between there is compressed soil. In Figure 25 and Figure 26 the concept of the construction can be seen.

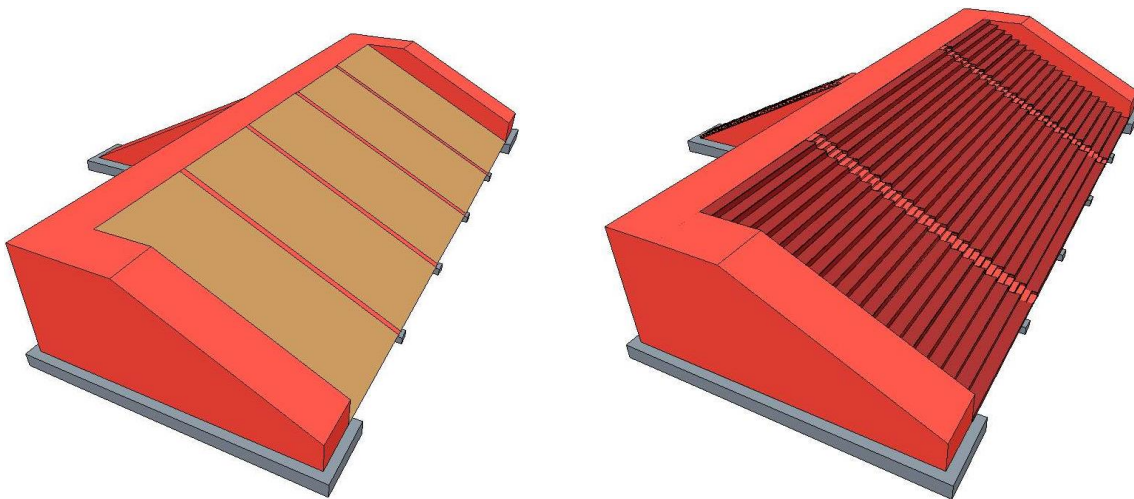


Figure 25: Length stand with (right) and without (left) sitting surface

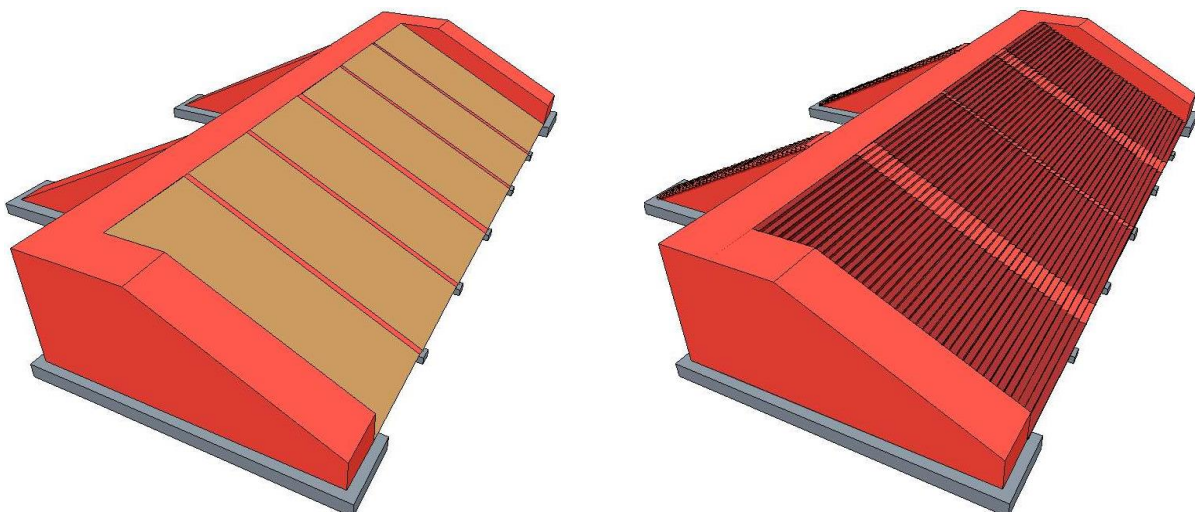


Figure 26: Cross stand with (right) and without (left) standing surface



The walls have to be 3,52 m thick.

This option should not be built. The material parameters are not clear and a lot of things have been assumed. In addition a lot of bricks and soil is needed.

### 3.6.2 OPTION 2

In this option the outside wall is made out of reinforced concrete because of the huge dimensions of the brick wall in opinion 1. Everything else is same as in opinion 1. In Figure 27 and Figure 28 the concept of the construction can be seen.

