

Class 1
Dokumenten-Nr.: 0009-1994 V00
27.01.2012

Beschreibung zur Standard-Flachgründung mit Ankerkorb V80-V90-V100-V112

Dokumentenhistorie

Versionsnr.	Datum:	Änderungsbeschreibung	Technische Prüfung
00	27.01.2012	Neues Dokument.	NIMUL

Inhaltsverzeichnis

1	Voraussetzungen	3
2	Beteiligte Parteien	5
2.1	Vestas Wind Systems A/S	5
2.2	Erforderliche Unterlagen	5
2.3	Ingenieur	6
2.4	Auftragnehmer	6
3	Geotechnischer Projektbericht	6
4	Begutachtungen	6
5	Allgemeine Vorgaben	7
5.1	Erdarbeiten	7
5.2	Bewehrung	11
5.2.1	Installation des Ankerkorbes	11
5.2.2	Installation der unteren Radialbewehrung:	14
5.2.3	Installation der unteren Ring- bzw. Querbewehrung	18
5.2.4	Installation der Schub- bzw. Vertikalbewehrung:	21
5.2.5	Installation der oberen Radialbewehrung:	23
5.2.6	Installation der oberen Ring- bzw. Querbewehrung:	26
5.2.7	Installation der Haarnadeln	28
5.2.8	Installation der Sockelbewehrung	29
5.3	Beton	31
5.4	Turmmontage und Vergussvorgang unterhalb des Turmfußflansches	33
5.5	Vorspannung	41

1 Voraussetzungen

Die typisierten Fundamentbemessungen erfolgen für die beiden Grenzfälle, dass sich der Grundwasserstand entweder auf Höhe der Geländeoberkante befindet oder dass keine Auftriebskräfte auf das Fundament einwirken. Die Auslegungen der Flachgründungen basieren jeweils auf den unten angeführten Standardbaugrundeigenschaften. Die Verwendung der Typenbemessungen erfordert eine standortspezifische Bestätigung der zu Grunde gelegten Mindestanforderungen an den Baugrund, definierten Standardbodentypen und einen Grundwasserstand entweder auf Höhe der Geländeoberkante oder auf Fundamenthöhe. Eine typisierte Fundamentbemessung ist möglich, wenn die Mindestanforderungen an den standortspezifischen Baugrund erfüllt und verifiziert sind.

Die vorliegende Beschreibung und die entsprechenden dazugehörigen Berechnungen und Zeichnungen gelten für ein kreisförmiges Standard-Flachgründungsfundament mit Ankerkorb für die Windenergieanlagen des Typs Vestas V80, V90, V100 oder V112. Die Ausführung eines kreisförmigen Fundamentes wird bevorzugt. Die Ausführung eines kreisförmigen Fundamentes wird bevorzugt. Statt des kreisförmigen Fundamentes darf alternativ auch ein polygonales Fundament mit mindestens acht Seiten (oktogonal) zur Anwendung kommen.

Die Bemessung basiert auf den folgenden Richtlinien und Vorschriften:

DIBt 2004	“Richtlinie für Windenergieanlagen, Reihe B, Heft 8”
DIN 1045-1, -2 und -3	“Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton“
DIN 488	“Betonstahl“
DIN 1054	“Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und GB“
DAfStb Heft 439	“Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton...gem. CEB-FIB...”
DIN 18800-1	“Stahlbauten“
DIN EN 1992-1-1	“Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und...”
DIN EN 1997-1	“Entwurf, Berechnung u. Bemessung in d. Geotechnik...”
DIN EN 206-1	“Beton - Teil 1, Festlegung, Eigenschaften,...”
DIN ENV 13670-1	“Tragwerke aus Beton - Teil 1: Allgemeine Regeln”

Die Simulation der Fundamentlasten erfolgte gemäß DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen und die Auslegung des Bauteilwiderstandes basiert auf DIN 1045-1 bzw. DIN EN 1992-1-1.

Die Standsicherheit der typisierten Flachgründungen ist für zwei Standardbodentypen ausgelegt:

Nichtbindiger Boden, z. B. Sand:	Reibungswinkel:	$\leq 30^\circ$
	Kohäsion:	0
	Wichte:	18 kN/m ³
Bindiger Boden, z. B. Klei:	Reibungswinkel	0°
	Kohäsion:	C _u kN/m ² (undrainiert) *)
	Wichte:	18 kN/m ³

Es wird angenommen, dass der Grundwasserstand entweder auf Höhe der Fundamentunterkante oder auf Höhe der Geländeoberkante liegt. Das Fundamentdesign ist gültig, wenn der standortspezifische Bemessungsgrundwasserstand niedriger oder gleich dem zu Grunde gelegten Stand ist.

*) Die äquivalent zu einem Reibungswinkel von $\leq 30^\circ$ zulässige Scherfestigkeit (undrainiert), ist auf dem Bewehrungsplan angegeben.

2 Beteiligte Parteien

2.1 Vestas Wind Systems A/S

Vestas Wind Systems A/S bietet ein zertifiziertes (kreisförmiges) Flachgründungsfundament mit Ankerkorb für einen Stahlrohrturm an, wobei die Gründungsvarianten Grundwasserstand auf Höhe der Geländeoberkante oder auf Höhe der Fundamentunterkante berücksichtigt werden. Die Auslegung umfasst:

- Lastenheft zur Fundamentbemessung, welches Angaben zu den Fundamentlasten sowie Anforderungen an die Geometrie und Steifigkeit der Verbindungsstelle zwischen Turm und Fundament beinhaltet
- Montagezeichnung (assembly drawing) eines Vestas Ankerkorbs
- Konstruktionszeichnung eines Flachgründungsfundaments
- Stahl- und Biegeliste für die Bewehrung
- Statische Berechnung auf der Basis von DIN-Vorschriften und DIBt-RiLi für Windkraftanlagen
- Arbeitsanweisung für die Fundamenterdung einschließlich der Qualitätskontrolle.

2.2 Erforderliche Unterlagen

Document no.	Title
0017-5653	Switchgear foundation guideline
0019-4493	Installation of Switchgear
0018-0743	Assembling and Installation of Anchor Cage
0016-7148	SIF for assembling and installation of Anchor Cage
0018-0710	Grouting of Anchor Cage
0014-6511	Earthing system on Anchor Cage Foundation
0019-2575	Work Description of Foundation, Earthing on Anchor Cage Foundation
0019-2576	Quality Earthing Anchor Cage Foundation
0005-8491	Description of Standard Gravity Anchor Foundation *)

*) Das vorliegende Dokument ist eine deutsche Übersetzung der englischen Originalfassung 0005-8491. Für die Kapitel 1 bis 5.3 erfolgte eine vollständige deutsche Übersetzung. Hinsichtlich der Montage des Turmes, des Vergussvorganges unterhalb des Turmfußflansches und des Vorspannungsprozesses kann die englische Originalfassung weitere, wichtige Informationen enthalten. Im Zweifelsfall ist die englische Version maßgeblich. Die Vorlage für einen Geotechnischen Projektbericht wurde in dieser Übersetzung nicht berücksichtigt.

2.3 Ingenieur

Dient das Standard-Flachgründungsfundament mit Ankerkorb als Bemessungsgrundlage, sind alle seitens der Vestas Wind Systems A/S getroffenen Annahmen, wie z. B. Baugrundeigenschaften, Grundwasserstand, verwendetes Material, lokale Vorschriften usw. hinsichtlich ihrer Gültig- und Anwendbarkeit für das aktuelle Projekt durch den zuständigen Ingenieur zu überprüfen.

Wird ein standortspezifisches Design verwendet, gilt es seitens des Ingenieurs zu überprüfen, dass die Anforderungen an die Verbindungsstelle zwischen Turm und Fundament (Geometrie und Steifigkeit) eingehalten werden.

Ein Geotechnischer Projektbericht ist zu erstellen und alle seitens Vestas Wind Systems A/S getroffenen Annahmen sind standortspezifisch hinsichtlich ihrer Gültig- und Anwendbarkeit zu überprüfen. Der Ingenieur hat den Auftragnehmer anzuweisen sowie Messungen zur Qualitätssicherung (QS) zu organisieren, zu protokollieren und zu überprüfen. Die QS-Prüfungen und Messungen müssen inhaltlich und vom Umfang her mit den in der vorliegenden Beschreibung angeführten konform sein. Der Ingenieur ist für die Freigabe des Fundaments zur Errichtung des Turms verantwortlich. Sollten Bedenken oder Zweifel bestehen, ist Vestas Wind Systems A/S zu konsultieren.

2.4 Auftragnehmer

Der Auftragnehmer ist für die gemäß Ausführungszeichnungen, Beschreibungen und Ingenieursanweisungen anfallenden Fundamentarbeiten, wie z. B. Arbeitsvorbereitungen (vor Ort), Erd- und Aushubarbeiten sowie Gerüstbau-, Schal-, Bewehrungs- und Betonarbeiten verantwortlich. Der Auftragnehmer montiert und justiert den Ankerkorb. Es obliegt der Verantwortung des Auftragnehmers, das Fundamenterdungssystem und alle erforderlichen Leerrohre vor Beginn der Betonierarbeiten zu installieren bzw. zu verlegen.

3 Geotechnischer Projektbericht

Eine Vorlage für einen Geotechnischen Projektbericht (enthält die Mindestanforderungen) ist in der vorliegenden Übersetzung nicht berücksichtigt. Diese Vorlage ist der englischen Originalfassung 0005-8491 als Anhang beigefügt.

4 Begutachtungen

Bevor mit den Fundamentarbeiten begonnen werden darf, sind mindestens die folgenden Bodenkennwerte zu bestimmen:

- Reibungswinkel oder Kohäsion (undrainiert)
- Wichte
- Grundwasserstand, aktueller sowie zu Grunde zu legender Höchststand
- Schichtung des Baugrunds.

Während der Ausführungsarbeiten müssen die folgenden Punkte überprüft und/oder protokolliert werden:

- Qualität des Materials
- Arbeitsabläufe
- Grundlegende und entscheidende Abmessungen (Hauptgeometrie, Bewehrung, minimale Betondeckung usw.)
- Abweichungen und Unstimmigkeiten hinsichtlich Material und Abmessungen
- Unvorhergesehene Ereignisse (Setzungen, Beeinflussung der Nachbargebäude usw.)
- Temporäre Arbeiten, Unterbrechungen und (Wieder-)Beginn der Arbeiten

5 Allgemeine Vorgaben

5.1 Erdarbeiten

Bevor mit den Erdarbeiten begonnen werden darf, sind Vorkehrungen gegen jedwede negative Auswirkungen infolge von Grund- und Oberflächenwasser zu treffen. Im Falle eines hohen Grundwasserstandes ist vor Beginn der Erdarbeiten eine Wellpoint-Anlage einzurichten, so dass ein stabiler Grundwasserstand erzielt und sichergestellt wird.

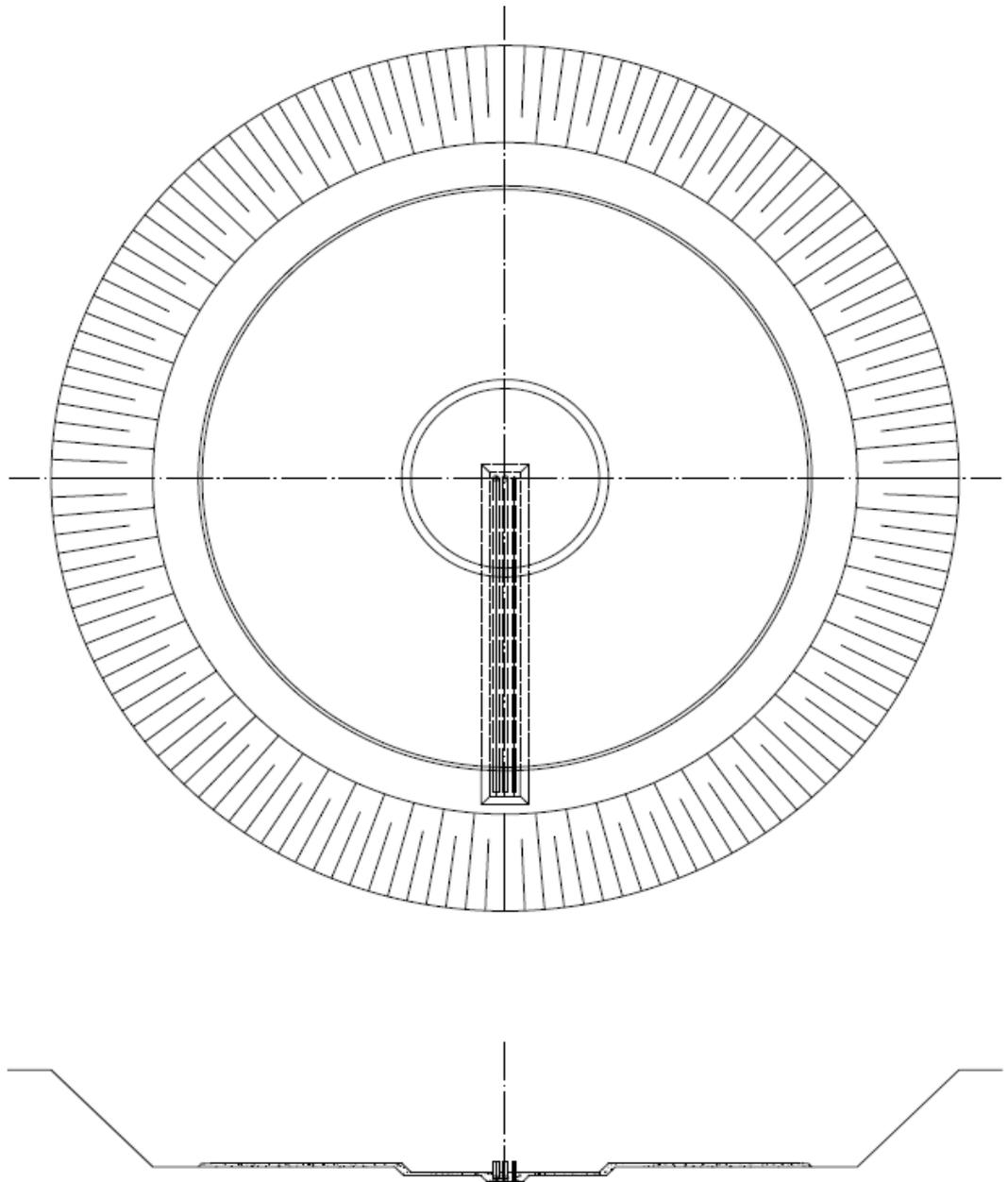


Abbildung 5-1: Erdarbeiten.

Während des Aushubs ist der Boden visuell zu inspizieren, wobei ein besonderes Augenmerk auf organische Rückstände und Anzeichen vorangegangener Grabungen zu legen ist. Wenn die vorgesehene Gründungstiefe erreicht wird, ist unbedingt darauf zu achten, dass die Bodenschichten im Gründungsbereich vor Einflüssen durch Ausgrabungsmaschinen, Regen- oder Oberflächenwasser usw. geschützt sind. Es wird empfohlen, eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton mit einer Mindestgüte C12/15 und einer Mindestdicke von 100 mm unmittelbar nach Erreichen der Gründungsebene herzustellen. Bei einigen weicheren und nachgiebigeren Bodentypen kann es erforderlich sein, lokal unterhalb der Justierfüße des Ankerkorbes ein Bewehrungsnetz innerhalb der Sauberkeitsschicht anzuordnen, um ein Durchstanzen und ungleichmäßige Setzungen zu verhindern.

Sollte beim Aushub die vorgesehene Gründungstiefe versehentlich unterschritten werden, ist eine Ausgleichsschicht aus verdichtetem Sand oder Magerbeton einzubringen.

Der Oberkante der Sauberkeitsschicht ist im Kernbereich gegenüber dem angrenzenden Bereich abzusenken bzw. niedriger auszuführen. Dieses kann auf zwei verschiedene Arten erreicht werden:

1. entweder wird eine konstante Tiefe ausgehoben und anschließend eine Sauberkeitsschicht hergestellt, die außerhalb des Kernbereiches eine erhöhte Dicke aufweist
oder
2. der Kernbereich wird tiefer als der umliegende Bereich ausgehoben.

Die zweite Ausführungsvariante wird hierbei aufgrund des geringeren Materialverbrauches bevorzugt (siehe Abbildung 5-1, S. 8).

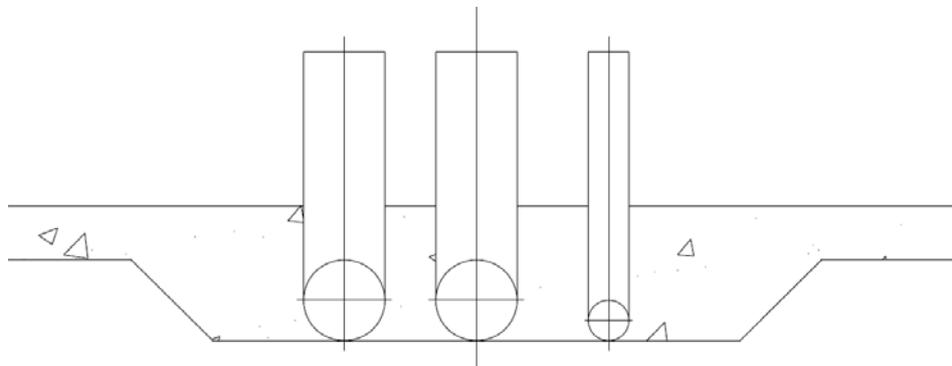


Abbildung 5-2: PVC-Leerrohre.

Die PVC-Leerrohre für die Kabel sind unterhalb der Sauberkeitsschicht in einem dafür ausgehobenen und ebenfalls mit Magerbeton verfüllten Graben anzuordnen. Siehe Abbildung 5-2, S. 9.

Die Anzahl und Größe der Leerrohre sind den ortsspezifischen Angaben zur Kabelführung zu entnehmen. Die vorangegangene Abbildung ist lediglich eine prinzipielle Darstellung zur Leerrohrführung. Weitere allgemeine Hinweise sind dem Dokument „Installation of Switchgear 0019-4493“ zu entnehmen.

Der lichte Abstand der Leerrohre zueinander sollte mindestens 40 mm betragen.

Um die Leerrohre vor Aufschwimmen im frischen Magerbeton zu sichern, sollten alle 2 m U-förmige (Bewehrungs-) Eisen in den Boden gehämmert werden.

