



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST  
Service suisse d'enquête de sécurité SESE  
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI  
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

# **Schlussbericht**

## **der Schweizerischen**

### **Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST**

über die Grundberührung des  
Motorschiffs Diamant

vom 7. Dezember 2017

400 m östlich der Anlegestelle  
Kehrsiten-Bürgenstock (NW)

Reg.-Nr. 2017120701

## Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Der alleinige Zweck der Untersuchung eines Unfalls oder eines schweren Vorfalls ist die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen beim Betrieb von Eisenbahnen, Seilbahnen und Schiffen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen<sup>1</sup>. Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand Rechnung zu tragen.

In diesem Bericht wird aus Gründen des Persönlichkeitsschutzes für alle natürlichen Personen und ihren Funktionen unabhängig von ihrem Geschlecht die männliche Form verwendet.

---

<sup>1</sup> Artikel 15 des Eisenbahngesetzes vom 20. Dezember 1957 (EBG), Stand am 1. Januar 2022 (SR 742.101) und Artikel 1 Absatz 4 im Bundesgesetz über die Binnenschifffahrt vom 3. Oktober 1975 (BSG), Stand am 1. Juli 2020 (SR 747.201)

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>5</b>
Überblick .....	5
Untersuchung .....	5
Kurzdarstellung .....	5
Ursache .....	6
Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise .....	6
<b>Glossar .....</b>	<b>7</b>
<b>1 Sachverhalt .....</b>	<b>9</b>
1.1 Ort des Ereignisses .....	9
1.2 Vorgeschichte .....	9
1.3 Ablauf des Ereignisses .....	11
1.4 Schäden .....	12
1.4.1 Personen .....	12
1.4.2 Schiff .....	12
1.4.3 Umwelt .....	12
1.5 Beteiligte und betroffene Personen .....	13
1.5.1 Allgemeines .....	13
1.5.2 Schiffsführer 1 .....	13
1.5.3 Schiffsführer 2 .....	13
1.5.4 Weitere Schiffscrew .....	13
1.5.5 Passagiere .....	13
1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen .....	14
1.6.1 Schifffahrtsgesellschaft .....	14
1.6.2 Schiffhalter .....	14
1.7 See und Ufer .....	14
1.7.1 Beschreibung .....	14
1.7.2 Feststellung .....	14
1.8 MS Diamant .....	15
1.8.1 Beschreibung des Motorschiffs .....	15
1.8.2 Beschreibung von Steuerhaus und Fahrstand .....	15
1.8.3 Beschreibung des Radars (Swiss Radar Precision Navigator II) .....	16
1.9 Kommunikation .....	18
1.10 Auswertung der Fahrdaten .....	18
1.10.1 Einleitung .....	18
1.10.2 Beschreibung der Fahrt aufgrund der Radaraufzeichnung .....	18
1.10.3 Auswertung der GPS-Daten .....	25
1.10.4 Gesprächsaufzeichnung .....	26
1.10.5 Video .....	26

1.11	Besondere Untersuchungen .....	26
1.11.1	Wetter, Sichtverhältnisse und Lichtsituation während der Fahrt .....	26
1.11.2	Human Factors .....	27
1.11.3	Technologie und Ausrüstung .....	29
1.11.4	Ausbildung bei der Einführung des MS Diamant .....	29
1.12	Regelungen .....	30
1.12.1	Hoheitliche Vorgaben .....	30
1.12.2	Vorgaben in den Betriebsvorschriften der SGV .....	32
1.12.3	Schulungsunterlagen der SGV .....	33
1.12.4	Safety Management System (SMS) .....	33
<b>2</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>34</b>
2.1	Technische Aspekte .....	34
2.2	Menschliche Aspekte .....	34
2.2.1	Nichteinhalten von bestehenden Vorgaben .....	34
2.2.2	Fahrverlauf .....	34
2.2.3	Räumliche Desorientierung mit Fehleinschätzungen .....	35
2.3	Betriebliche, prozessuale Aspekte .....	36
2.3.1	Fahrverlauf .....	36
2.3.2	Uferlinie vor der Anlegestelle .....	37
2.3.3	Zeitlich, räumliche Staffelung .....	38
2.4	Organisatorische Aspekte .....	38
2.4.1	Alarm- und Rettungsorganisation .....	38
2.4.2	Vorgaben .....	38
<b>3</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>39</b>
3.1	Befunde .....	39
3.1.1	Technische Aspekte .....	39
3.1.2	Menschliche Aspekte .....	39
3.1.3	Betriebliche, prozessuale Aspekte .....	39
3.1.4	Organisatorische Aspekte .....	40
3.2	Ursachen .....	40
<b>4</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen .....</b>	<b>41</b>
4.1	Sicherheitsempfehlungen .....	41
4.1.1	Vorgaben an sicherheitsrelevante Standard-Verfahren .....	41
4.1.2	Ausbildung der Schiffsführer in Situationsbewusstsein .....	42
4.2	Sicherheitshinweise .....	42
4.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen .....	42

## Zusammenfassung

### Überblick

**Verkehrsmittel** Binnenschifffahrt

### Beteiligte Unternehmen

**Schiffahrtsgesellschaft** Schiffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees (SGV) AG, Luzern

**Beteiligte Schiffe** Motorschiff (MS) Diamant, SGV

**Ort** 400 m östlich der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock (NW) auf dem Gemeindegebiet von Luzern

**Datum und Zeit** 7. Dezember 2017, 21:13 Uhr

### Untersuchung

Am 7. Dezember 2017 um 21:57 Uhr traf die Meldung über die Grundberührung des MS Diamant in Kehrsiten beim Untersuchungsdienst der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) ein. Es wurde eine Untersuchung eröffnet.

Für die Untersuchung standen zur Verfügung:

- Bestandesaufnahme auf der Unfallstelle;
- Fotos;
- Meteorologische Daten;
- Radar- und GPS-Daten;
- Kartenmaterial;
- Vorgabe- und Nachweisdokumente;
- Befragungen der Beteiligten.

### Kurzdarstellung

Am 7. Dezember 2017 um 21:13 Uhr berührte das als Extrafahrt verkehrende MS Diamant 400 m vor der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock in Ufernähe einen Felsen. Der Rumpf wurde seitlich auf einer Länge von 23 m beschädigt, wodurch über einen rund 1.2 m langen Riss in drei wasserdichte Abteilungen Wasser eindrang. Das MS Diamant konnte danach aus eigener Kraft bis zur Anlegestelle gefahren werden, wo alle Passagiere unverseht an Land gehen konnten. Die unverzügliche und angemessene Reaktion der Besatzung mit sofortiger Alarmierung, Anlaufen der Anlegestelle und passenden Massnahmen der beteiligten Einsatzkräfte (Wasser abpumpen und provisorisches Abdichten des Lecks durch Tauch-Spezialisten) trug zur Minimierung des Schadens bei.

## Ursache

Die Grundberührung des MS Diamant am 7. Dezember 2017 bei seiner Extrafahrt kurz vor der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock ist darauf zurückzuführen, dass das Schiff bei Nacht bei der Zufahrt zur Anlegestelle in eine unsichere Position manövriert und folglich zu nahe an das Ufer gefahren wurde. Aufgrund fehlender sichtbarer Referenzpunkte im dunklen Uferbereich, des hell erleuchteten, vorausfahrenden MS Waldstätter sowie der beleuchteten Anlegestelle entstand eine räumliche Desorientierung, die von beiden Schiffsführern zu spät erkannt wurde. Die vorhandenen Hilfsmittel (Radar und GPS mit Kurslinien und Geschwindigkeitsanzeigen) wurden unzureichend genutzt, die Steuerübergabe erfolgte unstrukturiert. Den Vorgaben der Zufahrt an die Anlegestelle – u. a. Einhalten der Fahrstrasse und der Geschwindigkeit – wurde nicht gefolgt. Der Vorfall zeigt auf, dass das System «Mensch-Maschine-Umwelt» unter solchen Voraussetzungen zu wenig fehlerrobust war.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Der Wille zur Pflichterfüllung der Schiffsführer, das Schiff pünktlich anzulegen.
- Unzureichendes Bewusstsein der Schiffsführer, dass sie trotz sichtigem Wetter in der Nacht optischen Täuschungen, resp. einer räumlichen Desorientierung erliegen können und deshalb vorhandene Hilfsmittel konsequent nutzen sollten. Dieses Bewusstsein wurde in Ausbildungen hinsichtlich Erkennens und Handelns unzureichend thematisiert.

Im Rahmen der Untersuchung wurden folgende Schwachstellen erkannt:

- Unzureichende betriebliche Vorgaben sowie Standard-Verfahren (SOP) für das Fahren mit Radar bei Nacht sowie für die Steuerübergabe.
- Unzureichende Ausbildung und demzufolge fehlendes Bewusstsein der Schiffsführer hinsichtlich Grenzen des menschlichen Leistungsvermögens und deshalb fehlende Entwicklung geeigneter Kompetenzen im Bereich der Human Factors für das Fahren bei Nacht.

## Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Bericht werden 2 Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

## Glossar

### Vorgaben

AB-SBV	Ausführungsbestimmungen des UVEK zur Schiffbauverordnung vom 11. Dezember 2015, Stand am 1. Februar 2016 (SR 747.201.71)
BSG	Bundesgesetz über die Binnenschifffahrt vom 3. Oktober 1975, Stand am 1. Januar 2014 (SR 747.201)
BSV	Verordnung über die Schifffahrt auf schweizerischen Gewässern (Binnenschifffahrtsverordnung) vom 8. November 1978, Stand am 4. April 2017 (SR 747.201.1)
SBV	Verordnung über Bau und Betrieb von Schiffen und Anlagen öffentlicher Schifffahrtsunternehmen (Schiffbauverordnung) vom 14. März 1994, Stand am 1. Februar 2016 (SR 747.201.7)

### Begriffe

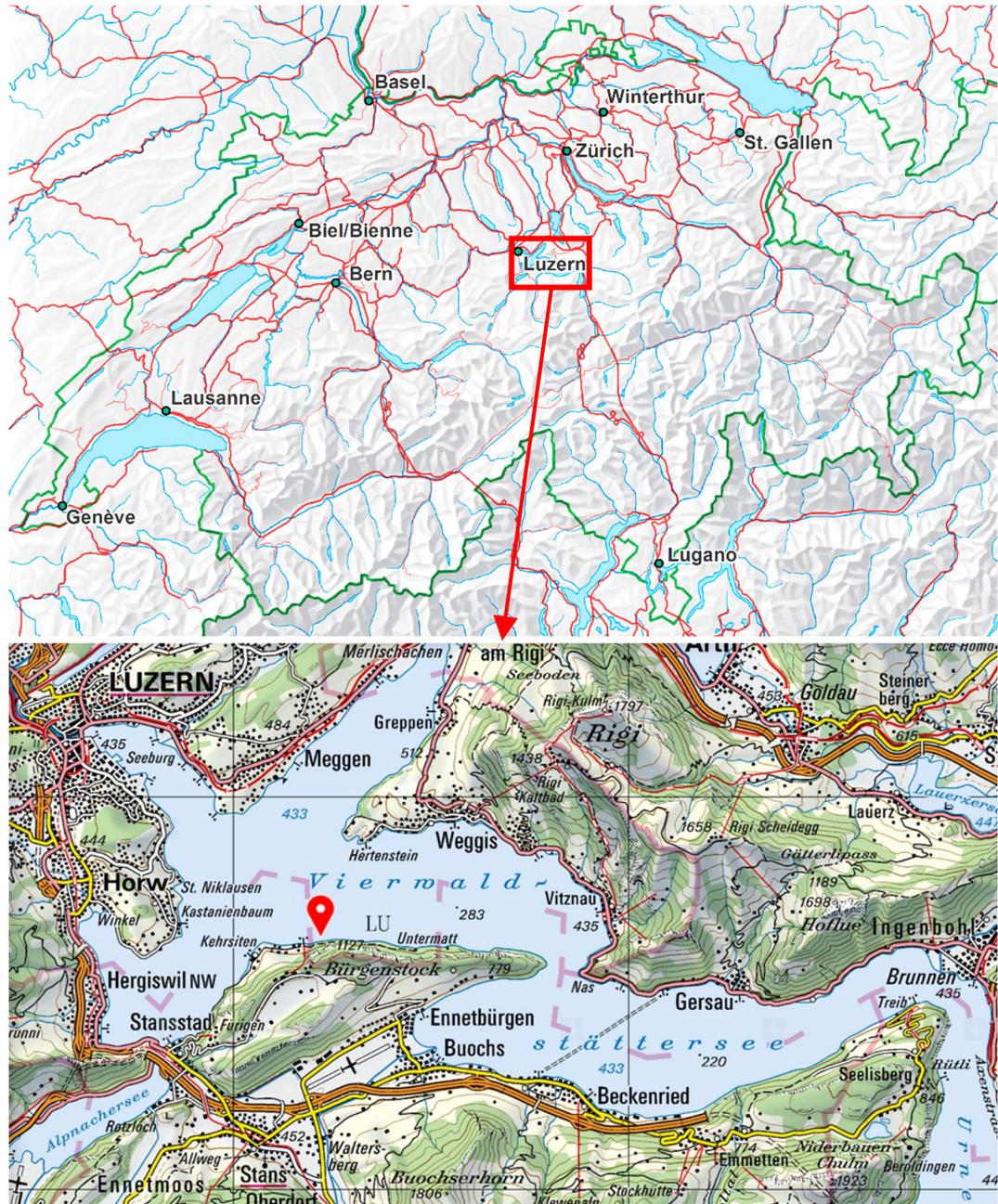
Backbord	Die linke Seite des Schiffes, vom Heck zum Bug gesehen.
Bug	Der vordere Teil des Schiffes.
Dunkel-Adaption	Phänomen, bei dem sich die Sehfähigkeit des Menschen bei Dunkelheit aufgrund eines Anpassungsprozesses an das vorhandene Licht mit der Zeit verbessert.
ECDIS	Electronical Chart Display and Information System – Elektronisches Kartenanzeige- und Informationssystem
ETA	Estimated Time of Arrival; geschätzte Ankunftszeit.
Fehler	Im Kontext mit diesem Bericht wird der Begriff «Fehler» wie folgt definiert: Fehler sind aktive Handlungen oder unterlassene Handlungen, die zu Abweichungen von Erwartungen oder von eigenen Absichten führen. Fehler können absichtlich oder unabsichtlich, bewusst oder unbewusst sein.
Fehler-Resilienz	Die Fehler-Resilienz beschreibt, wie gut ein System mit Fehlern umgehen kann.
Fehlerrobustes System	In einem fehlerrobusten System sind zahlreiche Massnahmen und Vorkehrungen vorhanden und wirksam, die eine fatale oder gravierende, schädliche Auswirkung eines einzelnen Fehlers verhindern, indem Fehler rechtzeitig erkannt und behoben und die Entstehung von Fehlerketten frühzeitig und wirksam unterbrochen wird. Typische Elemente zur Stärkung der Fehlerrobustheit sind beispielsweise Redundanz vitaler Komponenten, technische Spezifikationen bezüglich Zuverlässigkeit / Belastbarkeit von Komponenten, aber auch Checklisten.
GPS	Global Positioning System; satellitengestützte Navigation.
HDT	True Heading; Steuerkurs.
Heck	Der hintere Teil des Schiffes.
Human Factors	Faktoren, die vom menschlichen Verhalten ausgehen oder dieses beeinflussen, werden im Zusammenhang mit Ereignissen als «Human Factors» bezeichnet.

---

Latente Bedingungen	Bedingungen, die vor dem Ereignis im System vorhanden waren und durch auslösende Faktoren sichtbar werden. Diese beziehen sich oft auf Mängel in den organisatorischen Abläufen und Verfahren.
MS	Motorschiff
Nockfahrstand	Aussenfahrstand, auf der Backbord- und Steuerbordseite.
Safety Management System (SMS)	Ein organisationsinternes, stringent und konsequent durchdachtes System, das es der Organisation und dem Personal u. a. ermöglicht, aus (kritischen) Ereignissen zu lernen und die Sicherheit zu erhöhen. Eine Voraussetzung für ein funktionierendes Safety Management System ist der Wille und die Fähigkeit, aus gemeldeten Vorfällen adäquate Schlussfolgerungen zu ziehen und Ansatzpunkte für Verbesserungen der Sicherheit, z. B. zur Erhöhung der Fehlerrobustheit zu finden und wirksame Massnahmen zu entwickeln.
Satnav	Satellitenavigation (global positioning system (GPS))
SF	Schiffsführer/Schiffsführerin
SGV	Schiffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees
Sicherheitsmarge	Reserve zwischen dem normalen Zustand und dem Grenzzustand, bei dem es zu einem Ereignis bzw. zu einem ungewollten Zustand kommen kann.
Situationsbewusstsein	Adäquate und umfassende Übersicht über die tatsächliche Situation und die Auswirkungen geplanter Handlungen auf den Verlauf der Fahrt und die damit verbundene Sicherheit (Situational Awareness).
SOG	Speed over Ground; Geschwindigkeit über Grund.
SOP	Standard Operational Procedure, Standard-Verfahren: Praxistaugliche, griffige Definition von Handlungsanweisungen oder Kriterien zur Bearbeitung definierter «Standard-Situationen». SOP normieren das Verhalten für bestimmte Situationen und Fahrphasen.
Steuerbord	Die rechte Seite des Schiffes, vom Heck zum Bug gesehen.
Threat	Bedrohungen; Bedrohungen sind Ereignisse, die sich dem Einfluss der Beteiligten entziehen, die die betriebliche Komplexität erhöhen und die bewältigt werden müssen, um die Sicherheitsmargen aufrechtzuerhalten.
TN	Teilnehmer/Teilnehmerin/Teilnehmende
Unerwünschter Zustand	Ein Zustand, bei dem Sicherheitsmargen unterschritten sind und die Sicherheit bedroht ist.

