



**Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung**  
**Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation**  
Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums  
für Verkehr und digitale Infrastruktur

## **Untersuchungsbericht 421/18**

### **Weniger schwerer Seeunfall**

#### **Arbeitsunfall an Bord des MS SVENJA an der Pier im Hafen von Rostock am 31. Oktober 2018**

18. Juni 2020

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz zur Verbesserung der Sicherheit der Seefahrt durch die Untersuchung von Seeunfällen und anderen Vorkommnissen (Seesicherheits-Untersuchungs-Gesetz - SUG) durchgeführt. Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen (§ 9 Abs. 2 SUG).

Der vorliegende Bericht soll nicht in Gerichtsverfahren oder Verfahren der seeamtlichen Untersuchung verwendet werden. Auf § 34 Abs. 4 SUG wird hingewiesen.

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

Herausgeber:  
Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung  
Bernhard-Nocht-Str. 78  
20359 Hamburg



Direktor: Ulf Kaspera  
Tel.: +49 40 3190 8300  
posteingang-bsu@bsh.de

Fax.: +49 40 3190 8340  
[www.bsu-bund.de](http://www.bsu-bund.de)

## Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG .....	5
2	FAKTEN .....	6
2.1	Schiffsfoto.....	6
2.2	Schiffsdaten.....	6
2.3	Reisedaten .....	7
2.4	Angaben zum Seeunfall / Vorkommnis im Seeverkehr .....	7
2.5	Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen .....	7
3	UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG .....	8
3.1	Unfallhergang .....	8
3.2	Untersuchung .....	8
3.2.1	Schiffseinsatz .....	10
3.2.2	Aufbau des Ladegeschrirs.....	10
3.2.3	Besatzung .....	13
3.2.4	Umweltbedingungen/ Wettergutachten .....	13
3.2.5	Ladungsvorgang.....	13
3.2.6	Hebeschlingen.....	17
3.2.7	Gründungspfahl / Monopile A28 .....	19
3.2.8	Zeugenaussagen.....	19
4	AUSWERTUNG .....	20
4.1	Steuerung des Lade- und Löschbetriebs.....	20
4.2	Videoaufnahmen .....	20
4.3	Schwerpunktanzeichnung und Schlingenposition .....	21
4.4	Haftreibung.....	22
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	24
6	DURCHGEFÜHRTE MAßNAHMEN .....	25
7	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN .....	26
8	QUELLENANGABEN.....	27

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schiffsfoto .....	6
Abbildung 2: Seekarte .....	7
Abbildung 3: Unfallort am 2.11.2018 .....	8
Abbildung 4: MP A28 von der Pier aus gesehen .....	9
Abbildung 5: Mit Heck verkeiltes Schiff.....	9
Abbildung 6: Aufbau Ladegeschrir Übersicht.....	10
Abbildung 7: Traverse Ein-Kran Betrieb .....	11
Abbildung 8: Schwerpunkt-Abstand.....	11
Abbildung 9: Umschlingung Pfahl.....	12
Abbildung 10: Hieven vor Schwenkvorgang .....	14
Abbildung 11: Schwenkvorgang .....	14
Abbildung 12: Endlage nach dem Rutschen.....	15
Abbildung 13: Endlage Schiff und MP A28.....	16
Abbildung 14: Beschädigung am Kran 2 .....	17
Abbildung 15: Hebeschlinge vom Konischen Teil des MP.....	17
Abbildung 16: Lage Hebeschlingen und Erdungslasche (andere Hieve).....	18
Abbildung 18: Standbild Video Aufnahmen .....	21
Abbildung 19: Versuchsreihe zur Bestimmung des Haftreibungskoeffizienten.....	22
Abbildung 20: Bestimmung Haftreibungskoeffizienten unter Verschleiß .....	23
Abbildung 21: Bestimmung des Rutschwinkels .....	23
Abbildung 22: Neigungsmesser am Gründungspfahl .....	25

## **1 ZUSAMMENFASSUNG**

Am 31. Oktober 2018 gegen 19:30<sup>1</sup> Uhr Ortszeit kam es an der Pier im Hafen von Rostock zu einem Arbeitsunfall, bei dem ein 814 t schwerer Gründungspfahl/Monopile (MP) auf die Pier und Schiff fiel. Bei dem Unfall wurde eine Person leicht verletzt.

---

<sup>1</sup> Alle Uhrzeiten im Bericht beziehen sich auf die mitteleuropäische Zeit MEZ = UTC + 1 Stunde

---

## 2 FAKTEN

### 2.1 Schiffsfoto



© Hasenpusch Photo-Productions

Abbildung 1: Schiffsfoto

### 2.2 Schiffsdaten

Schiffsname:	SVENJA
Schiffstyp:	Motorschiff, Heavy Lift Carrier
Flagge:	Deutsch
Heimathafen:	Hamburg
IMO-Nummer:	9458901
Unterscheidungssignal:	DIJA
Eigner (nach Equasis):	SAL Heavy Lift GmbH
Reederei:	SAL Ship Management UG & Co. KG
Baujahr:	2007
Bauwerft:	J.J. Sietas KG, Baunummer 1279
Klassifikationsgesellschaft:	DNV GL
Länge ü.a.:	160,50 m
Breite ü.a.:	27,91 m
Tiefgang maximal:	9,00 m
Bruttoraumzahl:	16.026
Tragfähigkeit:	12.975 t
Maschinenleistung:	12.600 kw
Hauptmaschine:	MAN 9L 58/64
Geschwindigkeit:	18 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Schiffskörperkonstruktion:	Doppelboden

### 2.3 Reisedaten

Abfahrtschafen:	Rostock
Anlaufhafen:	Seetransport
Art der Fahrt:	Berufsschiffahrt
	International
Angaben zur Ladung:	Transport von Gründungspfählen
Besatzung:	25
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	Vorn: 8,60 m    Mitte: 8,65 m    Hinten: 8,70 m
Lotse an Bord:	Nein
Kanalsteurer:	Nein
Anzahl der Passagiere:	Keine

### 2.4 Angaben zum Seeunfall / Vorkommnis im Seeverkehr

Art des Seeunfalls:	Weniger Schwerer Seeunfall (WSU)
Datum/Uhrzeit:	31.10.2018 um ca. 19:30 Uhr
Ort:	
Breite/Länge:	$\phi$ 54° 09'N $\lambda$ 012° 07,4'E
Fahrtabschnitt:	Liegen längsseits Hafenkai

Platz an Bord:	Deck und Landseite
Menschlicher Faktor:	Ja
Folgen:	Ein leicht verletzter Seemann (Prellungen), Totalschaden am Gründungspfahl und Beschädigung des Schiffs, Kai und SPMT <sup>2</sup>