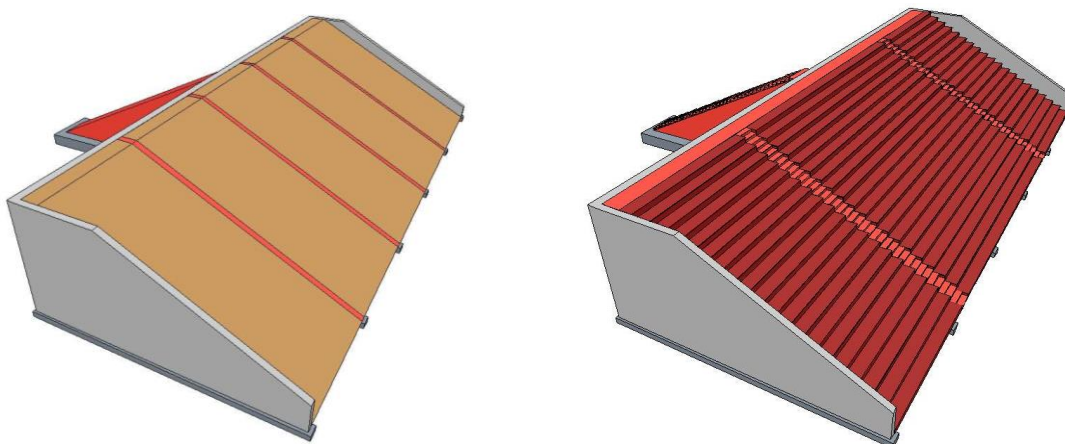


Figure 27: Length stand with (right) and without (left) sitting surface

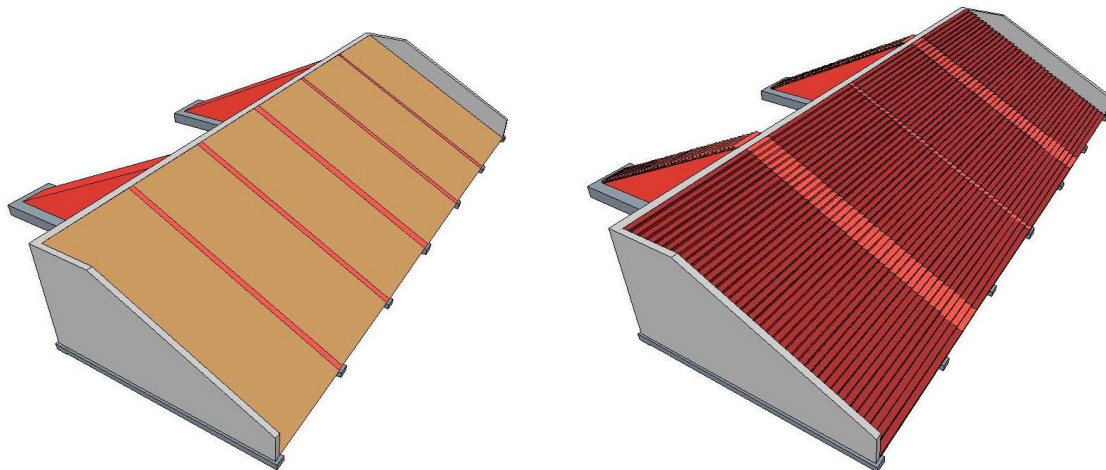


Figure 28: Cross stand with (right) and without (left) standing surface

The concrete walls have to be between 40 and 60 cm thick but there is a lot of reinforcement in them. Due to the high forces from the soil and the needed know-how to build reinforced concrete walls like those shown, we do not recommend this option.

### 3.6.3 OPTION 3

To get refrain from causing high force on the walls, no soil is used in this option. Without the use of soil horizontal reinforced concrete bars have to be placed for the

sitting and standing stairs. All the walls are made out of Hydraform. In Figure 29 and Figure 30 the concept of the construction can be seen.

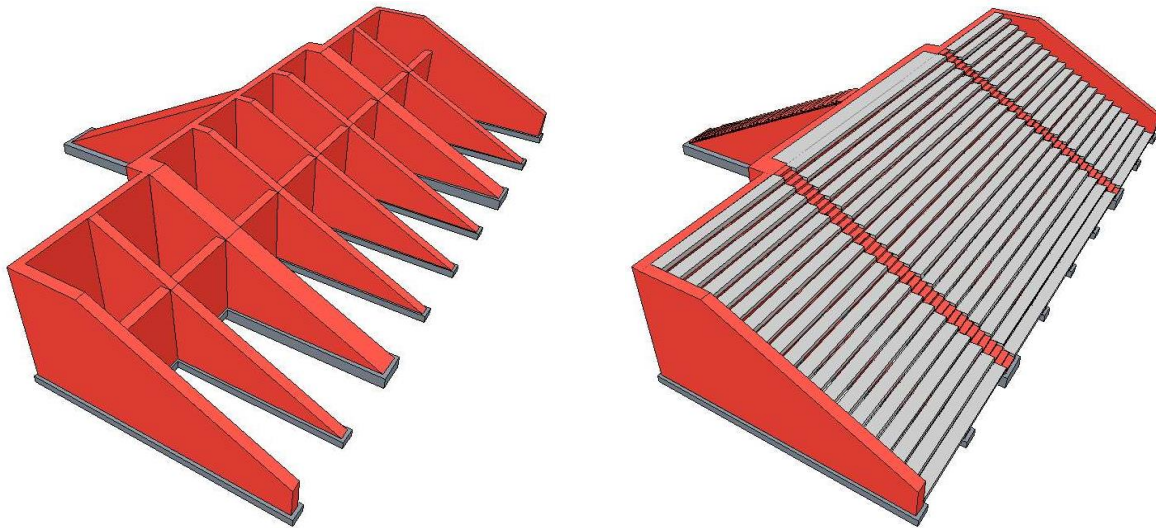


Figure 29: Length stand with (right) and without (left) sitting surface

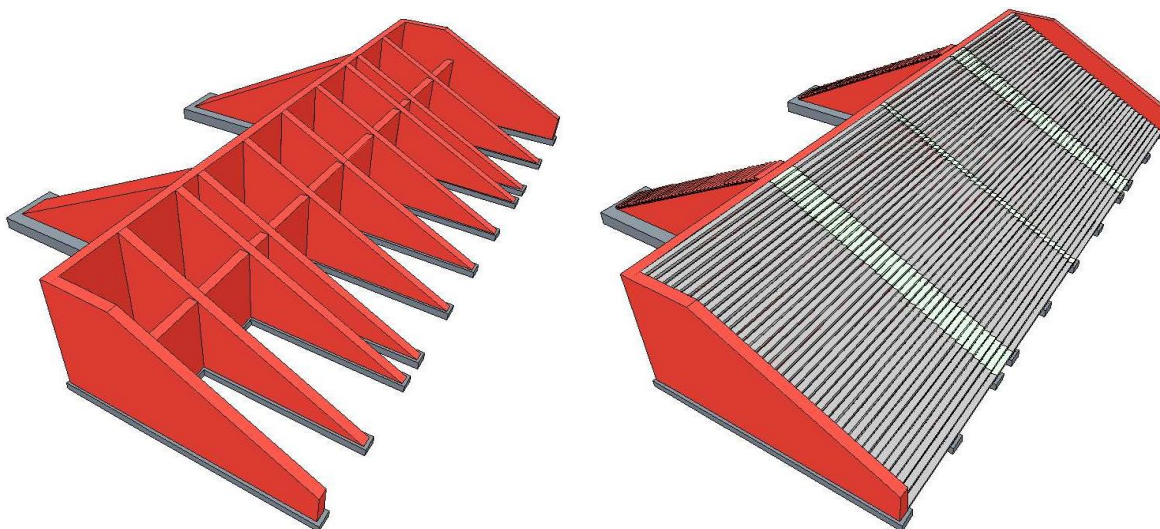


Figure 30: Cross stand with (right) and without (left) standing surface

The walls are 66 cm thick and the concrete bars 20 cm high.

In this option no soil is used, which means less workload. The use of reinforced concrete has been reduced to a needed minimum.

#### 3.6.4 OPTION 4

For this option only reinforced concrete is used for all walls and bars. In addition no soil is used in this option. In Figure 31 and Figure 32 the concept of the construction can be seen.