# 1 Sachverhalt

## 1.1 Ort des Ereignisses



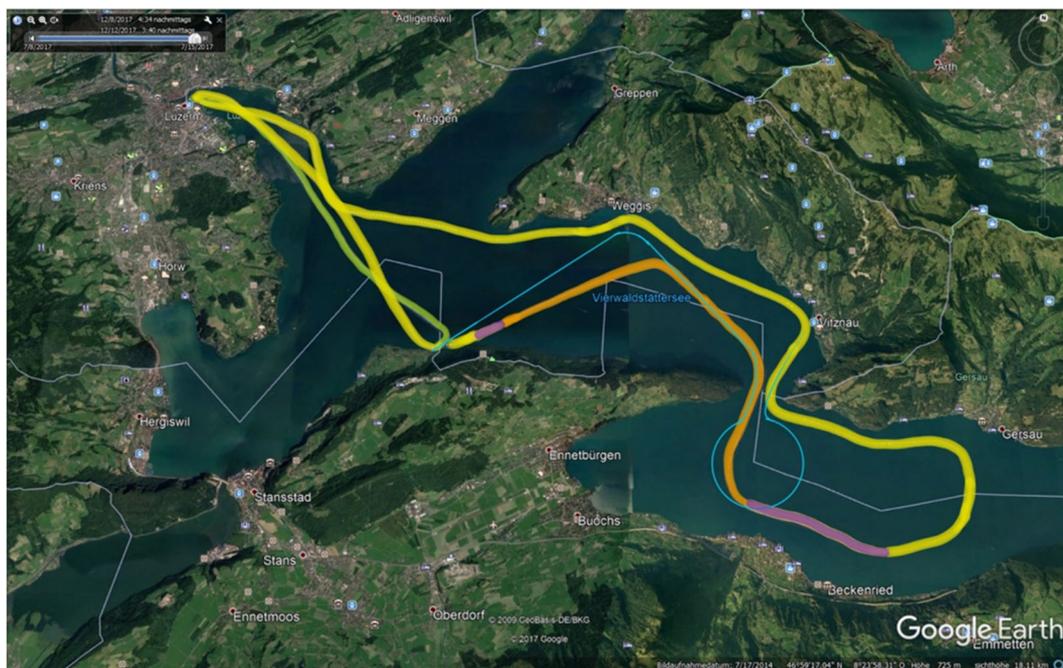
**Abbildung 1:** Übersichtskarten zum Ort des Unfalls. (Quelle der Karten: Bundesamt für Landestopografie.)

## 1.2 Vorgeschichte

Die beiden Schiffsführer des Motorschiffs (MS) Diamant (Schiffsführer 1: Verantwortlicher Schiffsführer; Schiffsführer 2: Zweiter Schiffsführer) hatten ihren Dienst am 7. Dezember 2017 um 15:15 Uhr in der Werft in Luzern angetreten. Sie machten das MS Diamant für eine dreistündige Extrafahrt ab 18:15 Uhr von und nach der Anlegestelle Kehrseiten-Bürgenstock bereit. Dazu mussten sie in den Aufenthaltsbereichen der Fahrgäste gemäss der Bestellung des Veranstalters Möbel umräumen und die Lautsprecheranlage installieren.

Die Schiffsführer führten zusammen ein Briefing für die Fahrt durch und legten dabei auch die ungefähren Zeiten für die Steuerübergaben fest.

Um 17:25 Uhr legte das MS Diamant mit Musikern, Veranstalter sowie der Crew an Bord von der Landungsbrücke 6 in Luzern ab (Abbildung 2) und legte um 17:50 Uhr an der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock für die Aufnahme der Fahrgäste an. Um 18:15 Uhr legte das MS Diamant planmässig in Kehrsiten-Bürgenstock ab. Der Schiffsführer 2, der von Beginn an am Steuer war, fuhr das MS Diamant ins Luzerner Seebecken, wendete im Beisein des Schiffsführers 1 beim Kultur- und Kongresszentrum Luzern und fuhr zurück Richtung Meggenhorn. Anschliessend fuhr er durch den Kreuztrichter an Hertenstein, Weggis, Vitznau und an der Nas<sup>2</sup> vorbei ins Gersauer Becken. Der Schiffsführer 1 löste den Schiffsführer 2 zwischen 20:30 und 20:40 Uhr im Gersauer Becken im Bereich von Beckenried am Fahrstand ab, damit der Schiffsführer 2 nach unten gehen und sich verpflegen konnte.



**Abbildung 2:** Übersicht zum Fahrtverlauf (Quelle des Luftbildes: Google Earth, bearbeitet durch SUST).

- Legende:
- Fahrtverlauf MS Diamant
    - Überfahrt mit Musikern, Veranstalter und Crew durch Schiffsführer 2.
    - Extrafahrt (mit Fahrgästen)
    - Fahrroute von Schiffsführer 1
    - Steuerübergabe (ungefähr)
    - Fahrroute von Schiffsführer 2
  - Fahrtverlauf MS Waldstätter
    - Kurslinie des MS Waldstätter

Kurz vor der Ablösung, die gemessen an der festgelegten Zeit etwa 10 Minuten später erfolgte, hatte der Schiffsführer 2 eine Diskrepanz zwischen der geschätzten Ankunftszeit (ETA), die auf dem GPS abzulesen war und derjenigen, die auf dem Radar angezeigt wurde, beobachtet. Er informierte den Schiffsführer 1 bei der

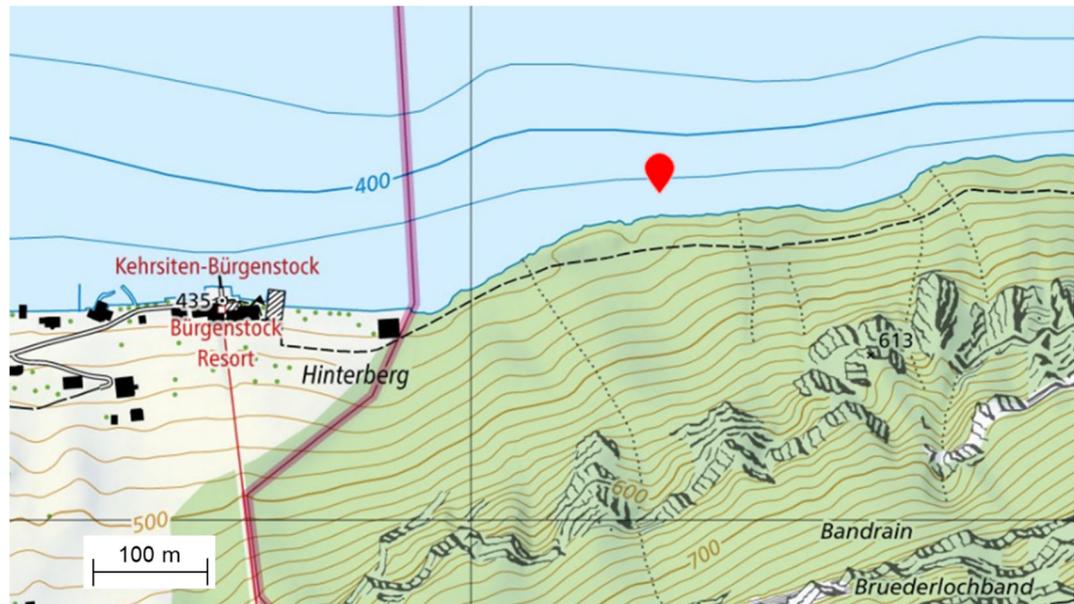
<sup>2</sup> Nas: Landungen südlich von Vitznau (Obere Nas) und nördlich von Ennetbürgen (Unter Nas, Ausläufer des Bürgenstock), die ein Engnis von rund 850 m Breite bilden.

Steuerübergabe darüber. Der Schiffsführer 2 sann über die Diskrepanz zwischen den beiden ETA-Anzeigen auch noch nach, nachdem er abgelöst worden war und nach unten essen ging.

### 1.3 Ablauf des Ereignisses

Der Schiffsführer 1 sichtete zum Zeitpunkt der Steuerübernahme das MS Waldstätter auf dessen «Kulinarikfahrt» und kreisförmigen Kurslinie südlich der Nas. Er reihte das MS Diamant, wie vorgängig mit dem Schiffsführer des MS Waldstätter abgemacht, dahinter ein. Ab Beckenried fuhr er entlang der Kurslinie der «Kulinarikfahrt» mit einer Geschwindigkeit zwischen 16 und 17 km/h. Um ca. 20:57 Uhr, auf der Höhe von Riedsort (zwischen Vitznau und Weggis), leitete er eine Linkskurve ein und steuerte das MS Diamant ab diesem Zeitpunkt linksversetzt zur Kurslinie der «Kulinarikfahrt», etwa 2 km hinter dem hell beleuchteten MS Waldstätter her. Der Schiffsführer 1 wusste, dass das MS Waldstätter die Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock um 21:12 Uhr verlassen und das MS Diamant um 21:15 Uhr anlegen sollte. Um ca. 21:04 Uhr, rund 3.4 km vor der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock, beschleunigte er das MS Diamant. Zu diesem Zeitpunkt zeigte die geschätzte Ankunftszeit (ETA) auf dem Radar 21:17 Uhr an (Abbildung 14). Er sah die Anlegestelle und das MS Waldstätter vor sich optisch so gut und klar, dass er keinen Anlass sah, die Position des MS Diamant mittels Radaranzeige zu überprüfen. Der Schiffsführer 1 war auf das vor ihm fahrende MS Waldstätter und das Einhalten der geforderten Ankunftszeit konzentriert. Zudem war ihm wichtig, sich wie üblich bei der Anlegestelle auf dem Hauptdeck persönlich von den Gästen zu verabschieden. Da sich der Anlegezeitpunkt näherte und der Schiffsführer 2 noch nicht vom Essen zurück war, rief der Schiffsführer 1 den Schiffsführer 2 zurück auf die Brücke, um ihm das Steuer zu übergeben. Die Distanz zur gut sichtbaren Station Kehrsiten-Bürgenstock schätzte der Schiffsführer 2, als er aus den hell erleuchteten Passagierräumen zurück in das dunklere Steuerhaus kam, auf zwischen 1.5 km und 800 m. Die Geschwindigkeit schätzte er auf die für diese Distanz übliche Geschwindigkeit von etwa 15 km/h – effektiv betrug sie 25 km/h. Der Schiffsführer 2 warf beim Betreten des Steuerhauses einen flüchtigen Blick auf das Radar. Es fiel ihm nichts Ungewöhnliches auf. Danach unterhielten sich die beiden Schiffsführer kurz über die Diskrepanz zwischen den beiden ETA-Anzeigen, die zu diesem Zeitpunkt nicht mehr auffällig war. Da der Schiffsführer 2 die Station mit dem angelegten MS Waldstätter klar und deutlich vor sich sah, navigierte auch er auf Sicht, als er das Steuer vom Schiffsführer 1 übernahm. Weil die Steuerübergabe später als vorgängig vereinbart stattgefunden hatte, wollte der Schiffsführer 2 nach der Steuerübernahme sofort auf den Backbord-Nockfahrstand gehen, um wie üblich den letzten Teil der Zufahrt vom Nockfahrstand aus durchzuführen, während sich der Schiffsführer 1 anschickte, nach unten zu gehen. In dem Moment, in dem sich der Schiffsführer 2 im Steuerhaus nach links drehte, um auf den Backbord-Nockfahrstand zu gelangen, sah er auf der Backbordseite durch die Scheibe Bäume und Steine, realisierte und rief laut, dass das MS Diamant viel zu nahe am Ufer fuhr. Er leitete mit dem Ruder sofort eine Kursänderung nach Steuerbord ein, um das MS Diamant vom Ufer wegzudrehen, und zog die Fahrhebel auf volle Kraft zurück. Zu Beginn reagierte das Schiff in seiner Wahrnehmung nicht wie erwartet. Der Schiffsführer 1, der aufgrund des Ausrufes des Schiffsführers 2 neben ihm im Steuerhaus geblieben war, schaltete augenblicklich die «Drehraten-Begrenzung» der Rudersteuerung (Begrenzung des «Rate of Turn») aus, die während der Fahrt zu grosse Ruderausschläge verhindert. Dies realisierte der Schiffsführer 2 in diesem Moment selber nicht. Hingegen bemerkte er, dass das Schiff nun wie gewünscht und erwartet reagierte. Obwohl er beim Erkennen der Ufernähe sofort das Schiff abbremste und mit dem

Ruder vom Ufer wegdrehte, konnte er die Grundberührung des MS Diamant nicht verhindern.



**Abbildung 3:** Stelle der Grundberührung. (Quelle der Karte: Bundesamt für Landestopografie.)

Der Schiffsführer 2 prüfte nach der Grundberührung die Funktion des Ruders und der Maschinen und stellte fest, dass beides wie gewohnt funktionierte. Etwa zeitgleich erfolgte auf dem Bedien- und Anzeigegerät ein Wassereintruchalarm. Nach der Grundberührung alarmierten die Schiffsführer sofort per Funk die Schiffe in der Nähe sowie via Handy die Polizei und weitere Rettungsdienste.

Nach Absprache mit dem Schiffsführer 1 fuhr der Schiffsführer 2 das MS Diamant unverzüglich an die Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock. Dort legte das MS Diamant um 21:16 Uhr an. Die Passagiere konnten in Kehrsiten-Bürgenstock an Land gehen.

## 1.4 Schäden

### 1.4.1 Personen

Es wurde niemand verletzt.

### 1.4.2 Schiff

Der Rumpf des MS Diamant wurde auf einer Länge von rund 23 m beschädigt. Als Folge der Grundberührung wurde er mehrfach aufgerissen. Der längste Riss war rund 1.2 m lang. Es füllten sich drei von neun wasserdichten Abteilungen mit Seewasser. Durch den Wassereintritt wurden elektrische und elektronische Komponenten beschädigt.

Inneneinrichtungen und Inventar in der Gastronomie wurden ebenfalls beschädigt.

### 1.4.3 Umwelt

Die Umwelt wurde durch die Havarie des MS Diamant nicht beeinträchtigt.

## 1.5 Beteiligte und betroffene Personen

### 1.5.1 Allgemeines

Beide Schiffsführer verfügten über die erforderliche Berechtigung zum Führen des MS Diamant. Ebenso waren beide auf dem Vierwaldstättersee kundig und hatten Erfahrung in der Anfahrt auf die Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock bei Tag und Nacht. Bis zum Ereignis wurden gegen keinen der beiden disziplinarische Massnahmen ausgesprochen. Der Alkoholttest ergab bei beiden Schiffsführern 0.00 ‰. Alle vorliegenden Angaben lassen darauf schliessen, dass beide Schiffsführer ihren Dienst ausgeruht und gesund antraten.

### 1.5.2 Schiffsführer 1

Person	Anstellung bei der SGV.
Funktion	Verantwortlicher Schiffsführer.
Berechtigungen	Schiffsführerausweis zum Führen von Schiffen der Kategorien A, B II/1, B II/2, B II/2 RP und C vorhanden und gültig. Radarpatent vorhanden und gültig. Somit war der Schiffsführer berechtigt, das MS Diamant bei unsichtigem Wetter zu führen.
Fahrerfahrung	
- gesamthaft	30 Jahre
- davon als 1. Schiffsführer	29 Jahre
- davon auf dem MS Diamant	41 Std.
- Erfahrung Nachtfahrten	über 4100 Std.

### 1.5.3 Schiffsführer 2

Person	Anstellung bei der SGV.
Funktion	Zweiter Schiffsführer.
Berechtigungen	Schiffsführerausweis zum Führen von Schiffen der Kategorien A, B II/1, B II/2, B II/2 RP, C und D vorhanden und gültig. Radarfahrberechtigung vorhanden und gültig. Somit war der Schiffsführer berechtigt, das MS Diamant bei unsichtigem Wetter zu führen.
Fahrerfahrung	
- gesamthaft	7 Jahre
- davon als 2. Schiffsführer	7 Jahre
- davon auf dem MS Diamant	29 Std.
- Erfahrung Nachtfahrten	rund 800 Std.

### 1.5.4 Weitere Schiffscrew

Nebst den beiden Schiffsführern waren zwei Matrosen und 12 Mitarbeitende des Gastronomiebetriebes auf dem MS Diamant eingesetzt.

### 1.5.5 Passagiere

Es befanden sich 157 Passagiere an Bord.

## 1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen

### 1.6.1 Schiffahrtsgesellschaft

Schiffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees (SGV) AG, Luzern

### 1.6.2 Schiffhalter

Schiffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees (SGV) AG, Luzern

## 1.7 See und Ufer

### 1.7.1 Beschreibung

Der Bürgenstock ragt zwischen Stansstad und Ennetbürgen als Landzunge in den Vierwaldstättersee. Sein östlichster Teil wird als Unter Nas bezeichnet. Auf der Nordseite liegen unmittelbar westlich von der Unter Nas zwei Einzelsiedlungen, Obermatt und Untermatt. Der Hammetschwand-Lift, ein rund 150 m langer, senkrechter Aussenlift an der Nordseite des Bürgenstocks. Die Bergstation befindet sich auf 1114 m ü. M., rund 1 km westlich und rund 680 m oberhalb der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock (435 m ü. M.).



**Abbildung 4:** Kartenausschnitt zur See- und Uferbeschreibung.

Rote Markierung: Ort der Grundberührung.

(Quelle der Karte: Bundesamt für Landestopografie, bearbeitet durch SUST.)

Zwischen der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock und der westlichsten Stelle der Unter Nas beträgt die Uferlänge rund 6.5 km. Die gesamte Nordseite des Bürgenstocks ist für Fahrzeuge nicht erschlossen, meist bewaldet und fällt steil in den Vierwaldstättersee ab. Abgesehen von den erwähnten beiden Siedlungen gibt es keine künstlichen Lichtquellen.