Ausschnitt aus Seekarte BSH 3005, Blatt 1

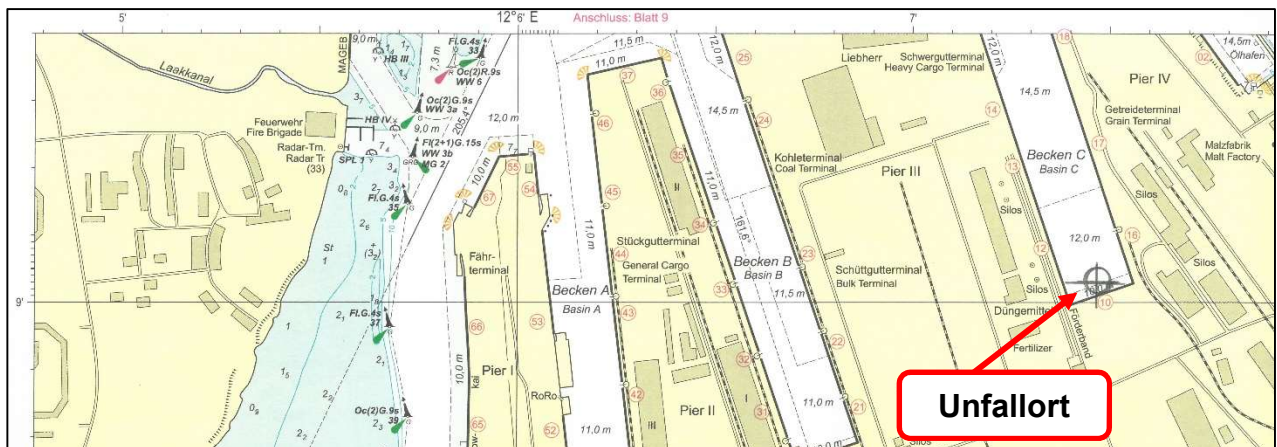


Abbildung 2: Seekarte

### 2.5 Einschaltung der Behörden an Land und Notfallmaßnahmen

Beteiligte Stellen:	WSP
Eingesetzte Mittel:	Kran
Ergriffene Maßnahmen:	Transport des Verletzten ins Krankenhaus Sicherung des Schiffs

<sup>2</sup> SPMT = **S**elf-**P**ropelled **M**odular **T**ransporter = Modulfahrzeug mit eigenem Antrieb

### 3 UNFALLHERGANG UND UNTERSUCHUNG

#### 3.1 Unfallhergang

Am 31. Oktober 2018 lag die SVENJA im Hafen von Rostock an Liegeplatz 10 mit der Backbordseite vorschriftsmäßig vertäut. Mit dem eigenen Schwergutgeschirr sollten sechs Gründungspfähle (MP) für Windenergieanlagen geladen werden. Die letzte Hieve mit MP A28 sollte vom hinteren Kran Nr.2 im Einzelkran Betrieb durchgeführt werden. Der Gründungspfahl wurde leicht schräg von dem Modulfahrzeug mit eigenem Antrieb (SPMT) ab 19 Uhr angehoben und über den schon an Bord liegenden MP E24 geschwenkt. Gegen 19:32 Uhr, bei nahezu aufrechten Schiff, während der Kran sich ca. 45° über MP E24 befand, neigte sich MP A28 zur Landseite hin und fing an, aus den Schlingen zu rutschen. MP A28 fiel zuerst auf den bereits geladenen MP E24, dann auf die Kaikante und drückte dabei das Schiff von der backbordseitigen Kaimauer weg und in die hintere Kaimauer hinein. Dabei rissen einige Festmacher und die vorne befestigte Gangway fiel von der Kaikante.

#### 3.2 Untersuchung

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung wurde am 1. November 2018 um 15:11 Uhr von dem Unfall in Kenntnis gesetzt und die erste Besichtigung fand am 2. November 2018 statt. Bei der Besichtigung lag der Gründungspfahl mit einer Seite auf der Pier und mit der anderen Seite auf dem Schiff, das vorne mit neuen Leinen vertäut war. Die Kräne waren in Längsrichtung gedreht, die Krantraverse vom Kran 2 abgeschlagen und der SPMT schon entfernt worden. Am Heck war das Schiff an der Pier verkeilt und zusätzlich mit Mooringleinen/ Drähten gesichert.