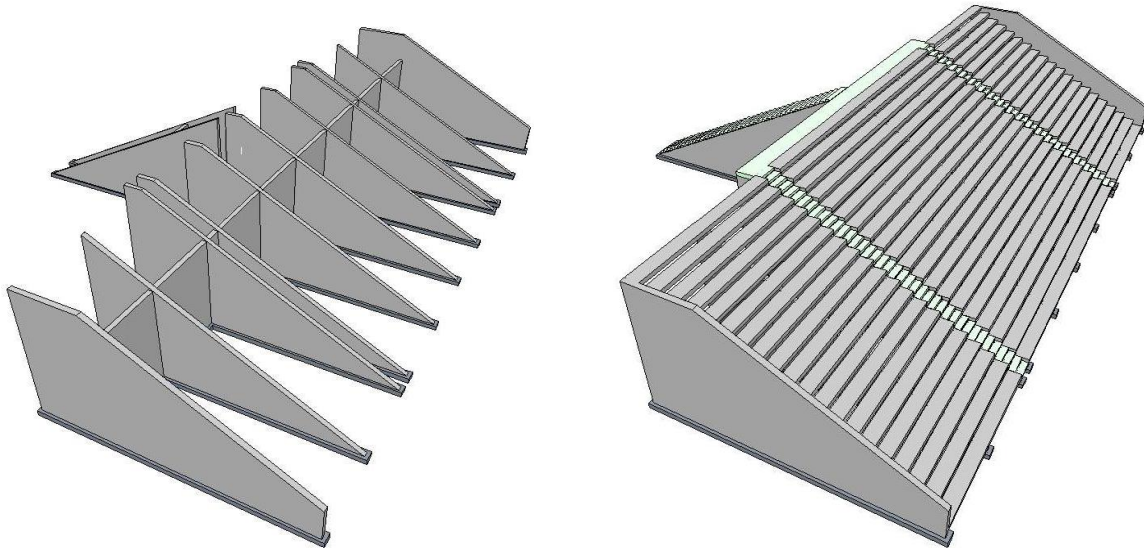


Figure 31: Length stand with (right) and without (left) sitting surface

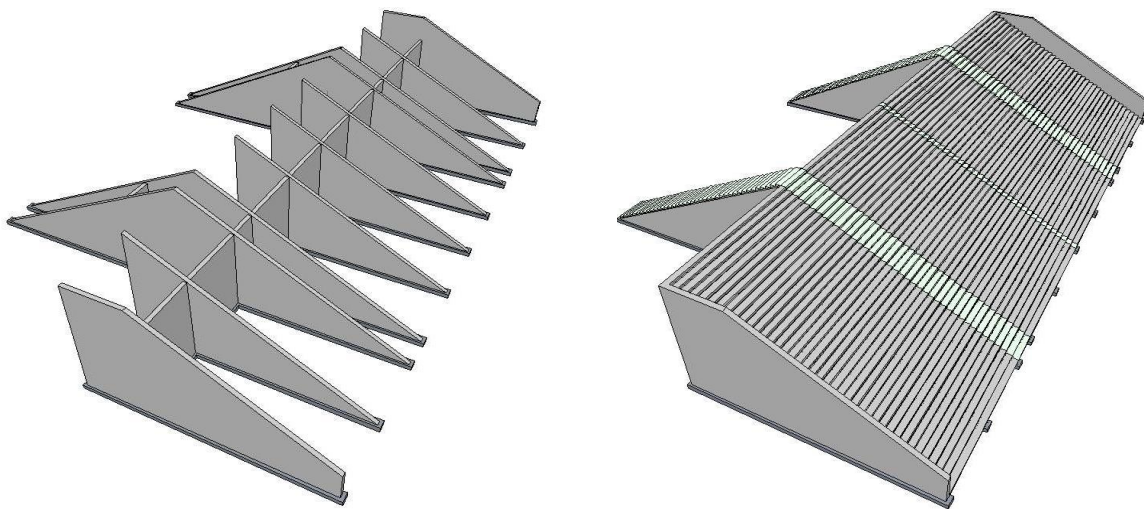


Figure 32: Cross stand with (right) and without (left) standing surface

The walls are 25 cm thick and the horizontal bars are 20 cm high. A very small amount of reinforcement is needed.

For concrete and steel exact material parameters are available. That means the calculation can be done more precisely. However, know-how is needed to build a reinforced concrete building like this.



Reinforcement:	Ø 8/m	16.000 TZS/m: 0,395 kg/m
	Ø12/m	24.000 TZS/m: 0,888 kg/m
	Ø16/m	35.000 TZS/m: 1,580 kg/m

Average:

25.000 TZS/m: 0,954 kg/m = 26.206 TZS/kg = **12,15 EUR/kg reinforcement**

Assumption: **100 kg reinforcement per m<sup>3</sup> concrete**

In the next table the cubature for the brickwork, soil, concrete and reinforcement as well as the costs for the concrete and reinforcement can be seen for all options.

### 3.6.6 CHOSE

Option 3 has been chosen. Reasons therefore are that option 1 is insecure because of the used material and the high force. The cost of the reinforced concrete is higher for option 2 and 4 compared to option 3. The bricks can be produced directly on the building site and the staff is familiar with this material. The stands can be built in more steps, if needed.

	Hydraform [m³]	Soil [m³]	Reinforced Concrete				Total [EUR]
			Concrete [m³]	Concrete [EUR]	Reinforcement [kg]	Reinforcement [EUR]	
O 1	Length Grandstand	8 991,42	-	-	-	-	x
	Cross Grandstand	5 068,83	-	-	-	-	x
	<b>Total</b>	<b>28 120,50</b>	<b>33 203,20</b>	-	-	-	-
O 2	Length Grandstand	1 620,26	1 064,96	139 168,97	106 496,00	1 293 926,40	x
	Cross Grandstand	1 242,45	543,68	71 048,10	54 368,00	660 571,20	x
	<b>Total</b>	<b>5 725,41</b>	<b>33 203,20</b>	<b>420 434,15</b>	<b>321 728,00</b>	<b>3 908 995,20</b>	<b>4 329 429,35</b>
O 3	Length Grandstand	4 381,70	531,20	69 417,22	53 120,00	645 408,00	x
	Cross Grandstand	2 389,46	287,36	37 552,20	28 736,00	349 142,40	x
	<b>Total</b>	<b>13 542,30</b>	-	<b>213 938,84</b>	<b>163 712,00</b>	<b>1 989 100,80</b>	<b>2 203 039,64</b>
O 4	Length Grandstand	-	1 558,90	203 716,53	155 889,60	1 894 058,64	x
	Cross Grandstand	-	887,78	116 015,35	88 778,20	1 078 655,13	x
	<b>Total</b>	-	<b>4 893,36</b>	<b>639 463,76</b>	<b>489 335,60</b>	<b>5 945 427,54</b>	<b>6 584 891,30</b>

Table 3: Cubature and costs

### 3.6.7 CALCULATION OF OPTION 3

- Execution

For the length stand just one sector has been calculated (each sector is a separate building). For the cross stand 2 sectors were calculated (2 sectors are a separate building)

Calculations were done manually with excel-sheets and RFEM (a Finite Element program).

- Calculation concept [19]

All calculations were done with the in Austria common norms and codes.

