

Abschlussbericht

zum Vorhaben

Landstromanlagen im Hamburger Hafen / Nka3-002107

Zuwendungsempfänger/-in

Hamburg Port Authority AöR

Umweltbereich

Klimaschutz, Luft, Lärm

Laufzeit des Vorhabens

März 2014 – Juni 2016

Autor/-en

Dipl.-Ing. Stefanie Basener

Dipl.-Ing. Dorita Hermes

Dipl.-Biol. Annika Beiersdorf

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Datum der Erstellung

11.11.2016

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: Nka3-002107	Projekt-Nr.: 7113
Titel des Vorhabens: Landstromanlagen im Hamburger Hafen	
Autor/-en (Name, Vorname): Dipl.-Ing. Stefanie Basener Dipl.-Ing. Dorita Hermes Dipl.-Biol. Annika Beiersdorf	Vorhabenbeginn: 14.03.2014 Vorhabenende:Umsetzung der Baumaßnahmen 31.10.2015, Abschluss der Lasttest mit Schiff 03.10.2016
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Hamburg Port Authority AöR Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	Veröffentlichungsdatum: 01.12.2016 Seitenzahl: 38
Gefördert im BMUB-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
Schlagwörter: Landstromanlage; Kreuzfahrt, Kreuzfahrtschiff, LNG, Power-Barge	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 6 (davon ein ungebundenes Exemplar) Elektronischer Datenträger: 6	Sonstige Medien: Ufordat der UBA Veröffentlichung im Internet geplant auf der Webseite: www.hamburg-port-authority.de

Kurzfassung (max. 1.500 Zeichen):

Die Hamburg Port Authority hat im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg ein Gesamtkonzept zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen erarbeitet. Dieses beinhaltet als ersten Baustein den Umsetzungsplan für die Errichtung und den Betrieb einer stationären Landstromanlage am Kreuzfahrtterminal Altona. Als zweiten Baustein enthält es die Schaffung der erforderlichen Infrastruktur für eine Versorgung mittels privat betriebener Barge am Kreuzfahrtterminal HafenCity. Die durch die Stadt bereitzustellende Infrastruktur umfasst den Liegeplatz für die Barge sowie einen terminalseitigen Kabelkanal, in dem das Stromkabel von der Barge zum Kreuzfahrtschiff geführt wird. Die des Weiteren erforderliche mobile Übergabeeinrichtung, um das Kabel vom Kai an das Kreuzfahrtschiff zu übergeben, wird durch die Betreiber der Barge gestellt, bedient, gewartet und finanziert.

Das Gesamtkonzept zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen basiert auf den folgenden Rahmenbedingungen:

Der Strom für die Versorgung der Kreuzfahrtschiffe am Terminal Altona wird dem örtlichen Mittelspannungsnetz entnommen und den Schiffen mittels einer stationären Landstromanlage zur Verfügung gestellt. Für diese Landstromanlage waren neu zu errichten: eine Mittelspannungszuleitung aus dem Landnetz, eine landseitige Umformerstation, eine mit der Umformerstation über ein unterirdisch verlegtes Kabel verbundene Übergabestation sowie deren Kabelkanal und Garage. Durch die Umformerstation werden die erforderliche Spannung (11 kV) und Frequenz (60 Hz) bereitgestellt, um Kreuzfahrtschiffe mit einer Leistung von bis zu 12 MVA (Megavoltampere) versorgen zu können. Eine Versorgung mit einer Spannung von 6,6 kV ist ebenfalls möglich. In diesem Fall beträgt die Leistungsstärke lediglich 7 MVA, da ansonsten die Kabelquerschnitte erheblich vergrößert hätten werden müssen.

Die Aufstellung des Gebäudes für die Umformerstation erfolgte in östlicher Verlängerung des bestehenden Terminalgebäudes und wurde, wie auch der östliche Gebäudeteil, aufgeständert. Dadurch werden die Anforderungen an den Hochwasserschutz erfüllt, und die vormals dort vorhandenen Parkplätze konnten größtenteils erhalten bleiben.

Für die Übergabestation war ein Standort direkt an der Kaianlage notwendig, um einen hohen Automatisierungsgrad für den Prozess des Anschlusses an das Schiff zu erreichen. Die Garage für die verfahrbare Übergabeeinrichtung wurde daher am westlichen Ende der Kaimauer des Kreuzfahrtterminals errichtet.

Der Strom für die Versorgung der Kreuzfahrtschiffe am Terminal HafenCity wird auf schwimmenden Barge mit LNG-betriebenen Generatoren erzeugt. Im Bereich des Kreuzfahrtterminals HafenCity wurde im Magdeburger Hafen ein öffentlicher Liegeplatz eingerichtet, an dem die Barge an Dalben (eingeramnte Pfähle zum Festmachen von Schiffen) festmachen können. Auf einer neu errichteten Plattform in unmittelbarer Nähe des Liegeplatzes wurde eine Anschlussmöglichkeit für ein landseitiges Stromkabelsystem vorgesehen.

Von diesem Anschlusspunkt aus wurden Zuführungskabel und Steuerkabel parallel zur Kai-mauer (Chicagokai) über die gesamte Länge des Terminals bis zu den Liegeplätzen der Kreuzfahrtschiffe geführt. Diese Kabel sind aus Sicherheitsgründen in einem unterirdischen Kabelkanal (Größe ca. 0,5 x 0,5 m) im Bereich der befahrbaren Kaioperationsfläche verlegt. In regelmäßigen Abständen wurden insgesamt vier Unterflur- Steckdosenschächte installiert. Dadurch wird erreicht, dass eine Stromentnahme an unterschiedlichen Stellen des Terminals flexibel möglich ist und die Versorgung verschiedener Schiffe mit unterschiedlich positionierten Stromanschlusspunkten gewährleistet ist. Eine mobile Übergabeeinheit vom Stromkasten zum Schiff, die auch den Ausgleich von Tideschwankungen und unterschiedliche schiffsseitige Einspeisehöhen ermöglicht, ist erforderlich. Diese wird von dem jeweiligen Barge-Betreiber bereitgestellt.

Für die Einspeisung des Stroms von der Barge in die verlegten Kabel sowie von den Kabeln auf das Schiff mussten entsprechende technische Übergabeeinrichtungen (Anschlusskästen) geplant und vorgehalten werden. Die geltende ISO-Norm (ISO = International Organization for Standardization = internationale Normierungsorganisation) für Landstrom war hinsichtlich der Gestaltung der Steckverbindung auch analog auf eine Barge-Versorgung anwendbar. Mit der errichteten Infrastruktur ist gewährleistet, dass einerseits unterschiedliche Schiffsgrößen und -systeme versorgt werden und andererseits verschiedene Barge-Systeme ihren Strom einspeisen können.

Report Coversheet

Federal Environment Agency reference no.: Nka3-002107	Project no.: 7113
Report title: Shore power stations in the Port of Hamburg	
Author/authors (family name, first name): Dipl.-Ing. Basener, Stefanie Dipl.-Ing. Hermes, Dorita Beiersdorf, Annika	Start of project: 14 March 2014
	End of project: End of installation works: 31 October 2015 Completion of the load test with ship: 03 October 2016
Performing organisation (name, address): Hamburg Port Authority AÖR Neuer Wandrahm 4 20457 Hamburg	Publication date: 01 December 2016
	No. of pages: 38
Funded under the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
Keywords: Shore power station; cruise shipping, cruise ship, LNG, power barge	
Number of reports submitted Hard copy: 6 copies (of which one is unbound) Electronic data carrier: 6	Other media: Ufordat der UBA Publication on the internet planned at: www.hamburg-port-authority.de

Summary (max. 1.500 characters):

Commissioned by the Free and Hanseatic City of Hamburg, the Hamburg Port Authority (HPA) has prepared a concept to supply alternative energy to cruise ships docked at the Port of Hamburg. The first phase of the concept involves the installation and operation of a permanent shore power station at the cruise terminal in Altona. The second phase of the concept involves the establishment of the infrastructure required to supply power to cruise ships via privately operated power barges at the HafenCity cruise terminal. The infrastructure to be provided by the city comprises the public berth for the barges and a shoreside power cable channel for the cable that leads from the barge to the cruise ship. The respective barge operator provides, operates, services and finances the mobile transfer unit used to pass the cable from the quay to the cruise ship.