Die horizontal ausgerichteten PVC-Leerrohrstücke sind zusammen mit den 90° Winkelstücken noch vor der Herstellung der Sauberkeitsschicht einzubauen. Der Einbau der vertikalen PVC-Leerrohrstücke sollte erst nach der Installation des Ankerkorbes erfolgen.

Liegt ein erhöhter Grundwasserstand vor, sind im Bereich außerhalb des Fundamentes 45° Winkelstücke bzw. Aufbiegungen vorzusehen und mit geraden PVC-Leerrohrstücken so weit zu verlängern, dass die Leerrohren oberhalb des maximalen Grundwasserstandes liegen, der sich nach Beendigung der

Wasserhaltung wiedereinstellt. Diese Vorkehrung Erleichtert die Installation der Kabel um ein Vielfaches.

Die Schaltanlage wird direkt auf dem Sockel des Fundamentes platziert. Darum ist es wichtig, darauf zu achten, wie die entsprechenden Leerrohre für die Netzkabel, Kommunikationskabel, Erdungskabel, usw. (für das jeweilige Projekt) anzuordnen sind. Die Arbeitsanweisung „Installation of Switchgear 0019-4493“ zeigt, wie die vorzusehenden Leerrohre für verschiedene Schaltanlagentypen zu installieren sind. Siehe Abbildung 5-3, S.9.

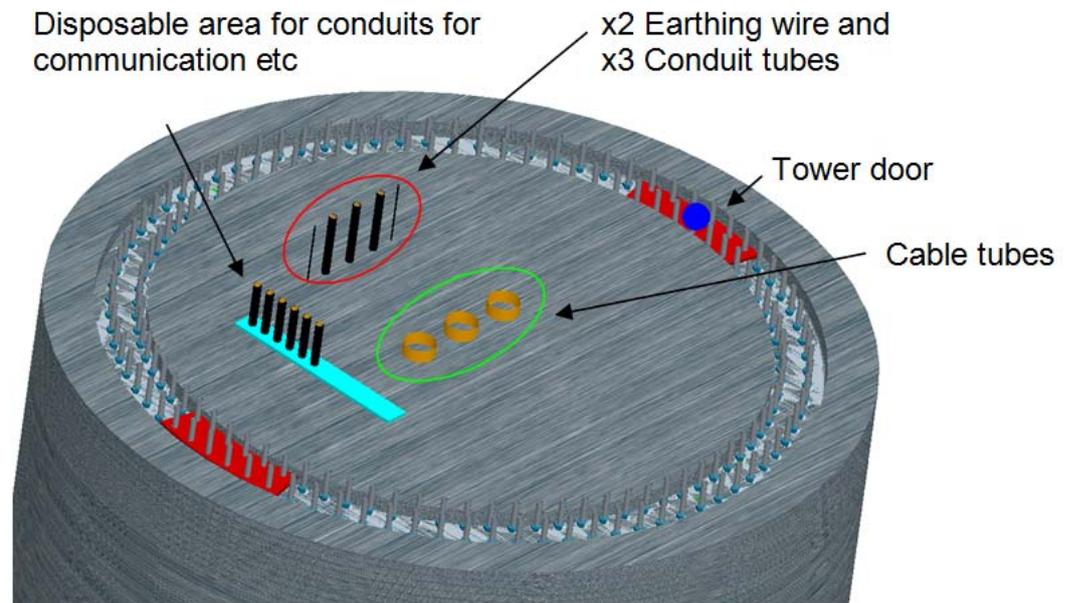


Abbildung 5-3: Leerrohranordnung zur Installation der Schaltanlage dargestellt an einem betonierte Fundament

Verschiedene Möglichkeiten für die entsprechende Leerrohranordnung und Leerrohrführung für die HV-Kabel, Kommunikationskabel, usw. sind in der Arbeitsanweisung "Switchgear foundation guideline 0017-5653" aufgezeigt. Die Lage und Abstände sind mit Bezug zum Fundamentmittelpunkt angegeben (die Leerrohre für die HV-Kabel sind in der Regel zwischen den beiden Aussteifungen der Ankerbolzenschablone („template flange“), welche auch die mögliche Positionierung der zukünftigen Turmtür definiert, angeordnet). Die HV-Kabel sind der Schaltanlage bzw. dem Schaltkasten in der Regel direkte zugeführt, aber die Kommunikationskabel sind außerhalb des Schaltkastens angeordnet.

Anordnung der PVC-Leerrohre und Sauberkeitsschicht C12/15

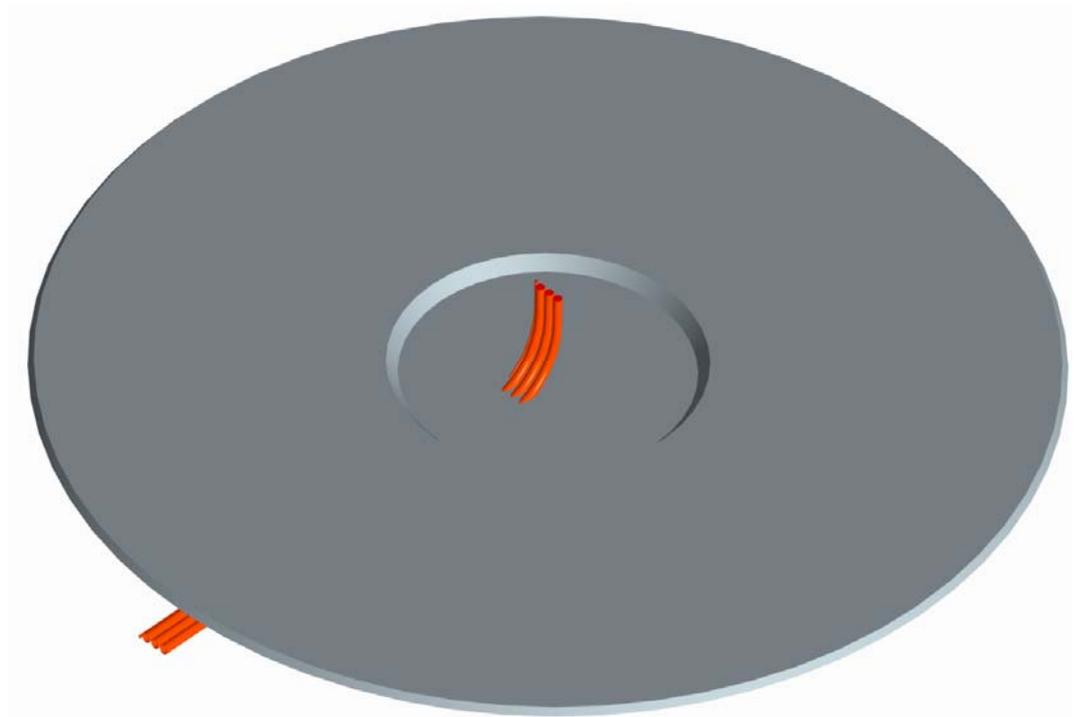


Abbildung 5-4: Anordnung der PVC-Leerrohre und Sauberkeitsschicht C12/15.

5.2 Bewehrung

Es wird empfohlen, das Fundament ringsherum mit einem Baugerüst zu versehen. Die Ausführung einer verlorenen Schalung (zum Beispiel unter Verwendung von für Schalungszwecke hergestellter Spanplatten) ist akzeptabel und gegebenenfalls von Vorteil, wenn zur Aufnahme der durch den Frischbeton hervorgerufenen Horizontalpressungen eine (Erd-)Hinterfüllung vorgesehen ist. Erlaubt die Beschaffenheit des Baugrundes ein Betonieren direkt gegen das Erdreich, dann ist die Betondeckung auf 100 mm zu erhöhen und die Außenabmessungen des Fundamentes sind entsprechend anzupassen.

Der Bewehrungsstahl ist hinsichtlich seiner korrekten bzw. vorgesehenen Abmessung, Lage, Anzahl, Materialgüte und Zertifizierung zu überprüfen. Die Zertifizierung muss als Teil der Qualitätssicherung aufbewahrt werden. Es muss der korrekte Werkstoff verwendet werden.

5.2.1 Installation des Ankerkorbes

Der montierte Ankerkorb besteht aus zwei Hälften, die sich jeweils über 180° erstrecken. Je nach Vereinbarung kann die Montage des Ankerkorbes entweder in einer Werkstatt oder vor Ort erfolgen.

Hinweise hinsichtlich der Vor-Ort-Montage des Ankerkorbes sind der Arbeitsanweisung "Assembling and Installation of Anchor Cage 0018-0743" zu entnehmen.

Vor Errichtung bzw. Platzierung des Ankerkorbes, ist die untere Rissbewehrung im Kernbereich (Pos. 13.2) auf Abstandshaltern zu verlegen und an die kreisförmige Vertiefung anzupassen. Alternativ können die Abstandshalter auch erst nach abgeschlossener Errichtung des Ankerkorbes unterhalb der unteren Riss- bzw. Mattenbewehrung angeordnet werden - hierbei ist die Rissbewehrung zunächst direkt auf der Sauberkeitsschicht zu platzieren und später in Position zu heben. Das untere Bewehrungsnetz Pos. 13.2 ist im Bereich der Leerrohre und der Justierfüße des Ankerkorbes entsprechend zurechtzuschneiden bzw. auszusparen. Die untere Ring- bzw. Querbewehrung innerhalb des Ankerkorbes (Pos. 5) besteht häufig aus zwei Lagen. In diesen Fällen ist die erste Lage der Pos. 5, welche unterhalb der unteren Radialbewehrung vorzusehen ist, zusammen mit den beiden Bewehrungsringen Pos. 12.2 und 12.3 und den Z-Eisen, lose oberhalb der Rissbewehrung zu platzieren (die Z-Eisen sind zu einem späteren (siehe Kapitel 5.2.3) Zeitpunkt an den Positionen 1.1, 1.2 und 1.3 der unteren Radialbewehrung auszurichten, in Position zu bringen und an diesen Positionen (Pos. 1.1 bis 1.3) sowie an der Mattenbewehrung und den Bewehrungsringen (Pos. 12.2 und 12.3) zu fixieren):

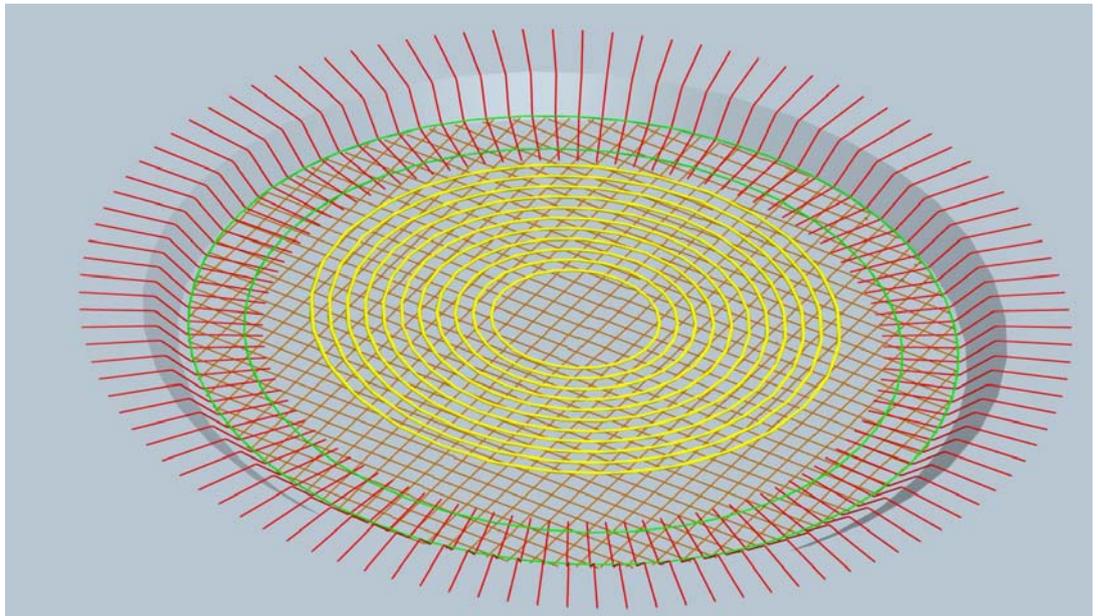


Abbildung 5-5: Bewehrung unterhalb des Ankerkorbes.

Alternativ zur Vorgehensweise, das Bewehrungsnetz im Bereich der Justierfüße des Ankerkorbes auszusparen, können die Justierfüße bereits **vor** Installation der Mattenbewehrung, der Bewehrungsringe und der Z-Eisen in ihrer korrekten Position auf der Sauberkeitsschicht platziert werden.

Die beiden Hälften des Ankerkorbes sind mit den Justierfüßen in ihrer korrekten Position auf der Sauberkeitsschicht zu platzieren und dann mittels Klammern an der Ankerbolzenschablone („template flange“) und an der Ankerplatte zusammenzufügen. Die Klammern werden an den Flanschen des Ankerkorbes angebracht.

Der Transport der Ankerkorbhälften darf nur durch die Verwendung der dafür vorgesehenen Heberinge erfolgen.

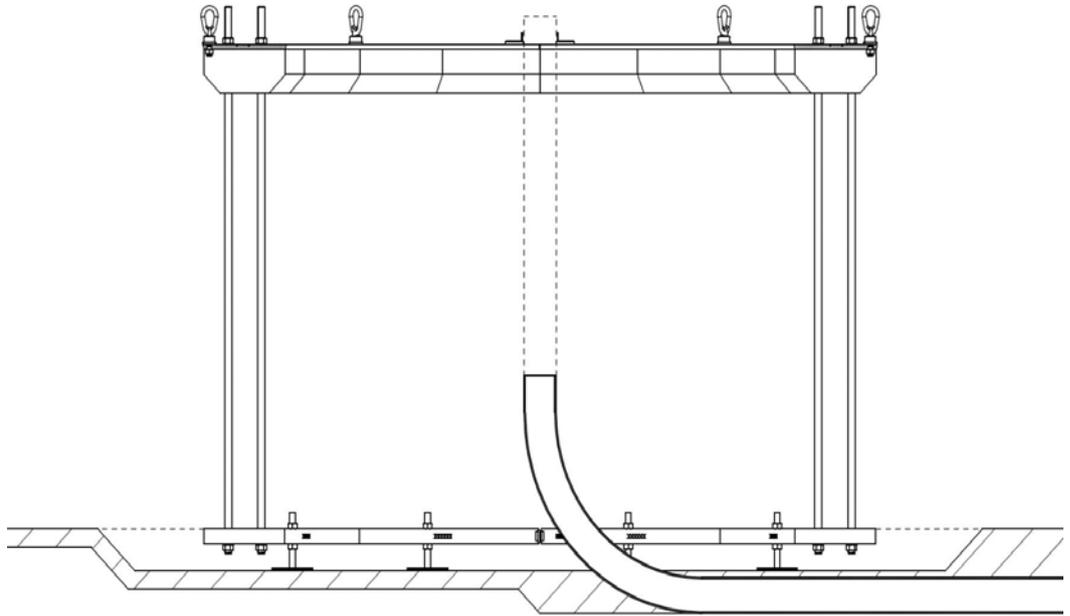


Abbildung 5-6: Ankerkorb mit entlang der Hauptachse ausgerichteter zukünftiger Turmtür.

Ankerkorb mit Justierfüßen mittig im Zentrumsbereich der Sauberkeitsschicht platziert

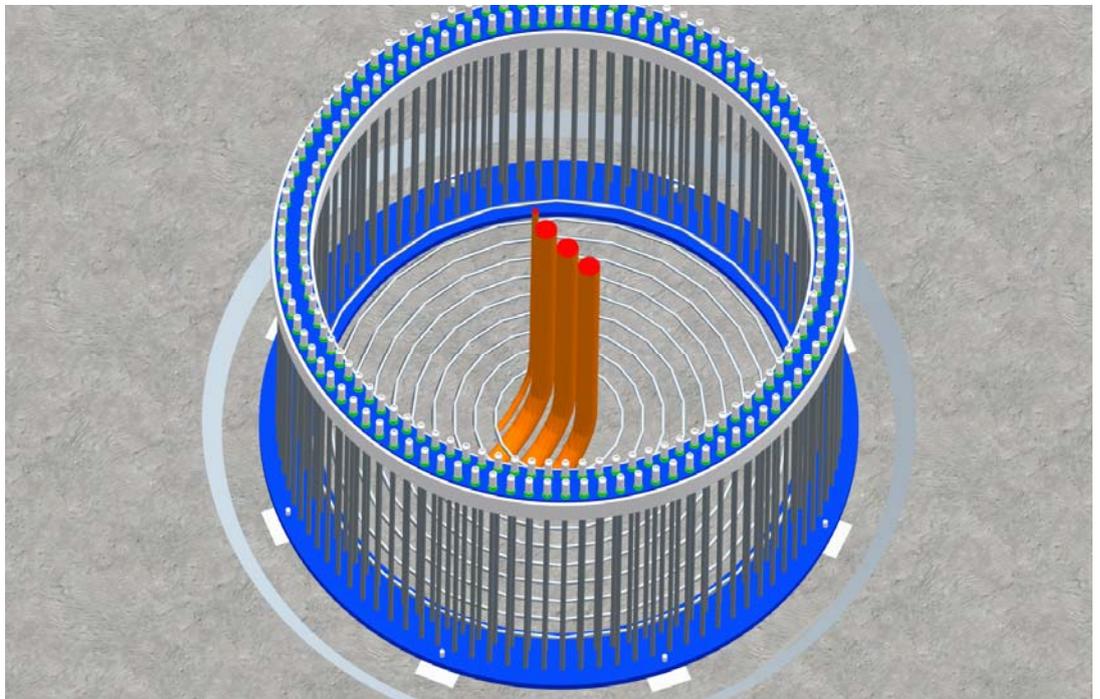


Abbildung 5-7: Ankerkorb (die erste Lage der unteren Ring- bzw. Querbewehrung ist bereits installiert).