The ultimate limit state (ULS) and the serviceability limit state (SLS) were used for the calculation.

Ultimate Limit State (ULS):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,j} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Serviceability Limit State (SLS):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

In which G means permanent load, P is the load of prestressing, Q means variable load,  $\gamma$  are the factors of safety and  $\Psi$  the factors of combination.

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

- Type of use [19]

A stadium is an area with assemblage of people. This means category C5 with this factors of combination:

$$\Psi_0 = 0,70$$

$$\Psi_1 = 0,70$$

$$\Psi_2 = 0,60$$

- Characteristic values of the material

#### Hydraform:

Two different types of bricks were assumed for the calculation. No characteristic values of the material are known so the following have been assumed:

$$f_b \text{ von } 10 \text{ N/mm}^2 \text{ (pressure)} \quad \tau = 0,15 \text{ N/mm}^2 \text{ (shear)}$$

$$f_b = 5 \text{ N/mm}^2 \text{ (pressure)} \quad \tau = 0,20 \text{ N/mm}^2 \text{ (shear)}$$

For the calculation with RFEM concrete C12/15 have been taken (Hydraform can't be simulated).

$$\text{Specific weight } \gamma_{\text{hydraform}} = 20,60 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Factor of safety for the material } \gamma_M = 2,50$$

#### Reinforced concrete: [19]

Concrete C25/30 and steel BSt 550 were used for the calculation of reinforced concrete.

$$\gamma_{M,\text{concrete}} = 1,50$$

$$\gamma_{M,\text{steel}} = 1,15$$

$$\gamma_{rc} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \text{ (specific weight of reinforced concrete)}$$

#### Soil:

$$\gamma_{\text{Soil}} = 20,10 \text{ kN/m}^3$$

- Loads [19] [20]

Here we differentiate between

- permanent loads such as deadweight and
- variable loads like live load and wind.

#### Live load:

The live load for category C5 is  $q_k = 6 \text{ kN/m}^2$ .

#### Wind:

Here the wind loads have been calculated:

$$\text{Assumption: } v_b = 25 \text{ m/s}$$



$$\rho_{\text{Air}} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = 0,5 \times \rho \times v_b^2 = \underline{0,40 \text{ kN/m}^2}$$

### External pressure on the vertical wall:

The external pressure depends on the different zones on the walls (Figure 33), the factors of external pressure (Table 4) and the previously calculated  $q_b$ .

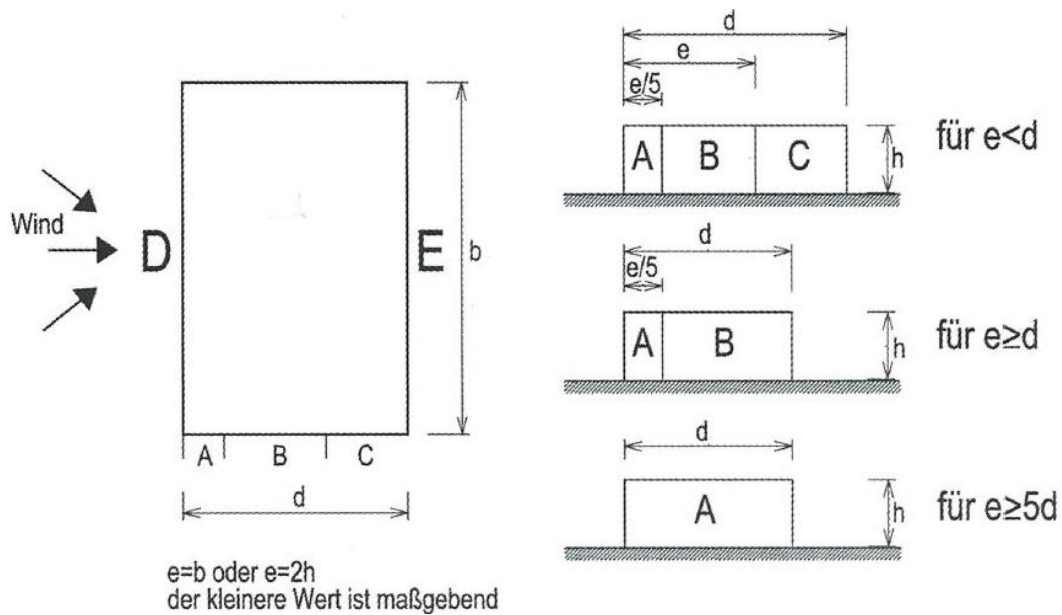


Figure 33: Zones for the wind load – vertical walls [23]

$$e = 2 \times h = 16 \text{ m}$$

$$e/5 = 3,20 \text{ m}$$

$h/b \leq 0,5$ and $d/b \leq 0,2$				
A	B	C	D	E
-1,0	-0,7	-0,4	+0,8	-0,25

Table 4: Factors for the external pressure [23]

Load on the zone = factor of the external pressure  $c_{pe,10} \times q_b$

$$A = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$D = +0,32 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,10 \text{ kN/m}^2$$

For the calculation the maximal value for pressure and undertow have been used:

$$q_{\text{undertow}} = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{pressure}} = +0,32 \text{ kN/m}^2$$

### External pressure on the roof (sitting and standing areas):

The calculation is the same as the external pressure on vertical walls. The zones are shown in Figure 34 and the factors for external pressure are in Table 5 and Table 6.

$\alpha = 26,50^\circ \rightarrow \sim 30,00^\circ$  has been chosen

$\alpha$	wind direction $\Theta = 0^\circ$						wind direction $\Theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							

Table 5: Factors for the external pressure (wind direction  $\Theta = 0^\circ$  und  $\Theta = 180^\circ$ ) [23]

$\alpha$	wind direction $\Theta = 90^\circ$									
	$F_{\text{hoch}}$		$F_{\text{tief}}$		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2