Rund 540 m westwärts und rund 200 m ostwärts der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock verläuft die Uferlinie ziemlich geradlinig. Weiter ostwärts, auf der Höhe der Kantonsgrenze NW-LU, verläuft das Ufer auf einer Länge von rund 160 m ca. 30° Richtung Norden. Anschliessend verläuft das Ufer auf einer Länge von rund 250 m wieder annähernd Ost-West gerichtet (Abbildung 3, Abbildung 4).

### 1.7.2 Feststellung

Die Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock liegt auf dem Gebiet des Kantons Nidwalden. Die Grundberührung ereignete sich auf dem Gebiet des Kantons Luzern. An einem Felsen, der ca. 15 m vom Ufer und ca. 400 m vom Anlegesteg Kehrsiten-Bürgenstock entfernt weniger als 0.5 m unter der Wasseroberfläche im See lag, wurden Farbspuren in der Farbe des Rumpfes gefunden.

Im Bereich der Unfallstelle war landseitig keine künstliche Lichtquelle vorhanden. Der Pegelstand, gemessen in Luzern, betrug 433.45 m ü. M. und entsprach dem langjährigen Mittelwert.

## 1.8 MS Diamant

### 1.8.1 Beschreibung des Motorschiffs



**Abbildung 5:** MS Diamant. (Quelle: SGV).

Das MS Diamant wurde von der Shiptec in Luzern erbaut und von der SGV im Mai 2017 in Betrieb genommen. Es wird von der SGV sowohl als Kursschiff als auch als Eventschiff eingesetzt. Das MS Diamant kann max. 1100 Fahrgäste aufnehmen und verfügt über ein Unterdeck, ein Hauptdeck sowie drei Oberdecks. Das Schiff ist 63.19 m lang und 13.15 m breit.

Das MS Diamant hat zwei voneinander getrennte Hybrid-Antriebe mit je einer Starrwelle und einer Schiffschraube, eine Steuerruderanlage mit zwei Ruderblättern sowie eine Bugstrahl-Anlage.

### 1.8.2 Beschreibung von Steuerhaus und Fahrstand

Das Steuerhaus befindet sich auf dem zweiten Oberdeck. Es wird über einen heckseitigen Zugang betreten. Steuerbord- und backbordseitig befinden sich Glastüren zu den Nockfahrständen.

Der Hauptfahrstand im Steuerhaus besteht aus zwei seitlich angeordneten Konsolen mit verschiedenen Bedien- und Anzeigeelementen (Abbildung 6). Vorne mittig zwischen den beiden Konsolen befindet sich der Radarmonitor (1). In der Ebene des Radarmonitors befinden sich links von diesem in der backbord-seitigen Konsole das Garmin-GPS-Gerät (2) und rechts vom Monitor in der steuerbordseitigen Konsole der Wende- und der Ruderlagezeiger (3) sowie das Funkgerät (4). In der backbordseitigen Bedien- und Anzeigekonsole sind ein als Böning-System bezeichneter Touchscreen (5) sowie die Gegensprechanlage (6) angeordnet. Auf der Konsolenplatte ist u. a. die Bedienung der Bugstrahl-Anlage (7) eingebaut. In der steuerbordseitigen Bedien- und Anzeigekonsole sind ein zweiter Böning-Touchscreen (8) sowie ein Bildschirm zur Anzeige der Bordkameras (9) eingebaut. Auf der Konsolenplatte sind die Fahrhebel (10) und Bedienstreifen (11) der Hauptmaschinen sowie die Bedienung der Ruderanlage (12) angebracht.

Sowohl der Radarmonitor (1) als auch das Garmin-GPS-Gerät (2) zeigen die Fahrgeschwindigkeit an. Das Böning-System dient u. a. der Anzeige der Antriebsmotorendaten sowie zur Überwachung von Schiffsalarmen und Statusmeldungen. Die Daten aller angeschlossenen Systeme werden grafisch aufbereitet und unter Einbindung von Schiffsgrafiken und Generalplänen auf dem Farbdisplay visualisiert.

Die Deckenbeleuchtung kann manuell gedimmt werden. Die Dimmung der Böning- und GPS-Bildschirme erfolgt automatisch in Abhängigkeit der Umgebungshelligkeit. Der Radarmonitor besitzt eine Tag-/Nachthelligkeit, die manuell verstellbar ist.

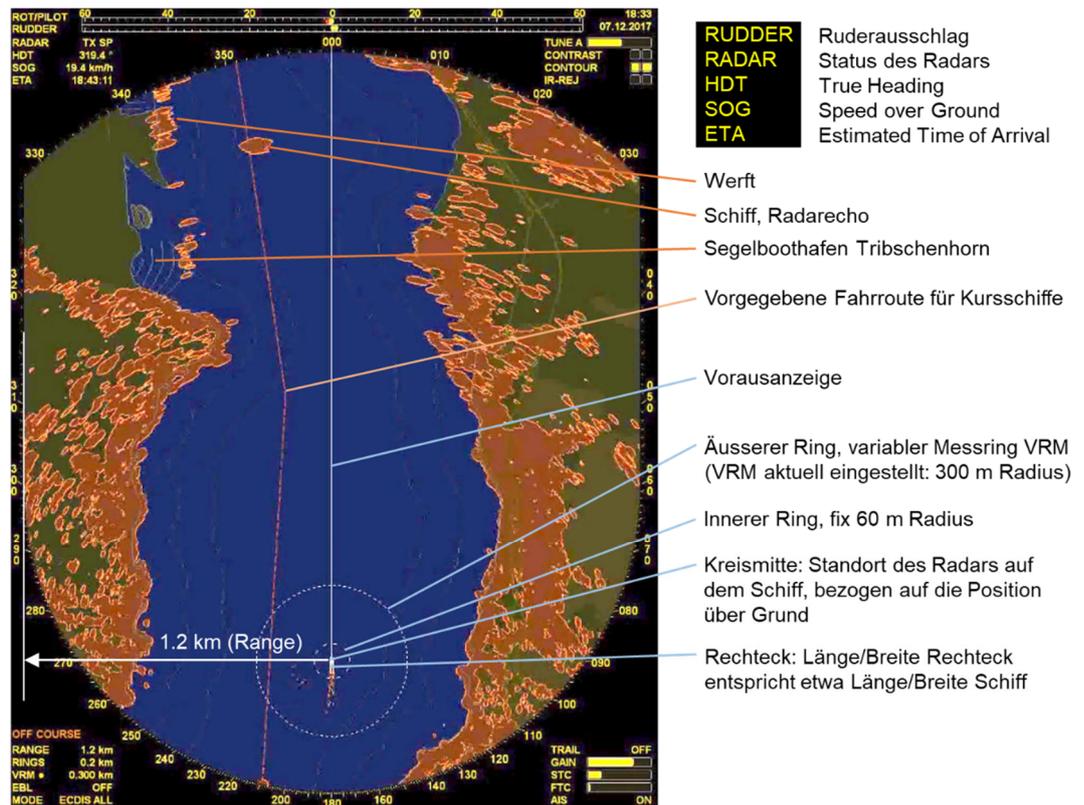


**Abbildung 6:** Fahrstand MS Diamant. Anordnung der Bedieneinheiten und Anzeigen. (Quelle: Kantonspolizei Nidwalden.)

Beide Schiffsführer gaben an, dass es im Steuerhaus aufgrund der guten Verglasung und der Distanz zum Maschinenraum im Vergleich zu älteren Motorschiffen bedeutend leiser ist und sie deshalb die Geschwindigkeit vermindert empfunden hätten.

### 1.8.3 Beschreibung des Radars (Swiss Radar Precision Navigator II)

Zur Kollisionsvermeidung und zum Ausführen von Fahrten bei unsichtigem Wetter verfügt das MS Diamant über ein modernes Radar des Typs Swiss Radar Precision Navigator II. Die Uferlinie wird am Radarbild (Abbildung 7) anhand einer programmierten Karte (ECDIS) angezeigt. Über diese Karte wird die vom Radar generierte Ansicht projiziert (overlay). Die Uferlinie ist bei diesem System aufgrund der ECDIS-Karte mit hinlänglicher Genauigkeit dargestellt – oder wird von den empfangenen Radarsignalen überlagert. Solange ein Schiff «im Blauen» navigiert wird, ist es im sicheren Bereich. Der vertikale Strich bildmässig, die Vorausanzeige, entspricht der Lage, bzw. Fahrtrichtung des Schiffs; oben ist der Bug. Dem Radarbild können vorgegebene Fahrrouten für Kurs- oder Extrafahrten hinzugefügt werden.



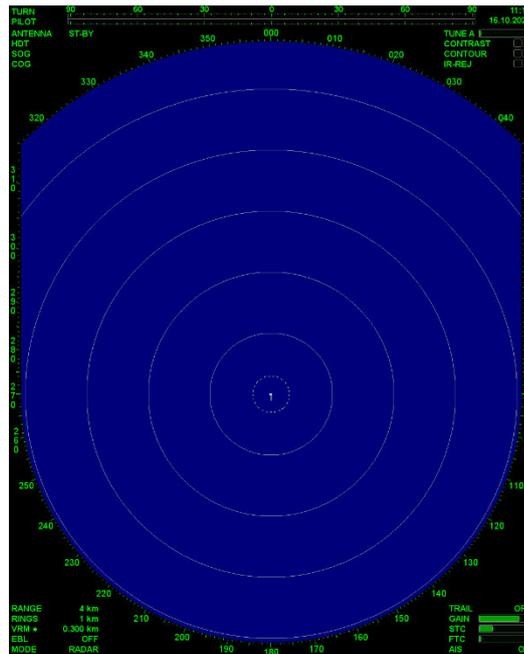
**Abbildung 7:** Radarbild des MS Diamant mit einem Schiff und der Werft in Luzern vor sich.

Im linken oberen Bereich des Radarbildes (Abbildung 7) werden u. a. der Steuerkurs (HDT: True Heading), die Geschwindigkeit über Grund (SOG: Speed over Ground) und die geschätzte Ankunftszeit (ETA: Estimated Time of Arrival) angezeigt.

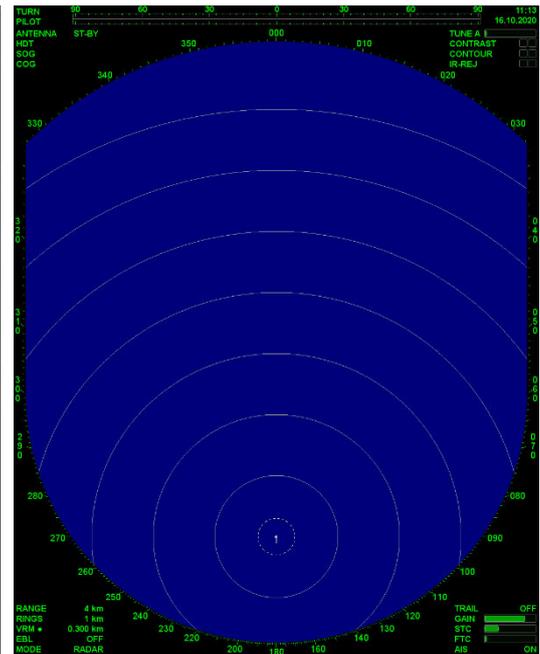
Weiter sind auf diesem Radarbild zwei konzentrische Kreise ersichtlich. Der Kreismittelpunkt entspricht dem Standort der Radarantenne auf dem Schiff, bezogen auf die Position über Grund. Der äussere Kreis bezeichnet sich als «Variabler Messring» (VRM). Dessen Durchmesser ist manuell verstellbar. In der Anzeige unten links ist ersichtlich, dass der Radius des Kreises auf 0.300 km eingestellt ist<sup>3</sup>. In der Kreismitte ist weiter ein kleines Rechteck sichtbar, das ungefähr der Länge und Breite des Schiffes entspricht.

Der Ausschnitt der Karte (Range), bzw. die Sichtweite kann zwischen 200 m und 64 km eingestellt werden (in der Abbildung 7 unten links ist der Wert auf 1.2 km eingestellt). Das Zentrum der Kreise kann nach unten verschoben (dezentriert) werden (Abbildung 9). Dadurch kann der Schiffsführer die Sicht nach vorn mehr gewichten. Sind die Kreise zentriert eingestellt (Abbildung 8), entspricht der Wert «RANGE» der Distanz vom Zentrum des Schiffes bis zum seitlichen und unteren Rand. Zusätzlich können Distanzringe (RINGS) eingeblendet werden (Abbildung 8 und Abbildung 9). Während der Fahrt wurden diese Ringe vom Schiffsführer ausgeblendet (siehe Abbildung 7 und Abbildung 11 sowie in der Anlage 1, Abbildung 17 bis Abbildung 23).

<sup>3</sup> 300 m entsprechen dem Gewässergürtel vom Ufer entfernt, was als äussere Uferzone bezeichnet wird.



**Abbildung 8:** Radarbild mit zentrierter Einstellung.



**Abbildung 9:** Radarbild mit dezentrierter Einstellung.

In beiden Abbildungen ist die Distanz zwischen den Ringen auf 1 km und der Range auf 4 km eingestellt. (Quelle der Bilder: JFS Electronic Sturtzel + Co. AG)

Das Radargerät stellt Hindernisse dar, warnt die Schiffsführer jedoch nicht aktiv davor. Es warnt jedoch akustisch und optisch (OFF COURSE, Abbildung 7), wenn der Schiffsführer ein einstellbares Mass vom vorgegebenen Kurs abweicht. Die akustische Warnung kann ausgeschaltet werden «BEEP DISABLED»<sup>4</sup>.

## 1.9 Kommunikation

Kurz vor dem Ereignis und während des Ereignisses hielten sich beide Schiffsführer im Steuerhaus auf und konnten direkt miteinander kommunizieren.

## 1.10 Auswertung der Fahrdaten

### 1.10.1 Einleitung

Der SUST standen für die Auswertung die Daten des Radar- sowie des Garmin-GPS-Gerätes zur Verfügung. Beide Geräte waren während der gesamten Fahrt in Betrieb. Der Fahrtverlauf ist somit lückenlos mit einer Radaraufzeichnung (Videodatei) und einer Waypoint-Liste des Garmin-GPS dokumentiert.

### 1.10.2 Beschreibung der Fahrt aufgrund der Radaraufzeichnung

Alle Geschwindigkeitsangaben geben den «Speed over Ground» (SOG) wieder, der auf dem Radarmonitor angezeigt wird. Die Anzeigen von SOG, ETA, HDT (Kurs) befinden sich auf dem Radarmonitor in kleiner Schrift in der linken oberen Ecke (vgl. Abbildung 7).

Die Radaraufzeichnung beginnt um 16:09 Uhr. Der Status zeigt ST-BY (Standby) an. Um 16:25 Uhr wechselt der Status von ST-BY zu TX LP, das Radarbild beginnt

<sup>4</sup> Piepsen ausgeschaltet, d. h. die akustische Warnung ist ausgeschaltet.

sich aufzubauen und der Standort der Landungsbrücke 1 in Luzern ist auszumachen. Drei Minuten später bewegt sich das Schiff und es wird an die Landungsbrücke 6 umgestellt. Nachdem das Schiff um 16:34 Uhr wieder stationär ist, wird das Radar in den Standby-Mode geschaltet. Um 17:11 Uhr wird das Radar wieder in Betrieb genommen. Es wird ein Kurs ausgewählt und im Menü wird «BEEP DISABLED» angewählt.

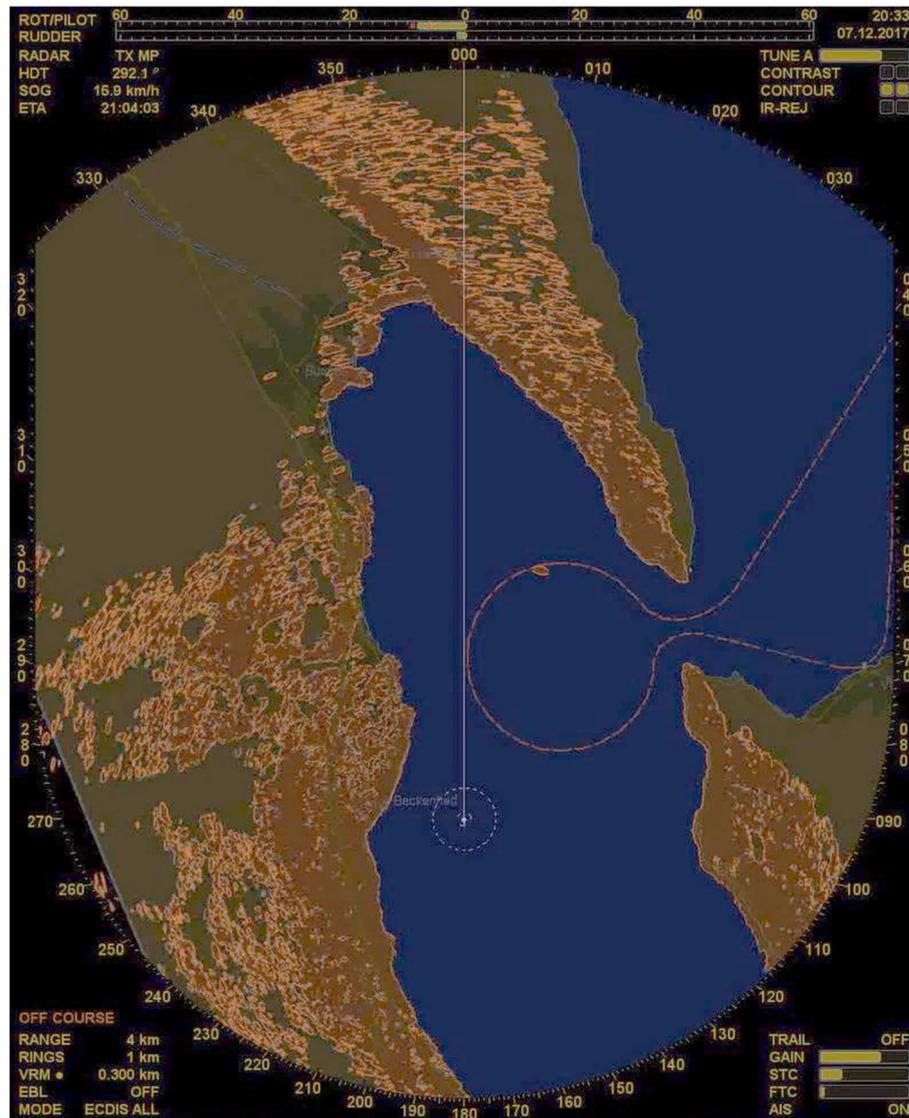
Um 17:25 Uhr legt das Schiff von der Landungsbrücke 6 ab. Das Radarbild ist zentriert und der Range ist auf 1.2 km eingestellt. Der variable Messring (VRM) zeigt 0.000 km. Auf der Fahrt nach Kehrsiten-Bürgenstock wird der Range von 1.2 km auf 4 km und wieder zurück auf 1.2 km verstellt. Zudem wird das Radarbild dezentriert, so dass nach vorne eine grössere Voraussicht besteht. Der VRM wird auf 0.300 km eingestellt. Um 17:51 Uhr legt das MS Diamant in Kehrsiten-Bürgenstock an.