The concept to supply alternative energy to cruise ships docked at the Port of Hamburg is based on the following outline conditions:

The power supplied to cruise liners docking in Altona via the permanent shore power station is taken from the local medium-voltage grid. A new medium-voltage power cable was laid to distribute the electricity taken from the grid. A shoreside converter substation and a power transfer station connected to the converter substation via an underground cable as well as a cable channel [for the underground cable] and a garage [for the transfer vehicle] were installed. The converter substation provides the required voltage (11 kV/ 6.6 kV) and frequency (60 Hz/ 50 Hz) to supply the cruise ships with 12 MVA/ 7 MVA. A power supply voltage of 6.6 kV with a maximum capacity of 7 MVA can also be provided. A higher transformer rating would have required bigger cable cross sections.

The converter substation building was built as an eastern extension to the existing terminal building. Like the eastern section of the terminal building the substation rests on pillars to meet the flood defence requirements and preserve most of the existing parking bays.

The power transfer station had to be installed on the pier to ensure that the process of connecting the power cable to the ship requires as few manual steps as possible. The garage for the movable transfer vehicle was therefore built at the western end of the cruise terminal's quay wall.

LNG-fuelled generators onboard floating barges produce the electricity that is supplied to cruise ships berthing at HafenCity. A public berth was established in the Magdeburger harbour basin at the HafenCity cruise terminal, where the barges can make fast to dolphins (rammed-in piles to tie mooring lines). A facility to connect a shoreside power cable system was installed on a newly erected platform right next to the berth.

From this connection point power feed cables and control cables were routed along the entire length of the terminal's quay wall (Chicagokai) all the way to the cruise ship berths. For safety reasons an underground cable channel (size: about 0.5 x 0.5m) to run these cables through was laid in the area of the accessible pier. A total of four underfloor cable raceways leading to sockets were installed at regular intervals so that power can be taken at several points at the terminal and different types of ships can be supplied from differently positioned power connection points. The respective barge operator provides the mobile transfer unit needed to transfer power from the junction box to the ship. The unit compensates for tidal fluctuation and can be adjusted to feed power to the ship at different heights. To feed power from the barge into the cables laid and from the cables to the ship, technical transfer devices (junction boxes) had to be planned and provided for. The ISO standard (ISO = International Organization for Standardization) applicable to shore power can also be applied to the plug connection design required to supply power by barges. The [shore power] infrastructure established [in the Port of Hamburg] ensures that power can be supplied to ships of different sizes and different ship systems as well as that a range of barge systems can distribute the power they generate.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner.....	8
1.2. Ausgangssituation	8
2. Vorhabenumsetzung	9
2.1. Ziel des Vorhabens	9
2.1.1 Technische Lösung	9
2.1.2 Angestrebte Umweltentlastung.....	12
2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	15
2.3. Umsetzung des Vorhabens	16
2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	19
2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	20
2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms.....	21
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	22
3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung	22
3.2. Stoff- und Energiebilanz.....	22
3.2.1 Lärm-Emissionen	22
3.2.2 Luftschadstoff- und Treibhausgas-Emissionen	23
3.3. Umweltbilanz	28
3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse	31
3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	31
4. Übertragbarkeit	32
4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung	32
4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts).....	32
5. Zusammenfassung/Summary	33
6. Abkürzungen	37
7. Literatur	38
8. Anhang	38

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Die Hamburg Port Authority (HPA) betreibt das Hafenmanagement der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) und ist für viele behördliche Belange des Hamburger Hafens zuständig. Sie ist eine Anstalt öffentlichen Rechts und Eigentümerin des Großteils der Hafengrundstücke. Mit rund 1.800 Beschäftigten ist die HPA verantwortlich für den Hafenbetrieb, die Hafentwicklung sowie die Entwicklung und Unterhaltung der Infrastruktur. Sie ist Ansprechpartner für alle Fragen der Sicherheit des Schiffsverkehrs, der Hafenbahnanlagen, des Immobilienmanagements, der wasser- und landseitigen Infrastruktur sowie der wirtschaftlichen Bedingungen im Hafen.

Für die Realisierung der Landstromanlage Altona wurde die Fa. Siemens als Generalunternehmer beauftragt. Für die HafenCity konnte die Fa. Elektro Bellut für die landseitige Infrastruktur und die Fa. Holst für den Bau der Übergabepattform als lokale Mittelständler beauftragt werden.

1.2. Ausgangssituation

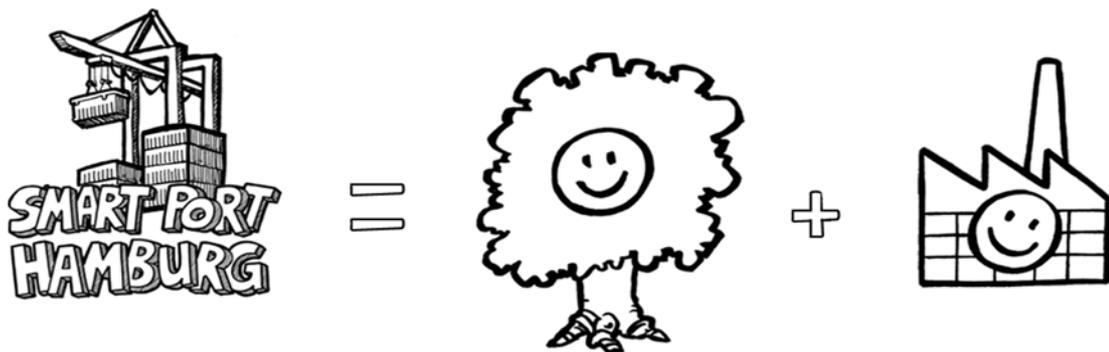
In der Regel schalten die Schiffe am Liegeplatz ihre Antriebsmotoren (bei Diesel-Elektrisch betriebenen Schiffen wird die Anzahl reduziert) ab, nutzen dafür aber Hilfsmotoren, um die schiffsseitigen Anlagen mit Strom und Wärmeenergie zu versorgen. Vorweggestellt sei, dass durch einen Anschluss von Kreuzfahrtschiffen an Landstrom oder Barge-Strom nur die an Bord benötigte elektrische Energie alternativ bereitgestellt wird. Die benötigten Wärmeenergie-mengen zur Warmwasserversorgung, Klimatisierung und sonstige Wärmebedarfe werden bei älteren Schiffen weiterhin durch den Kesselbetrieb bereitgestellt. Durch die Stromerzeugung an Bord werden Emissionen erzeugt, hauptsächlich Stickoxide (NO_x), Schwefeloxide (SO_x) und Feinstaubpartikel (PM), sowie zusätzlich das klimaschädliche Kohlenstoffdioxid (CO₂). Für die Luftqualität und die öffentliche Gesundheit in den Hafenstädten stellt dies eine starke Belastung dar.