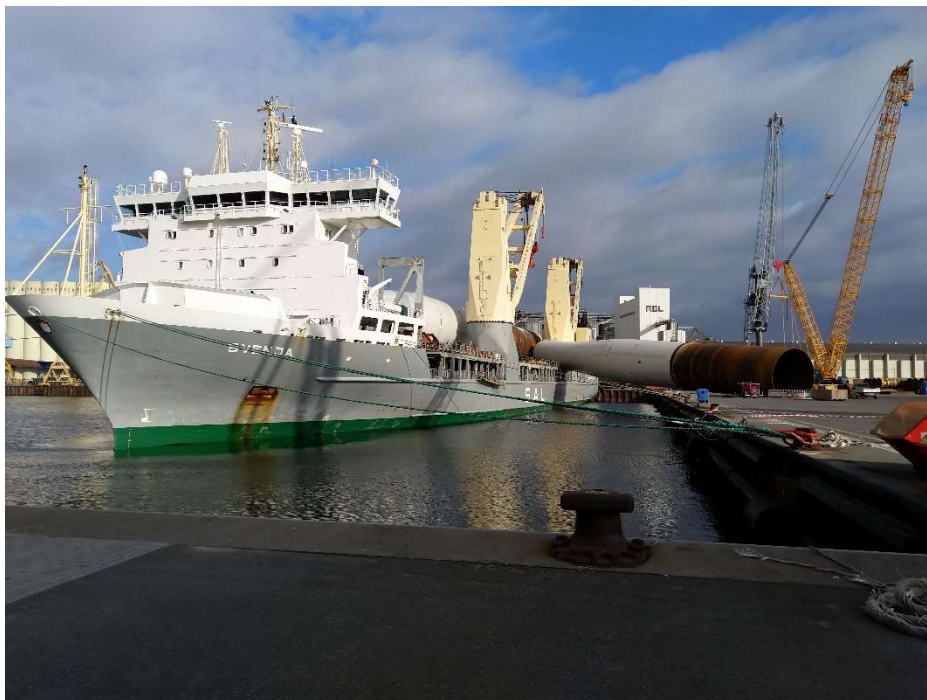


Abbildung 3: Unfallort am 2.11.2018





Abbildung 4: MP A28 von der Pier aus gesehen

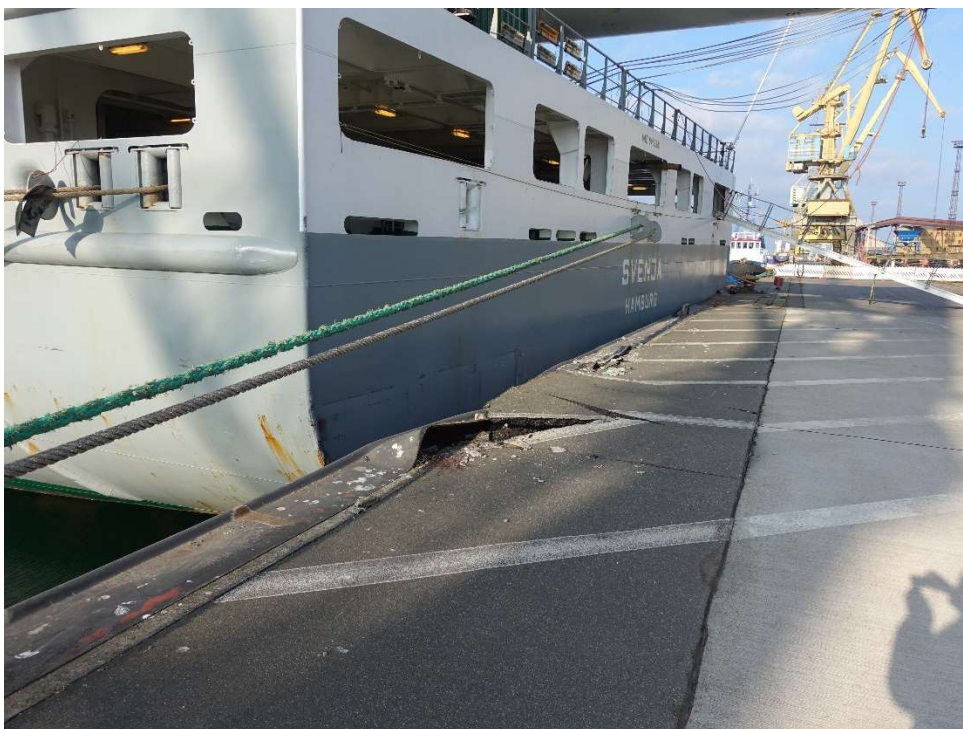


Abbildung 5: Mit Heck verkeilt Schiff

### 3.2.1 Schiffseinsatz

Das Schwergutschiff SVENJA hat zwei Kräne mit je 1000 t SWL<sup>3</sup>. Es wird im Rahmen der Baustelle des Offshore-Windpark Hornsea, in der Nordsee vor Großbritannien, zum Transport von Gründungspfählen für Offshore-Windenergieanlagen von Rostock nach Teesport (GB) eingesetzt. Vor diesem Unfall wurden 138 Gründungspfähle transportiert. Davon wurden 75 Gründungspfähle mit zwei Kränen und 63 Gründungspfähle mittels einem Kran bewegt. Bei 10 Hieven von Gründungspfählen mit nur einem Kran war ein Seil im konischen Abschnitt. Das Krangeschirr wird alle 6 Monate zertifiziert und regelmäßig geprüft. Es wird jedes Mal das gleiche Geschirr verwendet, nur die Konfiguration, bedingt durch unterschiedliche Gründungspfähle mit Haltevorrichtungen und Anbauten, variiert.

### 3.2.2 Aufbau des Ladegeschrirs

Das Ladegeschirr besteht aus einer 16 m langen Traverse (grün), die mit Drahtseilen (blau) an dem Kranhaken hängt. An dieser Traverse werden in Abhängigkeit der zu bewegenden Monopiles zwei ca. 27 m lange Dyneema-Seile/ Schlingen (orange) mit einem Drahtseil (blau) auf einer Seite angebracht. Der maximale Abstand zwischen den Schlingen beträgt 16 m. (siehe nachfolgendes Beispiel des Ladegeschrirs)

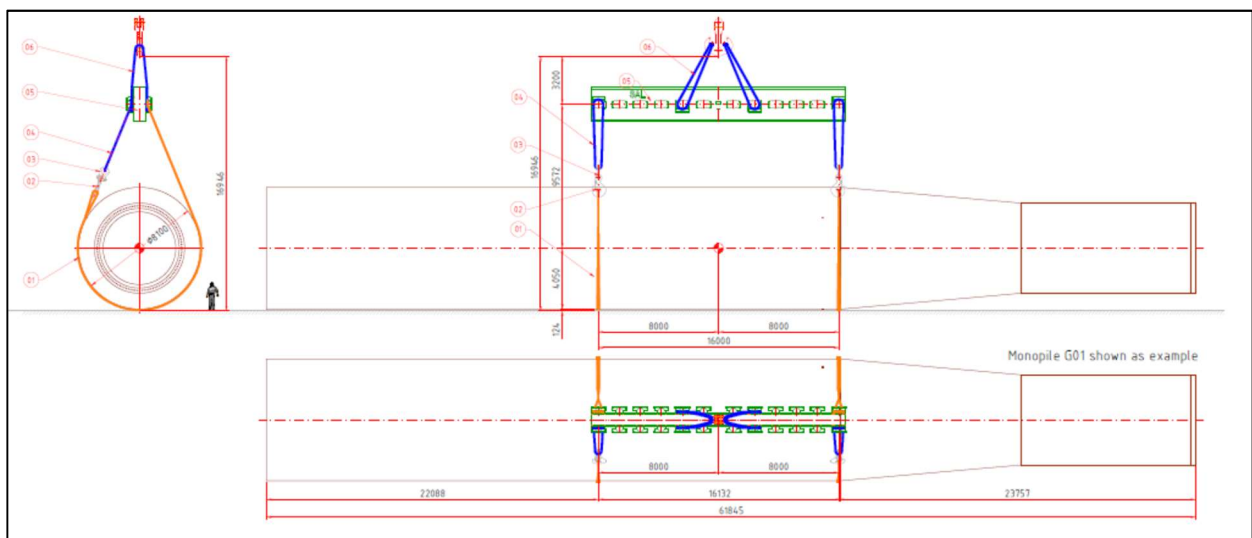


Abbildung 6: Aufbau Ladegeschirr Übersicht

<sup>3</sup> SWL = Safe Working Load (Nenntagfähigkeit / Arbeitslast)  
 Neuere Bezeichnung ist WLL= Working Load Limit