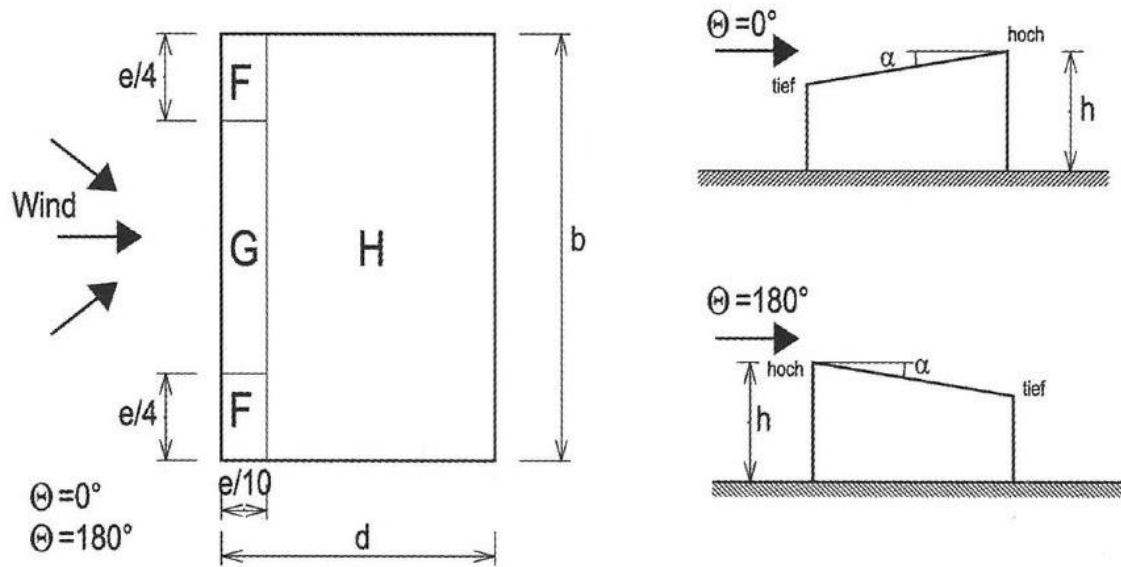
Table 6: Factors for the external pressure (wind direction  $\Theta = 90^\circ$ ) [23]

$C_{pe,10}$  has been used because it is ideal for areas with more than 10 m<sup>2</sup>.

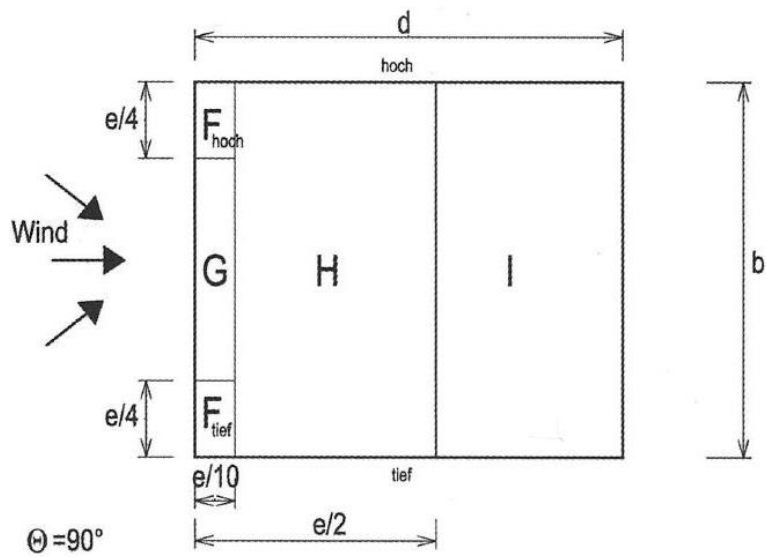
For the calculation the maximal value for pressure and undertow were used:

$$q_{\text{undertow}} = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{pressure}} = +0,28 \text{ kN/m}^2$$



$e=b$  oder  $e=2h$   
 der kleinere Wert ist maßgebend



$e=b$  oder  $e=2h$   
 der kleinere Wert ist maßgebend

Figure 34: Zones for the wind load – roof [23]

Deadweight:

Specific weights:

$$\gamma_{soil} = 20,10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{hydraform} = 20,60 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{concrete} = 25,00 \text{ kN/m}^3$$

- Proofs

#### Reinforcement:

These proofs were taken through the program RFEM with ULS.

#### Displacement:

The maximal displacement has been calculated as well with RFEM (SLS).  
The displacement should not be more than  $l/200$ .

#### Stability:

The stability calculation has been done manually and with RFEM. The load factor should be bigger than 1 for the proof.

### **Stability of brickwork (Eurocode 6) [17]**

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} = f_{xd} \times Z$$

$f_{xd}$  = bending stress

$Z$  = elastic modulus of resistance

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{8,00 \times 0,66^3}{12} = 0,19166 \text{ m}^4$$

$$Z = W = \frac{I}{0,33} = 0,5808 \text{ m}^3$$

$$f_{xd,1,app} = f_{xd,1} + \sigma_d$$

$$f_{xd,1} = 0,00$$

$$\sigma_d \leq 0,15 \times N_{Rd}$$

$\sigma_d$  = pressure stress

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{8}{450} = 0,0178 \text{ m}$$

$$h_{ef} = \rho_n \times h = 1,00 \times 8,00 = 8,00 \text{ m}$$

$\rho_n = 1,00$  (assumption)

**For the foot point:**

$$N_{Ed} = 243,86 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = 4,86 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 18,72 \text{ kNm/m}$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05 \text{ t}$$

$$e_{he} = 0,00$$

$$e_i = 0,0946 \geq 0,033$$

$$\phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t} = 0,7134$$

$$N_{Rd} = \phi \times t \times f_d$$

$$\text{for } f_d = 2.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 941,74 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{for } f_d = 4.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 1.883,48 \text{ kN/m}^2$$

**For the middle of the wall:**

$$N_{Ed} = 170,44 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 4,80 \text{ kNm/m}$$

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{he} + e_{init} = 0,04596 \text{ m}$$

$$e_{he} = 0,00$$

$$e_{mk} = e_m + e_k = 0,0502 \geq 0,033$$

$$e_k = 0,002 \times \phi_\infty \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t \times e_m} = 0,0042$$

$$\phi_\infty = 1 \text{ (assumption)}$$

$$\phi_m = 1 - 2 \frac{e_{mk}}{t} = 0,8479 \text{ m}$$

$$N_{Rd} = \phi \times t \times f_d$$

$$\text{for } f_d = 2.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 1.119,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{for } f_d = 4.000 \text{ kN/m}^2 \quad N_{Rd} = 2.238,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{d(\min)} = \frac{170,44}{0,66} = 258,24 \text{ kN/m}^2$$

$$0,15 \times N_{Rd(\min)} = 0,15 \times 941,74 = 141,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_d \leq 0,15 \times N_{Rd}$$

$$\sigma_d = 141,26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = f_{xd,1,app} = f_{xd}$$

$$M_{Rd} = f_{xd} \times Z = 82,04 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed(\max)} = 18,72 \frac{\text{kNm}}{\text{m}} \leq M_{Rd} = 82,04 \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

Proof has been taken.

### Dynamic:

The resonance frequency has been calculated with RFEM. The resonance frequency should be different to the excitation frequency.

Here the most important excitation frequency: [22]

going	1,6 to 2,4 Hz
running	2,0 to 3,5 Hz
jumping	1,5 to 3,5 Hz
dancing	1,5 to 3,0 Hz
clapping	1,5 to 3,0 Hz

That means the resonance frequency of the grandstand has to be bigger than 3,5 Hz.