Um 18:15 Uhr beginnt in Kehrsiten-Bürgenstock das Ablegemanöver. Das Schiff folgt der eingestellten Kurslinie in Richtung Luzern. Unterwegs wird der Range mehrfach vergrössert und wieder verkleinert. Ca. 18:30 Uhr passiert das MS Diamant die Landzunge «Meggenhorn» mit 19.4 km/h, 275 m rechts versetzt zur Kurslinie und ca. 225 m vom Ufer entfernt. Im Luzerner Seebecken wird die Geschwindigkeit sukzessive reduziert. Auf der Höhe des Kultur- und Kongresszentrums Luzern wendet das MS Diamant mit rund 2 km/h. Danach beschleunigt das Schiff auf ca. 11 km/h und schwenkt wieder auf die Kurslinie ein. Um 18:54 Uhr, etwa auf der Höhe der Werft, werden verschiedene Kurse angewählt. Danach fährt das MS Diamant in Richtung Lido, Seeburg und Rebstock, abweichend von der gewählten Kurslinie, mit einer Nähe zum Ufer bis 100 m und einer Geschwindigkeit von rund 10 km/h. Danach schwenkt das Schiff wieder in Richtung der Kurslinie und beschleunigt 300 m vom Ufer entfernt auf 16 km/h. Während dieses Manövers wird der Range des Radars mehrmals geändert. Ca. 19:02 Uhr fährt das MS Diamant am Meggenhorn vorbei. Danach folgt das Schiff der Kurslinie mit einer Geschwindigkeit zwischen 15 und 16 km/h. Die Anlegestellen Hertenstein, Weggis und Vitznau werden mit leicht reduzierter Geschwindigkeit und in einer Distanz zwischen 150 und 250 m passiert<sup>5</sup>. Ca. 20:00 Uhr erfolgt die Durchfahrt durch die Nas in das Gersauer Becken. Danach wird Kurs auf Gersau genommen und dabei die vorgewählte Kurslinie verlassen. Ca. auf der Höhe von Gersau (ca. 20:15 Uhr) wird eine weite Rechtskurve (nach Steuerbord) Richtung Beckenried gefahren.

---

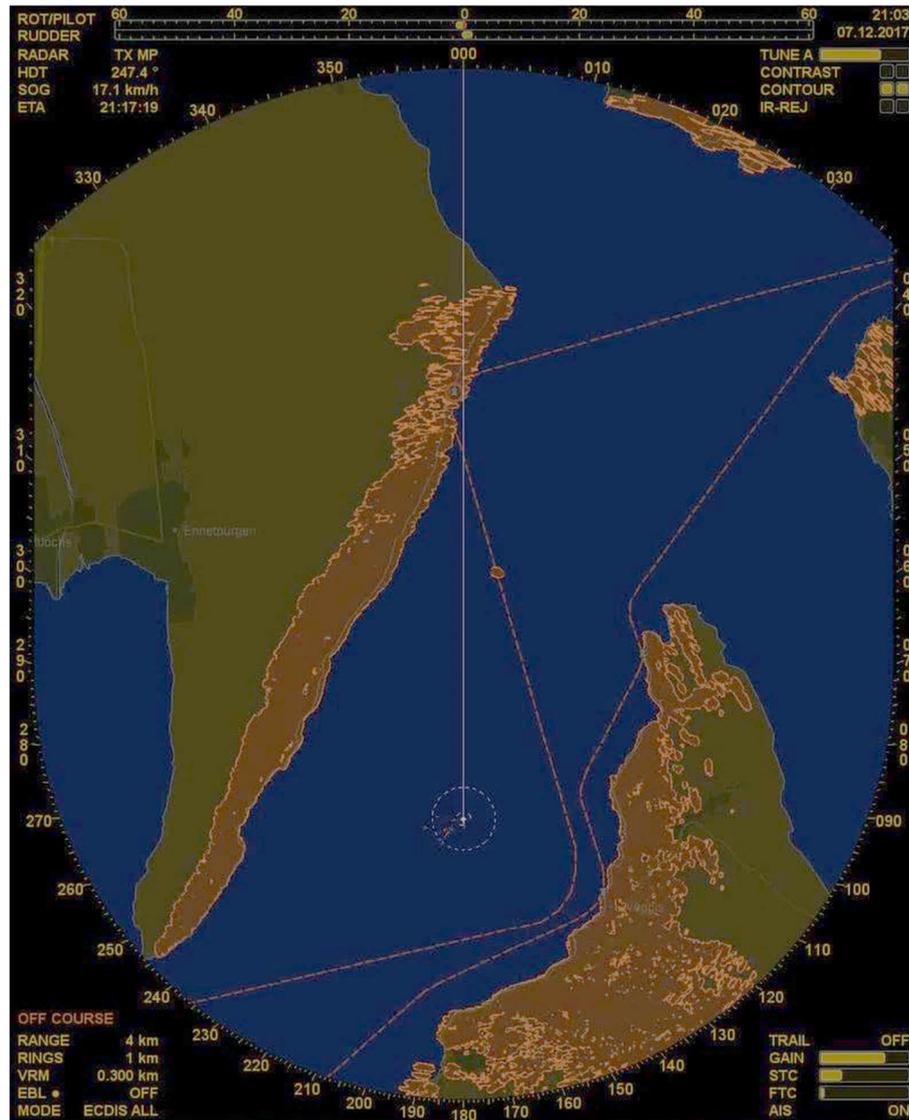
<sup>5</sup> Hertenstein (d: 200 m, v: 15.5 km/h), Weggis (d: 250 m, v: 15 km/h), Vitznau (d: 150 m, v: 13.7 km/h)  
d: Distanz zum Ufer, v: Geschwindigkeit.

Um ca. 20:33 Uhr ist die Umkehrkurve abgeschlossen, das MS Diamant befindet sich auf der Höhe von Beckenried und fährt Richtung Ennetbürgen (Abbildung 10). Die Geschwindigkeit beträgt 16 km/h und die geschätzte Ankunftszeit (ETA) zeigt 21:04:03. Auf der kreisförmigen Kurslinie ist als brauner Fleck das Radarecho eines Schiffes (MS Waldstätter) zu erkennen. Der Range und die Zentrierung werden seit 19:02 Uhr gelegentlich verändert. Letztmals wird der Range um ca. 20:37:30 Uhr von 8 km auf 4 km eingestellt und bleibt danach (bis nach der Grundberührung) unverändert.



**Abbildung 10:** Radaranzeige um 20:33 Uhr. Das MS Waldstätter ist als brauner Fleck auf der Kurslinie (Kreis) sichtbar. Die geschätzte Ankunftszeit ETA in Kehrsiten-Beckenried wird mit 21:04:03 angegeben.

Um ca. 20:40 Uhr folgt das MS Diamant wieder der vorhandenen Kurslinie, auf der auch das MS Waldstätter fährt. Ca. 20:47 Uhr erfolgt die Durchfahrt durch die Nas. Zwischen 20:53 und 20:57 Uhr erhöht sich die geschätzte Ankunftszeit (ETA) auf rund 21:22 Uhr. Um 20:58 Uhr, auf der Höhe von Riedsort (zwischen Vitznau und Weggis), wird eine Linkskurve eingeleitet; die Geschwindigkeit beträgt 17.3 km/h und ETA zeigt 21:16. Ca. 21:02 Uhr ist das Eindrehmanöver in Richtung Kehrsiten-Bürgenstock abgeschlossen. Das MS Diamant fährt ab da linksversetzt zur Kurslinie hinter dem MS Waldstätter her. Um 21:03 Uhr beträgt die Geschwindigkeit 17.1 km/h und ETA zeigt 21:17:19. Optisch wird signalisiert, dass vom Kurs abgewichen wird (OFF COURSE) (Abbildung 11).



**Abbildung 11:** Radaranzeige um 21:03 Uhr.

SOG: 17.1 km/h, ETA: 21:17:19, Range: 4 km, OFF COURSE.

Das MS Waldstätter ist rund 2.3 km vor dem MS Diamant auf der Kurslinie sichtbar.

Zwischen 21:04 und 21:08 Uhr erhöht sich die Geschwindigkeit von 17 km/h auf 25 km/h und die ETA verringert von 21:17 auf 21:13 (Abbildung 14). Kurz vor 21:11 Uhr beträgt die Distanz zum Ufer ca. 300 m und zur Anlegestelle ca. 1.2 km (Abbildung 12, Abbildung 15). Das MS Waldstätter hat in Kehrsiten-Bürgenstock angelegt.

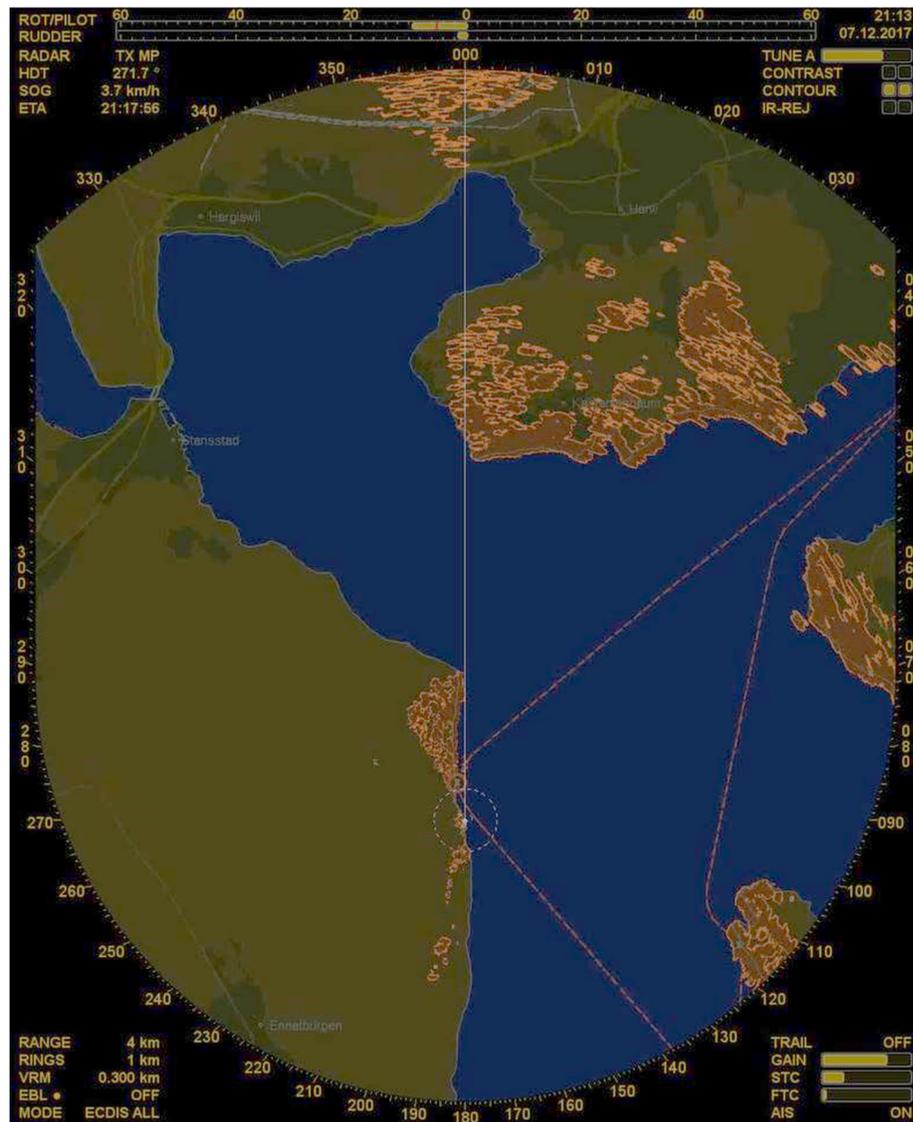


**Abbildung 12:** Radaranzeige kurz vor 21:11 Uhr.

SOG: 25.2 km/h, ETA: 21:13:33, Range: 4 km, OFF COURSE.

Das MS Diamant ist noch 300 m vom Ufer und 1.2 km von der Anlegestelle entfernt. Das MS Waldstätter hat am Anlegesteg angelegt.

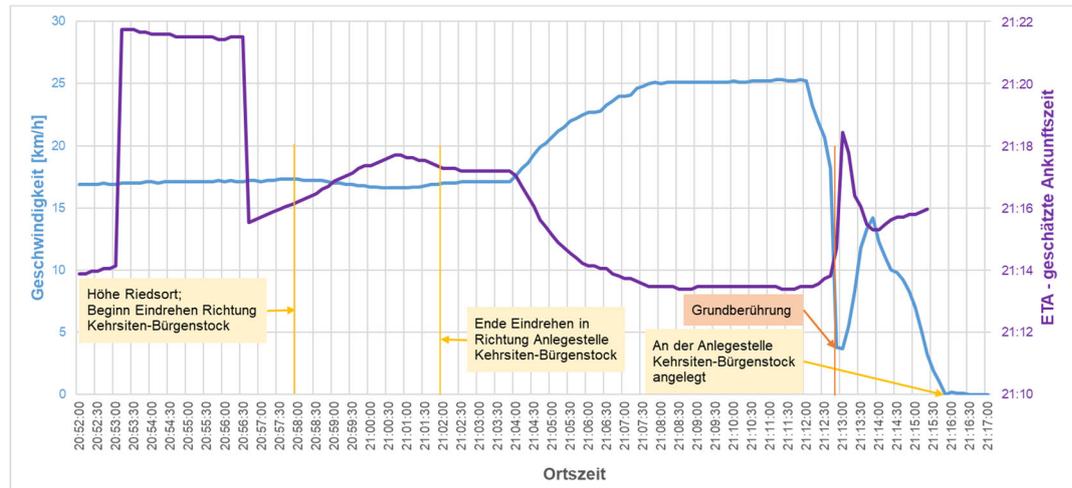
Kurz nach 21:12 Uhr verringert sich innerhalb von einer halben Minute die Geschwindigkeit des MS Diamant von 25 km/h auf 20 km/h (Abbildung 14). Danach folgt ein Ruderausschlag auf 40 Grad. Kurz darauf ist innerhalb von 15 Sekunden ein sehr rascher Geschwindigkeitsabbau auf 3.5 km/h ersichtlich. Auf dem Radarbild verschmelzen das Rechteck des MS Diamant und die angezeigten Hindernisse (Ufer) (Abbildung 13). Danach erfolgen wieder eine Beschleunigung und verschiedene kleinere Ruderausschläge, meist nach links, werden registriert.



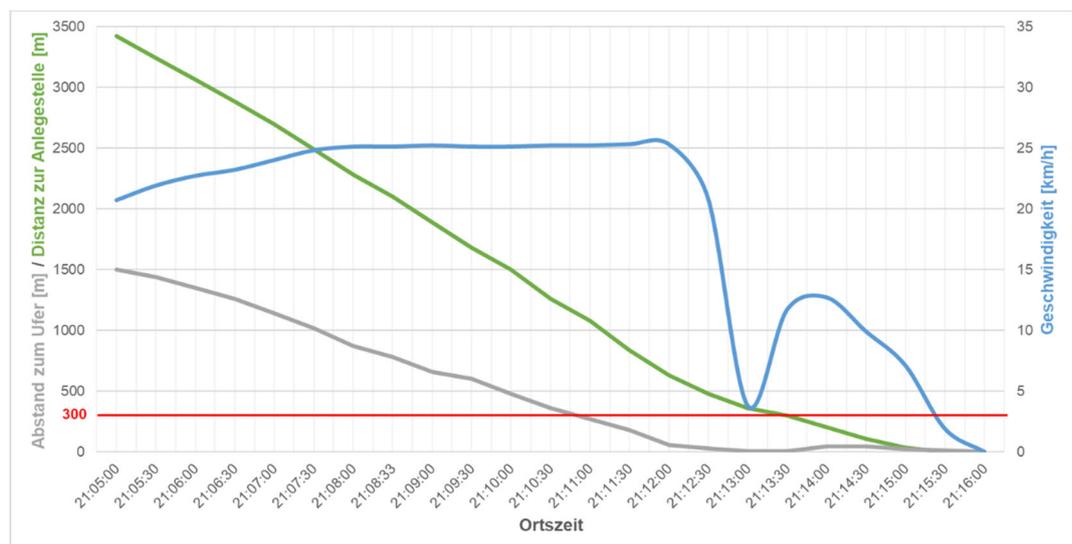
**Abbildung 13:** Position um 21:13 Uhr, Zeitpunkt der Grundberührung.