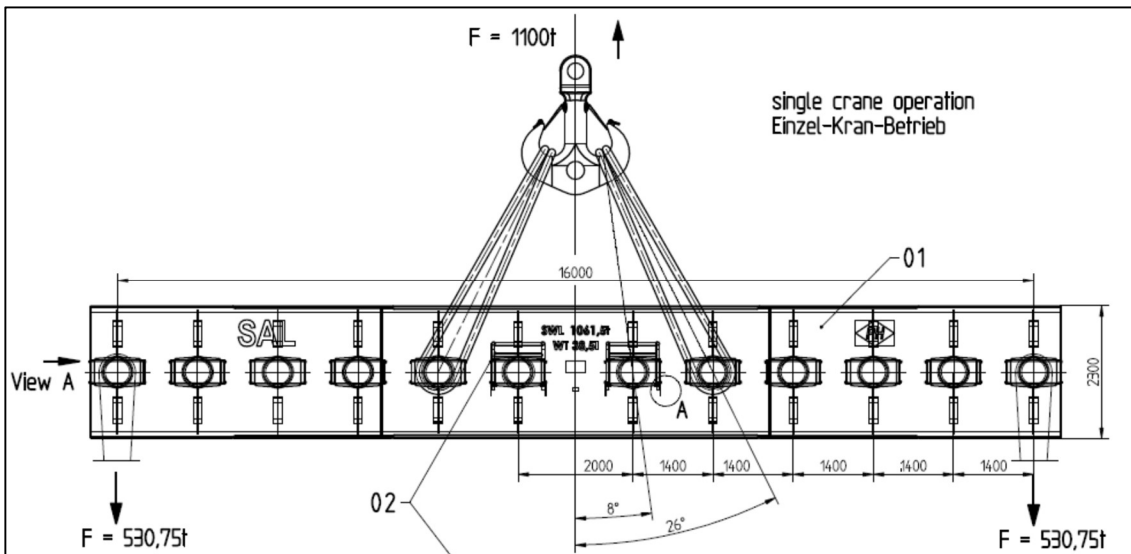


Abbildung 7: Traverse Ein-Kran Betrieb

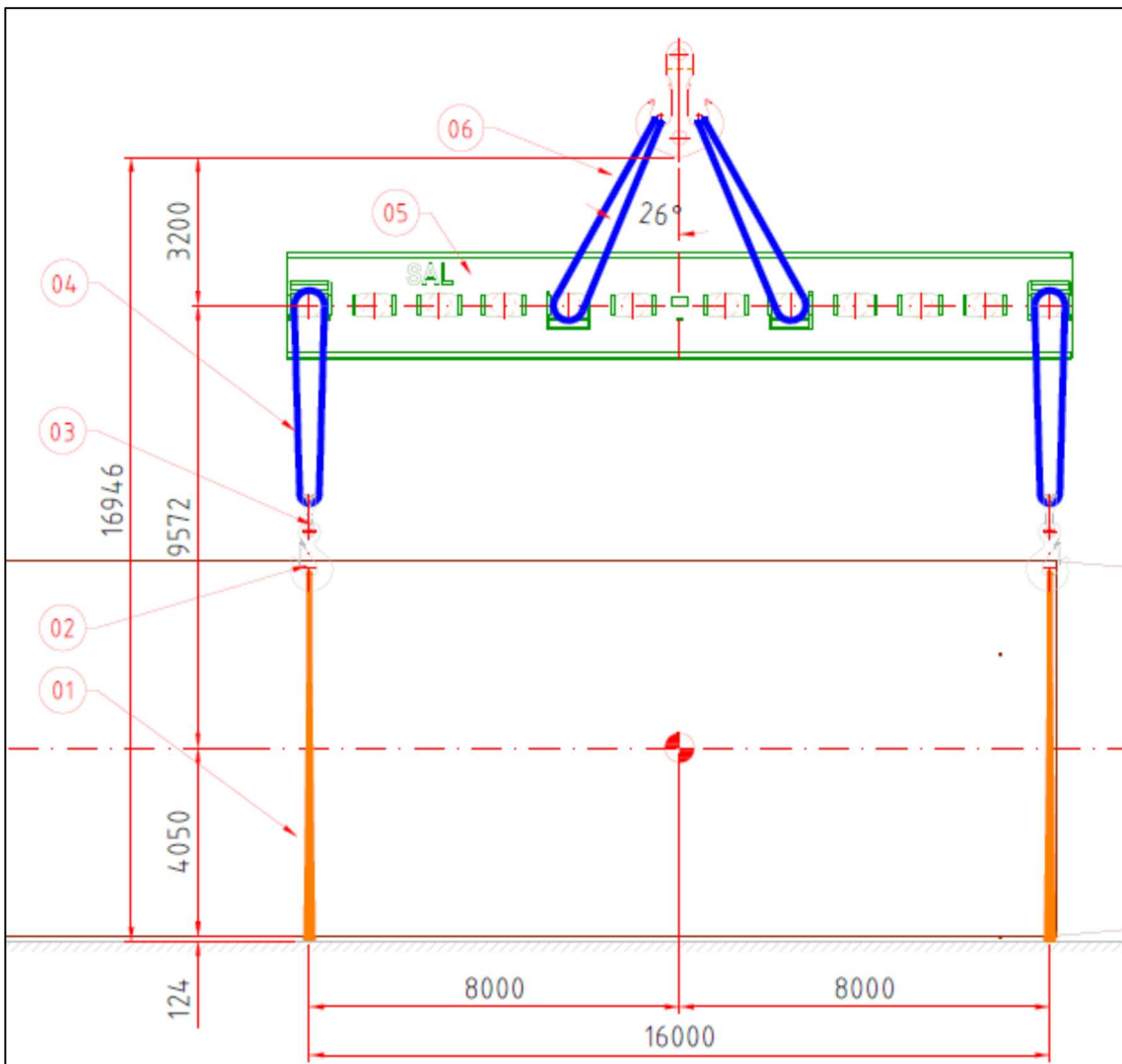


Abbildung 8: Schwerpunkt-Abstand

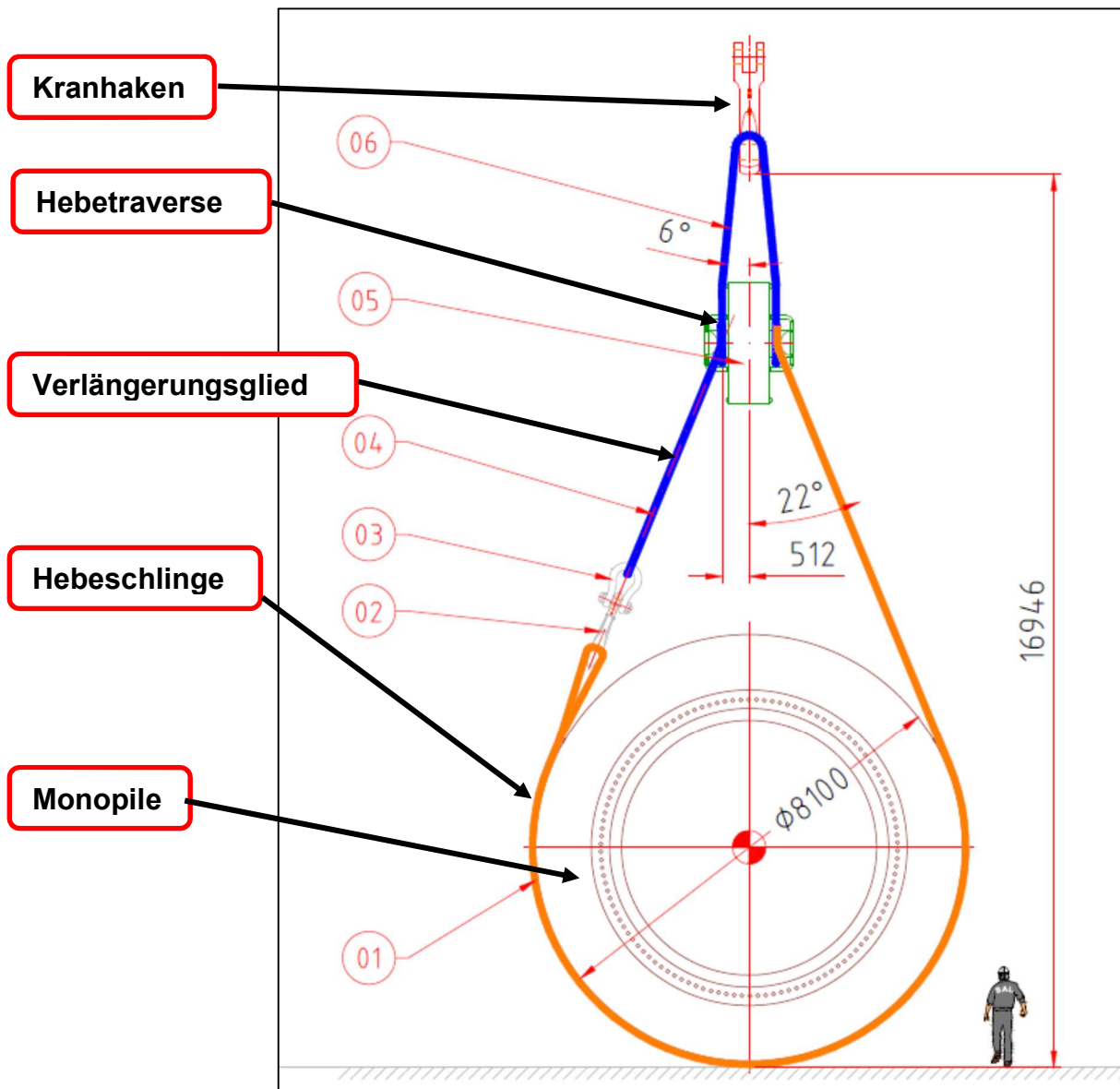


Abbildung 9: Umschlingung Pfahl

Für die Beladung am Unfalltag wurden neue Dyneema-Seile und Schutzmanschetten verwendet. Diese Schutzmanschetten sollen Abriebschäden an den Gründungspfählen durch den Einfluss der Schlingen verhindern. Diese neuen Schlingen wurden vor der Bereitstellung auf dem Schiff im Beisein eines Projektgenieurs vom DNVGL bei der Firma Seil-Hering in Hamburg einem Belastungstest unterzogen. Die verunfallte Hieve war der sechste Einsatz mit diesen neuen Schlingen. Die Gründungspfähle der Hieven 1 bis 2 wurden mit zwei Kränen in den Laderaum und die der Hieven 3 und 4 an Deck verbracht. Die Hieve 5 war eine Hieve nur mit dem hinteren Kran 2. Der MP E24 wurde bei dieser 5. Hieve mit beiden Schlingen an Deck neben dem Kran 2 abgelegt. Bei der 6. Hieve sollte der MP A28 ebenfalls nur mit dem hinteren Kran 2 über den schon an Bord gestauten MP E24 gehoben werden und dort achtern an Steuerbordseite neben diesen Gründungspfahl abgelegt werden. Im Gegensatz zur vorherigen Hieve war die eine Schlinge eben im konischen Teil des Gründungspfahls. Die Positionen der Schlingen wurden auf dem Gründungspfahl entsprechend der konstruktiven Vorgaben des markierten

Schwerpunktes vom zweiten Nautischen Offizier an Land, als der Gründungspfahl noch auf dem SPMT (siehe Abb. 10 und 11) lag, mit Markierungen versehen.