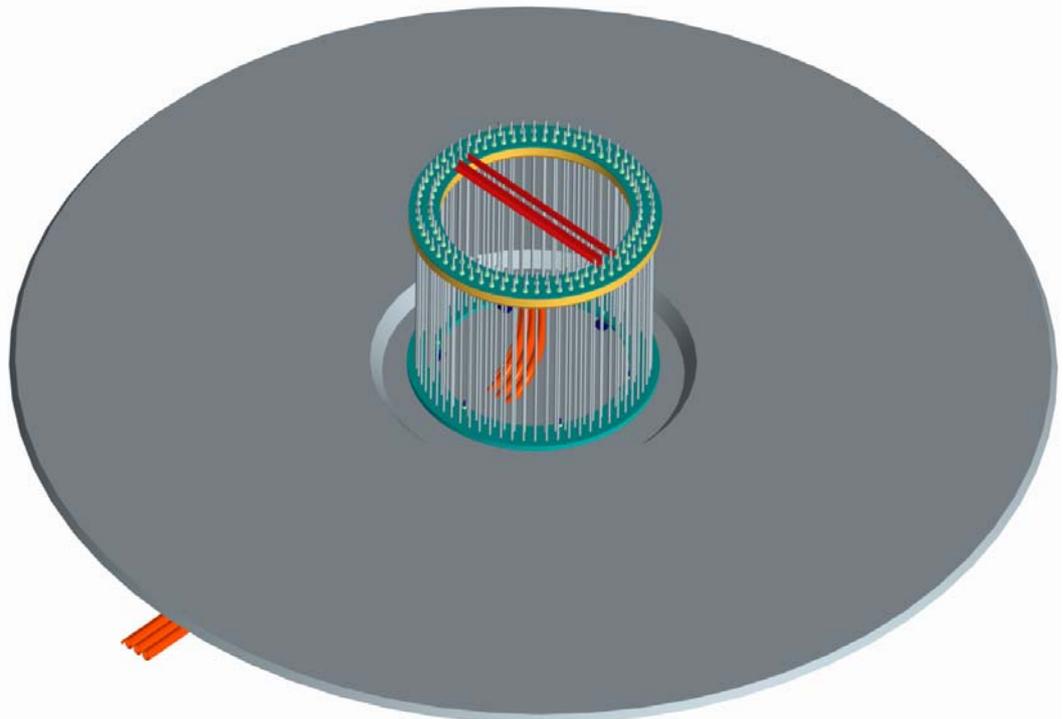


Abbildung 5-8: Ankerkorb in der Fundamentmitte.

Der Ankerkorb ist so zu platzieren, dass die zukünftige Turmtür und die Leerrohre im Sockelaustrittsbereich entlang der Hauptachse ausgerichtet sind. Siehe Abbildung 5-3, S.9, Abbildung 5.6, S. 13 und Abbildung 5-8, S. 14.

Der Ankerkorb ist mit Hilfe der Justierfüße vertikal auszurichten, so dass die Oberkante der Ankerplatte in derselben Ebene wie die Oberkante der an den Zentrumsbereich angrenzenden Sauberkeitsschicht liegt und die Ankerbolzen- bzw. Turmfußflansch-Schablone maximal +/- 4 mm von der Horizontallinie bzw. vom Horizontalplan abweicht. Siehe Abbildung 5.6, S. 13 und Abbildung 5-7, S. 13

Bevor mit den Bewehrungsarbeiten begonnen werden darf, ist die „Vestas Service Inspection Form (SIF) for assembling and installation of anchor cage 0016-7148“ fertig zu stellen bzw. auszufüllen.

5.2.2 Installation der unteren Radialbewehrung:

Die untere Radialbewehrung ist auf Abstandshaltern, die den vorgesehenen Abstand zwischen Bewehrungsseisen und Sauberkeitsschicht gewährleisten sollen, zu verlegen. Wahlweise dürfen auch einige wenige Bewehrungsringe der unteren Querbewehrung unterhalb der unteren Radialbewehrung auf Abstandshaltern angeordnet werden, um gleichzeitig als durchgehendes Auflager (für die Radialbewehrung) zu dienen. Bei der radialen Verlegung dient der Ankerkorb bei der Ausrichtung und Anordnung der Bewehrungsseisen als Orientierung bzw. als Vorlage.

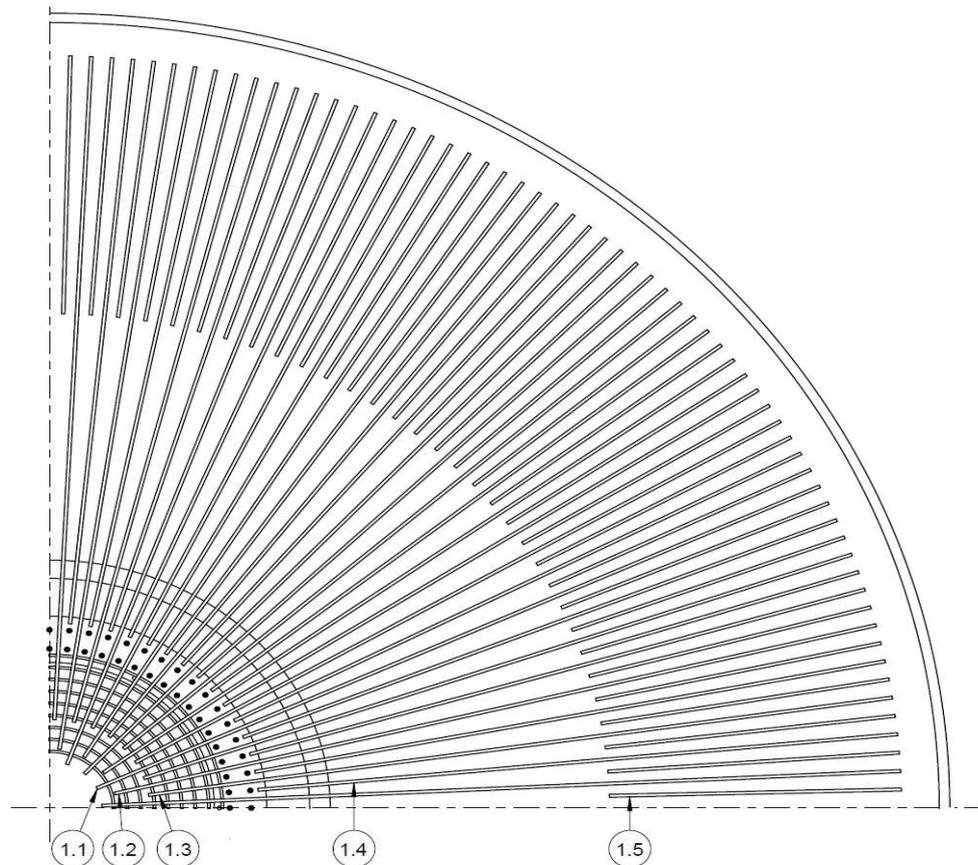


Abbildung 5-9: Untere Radialbewehrung, Horizontalschnitt.

Pos. 1.1 erstreckt sich von der Außenkante bis hin zum (unbewehrten) Kernbereich des Fundamentes und orientiert sich dabei an jedem 4. Zwischenraum des Ankerkorbes (Bewehrungsseile sind jeweils mittig zwischen den Ankerbolzen anzuordnen). Pos. 1.2 ist zwischen Pos. 1.1 und Pos. 1.3 ist wiederum zwischen Pos. 1.1 und Pos. 1.2 zu verlegen (jeweils mittig). Pos. 1.4 endet außerhalb des Ankerkorbes und ist radial auf einer Linie mit den Ankerbolzen anzuordnen. Zudem ist Pos. 1.5 in jedem verbleibenden Zwischenraum der Radialbewehrung einzubauen (bei größeren Fundamentdurchmessern). Siehe Abbildung 5-9, S. 15.

Häufig wird die untere Radialbewehrung innerhalb des Ankerkorbes durch oberhalb **und** unterhalb der radialen Bewehrungsseile vorzusehende Querbewehrungsringe verankert. Die in diesen Fällen bereits lose auf der Mattenbewehrung zu platzierende erste Lage der zweilagigen (unteren) Querbewehrung (Pos. 5) ist unterhalb der unteren Radialbewehrung anzuordnen bzw. einzubauen. Siehe Abbildung 5.10, S. 16, Abbildung 5-11, S. 16, Abbildung 5-12, S. 17 und Abbildung 5-13, S. 17.

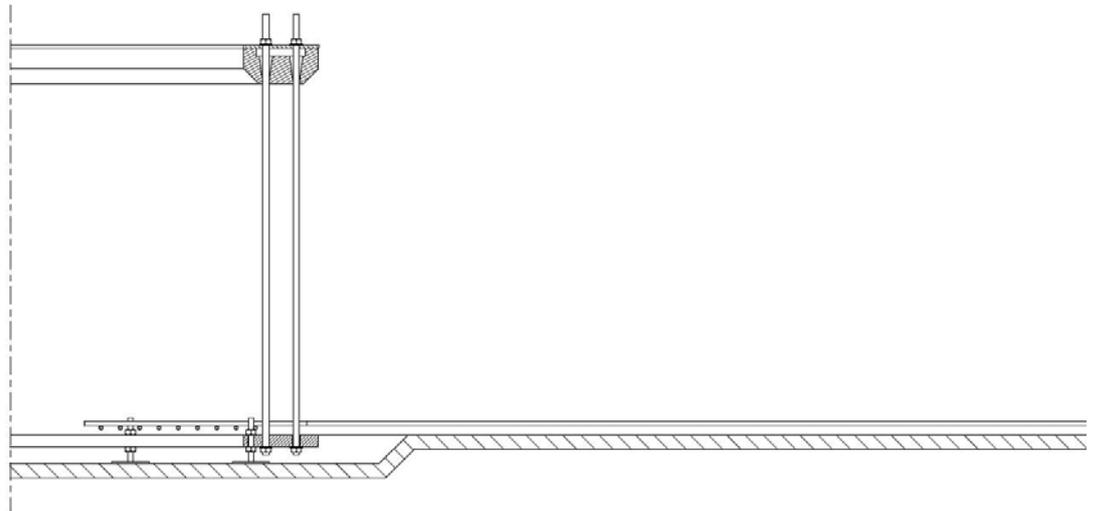


Abbildung 5-10: Untere Radialbewehrung, Vertikalschnitt.

Bewehrung Pos. 1.1 zwischen den Ankern hindurchgeführt (jeder 4. Zwischenraum):

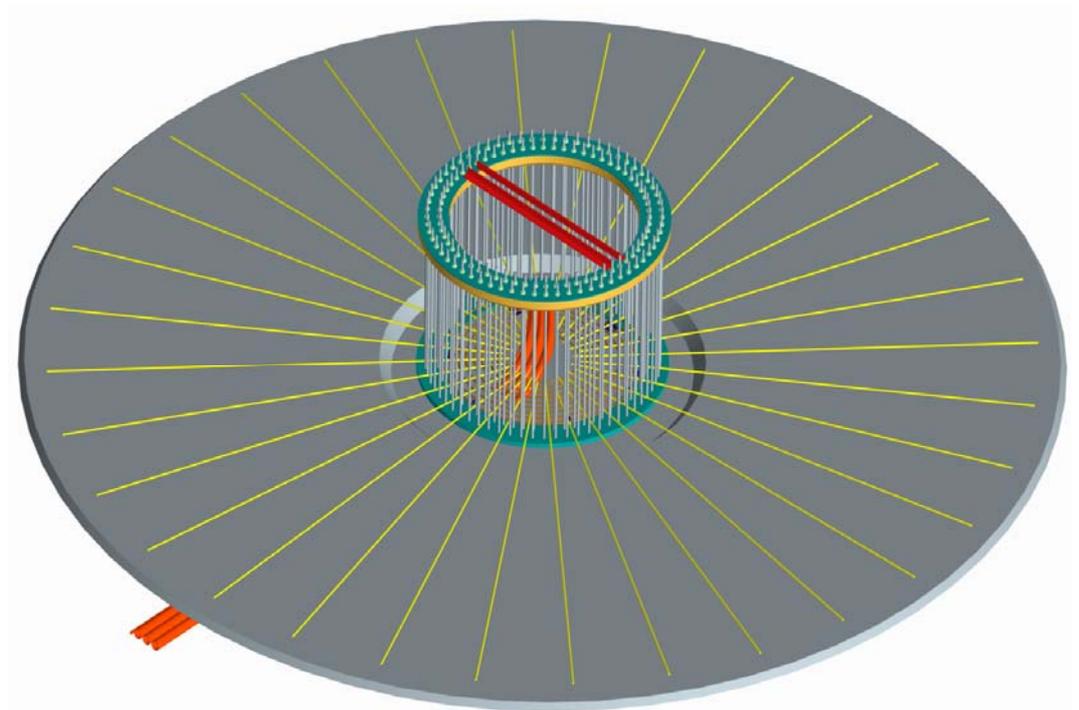


Abbildung 5-11: In jedem vierten Zwischenraum ist ein Bewehrungsseisen der unteren Radialbewehrung (Pos. 1.1) installiert.

Die komplette untere radiale Hauptbewehrung ist installiert:

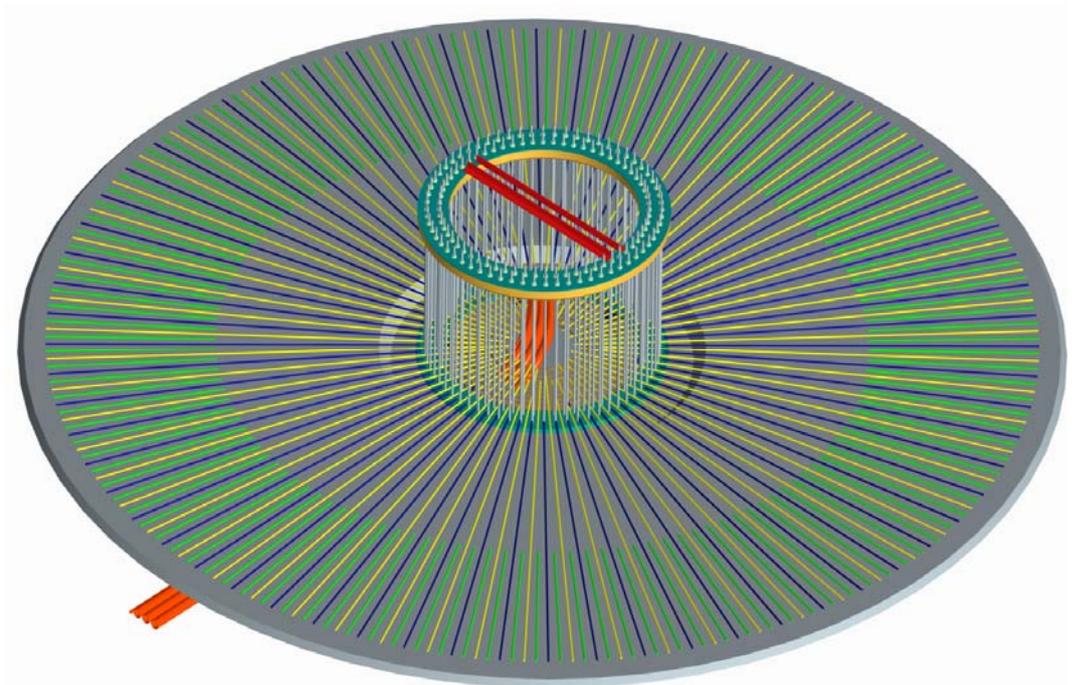


Abbildung 5-12: *Komplette untere radiale Hauptbewehrung ist installiert.*

Detailansicht Kernbereich - untere Radialbew. komplett installiert:

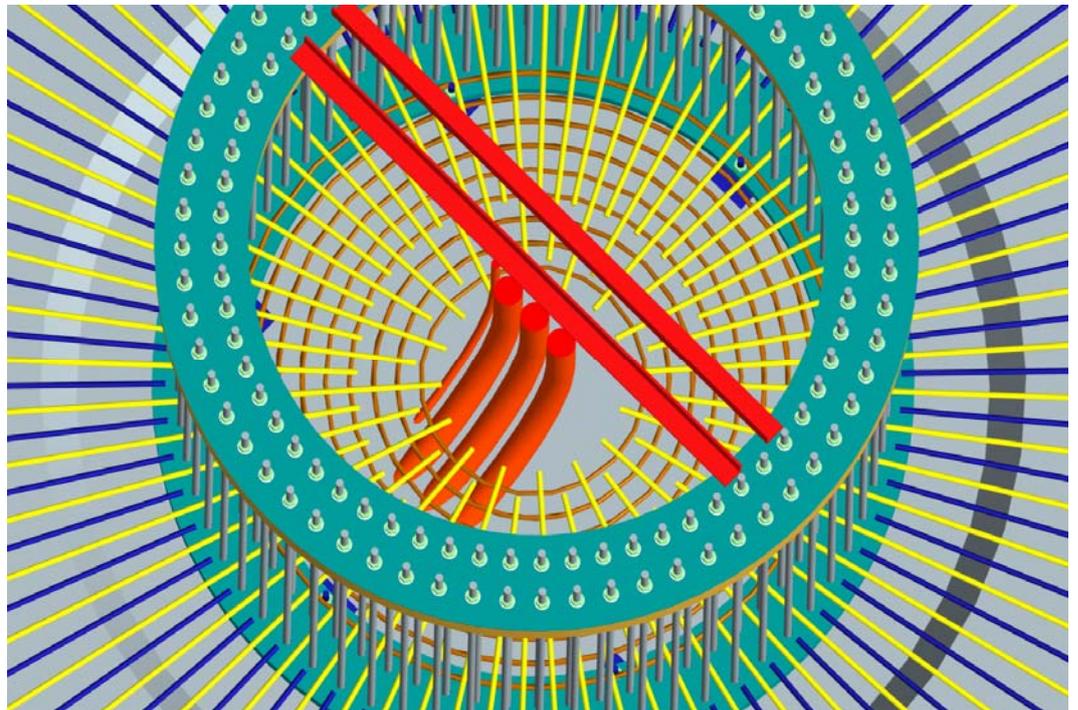


Abbildung 5-13: *Detaildarstellung des Kernbereichs.*

Die unterhalb der unteren Radialbewehrung installierte erste Lage der unteren Ring- bzw. Querbewehrung ist im exemplarisch dargestellten Fall zu beachten (wie bereits erwähnt). Siehe Abbildung 5-13, S. 17.