### Foundation:

Under every wall a strip of foundation is situated. For the foundation these proofs have to be taken with an excel-sheet (Table 7):

- shear failure/ULS
- sliding
- overturning
- settlement

The strip foundation has to be  $2,00 \times 0,60$  m and the settlement will be about 2,6 cm.

## Foundation - Option 3 [18]

	thickness of the wall	0,66	m		
	specific weight wall	20,60	kN/m <sup>3</sup>		
	height wall	8,00	m		
	width between the walls	6,00	m		
loads:					
permanent:	deadweight/surface	5,00	kN/m <sup>2</sup>		
	deadweight	108,77	kN/m		
variable	live load	6,00	kN/m <sup>2</sup>		
	wind - roof	0,28	kN/m <sup>2</sup>		
	wind -wall	0,40	kN/m <sup>2</sup>		
		$\gamma_G =$	1,35		
		$\gamma_Q =$	1,50		
vertical load [kN/m]					
	$g_k =$	138,77		$g_d =$	187,34
	$q_k =$	37,68		$q_d =$	56,52
horizontal load [kN/m]					
	$g_k =$	0,00		$g_d =$	0,00
	$q_k =$	3,12		$q_d =$	4,68
assumption foundation:					
width		2,00	m	embedment depth	0,20
height		0,60	m	depth	0,80
specific weight foundation		25,00	kN/m <sup>3</sup>		
specific weight soil		20,10	kN/m		
$\rho' =$		22,50	°		
$c_k =$		5,00	kN/m <sup>2</sup>	(Cohesion)	
$g_k$ (foundation)=		30,00	kN/m		
$g_k$ (total)=		168,77	kN/m	$g_d =$	227,84
$\rho_k =$		22,50	°		

## Shear Failure/ULS

			$N_y = 2 \times (N_q - 1) \times \tan \rho'$
$N_y =$	5,99	kN/m	
$N_q =$	8,23	kN/m	$N_q = e^{\pi \tan \rho} \tan^2 \left( 45 - \frac{\rho}{2} \right)$
$N_c =$	17,45	kN/m	$N_c = (N_q - 1) \cot \rho'$

$Q_{f,k}=R_k=$			920,69 kN/m	
$\gamma_{r,v}=$			1,40	
$R_d=$			657,63 kN/m	
$Q_d=$			284,36 kN	
	$Q_d$	$<$	$R_d$	
	284,36	$<$	657,63	
proof has been taken				
<b>Sliding</b>				
$F_h=$			3,12 kN/m	
$F_v=$			206,45 kN/m	
$\gamma_i=$			1,00	
$T_d=F_h \cdot \gamma_i$				
$T_d=$			3,12 kN/m	
$R_{t,d}=R_{t,k}/\gamma_i$				
$R_{t,d}=$			85,51 kN/m	
$R_{t,k}=F_v \cdot \tan \rho$				
$R_{t,k}=$			85,51 kN/m	
	$K_p=$		2,24 kN/m <sup>2</sup>	$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\rho}{2} \right)$
	$E_{p,k}=$		0,72 kN/m	$E_{p,k} = \frac{1}{2} \gamma' h^2 K_p$
	$E_{p,d}=$		0,72 kN/m	
proof of sliding				
$T_d < R_{t,d} + E_{p,d}$				
	3,12	$<$	86,23	
proof has been taken				
<b>Overturning</b>				
	$\frac{e_l}{l} + \frac{e_b}{b} < \frac{1}{6}$	or	$\left( \frac{e_l}{l} \right)^2 + \left( \frac{e_b}{b} \right)^2 < \frac{1}{9}$	
$l=$			1,00 m	
$b=$			2,00 m	
$e_l=$			0,00 m	
$e_b=$			0,53 m	
$F_{v(\text{permanent } 1)}=$			138,77 kN/m	
$F_{v(\text{permanent } 2)}=$			5,00 kN/m	
$F_{h(\text{permanent})}=$			0,00 kN/m	
$h(\text{vertical})=$			0,00 m	



0,27	>	0,17
proof hasn't been taken		
0,07	<	0,11
proof has been taken		

Table 7: Excel sheet from the calculation of the foundation – option 3

- Manual Calculation [19]

The maximal values and the negative acting forces were used for the calculation.

Loads:	deadweight of the wall (1 row)		$g_k = 36,26 \text{ kN/m}^2$
	deadweight surface layer		$g_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$
	live load		$q_k = 6,00 \text{ kN/m}^2$
	wind – roof		$q_k = 0,28 \text{ kN/m}^2$
	wind – wall		$q_k = -0,40 \text{ kN/m}^2$
Resistance:	$f_b = 10 \text{ N/mm}^2$	pressure	$f_{cd,1} = 4.000 \text{ kN/m}^2$
		shear	$\tau_{d,1} = 80 \text{ kN/m}^2$
	$f_b = 5 \text{ N/mm}^2$	pressure	$f_{cd,2} = 2.000 \text{ kN/m}^2$
		shear	$\tau_{d,2} = 40 \text{ kN/m}^2$

#### Overturning:

$$-0,40 \times 1,50 \times 8,00 \times 4,00 + 36,26 \times 1,35 \times x^2 \times \frac{0,22}{2} = 0$$

$$\rightarrow x = 1,88$$

2 rows of the wall are needed = 0,44 m thick wall

#### Take off – surface layer:

Smallest concrete bar - dimensions: 5.165 × 400 × 200 mm

$$q_{k,\text{undertrow}} = -0,84 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d,\text{undertrow}} = -1,26 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = h \times \gamma \times \gamma_G = 0,20 \times 25,00 \times 1,35 = 6,75 \text{ kN/m}^2 > |q_{d,\text{undertrow}}| = 1,26 \text{ kN/m}^2$$

Proof has been taken.

Pressure on the foot point (Hydraform):

$$g_d = h \times \gamma \times \gamma_G = 8,00 \times 20,60 \times 1,35 = 222,48 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{ck,1} = 10 \text{ N/mm}^2 = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,1} = \frac{f_{ck,1}}{\gamma_M} = \frac{10.000}{2,50} = 4.000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > g_d = 222,48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{ck,2} = 5 \text{ N/mm}^2 = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,2} = \frac{f_{ck,2}}{\gamma_M} = \frac{5.000}{2,50} = 2.000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > g_d = 222,48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Proof has been taken.