Vor dem Hintergrund der steigenden Schiffsanlaufzahlen wird seit einigen Jahren im politischen Raum der Stadt Hamburg diskutiert, wie die Emissionen von Kreuzfahrtschiffen während der Liegezeit im Hamburger Hafen reduziert werden können. Die HPA hat im Auftrag der FHH ein Gesamtkonzept zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen erarbeitet. Dieses beinhaltet als ersten Baustein den Umsetzungsplan für die Errichtung und den Betrieb einer stationären Landstromanlage am Kreuzfahrtterminal Altona. Als zweiten Baustein enthält es die Schaffung der erforderlichen Infrastruktur für eine Versorgung mittels privat betriebener LNG-Hybrid Barge am Kreuzfahrtterminal HafenCity.

Eine externe Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen zur Verringerung von Emissionen in Hamburg ist aus den folgenden Gründen sinnvoll und effektiv:

- Nähe zwischen Hafen/Kreuzfahrtterminal und Wohnnutzungen im unmittelbaren Umfeld
- Steigende Anlaufzahlen an Kreuzfahrtschiffen erhöhen die Emissionsmenge, führen aber auch zu einer effektiveren Auslastung der Anlagen
- Maßnahme reduziert die Immissionen und soll (abhängig von Wetterbedingungen) im Umkreis von 400 m zur Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte für Luftschadstoffe und Schall beitragen
- Umsetzung von Pilotprojekten zur Verbreitung der Technologie.

Der Bau der Landstromanlage in Altona und der Infrastruktur für die LNG PowerBarge in der HafenCity ist zudem eines der Teilziele der Initiative smartPORT energy, welche die HPA im Jahr 2012 gemeinsam mit der damaligen Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU; heute Behörde für Umwelt und Energie (BUE)) sowie der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI) initiiert hatte. Erklärtes Ziel ist die energetische Neuausrichtung des Hamburger Hafens.



2. Vorhabenumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

2.1.1 Technische Lösung

Landstromanlage Altona

Zur Vermeidung der unter Kapitel 1.2. beschriebenen Emissionen besteht eine Möglichkeit darin, das zur Energieversorgung der Schiffe verwendete MDO (Marine Diesel Öl) während ihrer Liegezeit zu substituieren. Durch den Einsatz von Landstromanlagen sollen die Schiffe an das landseitige Stromnetz angeschlossen werden, um damit eine umweltfreundlichere Stromversorgung während der Liegezeit zu nutzen. Das Städtetz stellt Energie mit einer Frequenz von 50 Hz zur Verfügung. Es ist davon auszugehen, dass die Hamburg anlaufenden Kreuzfahrtschiffe nahezu ausschließlich mit landseitiger Energie von 60 Hz versorgt werden müssen, sodass ein Frequenzumformer installiert wurde.

Neuere Kreuzfahrtschiffe sind aufgrund der höheren Energieeffizienz mit bordseitigen Anlagen ausgestattet, die mit einer Spannung von 11 kV betrieben werden. Zur Verbindung des Landnetzes und mit dem Bordnetz muss also eine Umspannung von 10 kV auf 11 kV vorgenommen werden. Eine derartige Anlage zur Umspannung ist bisher in keinem europäischen Hafen installiert worden.

Der Leistungsbedarf von Kreuzfahrtschiffen ist durch die große Menge an Verbrauchern und Installationen mit bis zu 12 MVA sehr hoch und beträgt ein Vielfaches der Leistungen in der Frachtschiffahrt. Diese Leistung muss nicht nur von den landseitigen Kapazitäten erzeugt und transportiert, sondern auch von der Landstromanlage verarbeitet und auf das Schiff weitergeleitet werden können. Dies ist durch eine entsprechende Dimensionierung der Anlage zu erreichen.



Abbildung 1: Landstromanlage am Kreuzfahrtterminal Altona (Quelle: HPA).

Infrastruktur HafenCity

Der Strom für die Versorgung der Kreuzfahrtschiffe am Terminal HafenCity wird auf schwimmenden Barge in Blockheizkraftwerken erzeugt. Das ursprüngliche Konzept, dass die Barge längsseits geht und der Strom direkt von der Barge auf das Schiff übergeben wird, lies sich in der HafenCity nicht realisieren, da der wasserseitige Platz nicht ausreichte. Deshalb wurde eine andere Lösung gesucht, die die Verlegung eines landseitigen Kabels nötig machte. Im Bereich des Magdeburger Hafens (seitlich des Kreuzfahrtterminals HafenCity) wurde ein öffentlicher Liegeplatz eingerichtet, an dem die Barge festmachen können. Auf der Terminalseite

wurde in unmittelbarer Nähe des Liegeplatzes eine Anschlussmöglichkeit für ein landseitiges Stromkabelsystem realisiert, an das die Barge angeschlossen werden können. Von diesem Anschlusspunkt aus wurden Zuführungskabel und Steuerkabel parallel zur Kaimauer über die gesamte Länge des Terminals bis zu den Liegeplätzen der Kreuzfahrtschiffe geführt. Diese Kabel wurden aus Sicherheitsgründen in einem unterirdischen Kabelkanal (Größe ca. 0,5 x 0,5 m) verlegt. In regelmäßigen Abständen wurden insgesamt vier Unterflur-Steckdosenschächte installiert. Dadurch wurde erreicht, dass eine Stromentnahme an unterschiedlichen Stellen des Terminals flexibel möglich und die Versorgung verschiedener Schiffe mit unterschiedlich positionierten Stromanschlusspunkten gewährleistet ist. Eine mobile Übergabeeinheit vom Stromkasten zum Schiff, die auch den Ausgleich von Tideschwankungen und unterschiedliche schiffsseitige Einspeisehöhen ermöglicht, ist erforderlich. Diese ist von dem Barge-Betreiber sicherzustellen. Aktuell betreibt die Fa. Becker Marine System (BMS) eine LNG-Hybrid Barge im Hamburger Hafen und hält ein Übergabefahrzeug für die Stromversorgung auf der Kaianlage vor.

Für die Einspeisung des Stroms von der Barge in das verlegte Kabel sowie vom Kabel auf das Schiff wurden entsprechende technische Übergabeeinrichtungen (Anschlusskästen) geplant und realisiert. Die geltende ISO-Norm (ISO = International Organization for Standardization = internationale Normierungsorganisation) für Landstrom war hinsichtlich der Gestaltung der Steckverbindung auch analog auf eine Barge-Versorgung anwendbar. Mit der errichteten Infrastruktur ist gewährleistet, dass einerseits unterschiedliche Schiffsgrößen und -systeme versorgt werden und andererseits verschiedene Barge-Systeme ihren Strom einspeisen können.

Die LNG-Hybrid Barge von BMS weist aktuell eine Leistung von max. 7 MVA auf und ist erweiterbar auf max. 10,5 MVA.

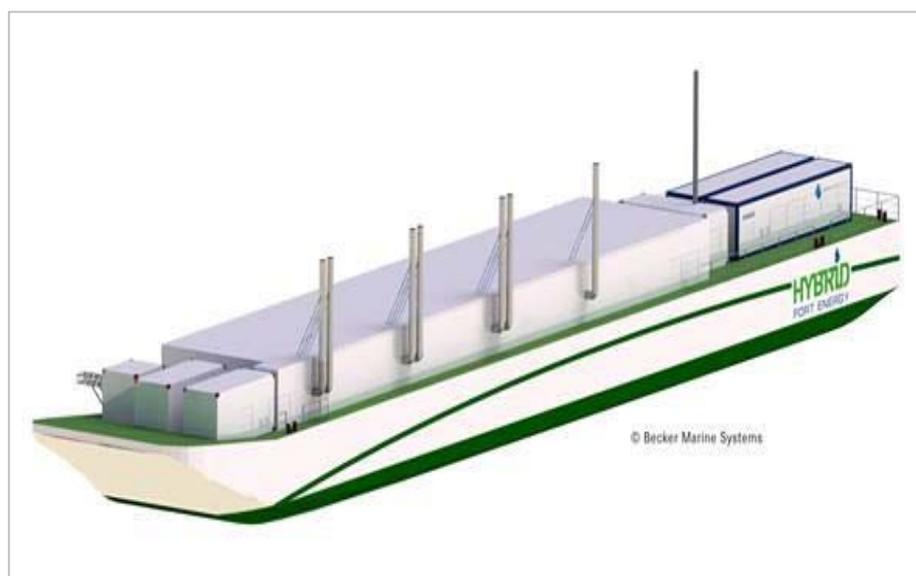


Abbildung 2: LNG-Hybrid-Barge Hummel von Becker Marine Systems (Quelle: BMS).