5.2.3 Installation der unteren Ring- bzw. Querbewehrung

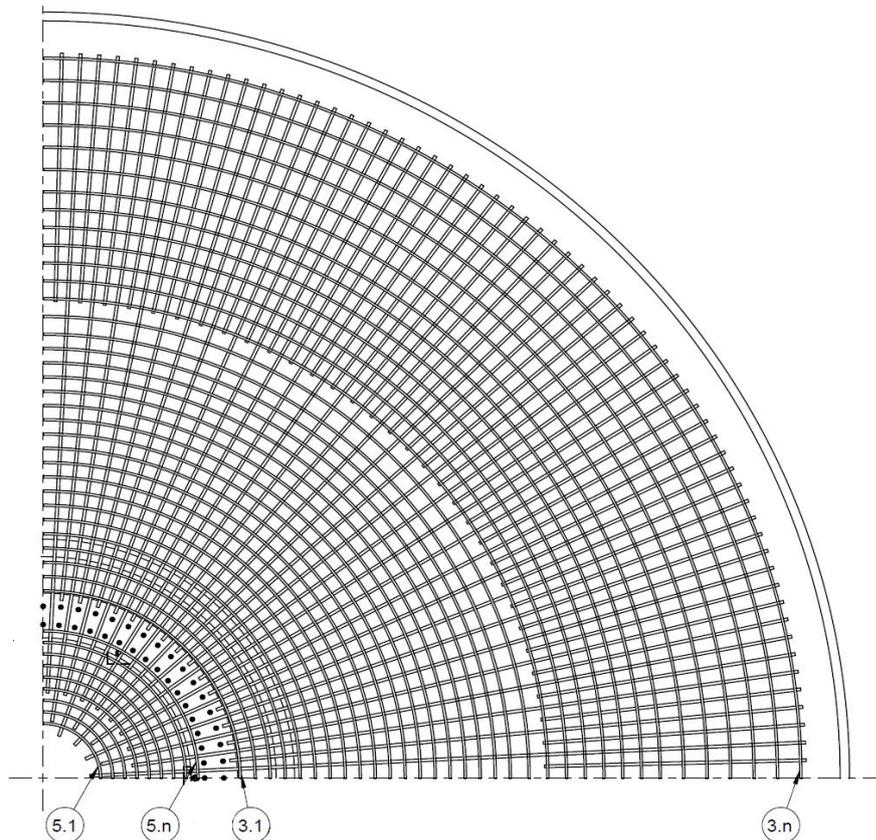


Abbildung 5-14: Untere Ringbewehrung ist oberhalb der unteren Radialbewehrung installiert.

Die untere Ringbewehrung ist oberhalb der unteren Radialbewehrung innerhalb und außerhalb (Pos. 5. bzw. Pos. 3) des Ankerkorbes zu installieren. Siehe Abbildung 5-14, S. 18.

Die Bewehrungseisen sind in den Kreuzungspunkten in adäquater Anzahl mit Bindedraht zu fixieren, um sicherzustellen, dass sie in ihrer richtigen Position bleiben. Die Bewehrungseisen dürfen **nicht** geschweißt werden.

Häufig ist für die untere Radialbewehrung im Bereich des Ankerkorbes eine 2. Lage vorzusehen, die oberhalb der unteren Ringbewehrung einzubauen ist. In diesen Fällen ist die zusätzlich erforderliche Bewehrungsposition (Pos. 1.6) der unteren Radialbewehrung auch entsprechend auf dem Bewehrungsplan spezifiziert.

Installierte untere Ring- bzw. Querbewehrung:

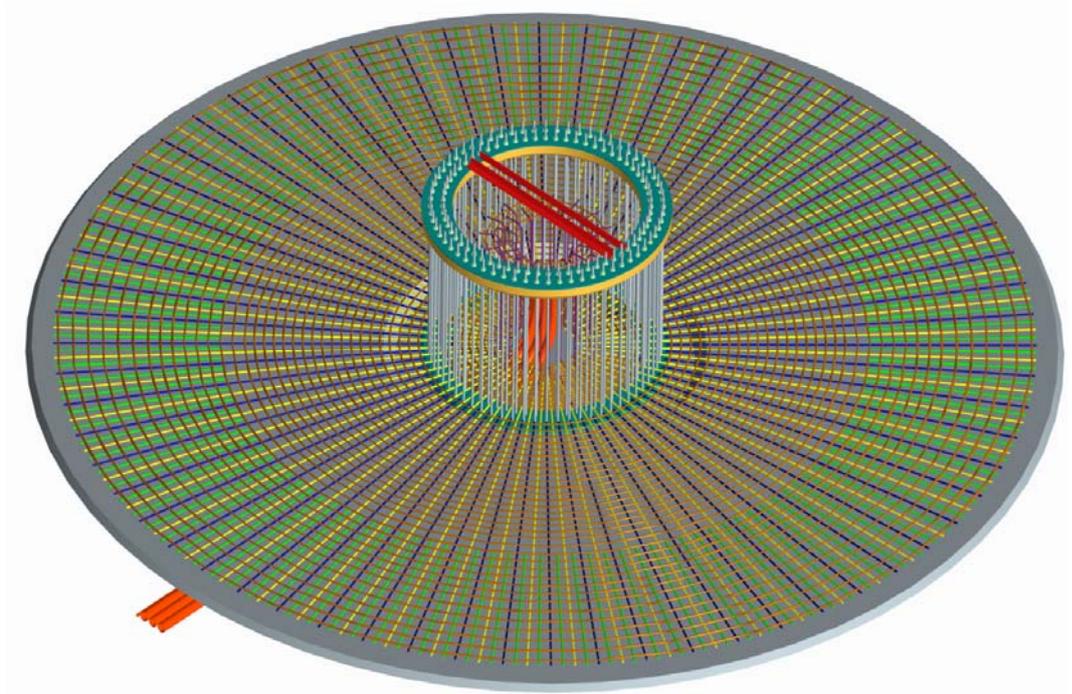


Abbildung 5-15: Installierte untere Ringbewehrung.

Detaildarstellung des Kernbereiches:

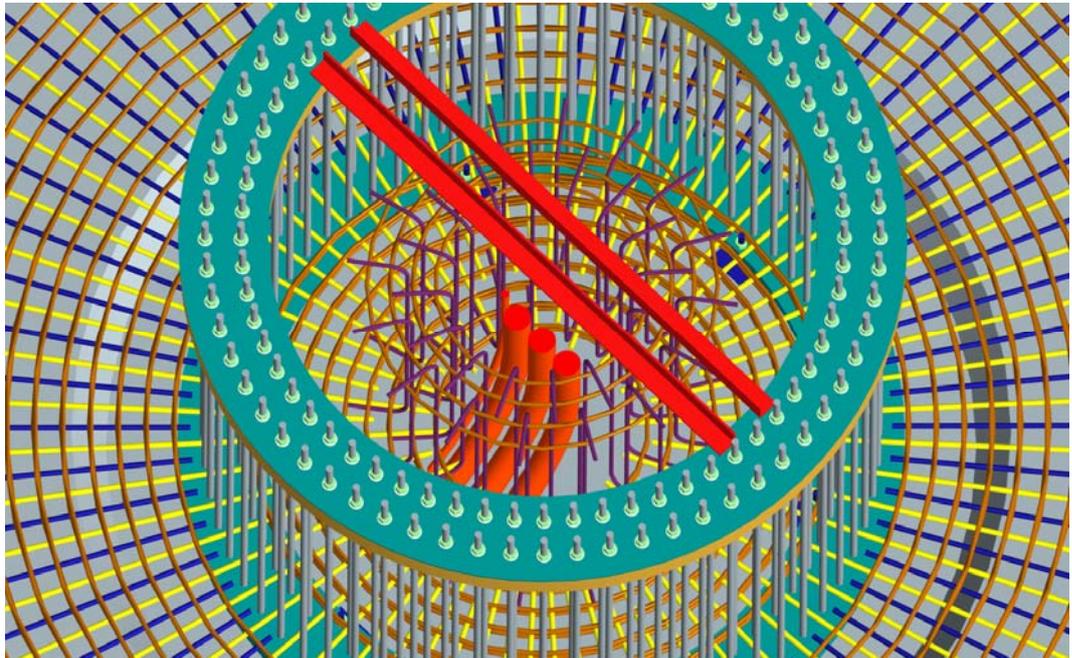


Abbildung 5-16: Detaildarstellung des Kernbereiches.

Wie bereits erwähnt ist zu beachten, dass die untere Ring- bzw. Querbewehrung innerhalb des Ankerkorbes (Pos. 5) häufig aus zwei Lagen besteht (unterhalb und oberhalb der unteren Radialbewehrung). Die unteren Ringe sind hierbei anzuheben, zusammen mit den zugehörigen oberen Ringen auszurichten und entsprechend mit Bindendraht (an der Radialbewehrung bzw. an den oberen Ringen) zu befestigen. Die beschriebene Verlegung der Pos. 5 erfolgt einschließlich bis zu dem Ring, der die Lage der äußeren Reihe der C-Eisen (Pos. 8.1.2) bestimmt (die C-Eisen sind so zu platzieren, dass sie im Bereich der Aufbiegung des horizontalen Schenkels direkt an dem vorgesehenen Bewehrungsring anliegen). Die äußere Reihe der C-Eisen ist an Pos. 1.2 der unteren Radialbewehrung zu befestigen (der untere horizontale Schenkel der C-Eisen ist jeweils seitlich mit dem Anfang von Pos. 1.2 zu überlappen). Durch den Einbau einiger Ringe der oberen Querbewehrung innerhalb des Ankerkorbes (Pos. 6) unterhalb der oberen horizontalen Schenkel der C-Eisen, sind die C-Eisen (zusätzlich) zu stabilisieren und in Lage zu halten. Die Installation der inneren Reihe der C-Eisen (Pos. 8.1.1) erfolgt entsprechend der Vorgehensweise wie bei der äußeren Reihe der C-Eisen (unter Einbau der verbleibenden ersten Ringe der Pos. 6). Die innere Reihe der C-Eisen ist an Pos. 1.1 der unteren Radialbewehrung zu befestigen (der untere horizontale Schenkel der C-Eisen ist jeweils seitlich mit dem Anfang von Pos. 1.1 zu überlappen).

Häufig ist für die untere Radialbewehrung im Bereich des Ankerkorbes eine zusätzliche Bewehrungsposition (Pos. 1.6) bzw. eine 2. Lage vorzusehen. Die Pos. 1.6 ist oberhalb der unteren Querbewehrung einzubauen, wobei zu beachten ist, dass der PE Schrumpfschlauch der Ankerbolzen nicht beschädigt wird.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass vergleichbar zu Pos. 1.6 häufig eine 2. Lage für die obere Radialbewehrung im Bereich des Ankerkorbes vorzusehen ist, welche unterhalb der oberen Radialbewehrung einzubauen ist. In diesen Fällen ist die Bewehrungsposition 2.6 bereits vorsorglich zwischen den Ankerbolzen zu platzieren (Verlegung kann zusammen mit Pos. 1.6 erfolgen), so dass Pos. 2.6 zu einem späteren Zeitpunkt lediglich in die endgültige Position zu bringen und zu fixieren ist.

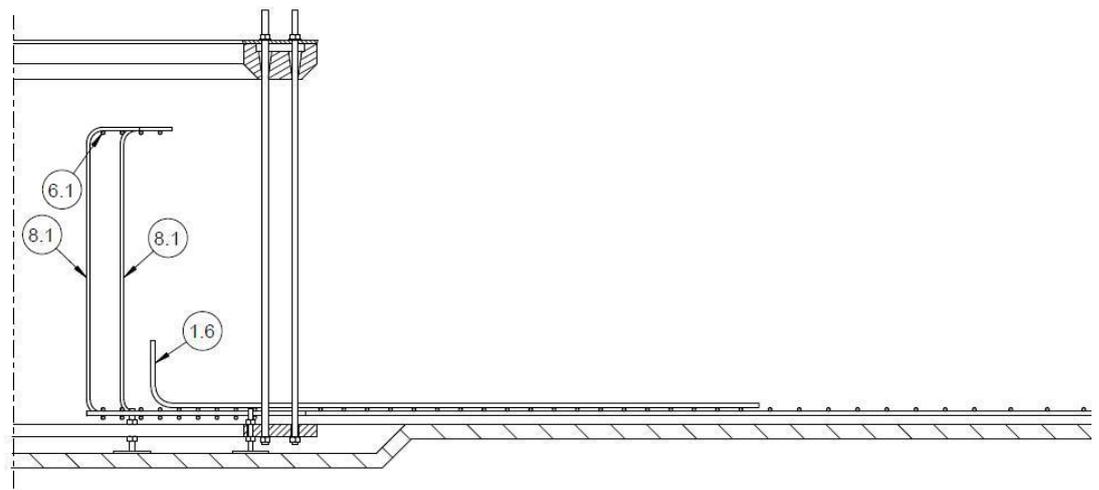
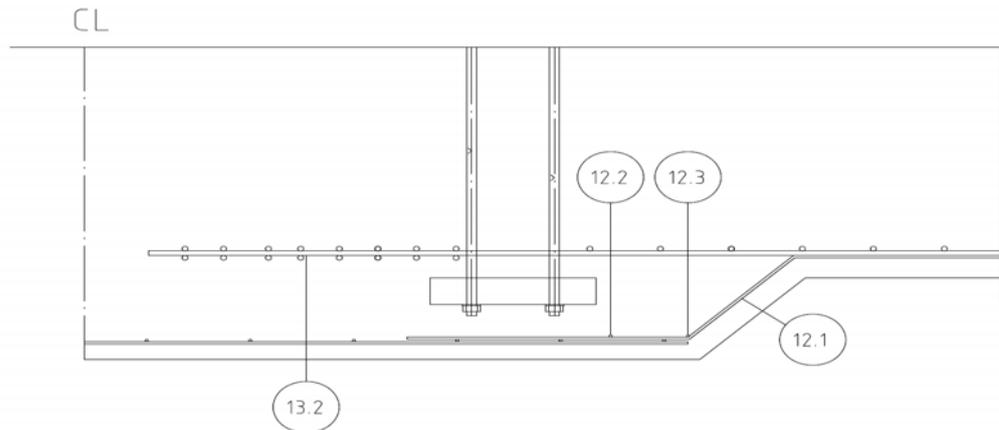


Abbildung 5-17: C-Eisen Pos. 8.1.1 und 8.1.2, Pos. 6 und Pos. 1.6, Vertikalschnitt.

Die bereits (vorsorglich) auf der Mattenbewehrung (Pos. 13.2) platzierten Z-Eisen (Pos. 12.1) sind an den Positionen 1.1, 1.2 und 1.3 der unteren Radialbewehrung auszurichten, in Position zu bringen und an diesen Positionen (Pos. 1.1 bis 1.3) sowie an der Mattenbewehrung und den Bewehrungsringen (Pos. 12.2 und 12.3) zu fixieren:



5.2.4 Installation der Schub- bzw. Vertikalbewehrung:

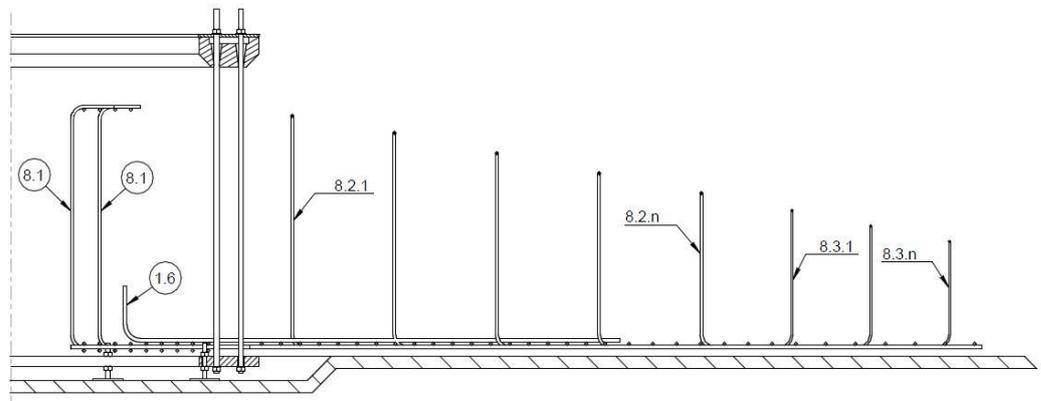


Abbildung 5-18: 2-schenkelige Schubeisen außerhalb des Ankerkorbes

Die Schub- bzw. Vertikalbewehrung besteht innerhalb des Ankerkorbes aus zwei Reihen (radial angeordneten) C-Eisen (Pos. 8.1.1 und 8.1.2) und außerhalb des Ankerkorbes aus 2-schenkeligen Schubeisen (Pos. 8.2 und 8.3). Pos. 8.2 und 8.3 sind jeweils gleichmäßig gemäß Spezifikation des Bewehrungsplanes anzuordnen. An der Fundamentaßenkante ist zudem eine ebenfalls C-förmige Randbewehrung (Pos. 7.1) zu installieren. Siehe Abbildung 5-18, S. 21. Im Randbereich des Fundamentes weisen die horizontalen Schenkel der 2-schenkeligen Schubeisen nach innen, um (mögliche) Konflikte mit den horizontalen Schenkeln der Randbewehrung zu vermeiden.

Die Schubbewehrung (Pos. 8.2 bis 8.3) wurde so vorgesehen, dass sie unterhalb der oberen radialen Hauptbewehrung endet und somit zugleich als Unterstützung

bzw. Montagebewehrung in der Montagephase dient. Hinsichtlich ihrer Tragwerksfunktion ist zu vermerken, dass die Schubbewehrung in der unteren Bewehrung zu verankern ist, indem die horizontalen Füße unterhalb der unteren Querbewehrung (Pos. 3) eingehakt werden. Um zu gewährleisten, dass die Schubbewehrung neben der unteren auch die obere Bewehrung umschließt, sind zu einem späteren Zeitpunkt zusätzlich noch „Haarnadeln“ vorzusehen, deren vertikale Schenkel sich mit den vertikalen Schenkeln der Schubeisen übergreifen (siehe Kapitel 5.2.7). Die horizontalen Schenkel der C-Eisen umschließen die obere Querbewehrung bzw. die 1. Lage von oben, wodurch innerhalb des Ankerkorbes der zusätzliche Einbau von „Haarnadeln“ nicht erforderlich ist.