### **3.2.3 Besatzung**

Das Schiff, Kräne und Winden waren ausreichend mit erfahrenen Personal besetzt. Das Ladeteam bestand aus dem Kapitän, Ersten nautischen Offizier, Zweiten nautischer Offizier, Kranführer 1 und Kranführer 2, die seit dem 27. September 2018 zusammenarbeiten. Während dieser Zeit sind 18 Gründungspfähle verladen worden, darunter 12 mit zwei Kränen und 6 mit einem Kran.

### **3.2.4 Umweltbedingungen/ Wettergutachten**

Beim Deutschen Wetterdienst (DWD), Abteilung Seeschifffahrt, wurde ein amtliches Gutachten über die Wetterverhältnisse im Überseehafen Rostock für den Unfallzeitraum in Auftrag gegeben.

An den umliegenden Messstationen wurden im betrachteten Zeitraum schwache südöstliche Winde registriert. Es kann danach davon ausgegangen werden, dass im Bereich des Überseehafens Rostock Mittelwinde (in 10 m Höhe über der Wasseroberfläche) zwischen 3 und 6 Knoten wehten. Bodenbeobachtungen und Radiosonden Messungen lassen darauf schließen, dass es unwahrscheinlich ist, dass Böen auftraten, deren Geschwindigkeit den Mittelwind um mindestens 2 Bft. übersteigen.

Der Himmel zeigte sich zunächst stark bewölkt, später bedeckt. Aus der aus Südwesten aufziehenden Bewölkung fiel kein merklicher Niederschlag.

### **3.2.5 Ladungsvorgang**

Aufgrund starker Windverhältnisse und Regen wurden am 31. Oktober 2018 die Ladearbeiten erst gegen 11:50 Uhr aufgenommen.

Bis 18:30 Uhr wurden auf der Lukenabdeckung zwei Gründungspfähle im Tandembetrieb ohne Traverse und der eine Gründungspfahl MP E28 mit der Traverse im Einzelkranbetrieb geladen.

Ab 18:30 Uhr wurden die Seile für das Hieven mit einem Kran an der Traverse mit 16 m Abstand angebracht. Vorher wurde das Hebezeug vom Ersten Offizier auf seine ordnungsgemäße Zertifizierung überprüft und abgenommen. Die Seile waren an den vom Schwerpunkt aus gemessenen Markierungen (siehe Abb. 8) gemäß Kraneinsatzplanung positioniert worden und nach dem Spannen der Seile, mit einer Last am Kranhaken von 20 Tonnen, wurden die Positionen überprüft. An der Krantraverse wurden die Drähte der beiden Tugger-Winden<sup>4</sup> zur Fixierung angebracht und leicht stramm gezogen.

Bei guter Sicht und Windgeschwindigkeiten von maximal 3 m/s gab es keinen Regen. Trotz der Dunkelheit gab es ausreichende Beleuchtung von den Kränen und vom Deck aus. Zusätzlich gab es einen Suchscheinwerfer auf dem Peildeck, mit dem der Zustand der Winden geprüft werden konnte.

Nachdem um 19 Uhr mit dem Hieven begonnen wurde, konnte beobachtet werden, dass sich der MP A28 auf der konischen Seite (vorderer Teil) zuerst und dann auf der zylindrischen Seite (hinterer Teil) an hob. Dabei wurde ein Höhenunterschied von etwa 15-20 cm beobachtet, der als nicht kritisch sondern als normal angesehen wurde. Der

---

<sup>4</sup> Beiholer-Winden

Hiev-Vorgang wurde nach dem kompletten Abheben des MP von dem SPMT kurz gestoppt und die Schlingen kontrolliert. Die nachfolgenden Fotos, Abb. 10 und Abb.11 sind anschließend während des langsamen Hiev- und Schwenkvorgangs, ohne Stopp des Arbeitsablaufes, angefertigt worden. Die Ladung wurde mit dem Hieven auf eine Höhenlage gebracht, in der es möglich war, die drei bereits an Bord geladenen Gründungspfähle mit einem Freiraum von ca. 1,5 bis 2 m zu passieren. Die Tugger-Winden wurden während diesem Arbeitsvorgang betätigt, um die Leinen zu spannen und die Ladung auszurichten. Während des Schwenkvorgangs wurden die Tugger-Winden nicht betätigt.

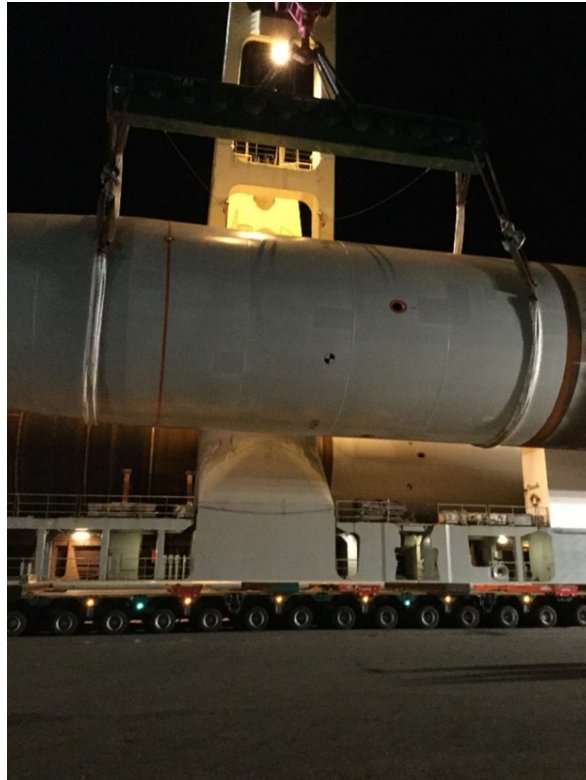


Abbildung 10: Hieven vor Schwenkvorgang



Abbildung 11: Schwenkvorgang

Der Kran Nr.1 wurde als Ballastausgleich zum Land hin geschwenkt, um die Krängung bis maximal 0,5 Grad einzuhalten. In der maximalen Ausladung des Kran Nr. 1 wurde der Ausleger auf Backbordseite nach unten gesenkt und danach nur noch Ballastwasser zur Korrektur der Krängung verwendet.

Bei nahezu aufrechtem Schiff schwang die gehievte Ladung frei über die bereits an Bord befindlichen Monopiles. Gegen 19:32 Uhr, bei etwa halben Weg zwischen Kai und Schiff, als Kran Nr. 2 etwa 45 Grad über das Schiff gedreht war, fing der MP A28 an, sich über den zylindrischen Teil zur Uferseite hin zu neigen. Zu diesem Zeitpunkt befand sich der Erste nautische Offizier steuerbords im Achterbereich der Luke, nahe der geplanten Stauposition, und der Zweite Offizier stand auf dem Hauptdeck vor dem Sockel von Kran Nr. 2 und bediente die Tugger-Winden. Es wurde beobachtet, dass zuerst die Schlinge im konischen Teil anfang zu rutschen und dass ein Wasserstrom unter dem Gründungspfahl austrat, während die zylindrische Seite sich der Krankabine näherte. Der Gründungspfahl rutschte zum Ufer hin aus den Schlingen. Während der Gründungspfahl herunterfiel, traf er zuerst den an Bord geladenen MP E24, rutschte dann zur Kaiseite und drückte das Schiff vom Kai weg. Bis auf eine Vorleine rissen alle Festmacherleinen im Vorschiff und die Gangway fiel vorne ins Wasser. Achtern riss nur eine Springleine und das Schiff verkeilte sich an der hinteren Kaimauer.