Maximal height of the wall depending on the pressure resistance and the deadweight:

$$h_1 = \frac{f_{cd,1}}{\gamma \times \gamma_G} = \frac{4.000}{20,60 \times 1,35} = 143,80 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{f_{cd,2}}{\gamma \times \gamma_G} = \frac{2.000}{20,60 \times 1,35} = 71,92 \text{ m}$$

Proof of shear off and friction:**Shear off in the foot point**

$$\tau_{rd} = 80 \times 0,11 = 8,80 \text{ kN/m}^2$$

$$x = \frac{Q_{\max}}{\tau_{rd}} \quad 1 \text{ row of wall needed} = 0,22 \text{ m thick wall}$$

**Friction in the foot point:**

Assumption:  $\mu = 0,65$

$$R = N \times \mu$$

$$x = \frac{Q_{\max}}{R} \quad 1 \text{ row of wall needed} = 0,22 \text{ m thick wall}$$

The results of the calculations are summarized in the next table.

$f_b$ [N/mm <sup>2</sup> ]	shear off				friction			
	middle of the wall		foot point		middle of the wall		foot point	
	rows of wall	[m]	rows of wall	[m]	row of wall	[m]	row of wall	[m]
5	1	0,22	1	0,22	1	0,22	1	0,22
10	1	0,22	1	0,22				

Table 8: Proof of shear off and friction - option 3

Pressure in the foot point:

$$b_{\text{hydraform}} = 0,22 \text{ m}$$

$$\text{max. width between the walls} = 6,00 \text{ m}$$

$$g_d = 36,26 \times 1,35 = 48,95 \text{ kN/m}^2 (1 \text{ row})$$

$$f_{cd,1} = 4 \text{ N/mm}^2 = 4.000 \text{ kN/m}^2$$

$$4.000,00 \times 0,22 > 48,95 + (5,00 \times 1,35 + 6,00 \times 1,50 + 0,280 \times 1,05) \times 6,00$$

$$880,00 > 145,21 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,2} = 2 \text{ N/mm}^2 = 2.000 \text{ kN/m}^2$$

$$2.000,00 \times 0,22 > 48,95 + (5,00 \times 1,35 + 6,00 \times 1,50 + 0,28 \times 1,05) \times 6,00$$

$$440,00 > 145,21 \text{ kN/m}^2$$

Proof has been taken.

Pressure in the bearing of the bar:

$$\text{loads: } q_d = 16,04 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Resistance: } f_b = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$f_b = 5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd,1} = 4.000 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,2} = 2.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{max. length of the bar } l = 6,00 \text{ m}$$

$$\text{max. Force: } F_A = 48,13 \text{ kN/m}$$

$$\text{max. length of the bearing: } l_A = 0,17 \text{ m}$$

$$E_d = 48,13/0,17 = 283,13 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,1} = 4.000,00 \text{ kN/m}^2 > E_d = 283,13 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{cd,2} = 2.000,00 \text{ kN/m}^2 > E_d = 283,13 \text{ kN/m}^2$$

Proof has been taken.

- RFEM calculation

3 different bearings were simulated, because the real bearing is somewhere between bearing A and bearing C:

- articulated bearing – bearing A
- clamp with rotation spring (rotation modeled with a rotation spring–  
 $c_\varphi = 40.0000 \text{ kN/rad/m}$ ) – bearing B
- clamp – bearing C

All the relevant results of the calculation with RFEM are listed in the next table.

bearing	Option 3					
	length stand			cross stand		
	A	B	C	A	B	C
Displacement						
max. displacement (SLS) [mm]	7,3	2,3	1,4	5	1,7	1
Stability						
min. load factor [-]	850,0	849,8	847,1	1.777,6	1.760,8	1.574,9
Dynamic						
min. resonance frequency [Hz]	9,89	17,66	22,68	11,98	21,01	27,45
Reinforcement concrete bar [cm <sup>2</sup> /m]						
$a_{s,1-z}$ (top, length)	2,10	5,61	6,89	2,00	4,41	5,39
$a_{s,2-z}$ (top, cross)	2,10	2,00	2,00	2,10	2,00	2,00
$a_{s,1+z}$ (bottom, length)	9,95	4,15	3,15	8,00	3,49	2,60
$a_{s,2+z}$ (bottom, cross)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
$a_{sw}$ (shear) [cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Table 9: Results of the calculation with RFEM - option 3

### **3.7 PLANS**

If soil is used, it must be deposited equally on every side of the wall at the same time.

For the first 3 Hydraform brick rows on the bottom and on the top mortar has to be used.

For the VIP area only the space for the grandstand has been planned. A steel stand should be placed there.

The other building and the toilets were only drawn schematically. They were built typically for Njombe.

In following figure the 3D model can be seen.

We have chosen “Nuru Stadium” as name for the stadium because it should be a symbol for the hope there.