Anhand der Radaranzeige lässt sich visuell nicht exakt bestimmen, wann genau die Grundberührung stattfand. Zusammen mit der GPS-Datenauswertung (Ziff. 1.10.3 und Abbildung 16) kann eine Zeit kurz vor 21:13 Uhr bestimmt werden.

Um 21:13 Uhr beträgt die Geschwindigkeit wieder rund 9 km/h. Das MS Diamant hat sich nun soweit nach steuerbord gedreht, dass es parallel zum Ufer liegt und sich von diesem wieder etwas entfernt hat. Kurz vor 21:14 Uhr wird der Range auf 0.8 km verringert. Ab diesem Zeitpunkt ist die Bewegung des MS Diamant auf dem Radar wieder deutlich erkennbar. Das MS Diamant fährt erst mit bis auf 14 km/h zunehmender, danach kontinuierlich abnehmender Geschwindigkeit direkt zur Anlegestelle. Um ca. 21:16 Uhr legt das MS Diamant an der Anlegestelle in Kehrsiten-Bürgenstock an.



**Abbildung 14:** Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm zwischen 20:52 und 21:17 Uhr mit Angabe der geschätzten Ankunftszeit, basierend auf der Radaraufzeichnung.



**Abbildung 15:** Weg-/Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm zwischen 21:05 und 21:16 Uhr, basierend auf der Radaraufzeichnung.

In der Anlage 1, Abbildung 17 bis Abbildung 23 ist der Fahrverlauf anhand von Bildern der Radaranzeige im zeitlichen Abstand von einer Minute zwischen 21:09 und 21:15 Uhr dargestellt.

Nachfolgende Tabelle 1 zeigt die Zusammenstellung der Daten des Radarmonitors in diesem Zeitraum, d. h. vier Minuten vor bis zwei Minuten nach der Grundberührung; H0 bezeichnet die Zeit der Grundberührung.

Zeit	H0	v [km/h]	ETA	HDT [°]	RANGE [km]	RINGS [km]	Warnung	Referenz in der Anlage 1
21:09	-4	25.1	21:13:33	244.2	4	1	OFF COURSE	Abbildung 17
21:10	-3	25.2	21:13:33	243.5	4	1	OFF COURSE	Abbildung 18
21:11	-2	25.2	21:13:33	243.7	4	1	OFF COURSE	Abbildung 19
21:12	-1	25.2	21:13:33	244.1	4	1	-	Abbildung 20
21:13	0	3.7	21:17:56	271.7	4	1	-	Abbildung 21
21:14	+1	12.6	21:15:24	256.9	0.8	0.2	-	Abbildung 22
21:15	+2	6.8	21:15:56	257.1	0.8	0.2	-	Abbildung 23

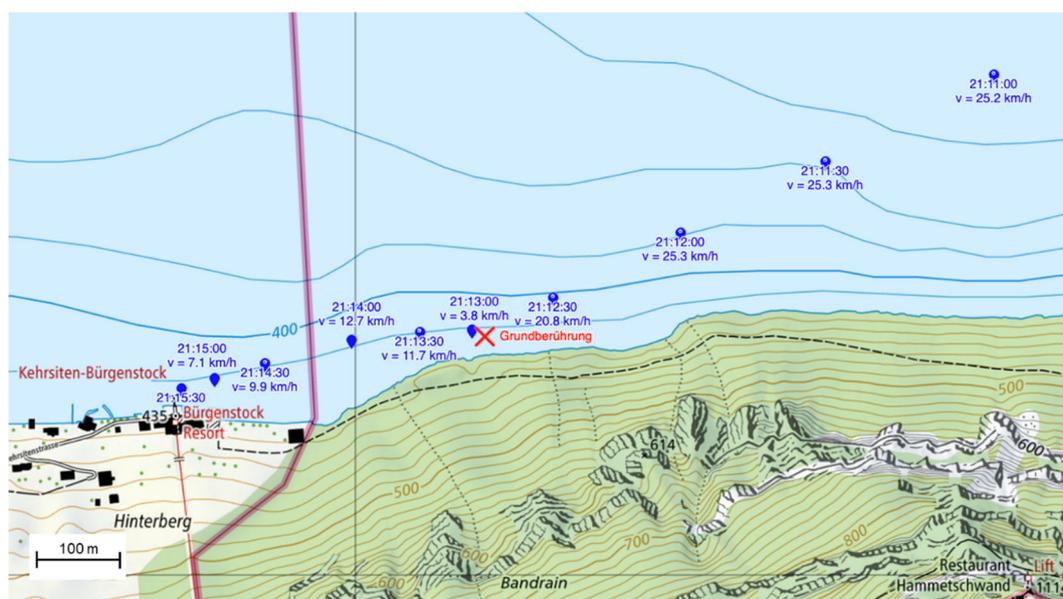
**Tabelle 1:** Zusammenstellung der Daten auf dem Radarmonitor.

Die Geschwindigkeit von 25 km/h entspricht rund 7 m/s. D. h. in einer Minute legt das MS Diamant bei dieser Geschwindigkeit rund 420 m zurück.

### 1.10.3 Auswertung der GPS-Daten

Der Fahrweg des Schiffes wird in Form von einzelnen GPS-Positionseinträgen gespeichert. Die Einträge beinhalten Datum, Zeit, Geschwindigkeit, geografische Position und Richtung sowie die Zeitintervalle und Distanzen zwischen den jeweiligen Einträgen. Die Frequenz der gespeicherten Positionseinträge ist geschwindigkeitsabhängig. Aus den aufgezeichneten Einträgen lässt sich ablesen, dass bei Geschwindigkeiten zwischen 14 und 25 km/h alle 3–5 Sekunden ein Eintrag und bei Geschwindigkeiten kleiner 10 km/h alle 10–20 Sekunden ein Eintrag erfolgt.

Aus den GPS-Daten wurden ausgewählte GPS-Positionseinträge in die Karte der Landestopografie übertragen (Abbildung 16), um so den Fahrweg der letzten Minuten zu visualisieren.



**Abbildung 16:** Fahrweg der letzten rund zwei Minuten bis zur Grundberührung sowie der anschliessende Fahrweg bis zum Anlegesteg Kehrseiten-Bürgenstock.

(Quelle der Karte: Bundesamt für Landestopografie, bearbeitet durch SUST.)

#### 1.10.4 Gesprächsaufzeichnung

Gespräche im Steuerhaus werden nicht aufgezeichnet. Eine Aufzeichnungspflicht existiert nicht.

Der SUST standen Angaben beider Schiffsführer aus ihrer Erinnerung für die Auswertung zur Verfügung. Beide Schiffsführer gaben an, dass ihnen die pflichtbewusste Erfüllung des Auftrags hinsichtlich der Ankunftszeit sehr wichtig war. Als der Schiffsführer 2 für die Steuerübernahme aus dem Passagierbereich zurück in das Steuerhaus kam, hätten sie sich auch deshalb nochmals über die festgestellten Abweichungen der ETA, die sie verunsicherten, unterhalten. Wie lange das Gespräch dauerte sowie der genaue Zeitpunkt des Beginns der Steuerübernahme resp. der effektive Zeitpunkt der Steuerübergabe liessen sich nicht feststellen. Fest steht, dass die Steuerübergabe vor der Grundberührung erfolgt war.

#### 1.10.5 Video

Im Steuerhaus gibt es keine Videoüberwachung des Fahrstandes. Der SUST ist kein in der Umgebung oder auf dem Schiff aufgezeichnetes Filmmaterial (Video) über den Hergang des Vorfalles bekannt.

### 1.11 Besondere Untersuchungen

#### 1.11.1 Wetter, Sichtverhältnisse und Lichtsituation während der Fahrt

##### 1.11.1.1 Beschreibung durch die Schiffsführer

Gemäss Einschätzung der Schiffsführer herrschten während der ganzen Fahrt sichtige Bedingungen und trockenes Wetter bei einer geschlossenen Wolkendecke. Zu Beginn der der Fahrt seien noch vereinzelt tiefer liegenden Wolken im Luzerner Becken vorhanden gewesen. Ab ca. 19:30 Uhr, als das MS Diamant mit den Passagieren an Bord den Kreuztrichter passierte und Richtung Nas unterwegs war, gab es keine tieferliegenden Wolken mehr. Die Sicht unter der Wolkendecke nahm zu und war gemäss beiden Schiffsführern sehr gut. Die Wetterverhältnisse mit dem sichtigen Wetter erlaubten ihnen gemäss ihrer Einschätzung während der ganzen Fahrt «Fahren auf Sicht».

##### 1.11.1.2 Meteorologische Angaben

Die Angaben der Schiffsführer zum Wetter wurden mit dem allgemeinen Wetterbericht, Aufnahmen von Webcams der Umgebung (vor Einbruch der Dunkelheit) und verschiedenen meteorologischen Messwerten und Wetterdaten verglichen.

Meteorologisch betrug die Sicht zwischen 19:00 Uhr und dem Ereigniszeitpunkt um 21:12 Uhr durchgehend mind. 5 km. Über der tief liegenden Wolkenschicht mit einer Untergrenze von ca. 200 Metern über Grund überdeckte spätestens ab 20:30 Uhr eine zweite geschlossene Wolkendecke auf ca. 6500 m ü. M. das Fahrgebiet des MS Diamant. Während der Fahrt waren aufgrund der Bewölkungssituation weder Sternenlicht noch das Licht des um ca. 21:13 Uhr im Nordosten aufgehenden Mondes (4 Tage nach Vollmond) sichtbar. Unter der Wolkenschicht waren die künstlichen Lichtquellen entlang des Ufers zum Ereigniszeitpunkt bis auf eine Distanz von mind. 7 km sehr gut sichtbar.

Um den Ereigniszeitpunkt herrschten schwache Windverhältnisse. Der Pegelstand des Vierwaldstättersees war in den drei Tagen vor dem Ereignis konstant. Diese Angaben schliessen aus, dass Wind und Strömung einen Einfluss auf das Ereignis hatten.

## 1.11.2 Human Factors

### 1.11.2.1 Einleitung

Im System «Mensch-Maschine-Umwelt» interessieren die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Faktoren, die zu Ereignissen beitragen können. Faktoren, die vom menschlichen Verhalten ausgehen oder dieses beeinflussen, werden im Zusammenhang mit Ereignissen als «Human Factors» bezeichnet. Das «Threat-and-Error-Management (TEM) ist ein etabliertes Modell, mit dem Human Factors bei Ereignissen untersucht werden können<sup>6</sup>. Der Wirkungszusammenhang ist dabei der folgende:

«Latente Bedingungen» im System, Bedrohungen (Threats) und Fehler (Errors) können jederzeit auftauchen. Sie müssen zeitnah identifiziert, adressiert und gemanagt werden. Ziel ist das Verhindern von unerwünschten Zuständen beim Fahren. Ein unerwünschter Zustand ist ein Zustand, in dem die Sicherheitsmargen reduziert sind, d. h. eine die Sicherheit kompromittierende Situation, die sich aus latenten Bedingungen sowie misslungenem Umgang mit Bedrohungen oder Fehlern entwickelt. Ein unerwünschter Zustand kann, so die Definition, bei richtigem Verhalten korrigiert werden. Falls ein unerwünschter Zustand nicht rechtzeitig verlassen wird oder die Sicherheitsmargen überschritten werden, tritt als Konsequenz das Ereignis, das mit dem unerwünschten Zustand verbunden ist, ein.

In Anwendung des TEM-Modells wurden die nachfolgenden Vorgaben hinsichtlich folgender latenter Bedingungen untersucht:

- **Vorgaben**
  - Hoheitliche Vorgaben
    - a) Bundesgesetz über die Binnenschifffahrt (BSG)
    - b) Binnenschifffahrtsverordnung (BSV)
    - c) Schiffbauverordnung (SBV)
    - d) Ausführungsbestimmungen des UVEK zur Schiffbauverordnung (AB-SBV)
  - Betriebliche Vorgaben
    - a) Schiffshandbuch
    - b) Betriebshandbuch MS 2017<sup>7</sup> und Inbetriebnahme MS Diamant
    - c) Ausbildungsprogramm für die Schiffsführer bei der Einführung des MS Diamant
- **Latente Bedingungen**
  - Design, Ergonomie
  - Technologie und Ausrüstung
  - Betriebsvorschrift und Vorgaben an die Betriebsvorschrift
  - Safety Management System (SMS) und Vorgaben ans SMS
  - Nautische Vorgaben für Extrafahrten und Nachtfahrten

---

<sup>6</sup> Die Begriffe «latente Bedingungen», «Threats» und «Errors» sind im Glossar definiert.

<sup>7</sup> MS 2017: Projektname des MS Diamant.

- Vorhandensein und Qualität spezifischer Standard-Verfahren (Standard Operational Procedures, SOP)
- Kriterien für die Angemessenheit / den Zeitpunkt einer Steuerübergabe und Vorgaben zum Ablauf der Steuerübergabe
- Vorgaben an und Durchführung von Ausbildung und Training der Schiffsführer bei der Einführung des MS Diamant und fürs Fahren bei Nacht

Als Faktoren in der Kategorie der «Bedrohung» (Threats) wurden die Einflüsse der Dunkelheit und des Wetters sowie die spezifische Situation genauer untersucht.

Die Resultate der besonderen Untersuchungen sind nach Themen, die als relevant erkannt wurden, dargestellt.

#### 1.11.2.2 Räumliche Orientierung und Situationsbewusstsein

Das menschliche Sehen unterliegt physiologischen Wahrnehmungsgrenzen. Bei starker Dunkelheit und zu geringer Adaption an ein vorhandenes Lichtniveau (Dunkel-Adaption) können optische Referenzen nur schlecht oder gar nicht erkannt werden. Die Dunkel-Adaption ist abhängig von verschiedenen Faktoren, wie z. B. Lichtverhältnisse innerhalb und ausserhalb des Fahrstandes, Lichtintensitäten verschiedener Objekte und Zustand des Betroffenen. Die Adaption von hell zu dunkel oder von dunkel zu hell verläuft nicht linear. Im Zeitraum von ca. 15 Minuten erfolgen ca. 50 % des Gesamt-Adaptionsvermögens, die restlichen 50 % werden in der Regel nach ca. 60 Minuten, bei ungünstigen Voraussetzungen auch erst danach, erreicht. Die Adaption wird auch durch kurzzeitige Exposition der Augen in Helligkeit (Blendung eines Scheinwerfers, Aufenthalt in einem hellen Raum) sofort «zerstört».

Die Wahrnehmung optischer Referenzen ist eine Grundvoraussetzung für die räumliche Orientierung, das heisst für das Einschätzungsvermögen von Position, Geschwindigkeit und Richtung von Bewegungen. Die räumliche Orientierung ist Teil des Situationsbewusstseins. Bei Verlust von optischen Referenzen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für eine räumliche Desorientierung aufgrund unzutreffender Schätzungen und für den Verlust eines Teils des Situationsbewusstseins. Ein gutes Situationsbewusstsein ist jedoch Voraussetzung für «sicheres Fahren», da die Priorisierung von Aufgaben und das Treffen von zur Situation passenden Entscheidungen direkt vom Situationsbewusstsein abhängig sind.

#### 1.11.2.3 Einschätzung der Extrafahrt durch die beiden Schiffsführer

Die gesamte Fahrt verlief gemäss dem Empfinden der Schiffsführer durchaus repräsentativ für Extrafahrten, wie sie solche auch sonst schon oft auf anderen Schiffen und in anderen Besatzungszusammensetzungen erlebt hatten. Bis zum Moment der Grundberührung waren beide Schiffsführer mit gutem Gefühl unterwegs gewesen, alles schien innerhalb des üblichen Rahmens und in der gewohnten Sicherheit abzulaufen. Dem Schiffsführer 1 war es nach eigenen Angaben wichtig, die Vorgaben für Extrafahrten einzuhalten. Dazu gehörte für ihn die Pünktlichkeit des Anlegens drei Minuten nach der fahrplanmässigen Ankunft des MS Waldstätters an der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock. Auch gehörte für ihn das Wahrnehmen der vorgesehenen «repräsentativen» Aufgaben dazu. Damit sich der Schiffsführer 1 am Ende der Extrafahrt bei den Fahrgästen persönlich verabschieden konnte, war die Steuerübergabe an den Schiffsführer 2 für das Anlegen in Kehrsiten-Bürgenstock eingeplant.

Die Diskrepanz der ETA von Radar- und GPS-Anzeige beschäftigte den Schiffsführer 2, weil er sie sich nicht erklären konnte. Er sann darüber noch beim Essen

nach und sprach um ca. 21:10 Uhr bei der Steuerübernahme die Diskrepanz der ETA-Anzeigen nochmals an.

Der Schiffsführer 1 war spätestens ab 20:57 Uhr stark auf das vor ihm fahrende MS Waldstätter konzentriert. Er schätzte sowohl die Distanz zum Ufer als auch die Geschwindigkeit des MS Diamant als sicher und der Fahrphase angemessen ein. Die zu geringe Distanz zum Ufer und die für eine Extrafahrt zu hohe Geschwindigkeit fielen weder ihm noch dem Schiffsführer 2 auf, als letzterer ca. 1.5 km bis 800 m vor der Station Kehrsiten-Bürgenstock (ca. 5 Minuten vor dem Anlegen) das Steuer übernahm.

Beide Schiffsführer stellten bei der Steuerübergabe fest, dass sie diese später als abgesprochen vornahmen.

### **1.11.3 Technologie und Ausrüstung**

#### **1.11.3.1 MS Diamant**

Das MS Diamant ist mit moderner Technologie und Ausrüstung versehen und verfügt über eine Betriebsbewilligung des BAV.