2.1.2 Angestrebte Umweltentlastung

In Hamburg erlebt im Besonderen die Kreuzfahrtbranche einen Boom, was sich an der steigenden Zahl großer Kreuzfahrtschiffe zeigt, die in Hamburg anlegen. Kreuzfahrtschiffe tragen aufgrund ihres hohen Energiebedarfs während der Liegezeiten u.a. zum Passagierwechsel in besonderem Maße zu den durch den Schiffsverkehr freigesetzten Emissionen an Lärm und Luftschadstoffen im Hafen bei. Um bei steigenden Wachstumsprognosen die Belastung der Emissionen aus der Kreuzfahrt für die Bevölkerung gering zu halten, werden vielseitig Lösungsansätze und Potentiale untersucht, wie z.B. Landstrom.

Durch die Stromerzeugung an Bord werden Luftschadstoffemissionen freigesetzt, hauptsächlich Stickoxide (NO_x), Schwefeloxide (SO_x) und Feinstaubpartikel (PM) sowie zusätzlich klimaschädliche Kohlenstoffdioxid (CO₂). Zur Minderung dieser Emissionen ist es notwendig, das an Bord verwendete MDO zu substituieren. Durch die Versorgung der Schiffe mit landseitigem Ökostrom bzw. mittels LNG erzeugtem Strom wird eine Umweltentlastung angestrebt.

Lärm-Emissionen

In Fragen des Lärmschutzes sind primär die Anforderungen der Verwaltungsvorschrift „Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)“ zu beachten. Landstromanlage und LNG-Power-Barge sind jeweils Nebeneinrichtungen des Kreuzfahrtterminals, das selbst eine nicht genehmigungsbedürftige Anlage i.S.d. § 22 Bundes-Immissionsschutzgesetzes darstellt.

Die Emissionssituation an beiden Kreuzfahrtterminals wird durch folgende Geräuschquellen maßgeblich geprägt:

Kreuzfahrtschiff:

- Lüftungseinrichtungen, Klimatisierung
- Energieerzeugung (Elektrizität, Wärme)
- Bordveranstaltungen

Landseitige Aktivitäten:

- landseitiger Personen- und Warentransport
- Versorgung des Kreuzfahrtschiffes (Proviant, Güter)
- Verladung von Gepäck.

Durch die Energieversorgung der Kreuzfahrtschiffe mit Landstrom aus ortsfesten oder mobilen Anlagen entfallen im Wesentlichen diejenigen Emissionen, die aus der Erzeugung der elektrischen Energie an Bord entstehen. Schallemissionen, wie Lüftergeräusche aus der Klimatisierung und Wärmeerzeugung, sind durch Landstrom nicht vermeidbar.

Die Schallemissionen bei einer Stromversorgung via Barge resultieren im Wesentlichen aus dem Betrieb der LNG-betriebenen Gasmotoren und Generatoren sowie der Lüftungsanlagen an Bord der Barge.

Luftschadstoff- und Treibhausgas-Emissionen

Prognoseverfahren

Das Hauptaugenmerk bei der Errichtung alternativer Energieversorgungssysteme lag auf der lokalen Verbesserung der Luftqualität. Die Behörde für Umwelt und Energie (BUE) hat daher im Auftrag der FHH im Rahmen des „Gesamtkonzeptes zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen“ zwei Studien beauftragt: In der Studie des Instituts für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL Bremen, August 2012) erfolgte unter Berücksichtigung der Schiffsanläufe, Aggregatauslastungen und Kraftstoffverbräuche eine Berechnung der schiffsbedingten Luftschadstoffemissionen an den Kreuzfahrtterminals Hamburg Altona und HafenCity. In der Studie „Ermittlungen zu Luftschadstoffemissionen und Minderungspotentialen für den Betrieb der vorhandenen Kreuzfahrtterminals in Hamburg“ (LAIRM Consult, März 2013) wurden die Luftschadstoffemissionen durch den Schiffsverkehr ermittelt und mögliche Minderungskonzepte im örtlichen und großräumigen Umfeld geprüft.

Die kalkulierten Emissionsprognosen und Minderungspotentiale dieser Studien waren Grundlage der Senatsdrucksache 20/5316 vom 18.09.2012 (Landstrom – Konzepte, Kosten und Bewertung), der Senatsdrucksache 20/9298 vom 10.09.2013 (Konzept zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen, siehe Anhang 1) und Ausgangsbasis der im Fördermittelantrag der HPA enthaltenen Prognosen zur Realisierung der beiden Landstromprojekte.

Vorweggestellt sei, dass durch einen Anschluss von Kreuzfahrtschiffen an Landstrom oder Barge-Strom nur die an Bord benötigte elektrische Energie alternativ bereitgestellt werden kann. Bei Schiffen, die nicht diesel-elektrisch angetrieben werden, werden die benötigten Wärmeenergiemengen zur Warmwasserversorgung, Klimatisierung und sonstige Wärmebedarfe weiterhin durch den Kesselbetrieb bereitgestellt. Hierbei fallen Emissionen an. Der Anteil der wärmebedingten Emissionen einzelner Schiffe aus dem Hilfskesselbetrieb bleibt bei der weiteren Berechnung unberücksichtigt. Der Anteil der wärmebedingten Emissionen aus dem Hilfskesselbetrieb während der Liegezeit beträgt, sofern auch die elektrische Energie an Bord erzeugt wird und die hierbei anfallende Wärme mit genutzt werden kann, jahreszeitenabhängig 10 bis 15 Prozent. Wird die elektrische Energie extern erzeugt (Landstrom, Barge-Strom), ist der wärmebedingte Emissionsanteil höher, da die Motorabwärme des Bordstromaggregats entfällt und der Hilfskessel entsprechend mehr Wärmeenergie bereitstellen muss.

Um die Minderungspotentiale des Antrags hinsichtlich der einzelnen Luftschadstoffkomponenten zu ermitteln wird aufgrund fehlender Messwerte eine Prognose zum Emissionsverhalten der Schiffe angewendet. Die Prognose der Emissionen während der Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe an den Kreuzfahrtterminals Altona und HafenCity wurden dem Gutachten des Instituts ISL (2013) entnommen. Für die Studie wurden die für den Schiffsverkehr relevanten Schadstoffkomponenten NO_x, SO₂, PM und CO₂ betrachtet. Die Untersuchung beschränkt sich auf die Emissionen während der Liegezeiten an den Kreuzfahrtterminals.