Bei dem Unfall wurde der Zweite nautische Offizier, der sich auf dem Hauptdeck in der Nähe des Krans befand, durch herunterfallende Teile leicht am Unterarm verletzt.

Um 19:32 Uhr wurde Generalalarm ausgelöst und die gesamte Besatzung alarmiert.



Abbildung 12: Endlage nach dem Rutschen

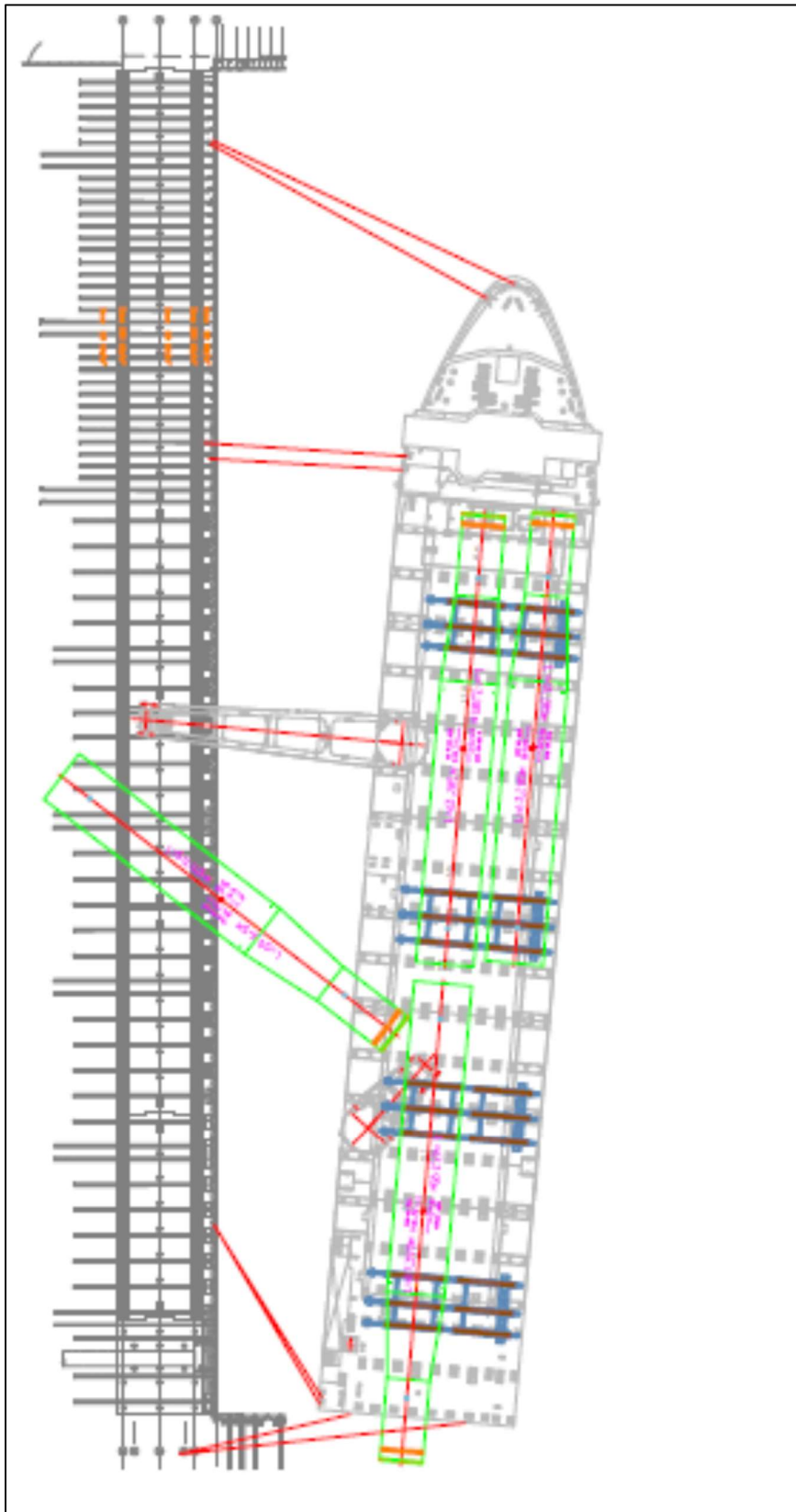


Abbildung 13: Endlage Schiff und MP A28





Abbildung 14: Beschädigung am Kran 2

### 3.2.6 Hebeschlingen

Bei der Besichtigung der SVENJA durch BSU-Untersucher am 2. November 2018 war die Hebetraverse an Deck gestaut und davor lagen die beiden Hebeschlingen.



Abbildung 15: Hebeschlinge vom Konischen Teil des MP

Das gesamte Arrangement der Hebetraverse und Hebeschlingen ist in Abb. 9 zu sehen. Ein Auge der 27,5 m langen Hebeschlinge des Herstellers GeoGleistein wird direkt in die Traverse gehängt, während das andere Auge an ein Verlängerungsglied, das ebenfalls direkt an der Traverse hängt, mittels eines Schäkels befestigt wird. Der Abstand zwischen den Schlingen an der Krantraverse für den Einzelkranbetrieb kann zwischen 11,8 m und 16,0 m variieren. Der 16,0 m Abstand war bei dieser Hieve konstruktiv baulich durch Verdickung der Erdungslaschen am Gründungspfahl und durch die Lagerböcke auf dem SPMT und an Deck vorgegeben.



Abbildung 16: Lage Hebeschlingen und Erdungslasche (andere Hieve)

Die Hebeschlinge besteht aus zwei 120 mm dicken Dyneema 12er Geflecht, die parallel liegen und mit einem Schutzmantel der mittels Klettverschluss um die Seile liegt, zusammengehalten werden.

Die Hebeschlinge, die im konischen Teil des Gründungspfahls befestigt war, wies keinen Riss auf, jedoch waren Verschleißspuren und Verschmelzungen mit dem Schutzmantel zu sehen, der auch nicht mehr an der Ursprungsstelle war.

Die Hebeschlinge im zylindrischen Teil wies einen Kompletttriss und Teilriss sowie Verschmelzungen und Teilverschmelzungen von Litzen auf. Der Schutzmantel war komplett durchtrennt und wies weitere Einschnitte und Verschleiß auf. Erklärbar sind diese Beschädigungen, da die Schlinge über die Verdickungen der Erdungslaschen am MP gerutscht ist.

Die Hebeschlingen wurden vom Hersteller vor der Auslieferung getestet und vermessen. Die Werte lagen im Toleranzbereich. Die Schlinge im konischen Teil wurde mit 27,4 m Länge vermessen. Die Schlinge, die im zylindrischen Teil angebracht war, hatte eine Länge von 27,7 m.

Bei einer subjektiven Betrachtung der älteren Schutzmäntel wurde festgestellt, dass diese aufgrund von Verschleiß eine rauere Oberfläche hatten und die neuen verwendeten Schutzmäntel fühlten sich glatter an als die alten.

### **3.2.7 Gründungspfahl / Monopile A28**

Der Durchmesser des aus dem Kran gefallene Gründungspfahl im zylindrischen Teil beträgt 8,1 m und da, wo die Schlinge im konischen Teil hing, betrug der Durchmesser 7,971 m. Das Gesamtgewicht des MP betrug nach den Anzeigen auf dem Display des Kranfahrers und auf der Brücke insgesamt 814 t.