#### **1.11.3.2 Aktive Kollisionswarnung**

Die Rechtsvorschriften für die Binnenschifffahrt in der Schweiz verlangen keine Ausrüstung von Schiffen mit aktiven Kollisionswarngeräten.

Das MS Diamant ist nicht mit einem aktiven Kollisionswarngerät ausgerüstet. Solche Hilfsmittel werden in der konzessionierten Binnenschifffahrt in der Schweiz auch nicht eingesetzt.

### **1.11.4 Ausbildung bei der Einführung des MS Diamant**

#### **1.11.4.1 Hoheitliche Vorgaben**

In den AB-SBV sind Anforderungen an die Ausbildung, resp. an die Prüfung der Schiffsführer definiert. Allgemein gilt, dass bei der Festsetzung der Ausbildungszeit und der Fahrzeit «die Eigenheiten der zu befahrenden Gewässer, die Grösse der Schiffe, deren Einrichtungen, Maschinenanlagen, Energieträger für den Schiffsantrieb und den Antrieb der Hilfsaggregate, elektrischen Anlagen usw. angemessen zu berücksichtigen» sind. Inhaltlich gibt es darüber hinaus keine weiteren hoheitlichen Vorgaben.

#### **1.11.4.2 Verantwortung für die Ausbildung**

Verantwortlich für «den gesamten Umfang der Ausbildung und Prüfung» ist gemäss den AB-SBV die Geschäftsleitung eines Schifffahrtsunternehmens. Sie kann Aufgaben der Ausbildung an geeignete Personen im Unternehmen delegieren. Die Verantwortung für die Ausbildung der Schiffsführer zur Einführung des MS Diamant hatte der Chefkapitän der SGV.

Schiffsführer müssen gemäss AB-SBV nach absolvierten Ausbildungen an internen, periodischen Prüfungen (alle 5 Jahre) die geforderte Leistung nachweisen.

#### **1.11.4.3 Ausbildung der Schiffsführer bei der Einführung des MS Diamant im Frühjahr 2017**

Das Dokument «MS2017 Ausbildungsprogramm SF» der SGV dokumentiert die Ausbildung der Schiffsführer vom Frühjahr 2017. 36 Schiffsführer wurden auf Basis dieses Programms anlässlich der Einführung des MS Diamant ausgebildet. Die Teilnahme aller ausgebildeten Schiffsführer, auch von Schiffsführer 1 und 2, ist mittels Unterschrift der Teilnehmenden (TN) dokumentiert.

Die 36 Schiffsführer absolvierten im April 2017 je 5 Tage Ausbildung und einen zusätzlichen «Rollenübungstag». Sie waren in Gruppen von 5–6 TN eingeteilt, wobei max. 2 Gruppen, also jeweils 10 bis 12 TN, gleichzeitig die Instruktion auf dem Schiff erhielten. Der «Rollenübungstag», an dem die Schiffsführer Sicherheitsrollen übten, ist als Teil der damit 6-tägigen Gesamtausbildung zur Einführung des MS Diamant aufgeführt.

Gemäss Angaben der Schiffsführer 1 und 2 verfügten sie nach Absolvieren der 6-tägigen Ausbildung über eine Fahrpraxis von 2 bis maximal 2.5 Stunden mit 5 bis 6 Manövern.

In der Umschulung auf das MS Diamant wurden folgende Tätigkeiten nicht thematisiert resp. nicht zusätzlich trainiert, da diese schiffstypunabhängig sind:

- Fahrtraining bei Nacht
- Verwendung des Radars
- Steuerübergabe
- «Human Factors»
- Manöver des letzten Augenblicks in Abhängigkeit verschiedener Modi der Steuerunterstützung (Automatisation)

#### 1.11.4.4 Konsolidierung / Training der Schiffsführer nach Abschluss der Ausbildung

Jeder Schiffsführer wurde nach Abschluss der Ausbildung nach Möglichkeit einmal pro Monat für einen Dienst auf dem MS Diamant eingeteilt, um die Ausbildung und Erfahrung auf dem MS Diamant zu konsolidieren.

#### 1.11.4.5 Trainings- und Erfahrungsstand der Schiffsführer am Ereignistag

Die Schiffsführer 1 und 2 absolvierten die Ausbildung wie alle anderen Schiffsführer. Sie fielen hinsichtlich Kompetenz in keiner Weise auf.

Der Schiffsführer 1 verfügte am Ereignistag auf dem MS Diamant über einen Erfahrungsstand von ca. 41 Stunden; der Schiffsführer 2 über 29 Stunden.

Die Erfahrung erwarben beide bei operativen Fahrten. Trainingsfahrten fanden nach Abschluss der Ausbildung keine statt.

## 1.12 Regelungen

### 1.12.1 Hoheitliche Vorgaben

#### 1.12.1.1 Hoheitliche Vorgaben fürs Fahren allgemein und bei Nacht

In der Verordnung über die Schifffahrt auf schweizerischen Gewässern (Binnenschifffahrtsverordnung, BSV) wird betreffend Fahren im Allgemeinen sowie bei Nacht und unsichtigem Wetter Folgendes definiert, bzw. vorgegeben:

- Nacht wird als *Zeitraum zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang* definiert (Art. 2, Abs. 1, Bst. b, Ziff. 6).
- Unsichtiges Wetter wird als *Nebel, Schneetreiben usw.* in Art. 18 (im Abschnitt *Sichtzeichen der Schiffe*) und als z.B. *Nebel, Schneetreiben, starker Regen* in Art. 55 (im Abschnitt *Regeln für Fahrt und Stilllegen*) definiert.

Betreffend die allgemeine Sorgfaltspflicht gilt (Art. 5):

*Der Schiffsführer vergewissert sich, ob das Befahren eines Gewässers gefahrlos möglich ist. Er passt die Fahrt den örtlichen Gegebenheiten an und trifft alle Vorsichtsmassnahmen, welche die Sorgfaltspflicht gebietet; er vermeidet insbesondere:*

- a. *Gefährdung oder Belästigung von Menschen;*
  - b. *Beschädigung anderer Schiffe, fremden Gutes, der Ufer und der Ufervegetation oder von Anlagen jeder Art im Gewässer und an dessen Ufer;*
- ...

Betreffend die Regeln für Fahrt und Stilllegen wird Folgendes vorgegeben:

- Als allgemeine Verhaltensregeln gibt Art. 41 vor:
    - <sup>1</sup> *Der Schiffsführer richtet die Geschwindigkeit so ein, dass er seinen Verpflichtungen im Verkehr jederzeit nachkommen kann. Er führt jedes Manöver deutlich und rechtzeitig aus.*
    - <sup>2</sup> *Kurs- oder Geschwindigkeitsänderungen dürfen nicht zur Gefahr eines Zusammenstosses führen.*
  - Betreffend Fahren in der Uferzone gibt Art. 53 vor:
    - <sup>1</sup> *Motorschiffe, ausgenommen Kursschiffe, die nach dem offiziellen Fahrplan verkehren, Schiffe der Polizei, der Zollverwaltung und der Rettungskräfte dürfen:*
      - a. *die innere Uferzone nur befahren, um an- oder abzulegen, stillzuliegen oder Engstellen zu durchfahren; sie nehmen dabei den kürzesten Weg;*
      - b. *in der inneren und äusseren Uferzone nicht schneller fahren als 10 km/h.**Als innere Uferzone gilt der Gewässergürtel bis zum Abstand von 150 m vom Ufer, als äussere Uferzone derjenige ausserhalb der inneren Uferzone bis zum Abstand von 300 m vom Ufer, von Wasserpflanzenbeständen, die dem Ufer vorgelagert sind oder von Einbauten im Gewässer.*
- ...
- Zu Fahren bei unsichtigem Wetter gibt Art. 55, Abs. 1 vor:

*Bei unsichtigem Wetter (z.B. Nebel, Schneetreiben, starker Regen) müssen alle Schiffe ihre Geschwindigkeit den gegebenen Umständen anpassen. Dabei sind die Art und der Umfang der vorhandenen Navigationsausrüstung sowie die Signalisation des befahrenen Gewässers oder des Gewässerabschnittes zu berücksichtigen.*

Für Extrafahrten sind in den hoheitlichen Vorgaben keine spezifischen oder gar abweichenden nautischen Verfahren definiert.

#### 1.12.1.2 Hoheitliche Vorgaben an Betriebsvorschriften und zu Sicherheitsrollen

Die Verordnung über Bau und Betrieb von Schiffen und Anlagen öffentlicher Schifffahrtsunternehmen (Schiffbauverordnung, SBV) verlangt von den Schifffahrtsunternehmen, dass diese *die notwendigen Betriebsvorschriften* erlassen.

*In den AB-SBV haben die Schifffahrtsunternehmen für ihre Schiffe Sicherheitsrollen entsprechend den zu erwartenden Ereignissen und Risiken im Schiffsbetrieb in schriftlicher Form festzulegen und in geeigneter Weise dem Personal abzugeben (Ziff. 3 der AB-SBV zu Art. 46 SBV). Jeder Schiffsführer und jedes Besatzungsmitglied hat mindestens dreimal jährlich sämtliche seinen Dienst betreffenden Rollen nach der Sicherheitsrolle auszuüben, damit sie mit der sicherheitstechnischen Einrichtung und Ausrüstung an Bord und den Abläufen vertraut sind. Die Übungen sind möglichst wirklichkeitsnah durchzuführen. Das Schifffahrtsunternehmen hat diese Übungen zu ermöglichen (Ziff. 4.1 der AB-SBV zu Art. 46 SBV).*

## 1.12.2 Vorgaben in den Betriebsvorschriften der SGV

### 1.12.2.1 Aufbau der Betriebsvorschriften

Die SGV hat ihre Betriebsvorschriften in ein Schiffshandbuch mit allgemeingültigen Vorgaben und Betriebshandbücher mit schiffsspezifischen Vorgaben des jeweiligen Schiffes aufgeteilt.

### 1.12.2.2 Schiffshandbuch

Im Schiffshandbuch (Ausgabe 10.04.2017) ist geregelt, was gemäss hoheitlichen Vorgaben geregelt werden muss. Auszüge hoheitlicher Vorgaben werden im Schiffshandbuch inhaltlich 1:1 übernommen und grau hinterlegt.

Für Situationen mit unsichtigem Wetter (Radarfahrt) sowie für das Fahren in der Uferzone sind im Schiffshandbuch folgende Vorgaben enthalten:

- Im Kapitel 3.2 *Vorschriften Radarfahrt* ist beschrieben, dass *bei unsichtigem Wetter die Schiffe nur verkehren dürfen, wenn sie nach den vorgegebenen GPS-Routen und mit eingeschaltetem akustischem Alarm navigieren.*
- Im Kapitel 4.12 *Fahrstrasse und Uferzone* ist vorgegeben, dass bei sichtigem Wetter nach Fixpunkten und bei unsichtigem Wetter nach den Kursaufzeichnungen im Satnav zu fahren ist.  
Zudem ist beschrieben, dass *für Extraschiffe sowie Dienst- und Leerfahrten der SGV-Schiffe Art. 53 der Binnenschiffverkehrsverordnung (BSV) gilt. Sie fahren ausserhalb der Uferzone (ausgenommen Anlegemanöver).*

Dieselben Vorgaben gelten tageszeitunabhängig für alle Fahrten, also bei Tag und Nacht.

Für die Landung des Schiffes sind im Kapitel 4.3 *Nautischer Dienst* folgende Vorgaben festgeschrieben: *Als Richtlinie sollen die Stationen, bei ruhigem See, während der Schlussphase der Anfahrt in einem Winkel von 10–15° angefahren werden. ... Das Landemanöver ist grundsätzlich so defensiv wie möglich zu fahren.*

Im Kapitel 7.6 *Geschwindigkeit bei Schiffsmieten* wird beschrieben, dass die SGV 2008 im Rahmen einer CO<sub>2</sub>-Zielvereinbarung beschlossen hat, die Geschwindigkeiten bei Extrafahrten zu reduzieren. Für Rundfahrten gelte eine Fahrgeschwindigkeit von 16 km/h.

Im Schiffshandbuch sind keine Vorgaben oder Einschränkungen betreffend die Verwendung von Kurslinien bei Extrafahrten beschrieben. Auch ist kein Prozess betreffend die Steuerübergabe festgehalten.

### 1.12.2.3 Betriebshandbuch

Der schiffsabhängige, spezifische Teil der Betriebsvorschriften ist im Betriebshandbuch zu jedem einzelnen Schiff festgehalten. Für das MS Diamant lagen zwei Betriebshandbücher, ein Dokument benannt mit «Betriebshandbuch MS 2017», Ausgabe 25.01.2017, sowie ein Dokument benannt mit «Inbetriebnahme MS Diamant», Ausgabe 03.04.2017 vor. Das Betriebshandbuch war noch im Aufbau begriffen; es enthielt Titel ohne dazugehörigen Inhalt oder gelb markierte Textpassagen oder Hinweise, dass noch Inhalt hinzuzufügen ist. Das Dokument «Inbetriebnahme MS Diamant» ist in weiten Teilen ein Auszug aus dem Dokument «Betriebshandbuch MS 2017».

### 1.12.3 Schulungsunterlagen der SGV

Im Lehrgang Schiffsführerausbildung, das schiffstypunabhängig ist, finden sich im Kapitel 4 «Fahrkunde» Anweisungen zu Fahrtechnik (Zufahrt, Abfahrt, Rückwärtsfahrt), Anfahrtswinkel, Fahrstrassen sowie Auszüge aus dem Schiffshandbuch zu Vorschriften bei der Landung des Schiffes. Zur Zufahrt an eine Anlegestelle ist folgender Ablauf beschrieben:

- *einhalten der Fahrstrasse*
- *überzeugen, dass diese frei ist*
- *vorbereiten auf die zu erwarteten Gegebenheiten*
- *wählen des optimalen Anfahrtswinkels*
- *Schallsignal (500 m)*
- *Fahrt verlangsamen und optimal einteilen*
- *ev. Fahrstand wechseln*
- *Fahrt weiter reduzieren*
- *Auskuppeln*
- *rechtzeitig "Zurück"*
- *vorsichtig ins Seil fahren*
- *Schiff fest vertäuen*

### 1.12.4 Safety Management System (SMS)

Die hoheitlichen Vorgaben verlangen von den Schifffahrtsunternehmen kein organisationseigenes (internes) Safety Management System.

Die SGV ist ISO 9001:2000 und ISO 14001:2004 zertifiziert und führt das Zertifikat Q3 des Programms «Qualitätsgütesiegel des Schweizer Tourismus». Im Leitbild der SGV, das im Schiffshandbuch (Ausgabe 10.04.2017) aufgeführt ist, ist «Sicherheit» als Qualitätskriterium der Produktion nicht erwähnt; dieses wurde in der Ausgabe vom 09.04.2019 ergänzt. Das im Schiffshandbuch publizierte Organigramm weist auf keine für Sicherheit zuständige Stelle hin.

## 2 Analyse

### 2.1 Technische Aspekte

Ein technisches Versagen als Ereignisursache kann ausgeschlossen werden. Die Steuerungs- und Navigationselemente, inkl. zwei voneinander unabhängige Geschwindigkeitsanzeigen, standen störungsfrei zur Verfügung. Die Sensoren, die eindringendes Wasser in den Schiffsrumpf detektieren, haben nach der Grundberührung und Beschädigung des Schiffsrumpfes einen Alarm ausgelöst.

Die im ersten Moment verzögerte Reaktion des Ruders beim Manöver des letzten Augenblicks hatte keine technische Ursache, sondern war eine Folge der Bedienung: Die Drehraten-Begrenzung der Rudersteuerung war nicht wie SGV-intern vorgegeben bei der Annäherung an die Station ausgeschaltet.

Auf dem Radarbild war die Kollisionsgefahr deutlich zu erkennen. Die für Kursfahrten beim Verlassen der vorgegebenen Kurslinie vorgesehene akustische Warnfunktion war ausgeschaltet (BEEP DISABLED). Eingeschaltet hätte sie ab einer gewissen Abweichung von der Kurslinie den Schiffsführer gewarnt. Da Extrafahrten – ausgenommen bei Zufahrten an Anlegestellen – nicht zwangsläufig einer Kurslinie folgen müssen, hätte das System häufig gewarnt und wäre somit mehr störend als unterstützend gewesen. Es bestand keine Vorgabe, den akustischen Alarm eingeschaltet zu lassen.

Die Lichtquellen im Steuerhaus des MS Diamant – auch wenn sie gedimmt sind – können bei Nacht die Sicht nach draussen beeinträchtigen.

### 2.2 Menschliche Aspekte

#### 2.2.1 Nichteinhalten von bestehenden Vorgaben

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass beide Schiffsführer verschiedenen Vorgaben nicht folgten (namentlich Art. 5, 41, und 53 BSV). Während der Extrafahrt fuhren sie verschiedentlich unzulässigerweise und schneller als 10 km/h in die Uferzone. Für die Anfahrt zur Landestelle Kehrsiten-Bürgenstock haben sie die für eine räumliche Orientierung nutzbringenden Instrumente, insbesondere das Radar, nicht genutzt und fuhren bezogen auf die wegweisende Kurslinie näher zum Ufer. Die Steuerübergabe erfolgte zeitlich sehr spät vor der vorgesehenen Ankunft in Kehrsiten-Bürgenstock und liess keine Möglichkeit für eine Orientierung über die bestehende Situation. Dieses Verhalten hinterlässt den Eindruck, dass während dieser Fahrt bestehenden Vorgaben des Öfteren nicht gefolgt wurden, weil man sich in der Sicherheit wähnte, die Situation voll zu beherrschen.