Installierte Schubeisen

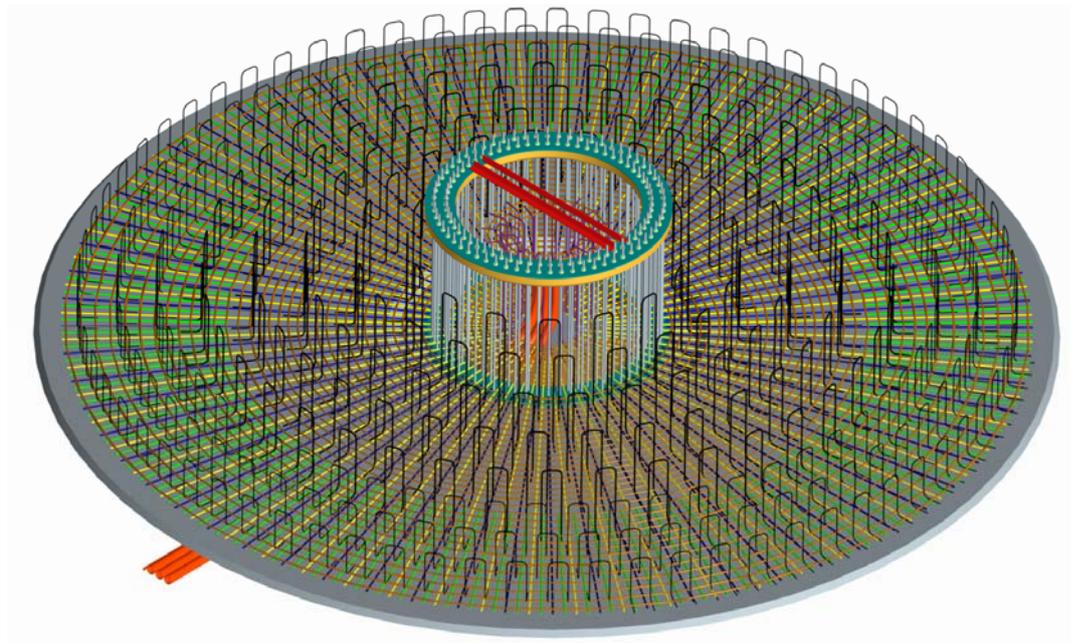


Abbildung 5-19: Schubeisen installiert.

Detaildarstellung des Kernbereichs, C-Eisen zusammen mit einigen Ringen von Pos. 6 installiert

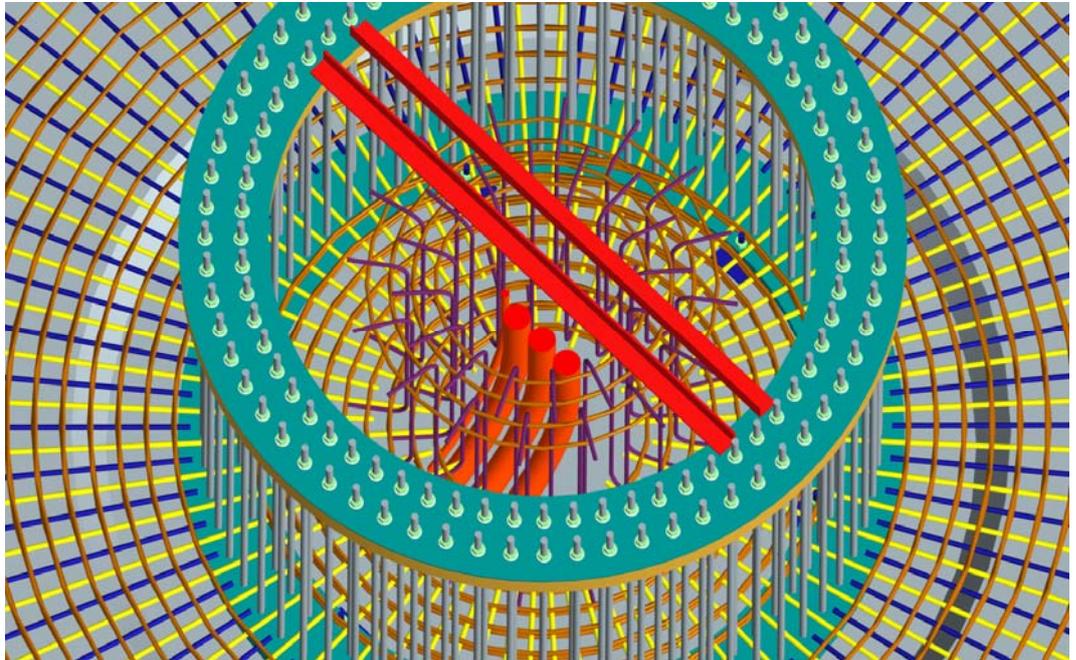


Abbildung 5-20: Detaildarstellung des Kernbereichs, C-Eisen installiert.

5.2.5 Installation der oberen Radialbewehrung:

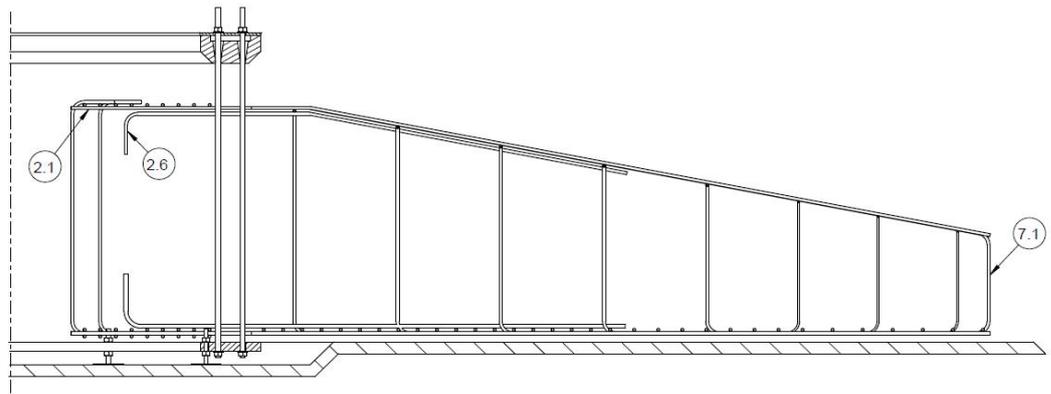


Abbildung 5-21: Obere Radialbewehrung, Vertikalschnitt.

Die prinzipielle Ausrichtung und Anordnung der oberen Radial- und Querbewehrung ist vergleichbar mit der Ausrichtung und Anordnung der unteren Radial- und Querbewehrung. Die obere Radialbewehrung ist oberhalb der Schubbewehrung zu installieren, wobei der Ankerkorb und die untere Bewehrung als Orientierung bzw. als Vorlage dienen. Siehe Abbildung 5-21, S. 23.

Es gilt zu beachten, ob die 2-schenkelige Schubbewehrung (Pos. 8.2 und 8.3) in ausreichender Anzahl vorhanden ist, um der oberen Radialbewehrung als Unterstützung während der Montage zu dienen. Andernfalls kann es erforderlich sein, am Kopf von ca. 3 Schubeisenreihen (im Regelfall am Kopf von Pos. 8.2.1

und 8.2.3 (oder 8.2.4) sowie am Kopf von der letzten Schubeisenreihe der Pos. 8.3) jeweils 1 Querbewehrungsring zu befestigen, so dass die Möglichkeit besteht, die obere Radialbewehrung auch in den Zwischenbereichen der Schubbewehrung aufzulagern. Siehe Abbildung 5-22, S. 23. Für diesen Zweck sind wahlweise Querbewehrungsringe der Pos. 4 oder zusätzliche Montageeisen zu verwenden. Die Querbewehrungsringe sind jeweils seitlich an den horizontalen Schenkeln der Schubeisen zu befestigen, so dass sie in deren Ebene liegen.

Häufig ist für die obere Radialbewehrung im Bereich des Ankerkorbes eine zusätzliche Bewehrungsposition (Pos. 2.6) bzw. eine 2. Lage vorzusehen. In diesen Fällen ist die Bewehrungsposition 2.6 auch entsprechend auf dem Bewehrungsplan spezifiziert. Die Pos. 2.6 ist unterhalb der horizontalen Schenkel der Schubeisen bzw. unterhalb der soeben erwähnten Querbewehrungsringe einzubauen und zu befestigen (die Pos. 2.6 war bereits vorsorglich zwischen den Ankerbolzen zu platzieren (siehe Kapitel 5.2.3)).

Es ist zu beachten, dass einige Eisen die obere Radialbewehrung (im Regelfall Pos. 2.1, 2.2 und 2.3) unterhalb der bereits eingebauten (ersten) Ringe der Pos. 6 zu führen bzw. anzuordnen sind.

Querbewehrungsringe zur Unterstützung der oberen Radialbew.

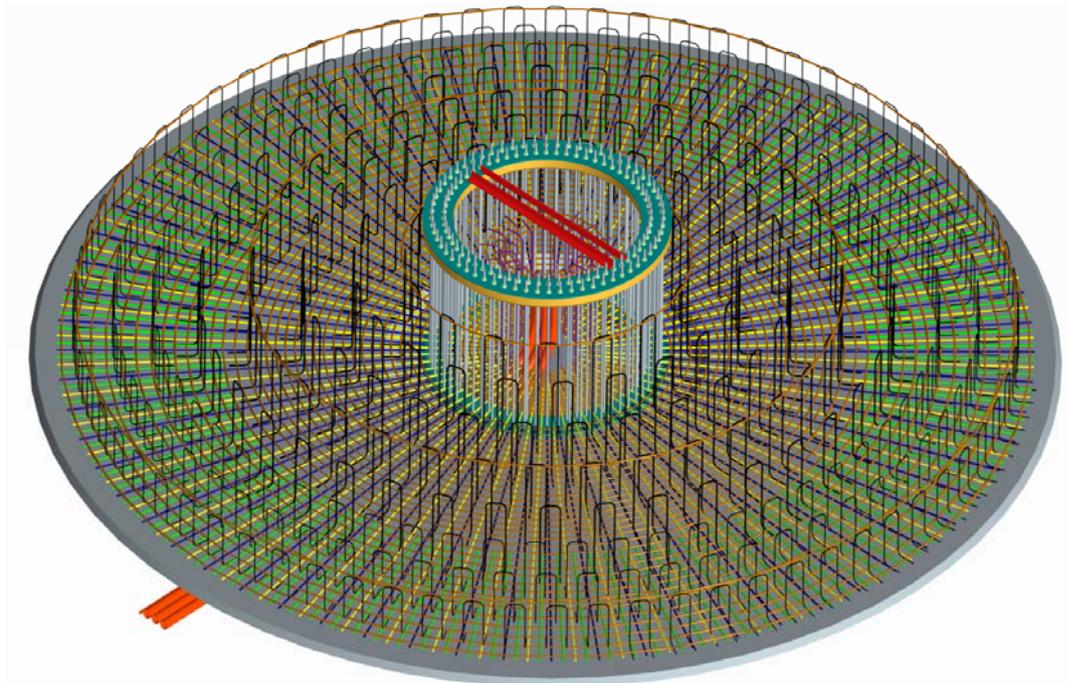


Abbildung 5-22: Querbewehrungsringe zur Unterstützung d. oberen Radialbew.

Zwischen den Ankern hindurchgeführte obere Radialbewehrung

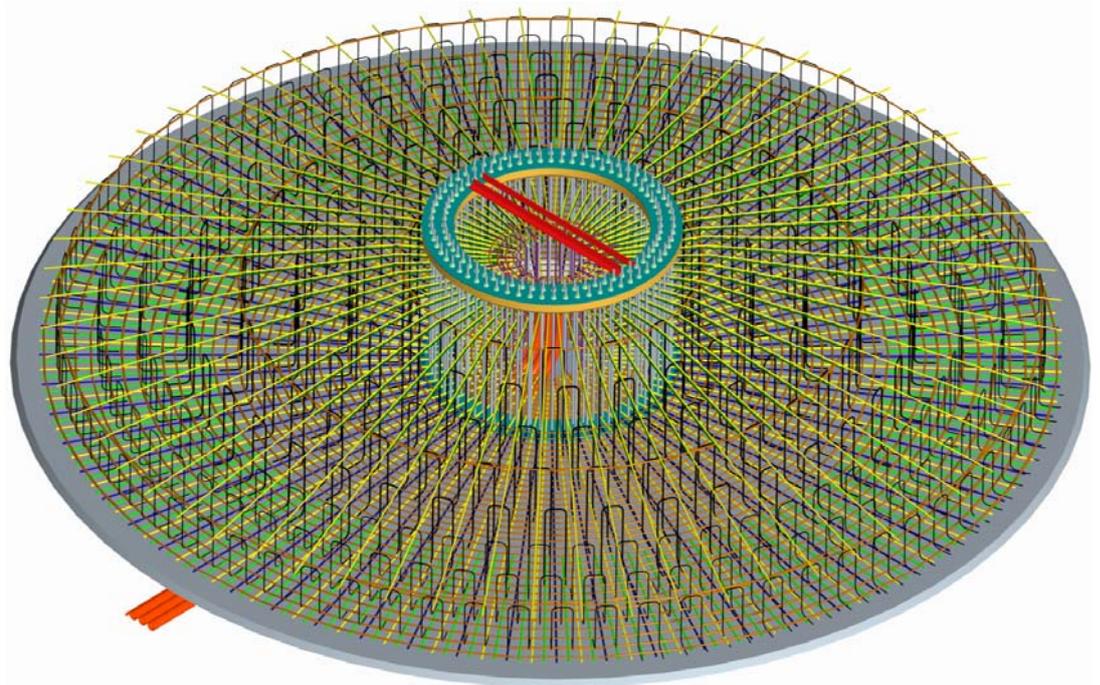


Abbildung 5-23: Zwischen den Ankern hindurchgeführte obere Radialbew.

Auf den Schubeisen bzw. den Querbewehrungsringen installierte komplette obere radiale Hauptbewehrung

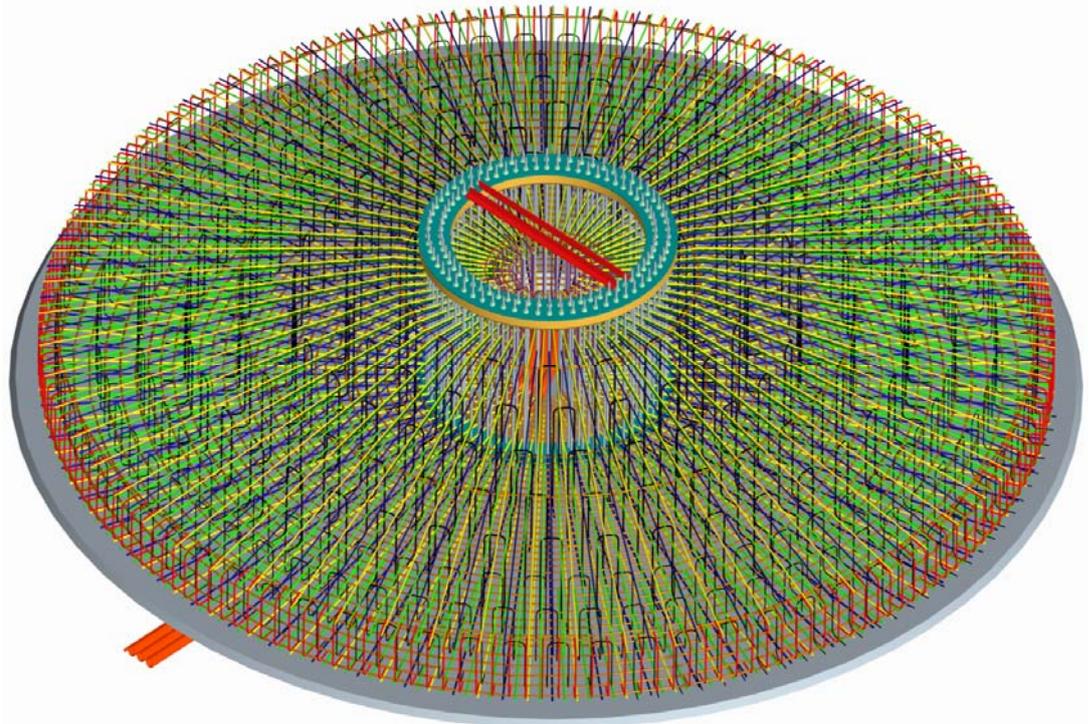


Abbildung 5-24: Auf der Schubeisen bzw. den Querbewehrungsringen installierte komplette obere radiale Hauptbewehrung.

5.2.6 Installation der oberen Ring- bzw. Querbewehrung:

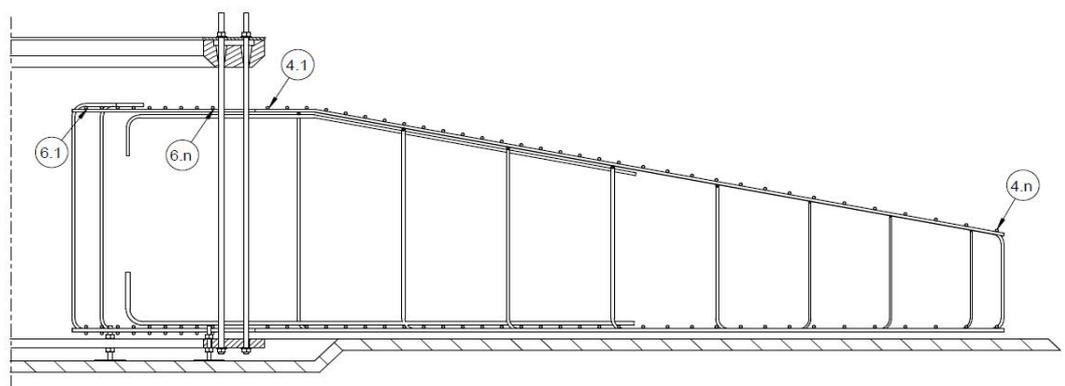


Abbildung 5-25: Obere Querbewehrung oberhalb der Radialbewehrung installiert.

Die obere Ringbewehrung ist oberhalb der oberen Radialbewehrung innerhalb und außerhalb (Pos. 6 bzw. Pos. 4) des Ankerkorbes zu installieren. Abbildung 5-25, S. 24.