### **3.2.8 Zeugenaussagen**

Gemäß Kraneinsatzplanung sollte das zylindrische Ende zuerst angehoben werden. Berechnet wurde, dass die Neigung im ungünstigsten Fall maximal bei etwa 1,76 Grad liegen sollte, wobei der zylindrische Teil höher liegen sollte. Von den Zeugen wurde beobachtet, dass sich der Gründungspfahl beim Anheben zunächst auf der konischen Seite und dann auf der zylindrischen Seite hob. Bei dem Anheben wurde ein Höhenunterschied von etwa 15-20 cm beobachtet. Ein Unterschied von 20 cm entspricht einer Neigung von ca. 0,2 Grad. Diese geringe Neigung wurde als unkritisch angesehen und war offensichtlich nicht zu bemerken, denn ein Zeuge hat bestätigt, dass der MP nach dem Anheben vom SPMT nicht schief, sondern in waagerechter Position war. Dieser Zeuge gibt an, dass die Geschwindigkeit nicht anders als sonst gewesen wäre und auch der weitere Vorgang nicht ruckartig ablief. Ein anderer Zeuge bezeichnet die Geschwindigkeit des Hub- und Schwenkvorgangs als „zügig“.

Laut Zeugenaussagen wurde unmittelbar in Zusammenhang mit dem Unfall der Generalalarm des Schiffes ausgelöst.

## **4 AUSWERTUNG**

Für die Untersuchung und Auswertung des Unfalls standen Zeugenaussagen, Foto- und Videoaufnahmen, Untersuchungsberichte der Firma GeoGleistein, Untersuchungsbericht von Sal Heavylift sowie Gutachten des Institutes für Fördertechnik und Logistik an der Universität Stuttgart und dem Institut für Photogrammetrie und GeoInformation an der Leibniz Universität Hannover zur Verfügung.

### **4.1 Steuerung des Lade- und Löschbetriebs**

Der Lade- und Löschbetrieb wird vom Kapitän auf der Brücke gesteuert. Auf Backbordseite, mit Blick nach hinten, ist das Steuerungspanel für die Ballastpumpen und die Anzeige für die Überwachung der Lasten am Kranhaken angeordnet. Die maximale Krängung ist beschränkt auf 3 Grad Neigung, bedingt durch den hinten angeordneten Ballastponton an Steuerbordseite. Die Kräne und die Brücke verfügen über einen Alarm, wenn die Krängung 3 Grad überschreitet.

Unter Berücksichtigung des Hilfskrans Nr.1 als Ballastausgleich sollten bei dieser Hieve die maximalen Krängungen von nicht mehr als 0,5 Grad eingehalten werden. Krängungsanzeigen sind auf der Brücke und in jedem Kranführerhaus vorhanden. Laut Befragung war die Schiffsneigung am Unfalltag in diesem vorgegebenen Bereich und Alarme wurden nicht gemeldet.

### **4.2 Videoaufnahmen**

Für die Untersuchung des Unfalls standen durch Bewegungsmelder aktivierte Videoaufnahmen des Hafenbetreibers zur Verfügung. Der Anhiev- und Schwenkvorgang ist nicht in Gänze und fortlaufend zu sehen, da diese Kamera nur aktiviert wurde, wenn Personen oder Fahrzeuge in Bewegung sind. Anhand dieser Aufnahmen ist jedoch keine ruckhafte, oder schnelle Drehbewegung zu erkennen, bzw. aus der mitlaufenden Zeitschiene der Aufzeichnungen zu errechnen. Diese Aufnahmen wurden gemeinsam mit Reedereivertretern analysiert. Der Hebe- und Schwenkvorgang ist ohne ruckhafte Bewegung durchgeführt worden, was auch durch Zeugen bestätigt wird.



Abbildung 17: Standbild Video Aufnahmen

### 4.3 Schwerpunktzeichnung, Schlingenposition und Gewicht

Auf Grundlage der beiden Fotoaufnahmen Abb. 10 und Abb. 11 vom Unfalltag wurden vom Institut für Photogrammetrie und Geoinformation an der Leibniz Universität in Hannover der Gewichtsschwerpunkt und die Schlingenpositionen ausgewertet. Der gesamte Gewichtsschwerpunkt (COG) des MP ist mit einem Kreis mit schwarz gemalten Nordost / Südwest – Quadranten markiert. Dieser Schwerpunkt soll laut einer von der Reederei vorgelegten CAD Zeichnung 28,258 m, nach der Werkstattzeichnung des Gründungspfahlherstellers jedoch 28,412 m vom zylindrischen Ende entfernt sein. Von diesem COG nach jeder Seite 8,0 m entfernt, sollten die beiden Schlingen platziert werden.

Die Photogrammetrie Auswertung ergab, dass der Schwerpunkt, bezogen auf die Zeichnung der Reederei, um 12,3 cm in Richtung des konischen Teils verschoben markiert wurde, bei einer Messgenauigkeit der Auswertung von +/- 12 mm. Diese Markierung des Schwerpunktes wurde durch die geometrische Vermessung des Gründungspfahls MP A28 durch die Firma KMR-Marine Surveyors GmbH bestätigt. Der Abstand der Schlingen von diesem markierten Schwerpunkt beträgt zum konischen Teil hin 8,189 m und zum zylindrischen Teil 7,741 m. Die Auswertung der beiden Fotos ergab, dass von dem Anheben (Abb.10) bis zum Drehen des Krans um 90 Grad (Abb.11) keine Verschiebung der Schlingen stattgefunden hat.

Von dem Gründungspfahlhersteller wurden der BSU Werkstattzeichnungen übermittelt, die nicht mit den Zeichnungen der Reederei identisch sind. Es wurden im Fertigungsprozess zusätzliche Teile angebaut, die eine Verschiebung des Gewichtsschwerpunktes und auch des Gesamtgewichtes nach sich zog. Nach diesen Werkstattzeichnungen soll der Gewichtsschwerpunkt 28,412 m vom zylindrischen Ende betragen. Diese Markierung des Gewichtsschwerpunktes auf dem MP wurde im Auftrag des Herstellers von einem öffentlich bestellten Vermessungsingenieur geprüft und mit einer Abweichung von 6,4 mm bestätigt.

Der Hersteller gibt das Gesamtgewicht des MP mit den zusätzlichen Anbauten mit „ca.“ 775 t an. Die der Reederei vorliegende Zeichnung ist beschriftet mit „total weight 764 tonnes“, die Firma KMR-Survey hat nach der Vermessung des Pfahls ein Gesamtgewicht von 789,324 t ermittelt, während die Anzeigen an Bord beim Ladevorgang 814 t angezeigt haben.

Das Gewicht des MP spielt bei diesem Unfall nur sekundär eine Rolle, da bei der SWL von 1000 t genügend Sicherheitsreserven vorhanden waren, sowie ein Versagen der Krananlage, des Hebegeschirrs und der Hebeschlingen nicht ursächlich für den Unfall waren.

#### 4.4 Haftreibung

Unter Laborbedingungen beim Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) wurden Versuche zur Bestimmung der Reibkoeffizienten und Rutschwinkel auf einem zylindrischen und konischen Prüfkörper durchgeführt. Für die Versuchsreihen wurden Reibplatten mit originaler Beschichtung hergestellt, die durch die Rostocker Beschichtungsfirma aufgebracht wurden. Für die Versuchsreihe mit der Zugprüfmaschine wurde ein DynaOne-Seil von GeoGleistein mit einem Durchmesser von 12 mm und Schutzmantel verwendet. Es wurden Versuche mit trockenen und nassen Mänteln, sowie mit einem Mantel aus den an Bord beschädigten Schlingen durchgeführt. Zu Beginn des Versuches wurde das Seil mit der Prüfmaschine auf eine definierte Seilzugkraft gespannt und eine definierte Querkraft aufgebracht.