Mit den von den Vorgaben abweichenden Entscheidungen wurde eine Gefährdung herbeigeführt, derer sich die Schiffsführer unzureichend bewusst waren. Im Folgenden werden Aspekte aufgezeigt, die dazu führten, dass insbesondere der Schiffsführer 1 nicht rechtzeitig bemerkt hatte, dass er das Schiff in eine letztlich ausweglose Situation manövrierte.

#### 2.2.2 Fahrverlauf

Die Extrafahrt folgte keiner fix vorgegebenen Kurslinie. Es gibt keine Vorgabe der SGV, für Extrafahrten Kurslinien zu folgen, ausgenommen bei unsichtigem Wetter und bei der Zufahrt an eine Anlegestelle. Zur Orientierung und Hilfestellung für eine pünktliche Ankunft hatte der Schiffsführer 2 im System vorhandene Kurslinien angewählt. Diesen wurde mehrheitlich gefolgt. Gelegentlich wurden sie verlassen. Der akustische Alarm wurde bewusst ausgeschaltet (BEEP DISABLED), da nicht

vorgeschrieben und für Extrafahrten störend. Den Schiffsführern war es wichtig, die Vorgaben, insbesondere die Ankunftszeit in Kehrsiten-Bürgenstock, einzuhalten. Die zunehmende Ankunftsprognose (ETA) nach der Durchfahrt der Nas, das Bestreben, pünktlich anzulegen, sowie sich persönlich von den Gästen zu verabschieden, haben dazu beigetragen, dass der Schiffsführer 1 bewusst auf der Höhe von Riedsort die Kurslinie verliess und später die Geschwindigkeit erhöhte, um eine Verspätung zu verhindern. Er konzentrierte sich auf das vor ihm fahrende MS Waldstätter und die Anlegestelle. Da er diese jederzeit klar vor sich sah, sah er davon ab, das Radar zu konsultieren. Er rief den Schiffsführer 2 zu einem Zeitpunkt in das Steuerhaus, zu dem das MS Diamant bereits einen Kurs auf das Ufer zu fuhr (Abbildung 18).

## 2.2.3 Räumliche Desorientierung mit Fehleinschätzungen

### 2.2.3.1 Ereignisbezogen

Aufgrund der geschlossenen Wolkendecke und des spärlichen Umgebungslichtes vor und am Ereignisort war es zum Ereigniszeitpunkt sehr dunkel (niedriges Licht-Niveau und somit ungünstige Lichtsituation). Die Zufahrt des MS Diamant zur Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock erfolgte entlang einer kilometerlangen, unbeleuchteten Uferlinie backbordseitig zum vorausfahrenden MS Waldstätter und damit näher zum Land als das MS Waldstätter. Jenes war eine punktförmige, helle Lichtquelle steuerbordseitig voraus gut sichtbar. Das hell beleuchtete MS Waldstätter beeinträchtigte als punktförmige Lichtquelle die Dunkel-Adaption beider Schiffsführer. Der Schiffsführer 2 übernahm zudem das Steuer während der letzten Phase der Zufahrt zur Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock (ausserhalb der Kurslinie für die Zufahrt zur Anlegestelle) mit einer eingeschränkten Dunkel-Adaption, da er sich bis unmittelbar davor in den hellen Passagierräumen aufgehalten hatte.

Eine ungünstige Lichtsituation zusammen mit einer beeinträchtigten Dunkel-Adaption begünstigten das Auftreten von optischen Täuschungen bzw. räumlicher Desorientierung. Die spezifische Lichtsituation trat ab der Umrundung der Nas (um ca. 20:48 Uhr) ein und änderte sich bis zum Ereigniszeitpunkt nicht. Die Gefahr einer optischen Täuschung mit räumlicher Desorientierung und Verlust des Situationsbewusstseins war folglich während der ganzen Dauer der Zufahrt auf die Anlegestelle und für beide Schiffsführer erhöht, was ihnen offenbar unzureichend bewusst war.

Der Schiffsführer 1 sah die Anlegestelle und das MS Waldstätter sehr gut. Alles andere lag im Dunkeln, Distanzen und Konturen konnten nicht erkannt werden. Aus einem einzigen sichtbaren Fixpunkt (Anlegestelle) und einem sich bewegenden sichtbaren Objekts (MS Waldstätter) lässt sich nicht auf den eigenen Standort schliessen. Er interpretierte die abwesenden optischen Referenzen als ausreichende Distanz zum Ufer und wähnte sich zu jeder Zeit sicher unterwegs. Dies war zu Beginn der Zufahrt korrekt, später aber eine optische Täuschung. Die optische Täuschung führte zu einer räumlichen Desorientierung und zum Verlust des Situationsbewusstseins beim Schiffsführer 1. Der Schiffsführer 2 erlag der optischen Täuschung (seine Dunkel-Adaption hatte erst begonnen) mit der räumlichen Desorientierung bei der Steuerübernahme und führte das Schiff folglich mit inadäquatem Situationsbewusstsein. Beide Schiffsführer schätzten Position und Geschwindigkeit des MS Diamant aufgrund der räumlichen Desorientierung (Dunkelheit, fehlende Referenz zum Ufer) sowie dem gut geräuschisolierten Steuerhaus falsch ein. Bis unmittelbar vor der Grundberührung war ihnen infolge der optischen Täuschung resp. des inadäquaten/falschen Situationsbewusstseins der Irrtum ih-

rer Einschätzung nicht bewusst. Eine situationsgerechte Positions- und Kursbestimmung mittels Radars sowie das Beachten der gesetzlichen Grundlagen und Betriebsvorschriften (inkl. der Geschwindigkeitsvorgaben) nutzten sie unzureichend. Standardisierte Prozesse für eine Steuerübergabe können helfen, ein falsches Situationsbewusstsein zu korrigieren.

#### 2.2.3.2 Vorgesehene Massnahmen gegen optische Täuschungen

Eine optische Täuschung ist beim Fahren bei Dunkelheit nach Erkenntnissen der Human Factors-Forschung eine klassische Bedrohung, die entsprechend durch Gegenmassnahmen zielführend gemanagt werden muss. Oberstes Ziel ist immer, bereits das Eintreten der Bedrohung abzuwenden. Wenn eine solche eintritt, treten unerwünschte Zustände auf oder Sicherheitsmargen werden verletzt; beides soll möglichst vermieden werden. Bei Eintreten einer Bedrohung ist das oberste Ziel, möglichst rasch wieder in einen erwünschten Zustand zu kommen. Eine spezifische Besonderheit der optischen Täuschung ist, dass die Bedrohung – gerade, weil es sich um eine Täuschung handelt – in der Regel nicht erkannt wird und deshalb keine Handlungen zur Korrektur, also zur Erreichung eines tatsächlich sicheren Zustandes erfolgen. Aus diesem Grund sollte der Umgang mit potenziellen räumlichen Desorientierungen auf verschiedenen Ebenen einer Unternehmung thematisiert und trainiert werden. Auf eine Fahrt bei Nacht bezogen heisst das:

- Der Schiffsführerstand muss explizit für eine Nacht-Landung vorbereitet werden;
- Die Lichter und Bildschirme müssen gedimmt werden. Der chemische Prozess in den Augen (Adaption) braucht Zeit. Das übrige Personal muss Kenntnis haben von dieser Problematik, der damit zusammengehörenden Phasen und es muss sich entsprechend verhalten;
- Der zeitliche Ablauf einer Anfahrt zum Landen muss entsprechend eingeteilt werden;
- Eine eventuelle Steuerübergabe muss früh organisiert und durchgeführt werden, damit u. a. die Adaption an die Dunkelheit des Schiffsführers gegeben ist.

Die Anwendung ergonomischer Prinzipien können die Wahrscheinlichkeit von optischen Täuschungen bzw. räumlichen Desorientierungen reduzieren. Auch adäquate Ausbildungen und Sensibilisierungen des Personals über die Zusammenhänge von physiologischen und psychologischen Einflüssen auf das menschliche Leistungsvermögen und seine Grenzen können dazu beitragen. Diese Punkte werden in Ziff. 2.4 «Organisatorische Aspekte» nochmals aufgegriffen.

Apelle im Sinn von «halte immer die Vorgaben ein!», «fahr immer sicher!» oder «verletze nie das Gesetz!» haben sich als unwirksam herausgestellt im Hinblick auf ein rasches Erkennen und Verlassen von Zuständen optischer Täuschungen, bzw. Räumlichen Desorientierungen. Der State-of-the-art sind hier geeignete Standard-Verfahren (Standard Operational Procedures, SOP). Auf diesen Punkt wird in Ziff. 2.3 «Betriebliche, prozessuale Aspekte» vertieft eingegangen.

## 2.3 Betriebliche, prozessuale Aspekte

### 2.3.1 Fahrverlauf

Die Grundberührung des MS Diamant erfolgte aufgrund einer nicht erkannten, räumlichen Desorientierung der Schiffsführer und unsicheren Handlungen, die nachfolgend beschrieben werden. Das links versetzte Fahren gegenüber der Kurslinie führte unmittelbar zu einer rascheren Verminderung der Distanz zum Ufer. Die Fehleinschätzung, bei sichtigem Wetter auf das Beachten der Radaranzeige verzichten zu können, führte dazu, dass der Kollisionskurs nicht rechtzeitig entdeckt

wurde. Bei der späten und unstrukturierten Steuerübergabe wurden die Abweichungen (Kurs, Geschwindigkeit) nicht erkannt.

Die unsicheren Handlungen zeigen sich wie folgt:

- Das uferseitig, nach links von der Kurslinie versetzte Fahren wurde gewählt, um den Fahrweg aufgrund der angezeigten Verspätung abzukürzen. Die erforderliche Korrektur des Fahrweges in genügender Distanz zum Ufer auf die sichere, vorhandene Kurslinie blieb aus.
- Das Nicht-Konsultieren des Radars kann eine mögliche Konsequenz davon sein, dass die Schiffsführer bei sichtigem Wetter bei Nacht das Radar gelegentlich nicht nutzen, wenn sie sich sicher fühlen. Weder hoheitlich noch betrieblich wurden die Besonderheiten des Fahrens bei Nacht – mit Ausnahme von Beleuchtung / Signalisation – angemessen adressiert. Der Begriff «unsichtiges» Wetter ist in den hoheitlichen Vorgaben mit «Nebel, Schneefall, starker Regen» definiert. In den Betriebsvorschriften (Schiffshandbuch) der SGV wird der Gebrauch des Radars bei unsichtigem Wetter vorgeschrieben. Bei sichtigem Wetter (unabhängig ob Tag oder Nacht) ist nach Fixpunkten – also optisch sichtbare Punkte – zu fahren. Es war somit nicht ein Standard-Verfahren (SOP), bei Nacht und sichtigem Wetter nach Radar zu fahren.
- Die unstrukturierte Steuerübergabe basierte auf Gepflogenheiten, bzw. individuellen Absprachen zwischen den Schiffsführern. Festgeschriebene Standard-Verfahren (SOP) fehlten. Es bestand keine Unterstützung durch Kriterien, beispielsweise wann (spätester Zeitpunkt) die Steuerübergabe überhaupt sinnvoll und angemessen ist.
- Ab 21:04 Uhr beschleunigte das MS Diamant und fuhr bis kurz vor der Grundberührung um ca. 21:13 Uhr über der für Extrafahrten vorgesehenen maximalen Geschwindigkeit von 16 km/h bzw. über der maximalen Geschwindigkeit von 10 km/h im Uferbereich. Schon zuvor wurden diese Maximalgeschwindigkeiten gelegentlich überschritten.
- Entsprechend den Schulungsunterlagen müsste 500 m vor der Anlegestelle das Zufahrtsmanöver eingeleitet worden sein: *Die Fahrstrasse muss eingehalten, der optimale Anfahrtswinkel gewählt und die Geschwindigkeit den Verhältnissen entsprechend angepasst worden sein.* Zu diesem Zeitpunkt befand sich das MS Diamant nicht auf der Kurslinie, sondern rund 150 m links davon versetzt. Die Geschwindigkeit betrug 25 km/h.

Wie bereits ausgeführt ist es gerade ein Merkmal von (optischen) Täuschungen, resp. räumlicher Desorientierung, dass Menschen im Zustand einer Täuschung / Desorientierung keinen Anlass haben, ihre Wahrnehmung zu überprüfen –, weil sie diesen Zustand nicht erkennen. Es bestand keine Unterstützung durch festgelegte, geschulte und eingeübte Standard-Verfahren (SOP) nach dem Prinzip des «Best-Use-of-Equipment» beispielsweise für Fahren bei Nacht und für Steuerübergaben.

### 2.3.2 Uferlinie vor der Anlegestelle

Wenn in einer Distanz von 500 m zur Anlegestelle in einem Winkel von 10–15° angefahren werden soll, ergibt sich, dass der Abstand zum Ufer in dieser Distanz ca. 90–130 m beträgt, sofern das Ufer eine Gerade darstellt. Auf den Fahrverlauf bezogen betrug der Abstand zum Ufer in der Distanz von 500 m zur Anlegestelle nur noch rund 60 m. Dies ergab sich, da die Anlegestelle bezogen zur Nordflanke des Bürgenstocks leicht südlich zurückversetzt liegt. Bei einer Anfahrt zur Anlegestelle aus östlicher Richtung musste somit der Anfahrtswinkel der Ufersituation

entsprechend angepasst werden. Die Kurslinie zur Anlegestelle berücksichtigte diese Situation. Beide Schiffsführer kannten den Uferverlauf.

### **2.3.3 Zeitlich, räumliche Staffelung**

Die zeitliche und räumliche Staffelung des MS Diamant zum vorausfahrenden, hell erleuchteten Kursschiff war für die Gegebenheiten der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock und das dunkle Licht-Niveau dieser Nacht an diesem Ort ungünstig. Sie schuf die Möglichkeit einer starken, einseitigen Konzentration auf das MS Waldstätter, mit dem das eigene Anlegemanöver des MS Diamant abgeglichen werden musste. Zudem schuf die zeitliche und räumliche Staffelung eine Blendungssituation. Diese verschlechterte die Dunkel-Adaption der Schiffsführer des MS Diamant und trug zur optischen Täuschung bei.

## **2.4 Organisatorische Aspekte**

### **2.4.1 Alarm- und Rettungsorganisation**

Die unverzügliche und angemessene Reaktion der Besatzung mit sofortiger Alarmierung und unverzüglichem Anlaufen der Anlegestelle sowie das rasche Intervenieren der Einsatzkräfte (Polizei, Feuerwehr) mit Wasser abpumpen und provisorischem Abdichten des Lecks durch Tauch-Spezialisten bestätigte das Funktionieren des Notfallkonzeptes und trug wesentlich zur Minimierung des Schadens bei.

### **2.4.2 Vorgaben**

Die in den hoheitlichen Vorgaben verwendete Definition von unsichtigem Wetter «z. B. Nebel, Schneetreiben, starker Regen» deuten auf wetterbedingte Einschränkungen der Sichtverhältnisse hin. In den unternehmensinternen Vorgaben der SGV wurde die Radarfahrt durch das Übernehmen der hoheitlichen Vorgaben in die internen Vorgaben ebenso am unsichtigen Wetter festgemacht und nicht nach dem Prinzip des «Best-Use-of-Equipment» für Fahrten bei Nacht präzisiert.

Die hoheitlichen Vorgaben machen keine Angaben zu Inhalt und Qualität der Betriebsvorschriften. Betriebliche Vorgaben sollen dazu dienen, ein System fehlerrobust resp. fehlerresilient zu machen und den Anwendern Leitlinien für ihr Handeln zu geben. Die räumliche Desorientierung wurde von der Schiffsführung auch deshalb nicht rechtzeitig erkannt, weil keine Verfahren vorhanden sind, die zuverlässig dafür sorgen, dass Schiffsführer ihr Situationsbewusstsein und ihre Einschätzungen regelmässig überprüfen und so Fehler und Bedrohungen frühzeitig entdecken.

In den hoheitlichen Vorgaben ist ein Konzept und dessen Anwendung zum systematischen Monitoring und Management von Gefahren, möglichen Fehlern und Gegenmassnahmen im System auf Ebene des Individuums (Schiffsführers) und auf Ebene der Operation (Betrieb) vom Betreiber (Schiffahrtsunternehmen) nicht gefordert.

### **3 Schlussfolgerungen**

#### **3.1 Befunde**

##### **3.1.1 Technische Aspekte**

- Das MS Diamant war zum Zeitpunkt des Ereignisses voll funktionstüchtig. Eine technische Ursache für das Ereignis kann ausgeschlossen werden.
- Der Wassereintritt wurde detektiert und den Schiffsführern signalisiert.
- Die vorhandene akustische Warnung bei Abweichung von der Kurslinie war ausgeschaltet; es gab keine Vorgabe für Extrafahrten, den Kurslinien zu folgen und die Warnung einzuschalten, ausser dem Folgen der Kurslinie bei Zufahrten zu Anlegestellen 500 m vor dem Anlegen.

##### **3.1.2 Menschliche Aspekte**

- Beide Schiffsführer waren befähigt und berechtigt, das MS Diamant auf dem Vierwaldstättersee mittels Radars zu führen.
- Den Schiffsführern war es wichtig, pünktlich in Kehrsiten-Bürgenstock anzu kommen. Aufgrund des sichtigen Wetters fokussierte der Schiffsführer 1 auf das vor ihm gut sichtbare, hell erleuchtete MS Waldstätter und die Anlegestelle. Deshalb war für ihn keine Voraussetzung gegeben, nach Radar zu fahren.
- Durch die ungünstige Lichtsituation und ungenügenden Referenzpunkte ergab sich eine optische Täuschung, bzw. eine räumliche Desorientierung, die trotz vorhandener technischer Hilfsmittel nicht erkannt wurde und folglich sich die Schiffsführer sicher unterwegs fühlten. Als sie das nahe Ufer sahen, konnten sie die Kollision nicht mehr verhindern.
- Die vorhandene Navigationsausrüstung (Radaranzeige) wurde im entscheidenden Moment nicht genutzt. Es existierte kein festgeschriebenes Standard-Verfahren (SOP), welches die Schiffsführer dabei hätte unterstützen können.