Installierte obere Ring- bzw. Querbewehrung

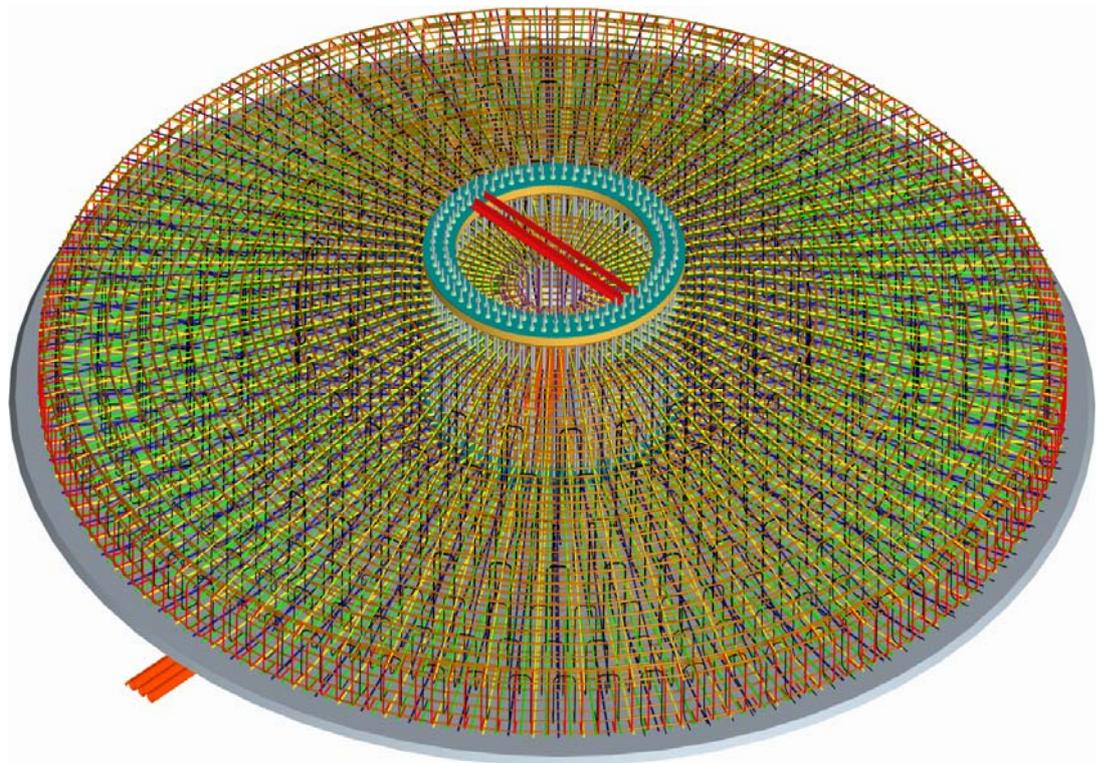


Abbildung 5-26: Installierte obere Ring- bzw. Querbewehrung.

Etwaige verbliebene Bewehrungseisen der oberen Radialbewehrung Pos. 2.5 sind nun nachträglich durch Befestigung an der Ring- bzw. Querbewehrung zu installieren. Siehe Abbildung 5-26, S. 27.

An der Außenkante installierte Randbewehrung

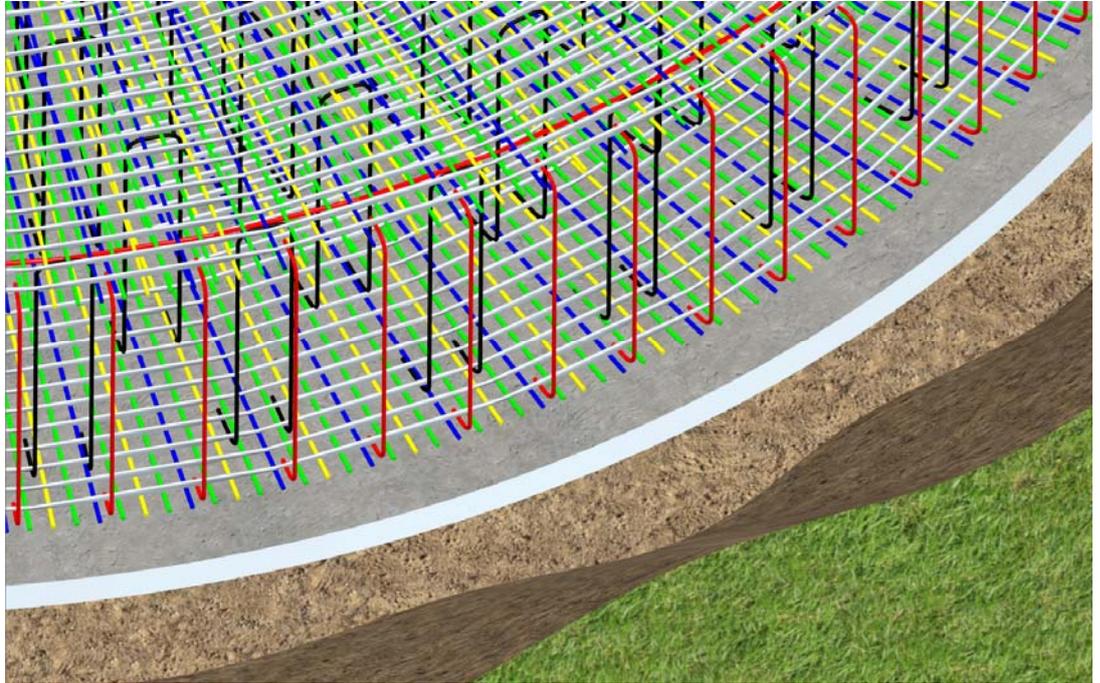


Abbildung 5-27: An der Außenkante installierte Randbewehrung Pos. 7.1.

5.2.7 Installation der Haarnadeln

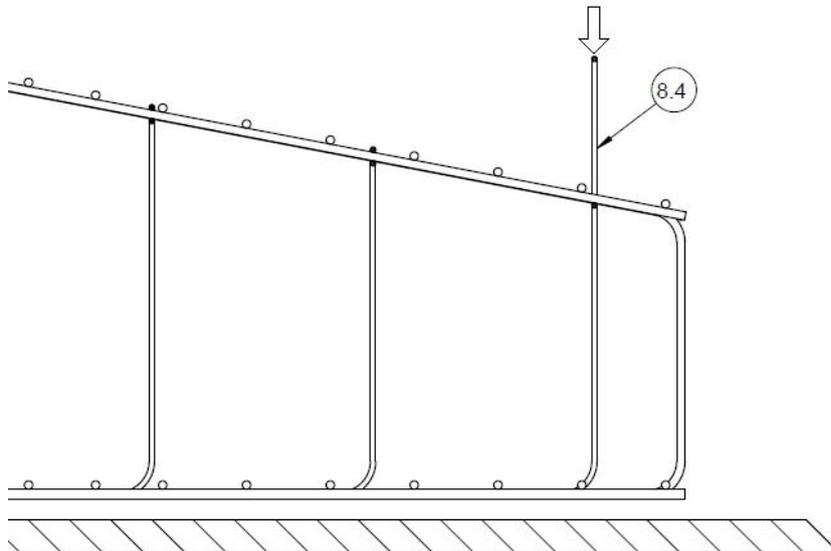


Abbildung 5-28: Installation der Haarnadeln in der oberen Bewehrungslage.

Nach dem Einbau der oberen Ring- bzw. Querbewehrung sind die u-förmig gebogenen Bewehrungsstäbe (Pos. 8.4) von oben in die Radialbewehrung einzustecken. Die nachträglich eingebauten Haarnadeln komplettieren die Schubbewehrung (Pos. 8.2 bis 8.3). Siehe Abbildung 5-28, S. 28.

Die vertikalen Schenkel der Haarnadeln müssen sich mit den vertikalen Schenkeln der Schubseisen übergreifen. Die Haarnadeln bzw. die Übergreifungsstöße sind mit Bindedraht zu fixieren.

5.2.8 Installation der Sockelbewehrung

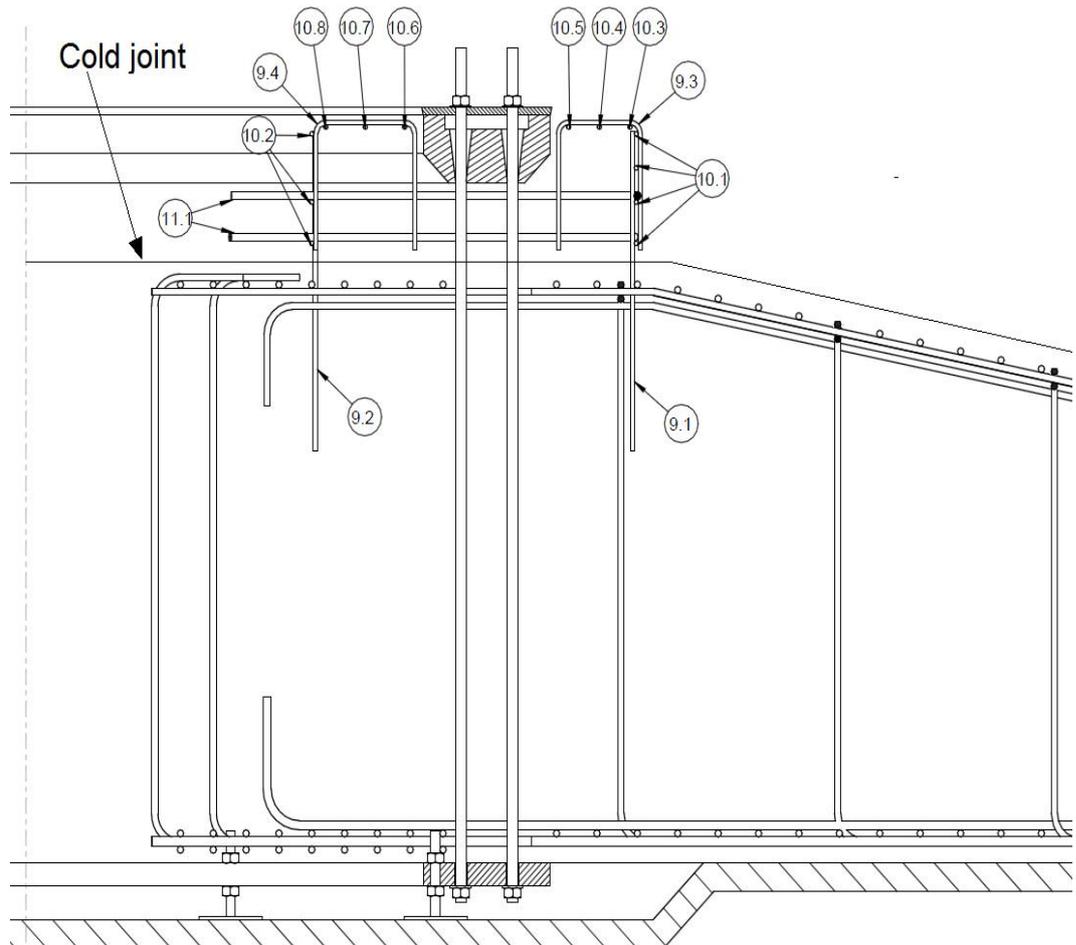


Abbildung 5-29: Installierte Sockelbewehrung.

Ein Teil der der Sockelbewehrung besteht aus zwei Umfangsreihen vertikaler Bewehrungseisen (Pos. 9.1 und 9.2), die sich hinsichtlich Anordnung und Ausrichtung an den Ankerbolzen des Ankerkorbes orientieren und an den (jeweils vorgesehenen Ringen) der oberen Querbewehrung zu befestigen sind. Pos. 9.1 und 9.2 sind radial auf einer Linie mit den Ankerbolzen anzuordnen, wobei sich Pos. 9.2 der Stückzahl entsprechend nur an jedem 4. Anker orientiert (im Regelfall - die konkret vorgesehenen Stückzahlen sind den entsprechenden Bewehrungsplänen und den dazugehörigen Stahllisten zu entnehmen).

Falls zwischen Sockel und Fundamentplatte die Ausführung einer „kalten Fuge“ („cold joint“) vorgesehen ist, ist jeweils der obere Ring der Pos. 10.1 und 10.2 zu installieren, um die vertikalen Eisen Pos. 9.1 und 9.2 in Position zu halten und zu stabilisieren. Erfolgt der Betonvorgang in einem Arbeitsschritt, sind die Bewehrungsarbeiten wie folgt fortzusetzen.

Die 4 äußeren horizontalen Bewehrungsringe (Pos. 10.1) sind in den gemäß Bewehrungsplan vorgesehenen Abständen an den vertikalen Eisen Pos. 9.1 zu befestigen. Vergleichbar dazu sind die 3 inneren horizontalen Bewehrungsringe (Pos. 10.2) an den vertikalen Eisen Pos. 9.2 zu installieren. Konstruktiv gesehen dienen die Bewehrungsringe Pos. 10.1 und 10.2 der Spaltzugbewehrung Pos. 11.1 als Auflager und fixieren gleichzeitig die oberen Enden der vertikalen Eisen.

Die Spaltzugbewehrung ist oberhalb der entsprechend dafür vorgesehenen horizontalen Ringe der Pos. 10.1 und 10.2 zu installieren. Die haarnadelförmige Spaltzugbewehrung ist von der Seite in die vertikalen Eisen Pos. 9.1 einzustecken, so dass diese umbügelt. Die Spaltzugbewehrung ist radial und 2-lagig anzuordnen, wobei der Einbau in der 2. Lage jeweils um ein Ankerpaar versetzt erfolgt (pro Lage wird nur jedes 2. vertikale Eisen der Pos. 9.1 bzw. nur jedes 2. Ankerpaar von der Pos. 11.1 umbügelt).

Die horizontalen Bewehrungsringe Pos. 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.7 und 10.8 sind vorsorglich auf der Spaltzugbewehrung Pos. 11.1 zu platzieren, so dass Pos. 10.3 bis 10.8 zu einem späteren Zeitpunkt lediglich in die endgültige Position zu bringen und zu fixieren ist (diese Maßnahme dient der Erleichterung des Einbaus).

Die äußere Reihe der Bügelbewehrung Pos. 9.3 ist an den vertikalen Eisen Pos. 9.1 und den horizontalen Ringen Pos. 10.1 zu befestigen (Pos. 10.1 und (die Schlaufen der) Pos. 11.1 werden hierbei von der Pos. 9.3 umbügelt). Die vertikalen Schenkel der Pos. 9.3 sollten so nah wie möglich an Pos. 9.1 und (den Schlaufen) der Spaltzugbewehrung Pos. 11.1 anliegen. Die innere Reihe der Bügelstecker Pos. 9.4 ist entsprechend an den horizontalen Ringen der Pos. 10.2 zu befestigen (die Anordnung der Pos. 9.4 erfolgt ebenfalls radial und in Abständen, die analog zu denen der Ankerbolzen sind).

Die bereits vorsorglich platzierten Ringe Pos. 10.3 bis 10.8 sind nun anzuheben, in die vorgesehene (endgültige) Position zu bringen und entsprechend an der Bügelbewehrung Pos. 9.3 und 9.4 mit Bindedraht zu befestigen unteren Ringe sind hierbei anzuheben, zusammen mit den zugehörigen oberen Ringen auszurichten und entsprechend mit Bindedraht (an der Radialbewehrung bzw. an den oberen Ringen) zu befestigen. Siehe Abbildung 5-29, S. 29 und Abbildung 5-30, S. 29.

Die im Sockelbereich anzuordnende obere Riss- bzw. Mattenbewehrung (Pos. 13.1) ist (insbesondere im Bereich der Lehrrohre) örtlich anzupassen bzw. zurechtzuschneiden, gegebenenfalls zwischenzulagern und erst während der Betonierarbeiten endgültig einzubauen.

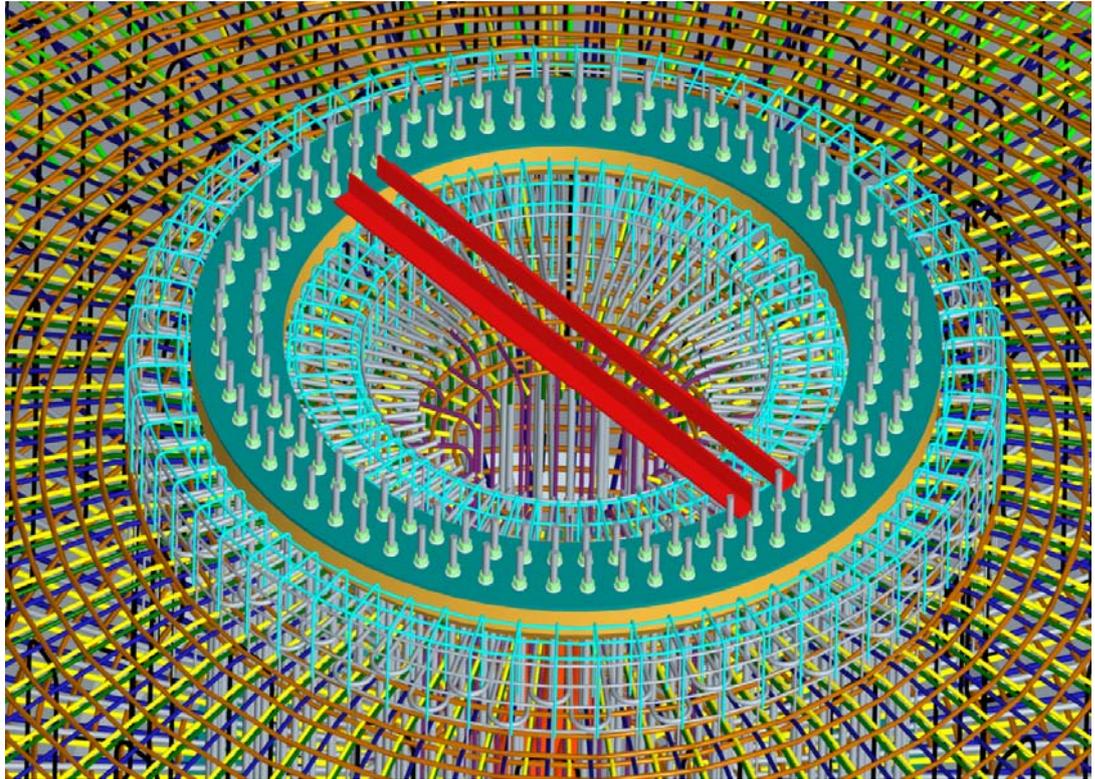


Abbildung 5-30: Sockelbewehrung.

5.3 Beton

Vor Einbringen des Betons muss seitens des zuständigen Ingenieurs überprüft werden, ob die Bewehrungsarbeiten und die Montage des Ankerkorbes entsprechend den erforderlichen Qualitätsanforderungen bzw. entsprechend der Ausführungspläne durchgeführt wurden.

Es wird empfohlen, ein Trennmittel (wie z. B. Schalungsöl) zum Schutz vor Anhaftung des Betons auf den formgebenden Schaumstoffblock aufzubringen (der Schaumstoffblock dient der Ausformung der Vergussmörtel- bzw. Vergussbetonrinne).

Angaben hinsichtlich des Fundamenterdungssystems, wie z. B. Hinweise zur optimalen Abstimmung der Bewehrungsarbeiten mit der Anordnung und Ausführung der Fundamenterdung, sind der „Foundation Earthing Work Instruction“ zu entnehmen. So kann es beispielsweise von Vorteil sein, Teile des Fundamenterders, welche mit der unteren Bewehrung zu verbinden sind, vor der Montage der oberen Bewehrung zu installieren.