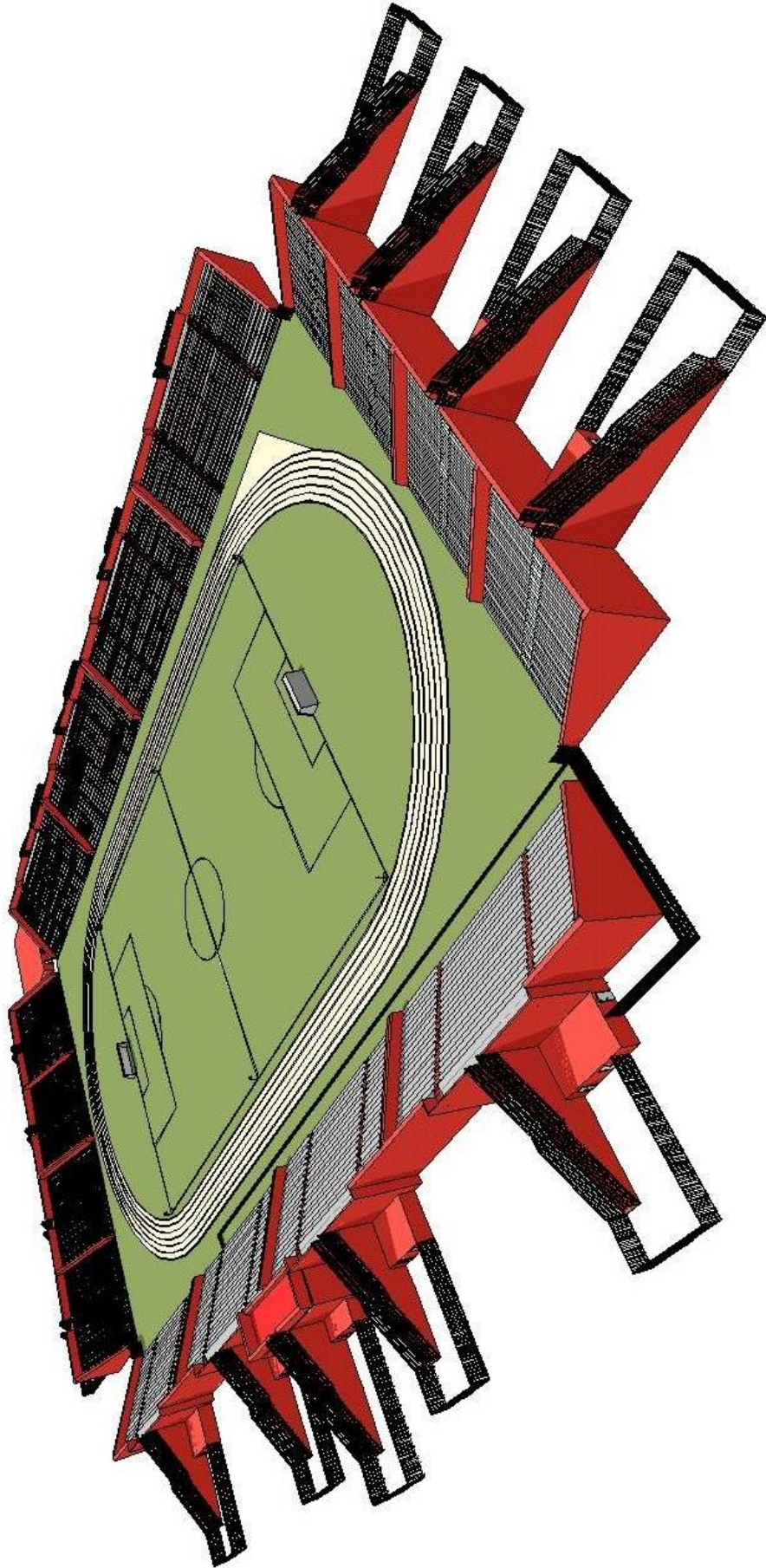


Figure 35: 3D model

## 4 LIST OF REFERENCES

[1] Schlesiger, Günter: *Sportplätze – Sportfreianlagen: Planung-Bau-Ausstattung-Pflege*, Sportverlag Strauß, 1. Auflage, S. 35 und 50, ISBN 978-3-86884-515-0, 2010.

[2] *Netballfield*:

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Netballfeld.png&filetimestamp=20050806104019&> – download on 05.12.2013

[3] Geraint, John; Sheard, Rod: *Stadia: a design and development guide*, Verlag: Architectural Press, Third Edition, ISBN 0-7506-4534-2, 2000.

[4] Andres, Christine; Baumann, Steffen; Eisel, Thomas; Fröde, Hans-Jürgen; Lada, Peter: *Das Baustellenhandbuch für den Spiel- und Sportplatzbau*, Forum Verlag, 1. Auflage, ISBN 978-3-86586-257-0, 2012.

[5] *FIFA – Technische Empfehlungen und Anforderungen*:

[http://de.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/02/football\\_stadiums\\_technical\\_recommendations\\_and\\_requirements\\_de\\_8212.pdf](http://de.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/02/football_stadiums_technical_recommendations_and_requirements_de_8212.pdf) – download on 15.12.2013

[6] *UEFA – Handbuch für Qualitätsstadion*:

[http://de.uefa.org/MultimediaFiles/Download/EuroExperience/competitions/General/01/74/38/76/1743876\\_DOWNLOAD.pdf](http://de.uefa.org/MultimediaFiles/Download/EuroExperience/competitions/General/01/74/38/76/1743876_DOWNLOAD.pdf) – download on 15.12.2013

[7] *Exchange Rate TZS – EUR*: <http://www.lexas.biz/wechselkurse/tansania.aspx> – download on 15.12.2013

[8] *Athletic Area Typ A*: [http://www.k-s-sportstaetten.de/pdf\\_dateien/spielfeldabmessungen/kampfbahn\\_a.pdf](http://www.k-s-sportstaetten.de/pdf_dateien/spielfeldabmessungen/kampfbahn_a.pdf) – download on

20.12.2013

[9] *DIN EN 748 – Spielfeldgeräte – Fußballtore – Funktionelle und sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren*; Deutsche Fassung, August 2013 (NA Sport)

[10] *DIN EN 12193 – Licht und Beleuchtung – Sportstätten*; Deutsche Fassung, April 2008 (NFL, DKE, VDE und NVBF)

[11] Simons, R. H.; Bean, A. R.: *Lighting Engineering: Applied Calculations*, Verlag Routledge, ISBN 9781281308665, 2012

[12] Neufert Planungs AG: *Bauentwurfslehre*, Vieweg Verlag, 37. Auflage, ISBN 3-528-98651-4, 2002

[13] *OIB – Richtlinie 4 – Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit*, Oktober 2011 (Österreichisches Institut für Bautechnik)

[14] *Oö Bautechnikverordnung 2013 – Verordnung der Oö. Landesregierung, mit der Durchführungsvorschriften zum Oö. Bautechnikgesetz 2013 sowie betreffend den Bauplan erlassen werden*

- [15] *DFB – Sportplatzbau und -erhaltung*: [http://www.dfb.de/uploads/media/Sportplatzbau\\_gesamt\\_01.pdf](http://www.dfb.de/uploads/media/Sportplatzbau_gesamt_01.pdf) – download on 15.03.2014
- [16] *IAAF- Track and Field Facilities Manual 2008*: <http://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/technical#manuals-guidelines> – download on 15.03.2014
- [17] *EN 1996-1-1:2005+A1: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*, Deutsche Fassung, November 2012
- [18] *EN 1997-1:2004+AC:2009: Eurocode 6: Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln*, Deutsche Fassung, November 2004 und Februar 2009
- [19] *EN 1990-1:2002/A2: Eurocode Grundlagen der Tragwerksplanung*, Deutsche Fassung, Dezember 2005
- [20] *EN 1991-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*, Deutsche Fassung, 2003-2007
- [21] *Hydraform*: <http://www.hydraform.com/> – download on 04.04.2014
- [22] *Dynamic values*: [https://www.htw-dresden.de/fileadmin/userfiles/biw\\_arch/bauing/baumech/Slavik/a19\\_43.pdf](https://www.htw-dresden.de/fileadmin/userfiles/biw_arch/bauing/baumech/Slavik/a19_43.pdf) – download on 04.04.2014
- [23] Krapfenbauer, Thomas: *Bautabellen*, Verlag: Jugend & Volk, ISBN: 978-3-7100-2192-3, 17. Ausgabe, 2010
- [24] *Concrete and Aggregate*: [http://www.lafarge.at/uploads/tx\\_templavoila/zement\\_beton.pdf](http://www.lafarge.at/uploads/tx_templavoila/zement_beton.pdf) – download on 20.04.2014
- [25] *IAAF – Competition Rules 2014-2015*: <http://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/rules-regulations#rules> – download on 15.03.2014