##### **3.1.3 Betriebliche, prozessuale Aspekte**

- Kurz vor der Grundberührung fuhr das MS Diamant links versetzt zum Ufer hin und mit überhöhter Geschwindigkeit in der Uferzone.
- Der Schiffsführer 1 verpasste es, in genügender Distanz zur Anlegestelle auf die Kurslinie einzuschwenken und die Geschwindigkeit zu reduzieren.
- Die Steuerübergabe erfolgte unstrukturiert. Es fehlten festgeschriebene Standard-Verfahren (SOP) für das Fahren bei Nacht sowie für die Steuerübergabe.
- Die zeitliche Staffelung der beiden Schiffe zur Anlegestelle schuf eine Blendungssituation, die die Dunkel-Adaption der Schiffsführer des MS Diamant verschlechterte und zur optischen Täuschung beitrug.
- Fehlende Thematisierung von Human Factors in der Ausbildung mit Sensibilisierung hinsichtlich Grenzen des menschlichen Leistungsvermögens führten zu fehlender Entwicklung geeigneter Kompetenzen im Bereich der Human Factors.

### 3.1.4 Organisatorische Aspekte

- Das Notfallkonzept hat funktioniert.
- Die Vorgaben für Radarfahrten beschränken sich auf Fahren bei unsichtigem Wetter.
- Die hoheitlichen Vorgaben machen keine Angaben zu Inhalten und Qualität der Betriebsvorschriften.
- Human Factors werden in Vorgaben und Ausbildung unzureichend berücksichtigt.

## 3.2 Ursachen

Die Grundberührung des MS Diamant am 7. Dezember 2017 bei seiner Extradfahrt kurz vor der Anlegestelle Kehrsiten-Bürgenstock ist darauf zurückzuführen, dass das Schiff bei Nacht bei der Zufahrt zur Anlegestelle in eine unsichere Position manövriert und folglich zu nahe an das Ufer gefahren wurde. Aufgrund fehlender sichtbarer Referenzpunkte im dunklen Uferbereich, des hell erleuchteten, vorausfahrenden MS Waldstätter sowie der beleuchteten Anlegestelle entstand eine räumliche Desorientierung, die von beiden Schiffsführern zu spät erkannt wurde. Die vorhandenen Hilfsmittel (Radar und GPS mit Kurslinien und Geschwindigkeitsanzeigen) wurden unzureichend genutzt, die Steuerübergabe erfolgte unstrukturiert. Den Vorgaben der Zufahrt an die Anlegestelle – u. a. Einhalten der Fahrstrasse und der Geschwindigkeit – wurde nicht gefolgt. Der Vorfall zeigt auf, dass das System «Mensch-Maschine-Umwelt» unter solchen Voraussetzungen zu wenig fehlerrobust war.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Der Wille zur Pflichterfüllung der Schiffsführer, das Schiff pünktlich anzulegen.
- Unzureichendes Bewusstsein der Schiffsführer, dass sie trotz sichtigem Wetter in der Nacht optischen Täuschungen, resp. einer räumlichen Desorientierung erliegen können und deshalb vorhandene Hilfsmittel konsequent nutzen sollten. Dieses Bewusstsein wurde in Ausbildungen hinsichtlich Erkennens und Handelns unzureichend thematisiert.

Im Rahmen der Untersuchung wurden folgende Schwachstellen erkannt:

- Unzureichende betriebliche Vorgaben sowie Standard-Verfahren (SOP) für das Fahren mit Radar bei Nacht sowie für die Steuerübergabe.
- Unzureichende Ausbildung und demzufolge fehlendes Bewusstsein der Schiffsführer hinsichtlich Grenzen des menschlichen Leistungsvermögens und deshalb fehlende Entwicklung geeigneter Kompetenzen im Bereich der Human Factors für das Fahren bei Nacht.

## 4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

### 4.1 Sicherheitsempfehlungen

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

#### *Art. 48 Sicherheitsempfehlungen*

*<sup>1</sup> Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.*

*<sup>2</sup> Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.*

*<sup>3</sup> Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.*

Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Sicherheit im öffentlichen Verkehr anzustreben.

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes unter [www.sust.admin.ch](http://www.sust.admin.ch) und erlaubt so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

#### 4.1.1 Vorgaben an sicherheitsrelevante Standard-Verfahren

##### 4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Im Lehrgang Schiffsführerausbildung der SGV sind zur Fahrtechnik die Abläufe für Zufahrt, Abfahrt und Rückwärtsfahrt beschrieben. Weitere Standard-Verfahren sind nicht beschrieben.

Die hoheitlichen Anforderungen an die Betriebsvorschriften eines Schifffahrtsunternehmens sind inhaltlich und qualitativ nicht genauer definiert. In den Betriebsvorschriften der SGV findet sich keine Aufstellung sicherheitsrelevanter Prozesse, wie z. B. Fahren bei Nacht, Steuerübergabe, Ausfall einer Steuerung, die mittels Standard-Verfahrens definiert und geschult werden könnten.

Definierte Standard-Verfahren tragen zur Fehler-Resilienz im System «Mensch-Maschine-Umwelt» bei. Solche Standard-Verfahren gelten für unterschiedliche Bedingungen / Situationen / Phasen und beinhalten jeweils spezifische Konkretisierungen nach dem Prinzip des «Best-Use-of-Equipment». Ein Standard-Verfahren kann dabei durchaus auch aus Kriterien und Regeln bestehen, welche die Entscheidungsfindung für die einzelne Situation in einer gut handhabbaren Form ermöglichen.

#### 4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 180

Das BAV sollte Vorgaben an die Betriebsvorschriften erlassen, die sicherstellen, dass die Schifffahrtsunternehmen auf Basis einer Risikobetrachtung für die verschiedenen Situationen Standard-Verfahren, die zur Fehler-Resilienz im System «Mensch-Maschine-Umwelt» beitragen, schriftlich definieren, schulen, evaluieren und weiterentwickeln.

### 4.1.2 Ausbildung der Schiffsführer in Situationsbewusstsein

#### 4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Beide Schiffsführer erkannten aufgrund einer unbemerkten, räumlichen Desorientierung nicht, dass sie ihr Situationsbewusstsein (Situational Awareness) verloren hatten. Beiden Schiffsführern waren grundlegende Zusammenhänge über Grenzen des menschlichen Leistungsvermögens bei Dunkelheit und die Erkenntnisse, die daraus für einen sicheren Betrieb abzuleiten sind, unzureichend bewusst.

#### 4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 181

Das BAV sollte eine Vorgabe erlassen oder bei der Aufsicht überprüfen, dass die Ausbildungsverantwortlichen ihre Schiffsführer stufengerecht und ausreichend über relevante Human Factors im System «Mensch-Maschine-Umwelt» sowie spezifisch im Bereich Situational Awareness (Situationsbewusstsein) ausbilden. Ebenso sollte das BAV von den Ausbildungsverantwortlichen den Nachweis verlangen, wie diese Kompetenzen im Bereich Human Factors von den Schiffsführern in praktischen Situationen trainiert und evaluiert werden.

### 4.2 Sicherheitshinweise

keine

### 4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.
--

- Durch das BAV:
  - 1) Die heutige Komplexität der schiffstechnischen und nautischen Anlagen und Aufgaben erfordert es in Zukunft, einheitliche Basisvorgaben für die Betriebsvorschriften zu erlassen, um grundsätzliche Inhalte festzuschreiben. Das BAV hat hierzu in der zurzeit durchgeführten Revision der SBV/AB-SBV (Art. 14) entsprechende inhaltliche Vorgaben für die Betriebsvorschriften zu «Nachtfahrt» und «Kommando-Übergabe der Schiffsführung während des Betriebes, Schiffsübernahme» integriert.
  - 2) Das BAV will mit den neuen AB-SBV vorschreiben, dass die Schifffahrtsgesellschaften spezifische Nachtfahrten in die Ausbildung einbauen (AB zu Art. 43) und die Rahmenbedingungen für Nachtfahrten in den Betriebsvorschriften beschreiben (AB-zu Art. 14). So wird der situativen Aufmerksamkeit und den Human Factors-Themen mehr Beachtung geschenkt. Eine Prüfung der Nachtfahrten durch das BAV kann aus Gründen der Verhältnismässigkeit und Kosten nicht gemacht werden. In Audits können Stichproben erfolgen, ob Nachtfahrten während der Ausbildung gemacht und dokumentiert wurden.

- Durch die SGV:
  - 1) Die Betriebsvorschriften für An- und Abfahrten an Stationen wurden mit den bereits praktisch geschulten Abläufen ergänzt.
  - 2) Die Betriebsvorschriften für den Wechsel von Schiffsführer 1 zu Schiffsführer 2 (Übergabe Fahrstand) wurden gemäss dem gängigen Prozess und den bereits in der Ausbildung geschulten Vorgehen schriftlich festgehalten.
  - 3) Die Betriebsvorschriften für Nachtfahrten wurden gemäss dem bereits praktizierten Prozess schriftlich präzisiert.
  - 4) Alle Schiffsführer werden im Bereich Nachtfahrten periodisch weitergebildet, um das erlernte Wissen zu vertiefen.

Dieser Schlussbericht wurde von der Kommission der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) genehmigt (Art. 10 Bst. h der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014).

Bern, 31. Januar 2023

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

## Anlage 1

### Radarbilder vor und nach der Grundberührung



Abbildung 17: Position um 21:09 Uhr<sup>8</sup>, vier Minuten vor der Grundberührung (H0 – 4).

<sup>8</sup> Das MS Waldstätter ist gerade noch sichtbar, bevor es mit der Anlegestelle Kehrsiten verschmilzt.



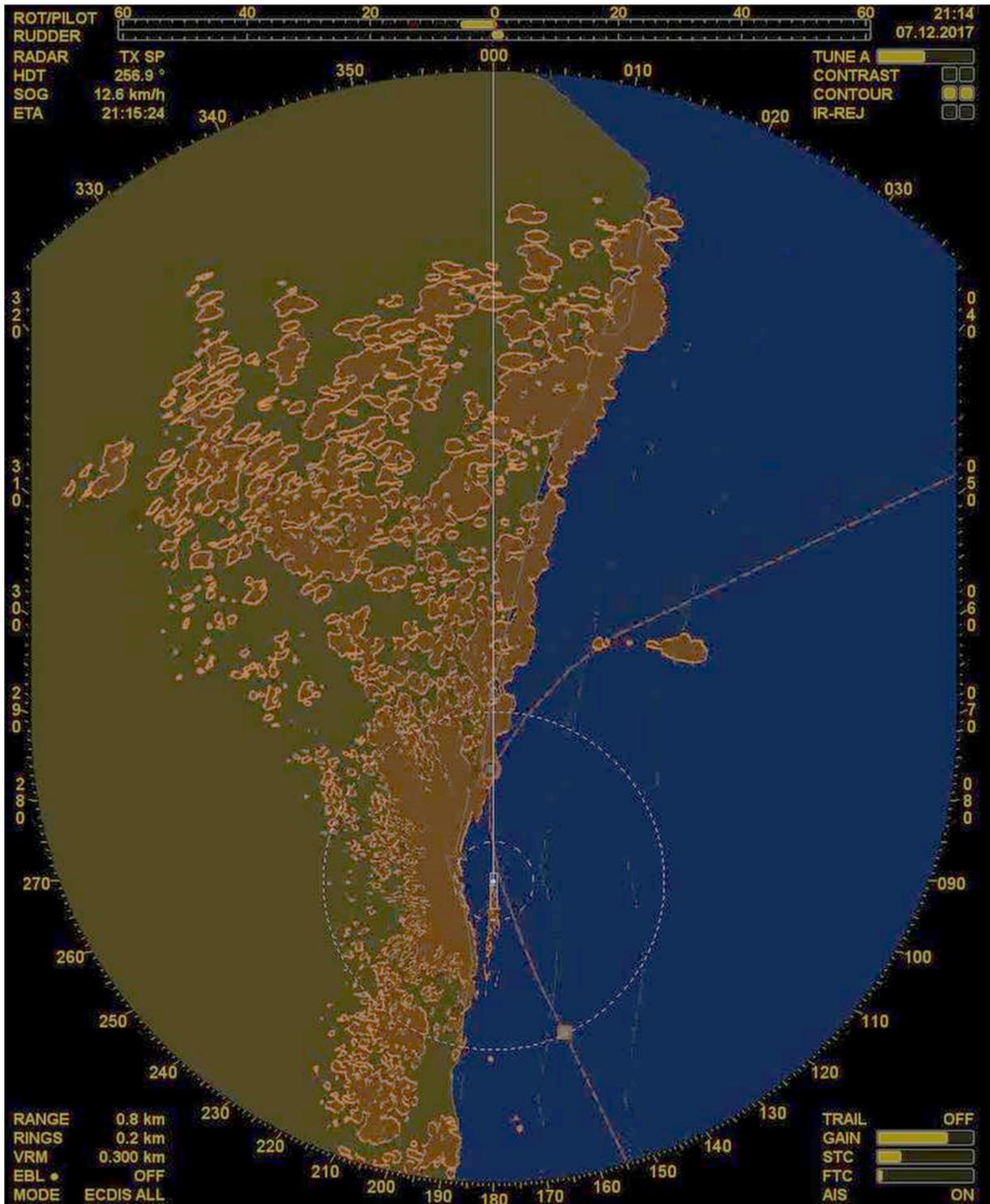


Abbildung 19: Position um 21:11 Uhr, zwei Minuten vor der Grundberührung (H0 – 2).

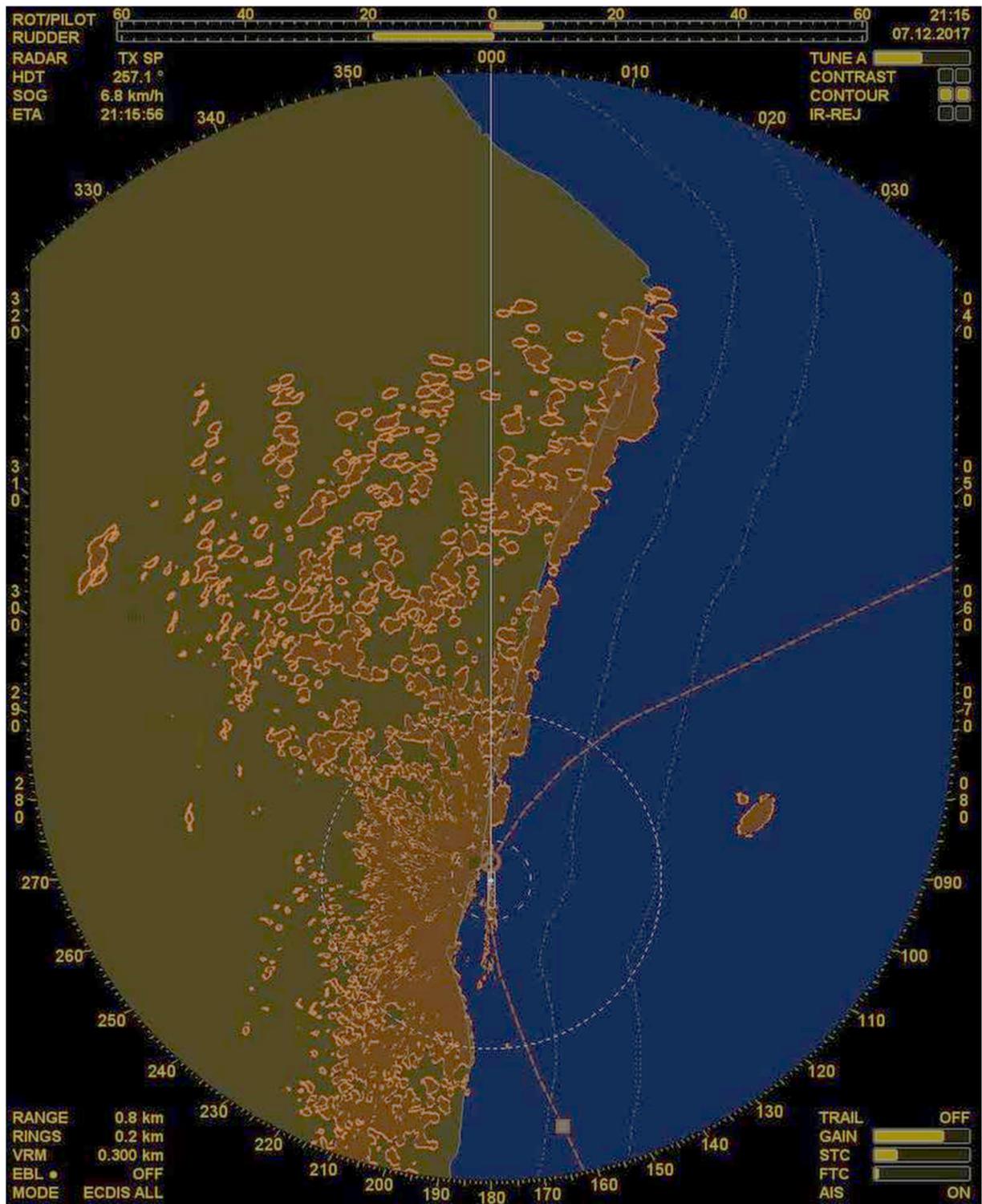




Abbildung 21: Position um 21:13 Uhr, Zeitpunkt der Grundberührung (H0).



**Abbildung 22:** Ausschnitt der Radaranzeige um 21:14 Uhr, eine Minute nach der Grundberührung (H0 + 1).



**Abbildung 23:** Ausschnitt der Radaranzeige um 21:15 Uhr, zwei Minuten nach der Grundberührung (H0 + 2).