Wie aus den Angaben auf den Ausführungsplänen ersichtlich wird, müssen der Beton und die Betonarbeiten den Anforderungen nach DIN 1045-1 bis DIN 1045-3 sowie DIN EN 206-1 genügen. Bei Transportbeton muss der Lieferschein jeder Betonladung ein bauaufsichtliches Übereinstimmungszeichen unter Angabe von DIN EN 206-1 und DIN 1045-1 sowie den Namen und das Zeichen einer Zertifizierungsstelle aufweisen. Die Festlegung des Zielwertes der Rohdichte sollte Bestandteil der Zertifizierung sein. Bei Transportbeton nach Zusammensetzung ist der Verfasser der „Festlegung“ (endgültige Zusammenstellung von Anforderungen) dafür verantwortlich, sicherzustellen,

dass die Festlegung mit den allgemeinen Anforderungen nach Norm übereinstimmt und dass die festgelegte Zusammensetzung in der Lage ist, die beabsichtigte Leistungsfähigkeit des Betons sowohl im frischen als auch im erhärteten Zustand zu erzielen. Bei Transportbeton nach Eigenschaften übernimmt der Hersteller diese Aufgabe.

Alle Betonbauteile sind gemäß der einschlägigen Standards und Normen während der Betonage ausreichend zu verdichten, sodass der Beton eine geschlossene Struktur ohne Porosität aufweist (je geringer die Porosität und die Permeabilität, also je dichter der Zementstein, desto höher ist auch der Widerstand gegen äußere Einflüsse.) Besonderes Augenmerk gilt hierbei der umlaufenden Schalkante zwischen Fundamentplatte und Sockel, sowie der Ankerplatte des Ankerkorbes, welche vollständig von verdichtetem Beton ohne Luftschlüsse umgeben sein muss.

Die Anzahl der Arbeitsfugen ist auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken. Der Betoniervorgang kann in den folgenden kontinuierlichen Arbeitsabläufen erfolgen:

1. Fundamentplatte
2. Sockel

Falls zwischen Sockel und Fundamentplatte die Ausführung einer „kalten Fuge“ („cold joint“) vorgesehen wird bzw. wird in zwei Arbeitsschritten betoniert, muss die Arbeitsfuge zwischen Fundamentplatte und Sockel gereinigt und angefeuchtet werden, bevor der Sockel betoniert werden kann. Weiterhin muss die Arbeitsfuge die auftretenden Kräfte aufnehmen können, z.B. durch eine raue und griffige Anschlussfläche, ggf. durch profilieren bzw. strahlen. Die Ausführung von „kalten Fugen“ ist nur an den auf dem Bewehrungsplan dafür ausgewiesenen Stellen zulässig.

Der Beton ist mittels einer adäquaten Anzahl an Betonpumpen so einzubringen und zu verdichten, dass die Bewehrung dicht mit Beton umhüllt wird. Es ist sicherzustellen, dass sich der Beton beim Einbringen nicht entmischt. Hierfür ist die Fallhöhe des Betons entsprechend zu begrenzen – im Allgemeinen soll der Beton beim Verlassen des Fördergefäßes oder des Pumpenrohres nicht mehr als 1 m frei fallen. Der Zugang zu dem unteren Teil kann aufrechterhalten werden, indem die obere Bewehrung zum Teil erst befestigt wird, wenn der Beton bis fast an die obere Bewehrung reicht.

Die Betonage des Sockels erfolgt bis zur Oberkante der Ankerbolzenschablone.

Die Oberfläche des Betons muss vor Austrocknung geschützt werden, indem die freiliegende Oberfläche abhängig von den örtlichen Bedingungen mit einem wasserdichten Belag oder Dämmmatten abgedeckt wird - insbesondere bei massigen Bauteilen kann die Verwendung von Dämmmatten auch bei höheren Umgebungstemperaturen ratsam sein, um eine kürzere Aushärungszeit und einen gleichmäßigeren Temperaturverlauf (über die Fundamentdicke) bzw. einen geringeren Temperaturgradienten zu erzielen. Es wird empfohlen, die Bodenauffüllungen so früh wie möglich auszuführen.

Bis zum Beginn der vorbereitenden Maßnahmen zur Errichtung der untersten Turmsektion ist der Sockelbereich mit all den Ankerbolzen, Leerrohren, etc. (zwischenzeitlich) mit wasserdichter Plane abzudecken und vor Umwelteinflüssen etc. zu schützen. Besteht die Gefahr von Frostschäden, wird empfohlen, den Schaumstoffblock mittels Spaten und Stemmeisen zum

entsprechenden Zeitpunkt lediglich vorsichtig vom Beton zu lösen, ihn aber ansonsten bis zum Beginn der vorbereitenden Maßnahmen zur Turmerrichtung in der Rinnenform zu belassen. Ansonsten gilt es, den Schaumstoffblock so früh wie möglich herauszulösen und zu entfernen, um dem Anhaften des Betons (zusätzlich) entgegenzuwirken.

5.4 Turmmontage und Vergussvorgang unterhalb des Turmfußflansches

Vor der Montage des Turms muss eine erfolgreiche Endprüfung des Fundaments und der dazugehörigen Dokumente wie z. B. die Vestas Service Inspection Form (SIF) for assembling and installation of anchor cage 0016-7148“, Lieferscheine, Materialzertifikate, etc. durch den Ingenieur durchgeführt werden, der ebenfalls die Freigabe der Turmmontage unterzeichnen muss. Bei Normalbeton beträgt die Aushärtezeit mindestens 4 Wochen. Eine spezifische Berechnung unter Berücksichtigung der tatsächlichen Umweltbedingungen (Temperatur, Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit usw.) und / oder die Verwendung von Spezialbeton mit Zusätzen kann die Aushärtezeit verkürzen.

Der Vergussvorgang erfordert, dass der Beton eine Druckfestigkeit erfordert von Mindestens 15 MPa aufweist.

Hinsichtlich der Montageplanung wird empfohlen, das folgende Ablaufschema sorgfältig zu studieren.

Bei den meisten Turmvarianten können bis zu 2 Turmsektionen errichtet werden, ohne dass mit dem Auftreten von Oszillationsproblemen zu rechnen ist.

Werden darüber hinaus weitere Turmsektionen errichtet, steigt die Gefahr, dass Oszillationsprobleme auftreten, und die maximal zulässige Windgeschwindigkeit sinkt. Folglich ist die Oszillationsgefahr am größten, wenn alle Turmsektionen aufgestellt worden sind.

Die Anzahl an Justierfüßen ist bei den meisten Turmvarianten so ausgelegt, dass die Justierfüße in der Lage sind,

- 2 Turmsektionen bei einer maximalen Windgeschwindigkeit von 34 m/s (entspricht in etwa einer 1-Jahres-Bö gemäß IEC)
- Alle Turmsektionen bzw. den gesamten Turm bei einer maximalen Windgeschwindigkeit von 12 m/s

abzustützen.

Der angedeutete Aushärtungsverlauf des Vergussmaterials ist in dem folgenden Ablaufschema durch eine gestrichelte Kurve dargestellt. Es ist zu beachten, dass der Verguss in der ersten Phase der Aushärtezeit flüssig bleibt, wenn der Verguss jedoch auszuhärten beginnt, erfolgt die Zunahme an Festigkeit und Steifigkeit schnell. Sobald der Verguss die Druckfestigkeit von ca. 5 MPa erreicht hat, übersteigt die Tragfähigkeit des Vergusses die der Justierfüße. Das bedeutet, dass die Justierfüße in ihrer abstützenden Funktion ausgedient haben. Sobald der Verguss eine Mindestdruckfestigkeit von 10 MPa erreicht hat, ist er in der Lage, in etwa der Belastung einer 1-Jahres-Bö gemäß IEC (34 m/s) am gesamten Turm standzuhalten.

Es wird daher dringend empfohlen, den Vergussmörtel bzw. den Vergussbeton gleich nach der Errichtung und Fixierung der untersten Turmsektion in die Rinne

zu pumpen, damit der Aushärteprozess so früh wie möglich beginnen kann, und der Verguss im Idealfall eine Mindestdruckfestigkeit von 10 MPa erreicht hat, bevor die 3. Turmsektion aufgestellt wird.

Die produkt- und temperaturspezifischen Aushärtezeiten, die benötigt werden, um eine Druckfestigkeit von 10 MPa zu erreichen sind in Tabelle 5-1 auf Seite 33 angegeben.

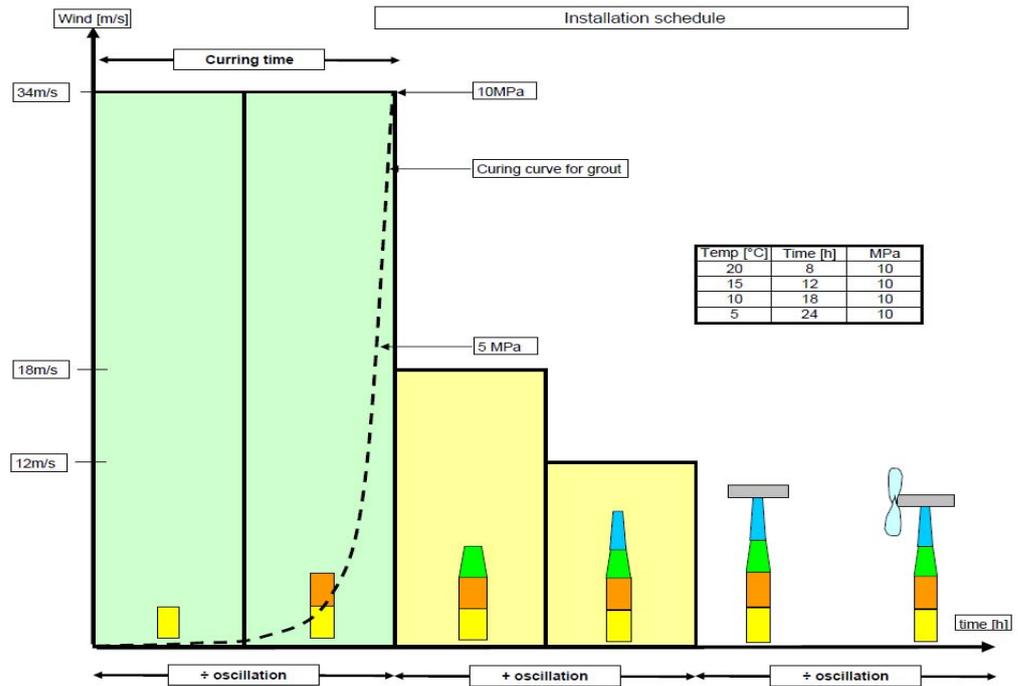


Abbildung 5-31: Ablaufschema für Montage der meisten Turmvarianten

Falls - entgegen den Empfehlungen - geplant ist, mit der Errichtung der 3. Turmsektion zu beginnen noch bevor der Verguss die Mindestdruckfestigkeit von 10 MPa erreicht hat, und gleichzeitig zu erwarten ist, dass die für diesen Fall maximal zulässige Windgeschwindigkeit von 12 m/s (siehe letzte Seite) möglicherweise überschritten wird, ist die entsprechend der Genehmigungszeichnung des Ankerkorbes vorgesehene Anzahl an Justierfüßen mit dem entsprechenden Multiplikationsfaktor in der nachstehenden Tabelle zu erhöhen:

12 m/sec	14 m/sec	16 m/sec	18 m/sec	20 m/sec
1.00	1.36	1.78	2.25	2.78

Tabelle 5-1: Multiplikationsfaktoren für die Erhöhung der Anzahl an Justierfüßen.

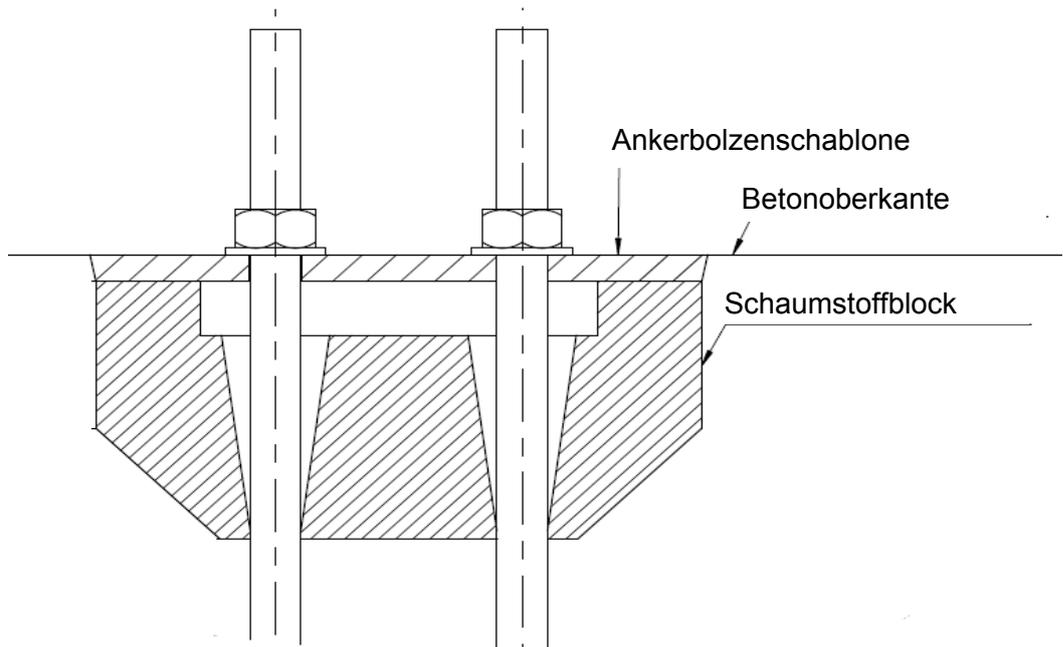


Abbildung 5-32: Fundament mit Schaumstoffblock (vor der Turmmontage)

Vor dem Aufstellen des Turms müssen die Flanschschablonen entfernt werden, indem alle Muttern und Unterlegscheiben der Anker entfernt werden. Der Flansch wird herausgenommen, während der formgebende Schaumstoffblock im Beton verbleibt. Dazu dürfen nur Stemmeisen, Hebezeuge, Keile usw. verwendet werden und Heben mit einem Kran, Gabelstapler usw. muss vermieden werden, da die Ankerbolzenschablone („template flange“) fest am Beton anhaften kann und Verletzungen verursachen könnte.

Den zur Ausformung der Vergussrinne dienende Schaumstoffblock mittels Spaten und Stemmeisen vorsichtig herauslösen und den Schaumstoff als Abfall entsorgen (siehe „Assembling and Installation Anchor Cage 0018-0743 und Abbildung 5-32, S.35, Abbildung 5-33, S.36 und Abbildung 5-34, S. 36). Die Ankerbolzenschablone wird von Vestas zurückgenommen, gereinigt und nach Möglichkeit für weitere Ankerkörbe wiederverwendet. Die Ankerbolzenschablone daher vorsichtig behandeln und nur an den dafür vorgesehenen Hebevorrichtungen oder Hebelöchern anheben. Alle Schraubenmutter und Unterlegscheiben müssen vor Verschmutzung, Erde, Beton, etc. geschützt gelagert werden. Mechanische Beschädigungen müssen auf der Baustelle während der Turmmontage repariert werden.

Situation vor dem Herausheben von Ankerbolzenschablone und formgebenden Schaumstoffblock

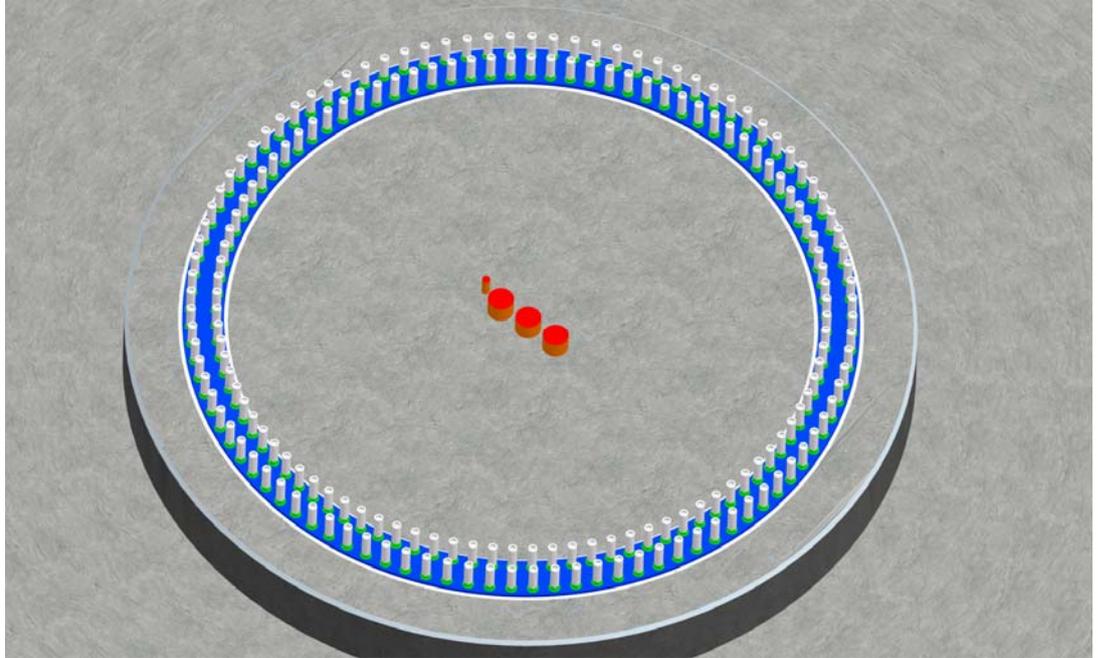


Abbildung 5-33: Situation vor dem Herausheben von Ankerbolzenschablone und Schaumstoffblock.