Seilzugkraft [kN]	Querkraft [kN]	Zustand Mantel	Mittlerer Haftreibungskoeffizient
15	1	Trocken	0,076
15	2	Trocken	0,070
15	1	Nass	0,059
15	2	Nass	0,046
30	1	Trocken	0,098
30	2	Trocken	0,074
30	1	Nass	0,060
30	2	Nass	0,053
30	1	Trocken + Gebraucht	0,055
30	2	Trocken + Gebraucht	0,057

Abbildung 18: Versuchsreihe zur Bestimmung des Haftreibungskoeffizienten

Die Untersuchung ergab, dass in Abhängigkeit von der Querkraft der Haftreibungskoeffizient sich im nassen Versuchsaufbau auf 61 % bis 77 % vom trockenen neuen Zustand reduziert. Bei trockenem, neuem Schutzmantel und gebrauchten Teil von Bord reduziert sich der Haftreibungskoeffizient auf 56 % bis 77 % zum trockenen und neuen Zustand.

Um das Verhalten des Reibkoeffizienten unter Verschleiß zu bewerten, wurden Versuche auf einer Biegemaschine am IFT durchgeführt. Der Seilstrang wurde für 100 Zyklen durch die Vorrichtung gezogen und dabei der Reibkoeffizient ermittelt.

Seilzugkraft [kN]	Querkraft [kN]	Zustand Mantel	Zykluszahl	Mittlerer Haftreibungskoeffizient	Reduktion [%]
30	2	Trocken	0	0,078	16,7
30	2	Trocken	100	0,065	
30	2	Nass	0	0,075	9,3
30	2	Nass	100	0,068	

Abbildung 19: Bestimmung Haftreibungskoeffizienten unter Verschleiß

Im trockenen Zustand gab es eine Reduktion nach 100 Zyklen um 16,7 % und im nassen Zustand nach 100 Zyklen eine Reduktion um 9,3 %.

Im letzten Versuch auf der Zugprüfmaschine ging es darum, den Rutschwinkel auf einem zylindrischen und konischen Prüfkörper zu bestimmen. Für den zylindrischen Prüfkörper wurde im trockenen Zustand ein mittlerer Rutschwinkel von 7,5 Grad und im nassen Zustand von 5,9 Grad ermittelt. Für den konischen Prüfkörper wurde im trockenen Zustand ein negativer Rutschwinkel von -3,4 Grad und im nassen Zustand von -3,3 Grad erreicht. Ein negativer Rutschwinkel ist hier in Richtung des dünneren Teils des Konus.

Prüfkörper	Zustand Mantel	Mittlerer Rutschwinkel [°]
Zylinder	Trocken	7,5
Zylinder	Nass	5,9
Konus	Trocken	-3,4
Konus	Nass	-3,3

Abbildung 20: Bestimmung des Rutschwinkels

Diese gesamten Untersuchungen der Haftreibung unter Laborbedingungen haben ergeben, dass Nässe zwischen Hebeschlingen und den Gründungspfählen bewirkt, dass die Haftreibung um 23 % bis 39 % reduziert wird und die Hebeschlingen schneller anfangen zu rutschen als im trockenen Zustand. Neue Hebeschlingen haben höhere Haftreibung als länger in Gebrauch befindliche. Im zylindrischen Teil des Gründungspfahls rutscht die Schlinge bei Nässe erst bei einem Schrägzugwinkel von ca. 5,9 Grad. Der Konus des Monopiles hat eine Neigung von 5 Grad. Bei dem ermittelten Rutschwinkel von -3,3/-3,4 Grad bedeutet das, dass trotz des senkrechten Anschlagens der Hebeschlingen eine erhebliche Gefahr des Losrutschens auf der Konus-Fläche des Monopiles besteht.

## **5 SCHLUSSFOLGERUNGEN**

Der Unfall mit erheblichen Sachschaden ist glücklicherweise ohne schwere Verletzungen von Personen geschehen. Der Gründungspfahl ist nicht vorhersehbar aus den Schlingen gerutscht. Ursächlich für dieses Rutschen war eine Kombination mehrerer Faktoren. Als wesentlich dabei muss die sehr geringe Reibung zwischen dem Gründungspfahl und den Hebeschlingen angesehen werden. Reibversuche haben ergeben, dass die tatsächlich vorhandene Reibung deutlich geringer war als gemäß Literaturvorgaben zu erwarten gewesen wäre. Diese geringe Reibung ist zusätzlich durch vorhandene Feuchtigkeit reduziert worden.

Die Positionierung der Schlingen zu dem markierten Gewichtsschwerpunkt war ungenau, jedoch im akzeptablen Bereich, in Anbetracht der sehr geringen Neigung von 0,2 Grad des Gründungspfahls nach dem Anheben.

Eine weitere Feststellung ist, dass der BSU verschiedene Zeichnungen mit verändertem Gewichtsschwerpunkt vorgelegt wurden. Durch zusätzliche Anbauteile, die nur auf einer Werkstattzeichnung zu sehen waren, verschob sich der angezeichnete, markierte Gewichtsschwerpunkt in Richtung des Konischen Teils.



## 6 DURCHGEFÜHRTE MASSNAHMEN

Nach dem Unfall wurde von der Reederei ein Workshop mit den am Lift beteiligten Besatzungsmitgliedern durchgeführt und eine interne Sicherheitsanweisung an die anderen Schiffe der Reederei erlassen. Es wurden nachfolgende Maßnahmen eingeführt, um das Hieven mit einem Kran noch sicherer zu machen:

- 1.) Im Gegensatz zu früheren Hieven ist es bei diesem Projekt nicht mehr erlaubt, eine Hebeschlinge im konischen Teil des Gründungspfahls anzubringen.
- 2.) Ein Abstand zu den Erdungslaschen von mindestens 400 mm ist einzuhalten.
- 3.) Für jedes Hieven eines Gründungspfahls im Einzelkranbetrieb muss ein Kraneinsatzprotokoll nach einem Vordruck erstellt werden.
- 4.) Die maximale Neigung eines Gründungspfahls beim Hieven im Einzelkranbetrieb, bei dem beide Hebeschlingen nur am zylindrischen Teil platziert werden dürfen, liegt bei 1 Grad.
- 5.) Die vorgegebene Neigung wird beim Hieven mittels einer digitalen Wasserwaage gemessen, die am Gründungspfahl mit Magneten angebracht wird. Der Kapitän kann den Istwert per Fernanzeige auf einem Handy ablesen.



Abbildung 21: Neigungsmesser am Gründungspfahl

## **7 SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN**

Auf die Herausgabe einer Sicherheitsempfehlung wird verzichtet, da mit den durchgeführten Maßnahmen der Reederei die Sicherheit erhöht wird, so dass sich so ein Unfall aller Voraussicht nach, nicht wiederholen wird.

Es ist nicht Aufgabe der BSU die landseitigen Prozesse zur Übermittlung von Zeichnungen und Daten vom Hersteller bis zur Reederei zu bewerten, jedoch scheint es hier Optimierungsbedarf zu geben.

## **8 QUELLENANGABEN**

- Ermittlungen Wasserschutzpolizei (WSP)
- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen
  - Schiffsführung
  - Reederei
- Zeugenaussagen
- Gutachten/Fachbeitrag
- Seekarten und Schiffsdaten Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Amtliches Wettergutachten Deutscher Wetterdienst (DWD)