Als wesentliches Ergebnis war festzustellen, dass sich messbare Auswirkungen des Liegezeitbetriebs der Kreuzfahrtschiffe auf die lufthygienische Situation (Immissionen) in Hamburg auf die unmittelbare Nachbarschaft der Terminals beschränken (siehe Drs. 20/9298 und LAIRM Consult 2013). Der Umkreis, innerhalb dessen relevante bzw. messbare Zusatzbelastungen von den Kreuzfahrtschiffen durch Luftschadstoffe zu erwarten ist, beträgt etwa bis zu 500 m. In größerer Entfernung zu den Kreuzfahrtterminals sind die Auswirkungen der Emissionen der liegenden Kreuzfahrtschiffe sowie die Effekte der untersuchten Minderungsmaßnahmen auf die Luftqualität als sehr gering anzusehen.

LNG-Hybrid Barge

Die angestrebten Umweltentlastungen am Terminal in der HafenCity erfolgten analog den Prognosen am Terminal Altona hinsichtlich der Berechnungskriterien für Kreuzfahrtschiffe. Wesentlicher Unterschied zur Versorgung mit Landstrom (s.o.) ist, dass die Emissionen der Barge weiterhin am Kreuzfahrtterminal durch die Verbrennung des fossilen Energieträgers Gas anfallen, während die Emissionen auf Grund einer Landstromversorgung örtlich deutlich verschoben sind.

Die Nutzung von Liquefied Natural Gas (LNG) als Brennstoff bietet gegenüber der Nutzung von konventionellem MDO erhebliche Emissionsminderung: Die SO_x- und PM₁₀-Emissionen können um 100 %, die NO_x-Emissionen um 88 % und die CO₂-Emissionen um 22 % gesenkt werden (Quelle: BMS).

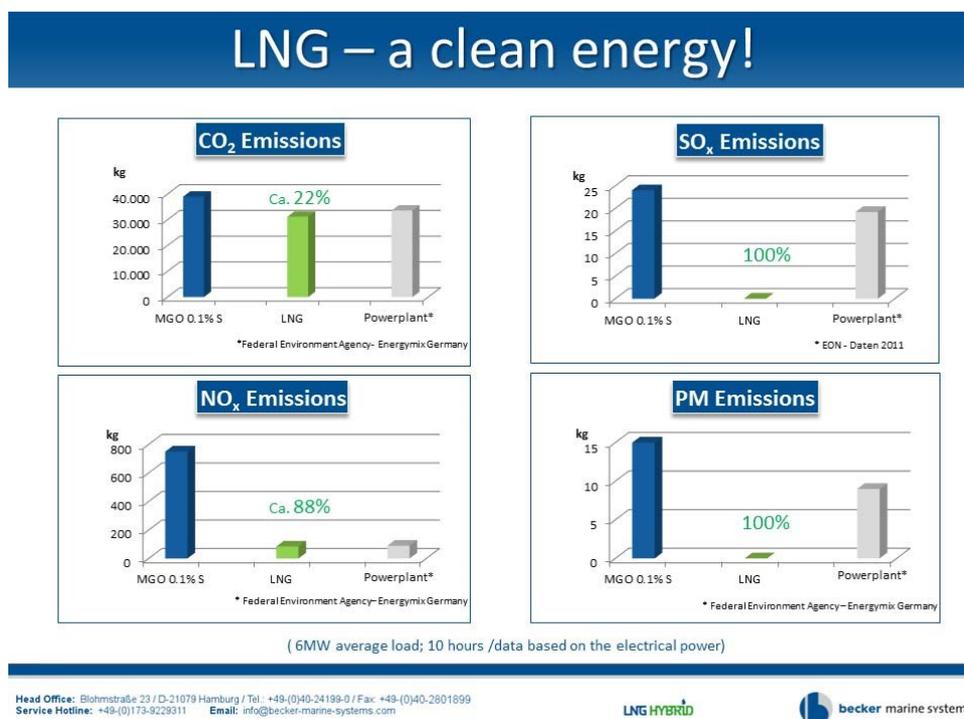


Abbildung 3: Emissionsminderungspotential von Liquefied Natural Gas (LNG) (Quelle: BMS 2016).

Der in der Barge eingesetzte Brennstoff LNG besteht überwiegend aus dem im Vergleich zu CO₂ mehr als zwanzigmal wirksameren Treibhausgas Methan (CH₄), das nahezu vollständig verbrannt werden muss, um eine zusätzliche Klimabelastung durch Methanschlepp zu vermeiden. Der zulässige Methanschlepp wurde daher mit max. 1 % des im eingesetzten Kraftstoff (hier LNG) enthaltenen Methans im Genehmigungsbescheid festgelegt.

2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Landstromanlage Altona

Die Landstromanlage Altona besteht aus einer Umformerstation, Leitungen und einem Kabelkanal für die Energiekette auf der Kaianlage sowie einer mobilen Übergabeeinrichtung.

Der aus dem öffentlichen Netz gelieferte Strom von 10 kV/50 Hz wird im Umformergebäude auf die von Kreuzfahrtschiffen benötigte Spannung von 11 kV/60 Hz umgewandelt. In die Umformerstation wurden vier Transformatoren und ein Frequenzwandler eingebaut. Für die Nutzung der Landstromanlage ist der Bezug von elektrischer Energie aus 100% erneuerbaren Energiequellen (Neuanlagen) mit einem Emissionsfaktor von 0 kg CO₂ / kWh vertraglich vereinbart. Abweichend von der Beschreibung im Antrag konnte hier durch den Ökostromvertrag eine deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht werden.

Technische Details:

- Elektrische Eingangsspannung/-frequenz: 10 kV/50 Hz
- Elektrische Ausgangsspannung/-frequenz: 11 kV/60 Hz und 6,6 kV/60 Hz, 10 kV/50 Hz und 6,6 kV/50 Hz
- Maximale Leistung: 12 MVA (Megavoltampere)

Infrastruktur HafenCity

Die von der HPA realisierte Infrastruktur in der HafenCity dient der Durchleitung von der PowerBarge aus LNG erzeugtem Strom und ist analog zu Altona auf eine Kapazität von bis zu 12 MVA ausgelegt. Die PowerBarge von BMS hat aktuell eine Leistung von max. 7 MVA und ist erweiterbar auf max. 10,5 MVA.

2.3. Umsetzung des Vorhabens

Landstromanlage Altona

Im Zeitraum März bis Oktober 2013 wurde die Entwurfs- und Genehmigungsplanung für die Landstromanlage gemäß Hamburgischer Bauordnung (HBauO) § 62 durchgeführt und eingereicht. Am 17.10.2013 erfolgte die Erteilung der Baugenehmigung.

Im Zeitraum Juli bis September 2013 wurde als 1. Stufe des Vergabeverfahrens für die Bauleistungen der Landstromanlage ein EU-weiter Teilnahmewettbewerb durchgeführt. Im Zuge dieses Teilnahmewettbewerbs wurden vier geeignete Bewerber für das nachfolgende Verhandlungsverfahren ermittelt. Am 07.10.2013 wurde das Verhandlungsverfahren für die Leistungen zur Errichtung von Umformerstation und Übergabestation veröffentlicht. Das Verhandlungsverfahren konnte auf Grund eines Notifizierungsverfahren bei der EU (DG Competition) erst am 15.04.2014 mit der Beauftragung der Leistungen abgeschlossen werden. Der Auftrag wurde an Siemens als Generalunternehmer vergeben.