Situation nach dem Herausheben von Ankerbolzenschablone und formgebenden Schaumstoffblock

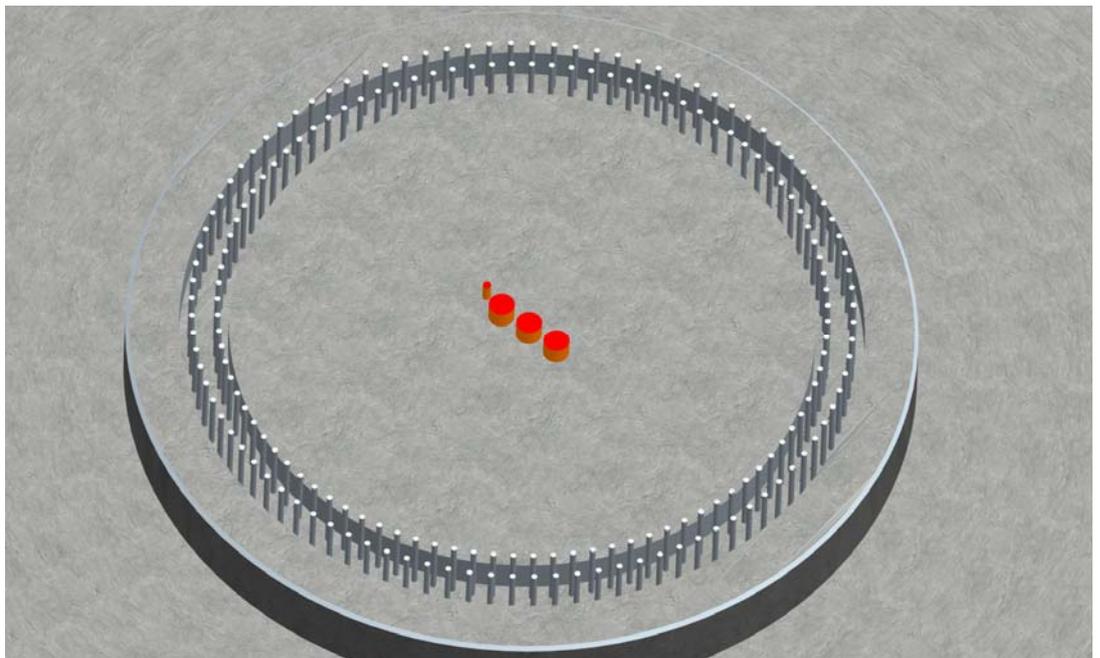


Abbildung 5-34: Situation nach dem Herausheben von Ankerbolzenschablone und Schaumstoffblock.

Vergussvorgang unterhalb des Turmfußflansches

Vor Montage der Turmfußsektion ist die Oberfläche der Vergussmörtel- bzw. Vergussbetonrinne durch Strahlen mit einem Hochdruckreiniger o. Ä. aufzubereiten, gründlich zu reinigen und von losen und hafthemmenden Teilen wie Zementschlämme zu befreien (zusätzlich können lose Teile auch unter Zuhilfenahme eines Staubsaugers etc. entfernt werden). Beim Hochdruckstrahlen müssen die Gewinde an den Ankerenden gegen Beschädigung geschützt werden.

Die Justierfüße werden auf die korrekte Höhe eingestellt. Für diese Arbeit wird der Einsatz eines Rotationslasers empfohlen. Die korrekte Höhe wird ermittelt, indem zuerst der höchste Punkt der äußeren Vergussrinnenoberkante (Übergang von der Vergussrinne zur Oberseite des Sockelbetons im Bereich außerhalb des Turmes) gesucht und als Bezugspunkt festgelegt wird. Danach den ersten Justierfuß, der Referenzjustierfuß, so einstellen, dass der Abstand zwischen der Justierfußauflagerfläche und dem festgelegten Bezugspunkt (der höchste Punkt der äußeren Vergussrinnenoberkante) gleich der Turmfußflanschdicke abzüglich 10 mm ist. Die übrigen Justierfüße unter Verwendung eines Rotationslasers auf dieselbe Höhe des Referenzjustierfußes einstellen, so dass alle Justierfußauflagerflächen auf derselben horizontalen Ebene liegen. So ist die Oberseite des Turmfußflansches mindestens 10 mm oberhalb der Oberseite des Sockelbetons (im Bereich außerhalb des Turmes). Dies ermöglicht einen einfachen Vergussvorgang und lässt Wasser vom Turmfußflansch abfließen. Siehe Abbildung 5-35, S.37 und Abbildung 5-36, S.38.

Situation nach der Stellung der Justierfüße

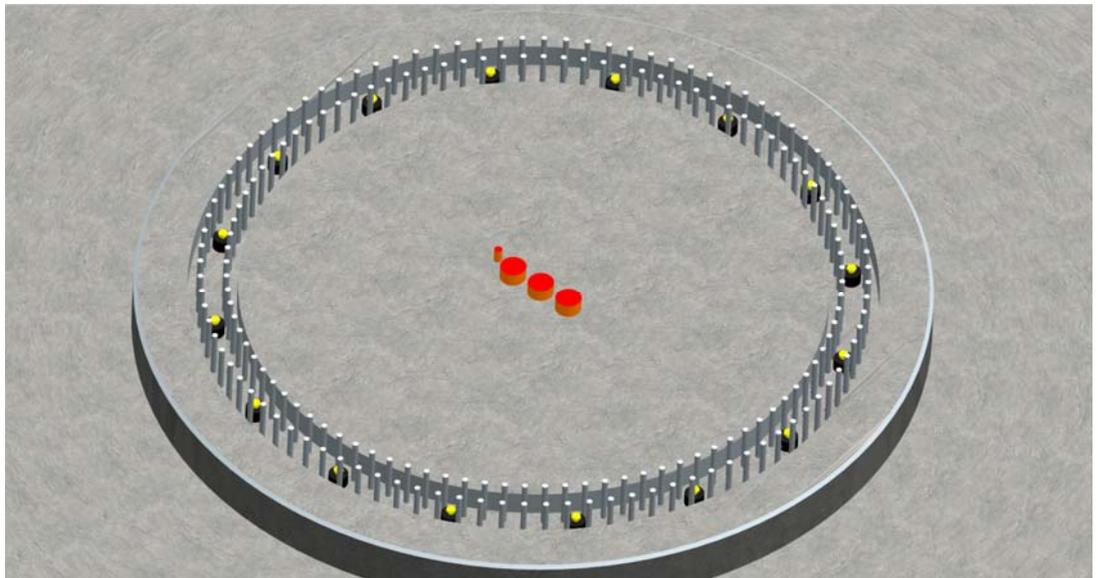


Abbildung 5-35: Situation nach der Stellung der Justierfüße.

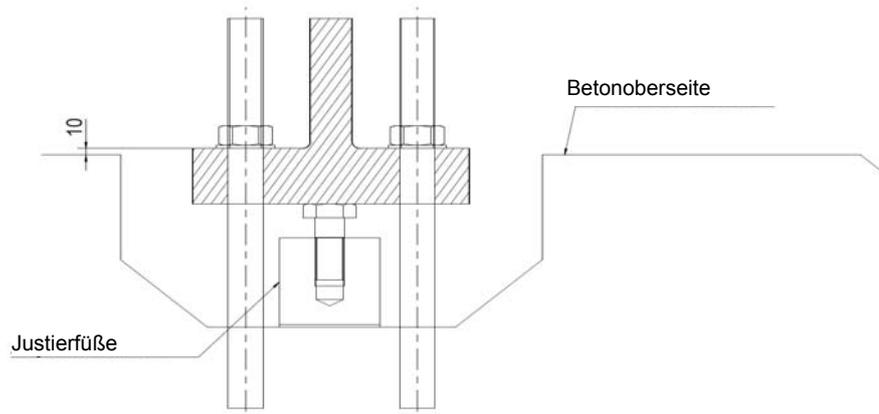


Abbildung 5-36: Situation bei Errichtung der Turmfußsektion auf den Justierfüßen.

Es ist zu prüfen, dass der niedrigste Ankerbolzen sich mindestens 180 mm über dem höchsten Punkt der äußeren Vergussrinnenoberkante (Übergang von der Vergussrinne zur Oberseite des Sockelbetons im Bereich außerhalb des Turmes) befindet und dass das Gewindeende des am höchsten herausstehenden Ankers in Höhe der Betonoberseite oder darunter liegt.

Die Vergussmörtelrinne muss bis zur kapillaren Sättigung der Betonoberfläche (vollständig) mit Wasser vorgehäst bzw. vorgewässert werden. Vor der Bewässerung überprüfen, ob die Stellen, an denen die Ankerbolzen aus dem Beton treten, wasserdicht sind und andernfalls Dichtmittel auftragen. Es ist zu beachten, dass ca. 10 Ankerbolzenpaare innerhalb von Stahlrohren installiert werden, um Ankerbolzenschablone und Ankerplatte während der Montage- und Fundamentarbeiten auseinander zu halten bzw. um die Ankerbolzenschablone abzustützen und den Ankerkorb zu stabilisieren, und dass zwischen den Stahlrohren und den in ihnen angeordneten Ankerbolzen ein Spalt vorhanden ist. Dieser Spalt muss mit Abdichtband oder Mastix abgedichtet werden.

Der Vergussmörtel wird entsprechend der Herstellerspezifikation gelagert, behandelt und gemischt, indem geeignete Ausrüstung mit ausreichender Kapazität verwendet wird. Die herausragenden Fließigenschaften des Vergussmörtels sind nicht gegeben, wenn die Herstellervorgaben zu Mischgerät, Wassergehalt, Mischzeit und -stärke usw. nicht eingehalten werden. Von entscheidender Bedeutung ist, dass der Vergussmörtel in einem ununterbrochenen Arbeitsgang eingebracht wird. Zudem ist besonders darauf zu achten, dass der Trockenmörtelsack trocken, witterungsgeschützt und in originalverschlossenen Gebinden zu lagern ist, und dass beschädigte Säcke nicht zu verwenden sind.

Abhängig von den geltenden Vorschriften müssen eine Reihe von Vergussmörtelproben entnommen werden. Vestas empfiehlt mindestens 3 Proben zu Beginn des Vergussvorganges und 6 Proben am Ende zu entnehmen. 3 der 6 Proben, welche am Ende des Vergussvorganges zu entnehmen sind, dienen der Überprüfung, ob der Verguss bereits eine Druckfestigkeit von mindestens 10 MPa erreicht hat, so dass die Turmmontage fortgesetzt bzw. die 2. Turmsektion errichtet werden kann (siehe hierzu S. 33 und 34). Die verbleibenden 6 Proben dienen der Überprüfung der 28-Tage-Druckfestigkeit.

Die Ankervorspannung darf erst dann aufgebracht werden, wenn der Verguss (und der Beton) eine ausreichende Druckfestigkeit erreicht haben. Die erforderlichen Mindestdruckfestigkeiten (für den Verguss) und die planmäßigen Vorspannkraften sind in der entsprechenden Genehmigungszeichnung des Ankerkorbes spezifiziert. Nachdem die vorgesehene Mindestdruckfestigkeit erreicht ist und die Ankervorspannung aufgebracht wurde, darf die Windenergieanlage in Betrieb genommen werden. Sind aus Zeitgründen vorzeitige Druckfestigkeitstestergebnisse erforderlich, dürfen 3 der 6 verbliebenen Proben bzw. Prüfkörper bereits vor Ablauf der 28 Tage getestet werden (in der Erwartung / Hoffnung, dass der Verguss die erforderliche Mindestdruckfestigkeit bereits erreicht hat).

Das Wasser in der Vergussmörtelrinne zur Vorwässerung des Betons muss entfernt werden, da zu Beginn des Vergussvorganges kein Wasser mehr vorhanden sein darf, es sei denn, das Vergussmörtelprodukt und die Vergussmörtelpumpe sind für den Verguss unter Wasser geeignet bzw. ausgelegt. Den Pumpvorgang gegen eine provisorische Platte beginnen, die radial in der Vergussmörtelrinne platziert wird, um zu verhindern, dass der Vergussmörtel in beide Richtungen fließt. Den Vergussmörtel am Boden der Rinne einpumpen. Damit fortfahren, bis der obere Spiegel auf einer Höhe mit dem Betonoberseite ist und sich so viel Vergussüberstand wie möglich ausgebildet hat. Den Ort des Einpumpens bzw. den Verfüllschlauch langsam und vorsichtig in die vorher festgelegte Richtung bewegen und dabei darauf konzentrieren, den Überstand des bereits eingebrachten Vergussmörtels beizubehalten.

Nach Beendigung des Vergussvorganges abschließend einige Liter Vergussmörtel in einen Eimer pumpen. Wenn der Verguss im Eimer auszuhärten beginnt, den Überstand des Vergusses entfernen und der freiliegenden Oberfläche ihr fertiges Finish mit leichter Neigung nach außen geben.

Zeitnah nach Beendigung des Vergussvorganges setzt sich der freiliegende Vergussüberstand und bildet eine „Haut“. Die freiliegende Oberfläche des Vergusses ist sofort gegen Wind und vorzeitige Verdunstung und Austrocknung zu schützen. Geeignete Nachbehandlungsmaßnahmen sind z. B. Auflegen von wasserspeichernden Abdeckungen unter ständigem Feuchthalten, Besprühen mit Wasser, Anwendung von Nachbehandlungsmitteln mit nachgewiesener Eignung als wirksamer Verdunstungsschutz, etc.

Auch zu einem späteren Zeitpunkt sind weiterhin Maßnahmen zu treffen, um eine zu schnelle Austrocknung des Vergussüberstandes zu verhindern. Hierfür ist ca. 60–90 Minuten nach Beendigung des Vergussvorganges (erneut) vorsichtig ein Wasser- bzw. Nachbehandlungsfilm auf die Vergussoberfläche aufzusprühen. Beim Aufbringen des Nachbehandlungsfilms ist darauf achten, dass die „Haut“ des Vergusses nicht beschädigt wird.

Während des Aushärtens muss der Verguss ruhen und vor mechanischen Einwirkungen, etc. durch Folienabdeckungen o. Ä. geschützt werden (Folienabdeckungen dürfen nicht in Kontakt mit der Vergussoberfläche kommen (z. B. Verwendung von Abstandshaltern)). Unter kalten Bedingungen müssen Vorkehrungen wie z. B. das Aufbringen von Heizmatten bzw. von Isoliermatten mit elektrischer Begleitheizung getroffen werden, damit die Temperatur von Beton und Verguss vor und während des Aushärtens über der vorgegebenen Mindesttemperatur liegt, die spezifisch für das jeweilige Produkt ist, in der Regel

jedoch bei 5 °C liegt. Es ist zu beachten, dass einige Montagezeitpläne die Verwendung von Isoliermatten mit elektrischer Begleitheizung selbst für Temperaturen über 5 °C erfordern.

Vergussbeton und Vergussmörtel:

BASF Masterflow 9500 (9200)		
Zylinder- / Würfeldruckfestigkeit ø150 x 300 / 150 x 150 x 150 DIN EN 1992-1-1	C100/115	MPa
Umrechnungsfaktor Prisma - Zylinder 40 x 40 x 60 – ø150 x 300	0.90	
Schwindmaß beim Aushärten unter Wasser	< 0	‰
Aushärtezeit für 10 MPa	20 °C 8 Stunden 15 °C 12 Stunden 10 °C 18 Stunden 5 °C 24 Stunden	
DENSIT Ducorit S5		
Zylinder- / Würfeldruckfestigkeit ø150 x 300 / 150 x 150 x 150 DIN EN 1992-1-1	C100/115	MPa
Umrechnungsfaktor Würfel - Zylinder 75 x 75 x 75 – ø150 x 300	0.89	
Schwindmaß beim Aushärten unter Wasser	< 0	‰
Aushärtezeit für 10 MPa	20 °C 20 Stunden 15 °C 25 Stunden 10 °C 35 Stunden 5 °C 40 Stunden	
Pagel V1/30 HF oder V1/60 HF		
Zylinder- / Würfeldruckfestigkeit ø150 x 300 / 150 x 150 x 150 DIN EN 1992-1-1	V1/30 HF C110/130 V1/60 HF C100/115	MPa MPa
Umrechnungsfaktor Würfel - Zylinder 150 x 150 x 150 – ø150 x 300	~ 0.85	
Schwindmaß beim Aushärten unter Wasser	< 0	‰
Aushärtezeit für 10 MPa	20 °C 8 Stunden 15 °C 12 Stunden 10 °C 18 Stunden 5 °C 24 Stunden	

Tabelle 5-2: Vergussbeton und Vergussmörtel

Behandlung nach dem Verguss:

Der Verguss muss entsprechend den Herstellerempfehlungen gegen temperatur- und windbedingtes Austrocknen geschützt werden.

Wenigstens die Oberseite des Vergusses und des Sockelbetons bzw. die Horizontalflächen sind abzudichten. Sowohl der Beton als auch der Verguss können oberflächennahe (Schwind-)Risse aufweisen, und diese Risse sind durch Aufbringen eines (elastischen) rissüberbrückenden Oberflächenschutzsystems abzudichten. Im Übergang von der waagerechten Vergussoberfläche zur senkrechten Kante des Turmfußflansches ist eine umlaufende Kehle auszubilden. Siehe Abbildung 5-37, S. 41

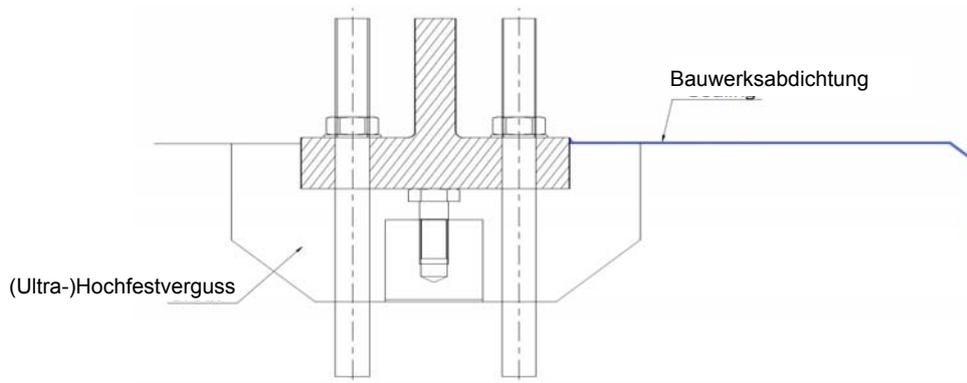


Abbildung 5-37: Verguss- und Bauwerksabdichtungsarbeiten abgeschlossen.

Bauwerksabdichtung:

BASF		
Masterseal 550		
Pagel		
Pagelastic		

Tabelle 5-3: Abdichtungssysteme.

5.5 Vorspannung

Die Ankervorspannung darf erst dann aufgebracht werden, wenn der Verguss und der Beton eine ausreichende Druckfestigkeit erreicht haben. Das Aufbringen der planmäßigen Vorspannkraft nimmt Vestas mithilfe von hydraulischen Zugwerkzeugen vor, wohingegen die Vorspannung der geschraubten Ringflanschverbindungen des Turms über einen Drehmomentschlüssel hergestellt wird. Die erforderlichen Mindestdruckfestigkeiten und die planmäßigen Vorspannkraft sowie die einzelnen Arbeitsschritte des Vorspannprozesses sind in der entsprechenden Genehmigungszeichnung des Ankerkorbes bzw. in den Arbeitsanweisungen spezifiziert.