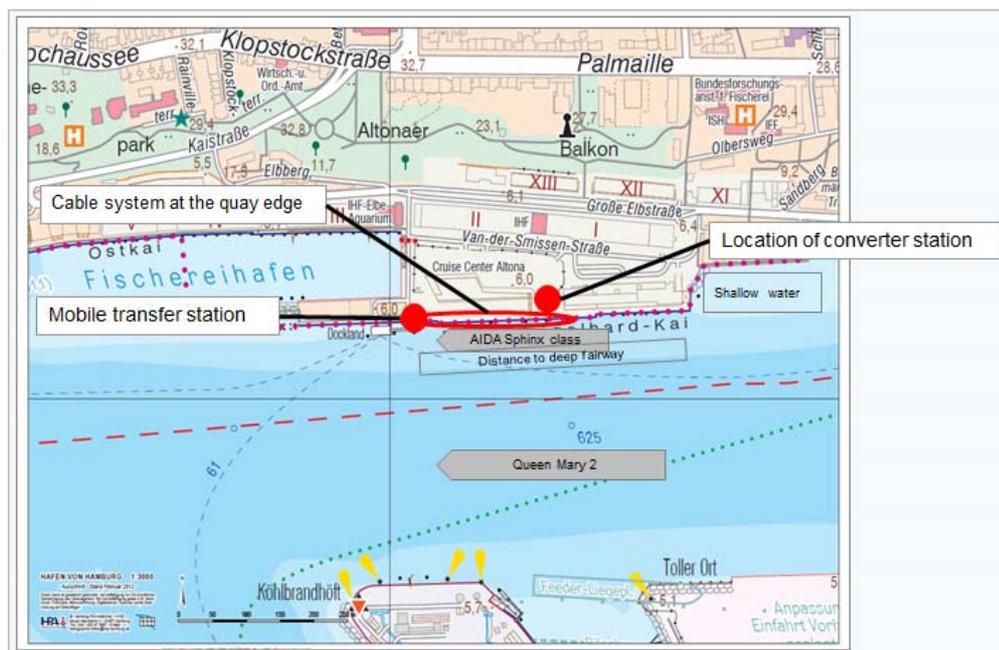


Abbildung 4: Lage der Landstromanlage am Kreuzfahrtterminal Altona (Quelle: HPA).

Im Zeitraum von Juni bis Dezember 2014 erfolgten die allgemeine Baufeldfreimachung sowie die Erstellung der Gründungen (Pfähle und Fundamente) und die Herstellung des Rohbaus des Umformergebäudes und der Garage. Mit dem Fassadenbau und dem Innenausbau beider Gebäude wurde begonnen. Weiterhin wurden der Kabelkanal und die Schächte an der Übergabeeinrichtung eingebaut und parallel hierzu die Übergabeeinrichtung im Werk gefertigt. Die technischen Anlagen wie Frequenzumrichter, Mittelspannungsanlage, Trafos und Schalt-schränke wurden hergestellt.

Im Zeitraum von Januar bis Mai 2015 wurde der Fassaden- und Innenausbau des Umformergebäudes und der Garage beendet. Die Übergabeeinrichtung wurde montiert und erfolgreich getestet. Die Elektroanlagen innerhalb des Umformergebäudes wurden installiert und die Kabel verlegt (Erdungsanlage, Kabeltrassen innen, Mittelspannungsanlage, Transformatoren und E-Schränke, Kabellegung innen und Anschlussarbeiten, Kabellegung außen, Installation Frequenzumrichter). Erste Anlagentests wurden durchgeführt.

Bei den technischen Tests der Landstromanlage im Mai 2015 zeigte sich wider Erwarten, dass weitere Tests erforderlich waren. Die weiteren Tests ergaben, dass ein zusätzlicher Lastspitzenfilter entwickelt und eingebaut werden musste. Im Zeitraum Mai bis November 2015 wurde dieser entwickelt und in den Siemenswerken gebaut. Auf der Baustelle wurde der ISPS-Zaun verlegt, so dass das Gebäude auch nach Öffnung der Kaianlage als Wanderweg geschützt ist.

Im Dezember 2015 wurde der neu entwickelte Lastspitzenfilter eingebaut und die Anlage mit Lastbänken erfolgreich getestet. Daraufhin erfolgte am 18. Dezember 2015 die VOB-Abnahme der Landstromanlage unter Vorbehalt der Inbetriebnahme mit Schiff in der Kreuzfahrtsaison 2016.

Im Zeitraum Januar bis Juli 2016 erfolgte die Prüfung der Schlussrechnung, die Prüfung der Baudokumentation, die Planung der Schiffsanläufe, die Planung der Einweihungsfeier, die am 03. Juli 2016 unter Beteiligung von Frau Dr. Hendricks, Ministerin des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) stattfand.

Im Zeitraum von Ende Mai bis Anfang Oktober 2016 erfolgten die Lasttests mit dem Schiff AIDASol. Am 03.10.2016 wurde der letzte abschließende Test erfolgreich durchgeführt und die AIDASol konnte erstmalig mit 4,1 MW vollversorgt werden, so dass der Regelbetrieb der Landstromanlage in der nächsten Kreuzfahrtsaison 2017 aufgenommen werden kann. Mit den Erkenntnissen aus dem Lasttests konnte im Oktober 2016 die Erarbeitung dieses Abschlussberichts abgeschlossen werden.



Abbildung 5 Links: Darstellung des Kreuzfahrtterminals Altona und der Landstromanlage mit der AIDASol am Kai. Rechts: Übergabeeinrichtung zum Schiff (Quelle: HPA).

Infrastruktur HafenCity

Im Zeitraum August bis Oktober 2013 wurde die Entwurfs- und Genehmigungsplanung für die Infrastruktur HafenCity durchgeführt. Die Erteilung der wasserrechtlichen Genehmigung für den Liegeplatz und die Übergabeplattform erfolgte am 28.05.2014.

Die Bauleistungen in der HafenCity wurden in den Bau der Übergabeplattform (Stahlwasserbau) und die Herrichtung der Infrastruktur auf der Kaianlage unterteilt.

Im Zeitraum März bis April 2014 wurde als Vergabeverfahren für die Bauleistungen der Infrastruktur eine Preisanfrage durchgeführt. Im Zuge dieser Preisanfrage gaben zwei Bieter ein Angebot ab. Am 23.04.2014 konnte die Fa. Elektro Bellut mit der Durchführung beauftragt werden.

Von März bis April 2014 wurde im Rahmen des Vergabeverfahrens für die Bauleistungen der Übergabeplattform ebenfalls eine Preisanfrage durchgeführt. Im Zuge dieser Preisanfrage gaben 3 Bieter ein Angebot ab. Am 06.05.2014 konnte die Fa. Holst mit der Durchführung beauftragt werden.

Der Tiefbau auf der Kaifläche fand im Mai 2014 statt und die technische Ausstattung (Steckdosen-schächte) wurden ab Mai 2014 installiert. Die Erstellung der Plattform (Stahlbau) für die Stromübergabe der Power Barge erfolgte im Herbst 2014. Die Abnahme der Anlage erfolgte Anfang Juni 2015.

Die Anlage wurde erstmals am 30.05.2015 mit der Barge von BMS in Betrieb genommen und läuft seit Mitte 2016 im Regelbetrieb.

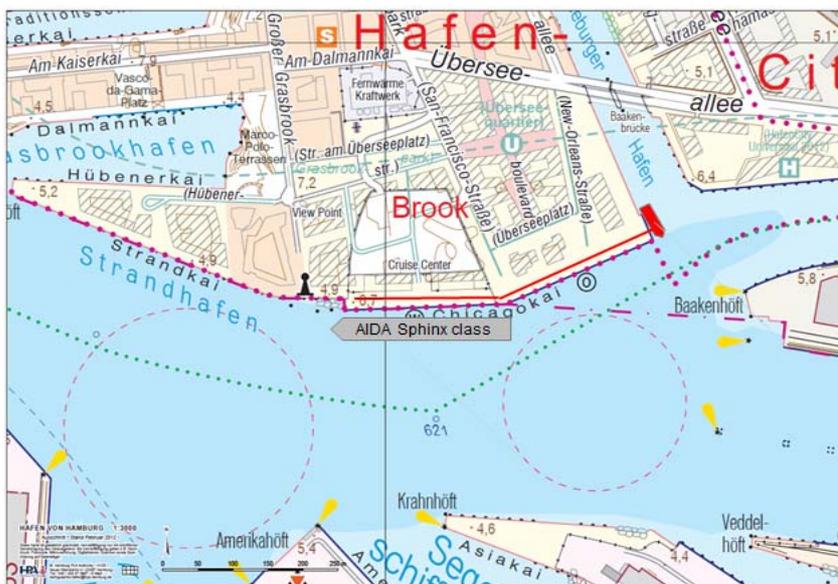


Abbildung 6: Lageplan Kreuzfahrtterminal HafenCity

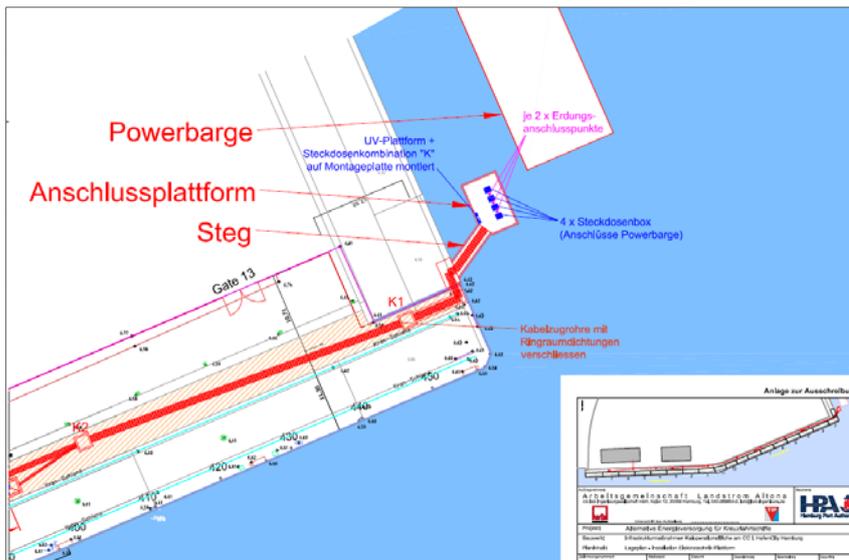


Abbildung 7: Lage der LNG PowerBarge am Kreuzfahrtterminal HafenCity (Quelle: HPA).



Abbildung 8: LNG PowerBarge am Kreuzfahrtterminal HafenCity (Quelle: HPA).

2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Landstromanlage Altona

Für die Landstromanlage wurde am 17.10.2013 eine Baugenehmigung gemäß Hamburgischer Bauordnung (HBauO) § 62 erteilt. Des Weiteren wurde am 22.10.2014 die Genehmigung des Sielanschlusses/ Entwässerungsgenehmigung von Hamburg Wasser erteilt.

Eine Luftschadstoffmessung muss gemäß der Baugenehmigung vom 17.10.2013 für die Landstromanlage Altona nicht durchgeführt werden, da durch die Landstromanlage keine neuen Luftschadstoffe anfallen, sondern Schiffsemissionen gemindert werden.

Bei der akustischen Auslegung der Landstromanlage war allerdings darauf zu achten, dass die Geräusche der Anlage nicht ton- und/oder impulshaltig sind und keine tieffrequenten Emissionen freisetzen. Die Ausbreitung möglicher akustischer Emissionen wurde im Rahmen der Abnahme der Anlage geprüft (siehe Kapitel 2.6.1).

Infrastruktur HafenCity / LNG-Hybrid Barge

Die Erteilung der wasserrechtlichen Genehmigung für den Liegeplatz und die Übergabepattform erfolgte am 28.05.2014.

Eine Auflage des Genehmigungsbescheids vom 15.05.2015 der BUE (zum Zeitpunkt des Bescheides noch BSU) für die Barge der Fa. BMS beinhaltet, dass Luftschadstoff- und Lärmmessung im Regelbetrieb der Barge nach Fertigstellung der endgültigen Wohnbebauung im Umfeld des Liegeplatzes in der HafenCity durchgeführt werden sollen. Angaben zu den Messungen werden in Kapitel 2.6.2 gegeben.

2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Landstromanlage Altona

Die in der Landstromanlage Altona installierte Kopfsteuerung dient der Anlagen-Visualisierung, sowie der Archivierung von Meldungen und Trends der Landstromversorgung-Altona. Hier werden folgende Messdaten kontinuierlich erfasst:

- Trafotemperaturen
- Raumtemperaturen
- Kühlwassertemperaturen
- Gesamtenergiebezug vom EVU (Zähler)
- Eigenbedarfsbezug (Zähler)
- Messwerte des Umrichters

Infrastruktur HafenCity:

In der HafenCity erfolgt die Bereitstellung des Stroms über die LNG-Barge, die durch einen Dritten, zurzeit BMS, betrieben wird. Die LNG Hybrid Barge „Hummel“ verfügt als Erzeugungsanlage über ein zentrales Prozessleitsystem, dass unter anderem folgende Betriebsparameter visualisieren kann und aufzeichnet:

- Brennstofflagermengen
- Brennstoffeinsatz
- LNG Prozessparameter (u.a. Verdampfungsprozess)
- Kühlwassertemperaturen
- Elektrischer Eigenbedarf
- Elektrische Wirkleistung an das Kreuzfahrtschiff

2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms¹

Landstromanlage Altona

Eine Luftschadstoffmessung muss gemäß der Baugenehmigung vom 17.10.2013 für die Landstromanlage Altona nicht durchgeführt werden, da durch die Landstromanlage keine neuen Luftschadstoffe anfallen, sondern Schiffsemissionen gemindert werden.

Bei der akustischen Auslegung der Landstromanlage war allerdings darauf zu achten, dass die Geräusche der Anlage nicht ton- und/oder impulshaltig sind und keine tieffrequenten Emissionen freisetzen. Die Ausbreitung möglicher akustischer Emissionen wurde im Rahmen der Abnahme der Anlage geprüft (siehe Anhang 5a und 5b). Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die vorhandene Belastung des Terminalbetriebs durch die Landstromanlage nicht erhöht wird. Es gibt weiterhin keine Anhaltspunkte für tieffrequente Geräuschimmissionen durch den Betrieb der Landstromanlage.

Infrastruktur HafenCity:

Eine Auflage des Genehmigungsbescheids vom 15.05.2015 der BUE (zum Zeitpunkt des Bescheides noch BSU) für die Barge der Fa. BMS beinhaltet, dass Luftschadstoff- und Lärmmessung im Regelbetrieb der Barge nach Fertigstellung der endgültigen Wohnbebauung im Umfeld des Liegeplatzes in der HafenCity durchgeführt werden sollen. Die endgültige Fertigstellung der Bebauung des Quartiers HafenCity ist allerdings zeitlich unklar. Den genauen Zeitpunkt der Durchführung für die Lärmmessungen konnte die HPA bzw. der Genehmigungsinhaber BMS von der BUE daher noch nicht erhalten. Die Immissionsmessung der Luftschadstoffe wurde dagegen Anfang Juni 2015 durch BMS durchgeführt. Deren Ergebnisse sind in Anhang 5c und 5d dargestellt und sind vertraulich zu behandeln.

Indem ein Kreuzfahrtschiff die Hilfsmaschinen am Liegeplatz ausschalten kann, werden in erheblichen Maße Emissionen reduziert. Die positiven Vorteile für die Luftqualität im Nahbereich eines Terminals werden für den Standort Altona in dem Gutachten LairmConsult (2013) umfangreich dargelegt. Im Gegensatz zur Energieversorgung über eine stationäre Landstromversorgung müssen bei der Versorgung über eine LNG Barge auch die durch die Verbrennung des LNG freigesetzten Emissionen bei der Beurteilung der lokalen Luftqualität einbezogen werden. Da die Emissionen der Barge auf geringerer Höhe (ca. 6 m) freigesetzt werden als die des Kreuzfahrtschiffes (ca. 30 m), können die Emissionen zu einer lokalen Erhöhung einiger Luftschadstoffe führen.

Dem Immissionsgutachten zufolge wird der Jahresmittelgrenzwert für NO₂ von 40 µg/m³ sicher eingehalten. Die zulässige Anzahl an Überschreitungen für den Stundenmittelgrenzwert von 200 µg/m³ wird an einem Messpunkt westlich der Barge um eins überschritten, d.h. insgesamt ergeben sich hier 19 Überschreitungen pro Jahr mit Werten größer als 200 µg/m³. Zum

¹ Sofern durchgeführt

Schutz der menschlichen Gesundheit werden gemäß Bebauungsplan für das Quartier „Hafen-City 15“ im Nahbereich des neu zu errichtenden Kreuzfahrtterminals keine Wohnungen, sondern Bürogebäude und ein Einkaufszentrum entstehen, welche mit einer Gebäudelüftung ausgestattet sein werden, sodass auch die NO_x-Emissionen der Barge hier keine Gefährdung darstellen.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Der Bau der Landstromanlage in Altona sowie der Infrastruktur in der HafenCity erforderte eine enge Abstimmung mit Betroffenen und Beteiligten, insbesondere mit den Betreibern der Kreuzfahrtterminals Altona und HafenCity, den Eigentümern der Flächen sowie der Reederei AIDA. Die Bauarbeiten fanden unter anderem während der Hamburger Kreuzfahrtsaison statt, so dass die Kaigelände während eines Schiffsanlaufs nicht oder nur stark eingeschränkt zugänglich war (ISPS-Standard). Demzufolge mussten die Bauarbeiten immer wieder planmäßig unterbrochen und den Schiffsanläufen angepasst werden.

Bei den ersten technischen Tests der Landstromanlage im Mai 2015 zeigte sich, dass weitere Tests erforderlich sein werden. Dies ist bei der Realisierung einer Pilotanlage nichts Ungeöhnliches. Dadurch konnte die erste geplante Vollversorgung des landstromfähigen Kreuzfahrtschiffes AIDAsol nicht wie erhofft am 25. Mai 2015 stattfinden. Die weiteren Tests ergaben, dass ein zusätzlicher Lastspitzenfilter entwickelt und eingebaut werden musste. Im Zeitraum Mai bis November 2015 wurde dieser entwickelt und in den Siemenswerken hergestellt. Der Einbau der Filter sowie die VOB-Abnahme erfolgten im Dezember 2015. Damit konnte die bauliche Fertigstellung der Gesamtanlage erfolgreich abgeschlossen werden. Nach 10 Lasttests mit Schiff konnte am 03.10.2016 erstmal eine Vollversorgung der AIDAsol erfolgen. Die Landstromanlage kann somit für die zukünftigen Schiffsanläufe ab der Kreuzfahrtsaison 2017 in den Regelbetrieb gehen.

Der Bau der LNG-Infrastruktur in der HafenCity verlief ohne Probleme, so dass am 30.05.2015 die Anlage mit der Barge von BMS erstmals in Betrieb genommen werden konnte.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

3.2.1 Lärm-Emissionen

Die Landstromanlage enthält verschiedenartige Schallquellen. Dies sind zum einen der installierte Frequenzwandler und zum anderen die Kühleinrichtungen zur Ableitung der Verlustwärme. Die Ergebnisse der lärmtechnischen Untersuchung, die der Genehmigungsbehörde zusammen mit dem Bauantrag vorgelegt wurden, zeigten, dass die Schallemissionen der Landstromanlage keinen erheblichen Einfluss auf relevante Immissionspunkte haben wird (siehe Anhang 5a). Dies konnte durch die Verwendung entsprechender Anlagenteile gewährleistet

werden.

Die schalltechnische Abnahmemessung wurde während der Testläufe (ohne Schiff) im Dezember 2015 durch die Fa. Müller-BBM durchgeführt. Den Bericht „Schalltechnische Abnahmemessungen an der Landstromversorgung am Cruise Center Altona - Bericht Nr. M121205/01“ befindet sich in Anhang 5b zu diesem Bericht. Die Messungen ergaben, dass durch die Landstromanlage die vorhandenen Belastungen nicht erhöht werden.

Die Schallemissionen bei einer Stromversorgung via Barge resultieren im Wesentlichen aus dem Betrieb der LNG-betriebenen Motoren und Generatoren sowie der Lüftungsanlagen an Bord der Barge. Im Genehmigungsverfahren für die Barge ist durch den privaten Barge-Betreiber BMS sicherzustellen, dass die immissionsschutzrechtlichen Anforderungen erfüllt werden.

Da den Anforderungen der BUE entsprechend die schalltechnischen Untersuchungen erst bei Fertigstellung der Wohnbebauung im Nahfeld der Anlage durchgeführt werden sollen, ist eine Überprüfung der schalltechnischen Prognose noch ausstehend (siehe Abschnitt 2.4.2).

3.2.2 Luftschadstoff- und Treibhausgas-Emissionen

Ermittlung des Energiebedarfs am Liegeplatz

Gemäß den Angaben einer Studie² aus dem Jahr 2008 beträgt der Leistungsbedarf eines Kreuzfahrtschiffes am Liegeplatz ca. 4.100 kW für kleinere Schiffe < 200 m und 7.500 kW für größere Schiffe > 200 m. Da auch im Kreuzfahrtsektor eine Schiffsgrößenentwicklung stattfindet, wird für den Abschlussbericht ein durchschnittlicher Bedarf in Höhe von 6.000 kW angenommen anstatt die in der Studie angenommenen 5.800 kW. Da sich alle Kreuzfahrtschiffe nach Baujahr, Größe, Design, Passagierzahl, Motorleistung und Motorkonfiguration unterscheiden ist der Leistungsbedarf eines Schiffes nur im Maximum am Liegeplatz, während der Manöverfahrt oder in Fahrt (geschwindigkeitsabhängig) bestimmbar. Der ermittelte Bedarf bezieht sich auf die gesamte Dauer der Liegezeit, dem Hotelbetrieb, wovon 7 % für die Dauer der Vertäuerung (Rüstzeit) abzuziehen sind, sodass nur 93 % des Hotelbetriebes (also 5.580 kWh) durch Landstrom ersetzt werden kann. Bei einer angenommenen mittleren Liegezeit von 12 h (siehe Antrag) beträgt der Energiebedarf am Liegeplatz durchschnittlich 66.960 kWh pro Anlauf.

Nicht bei jedem Kreuzfahrtschiff kann der gesamte Energiebedarf am Liegeplatz durch Landstrom ersetzt werden. Die Schiffe, die den Hamburger Hafen anlaufen, sind ebenfalls von Jahr zu Jahr unterschiedlich. Da der Anteil von Schiff zu Schiff variiert, bezieht sich die Berechnung der Luftschadstoffe auf den gesamten durchschnittlichen Energiebedarf am Liegeplatz.

² Siehe Machbarkeitsstudie von 2008 der Universität Göteborg und ABB (Autor Ericsson), Anhang 8

Methodik der Luftschadstoff- und Treibhausgas-Berechnung

Aus dem Fördermittelantrag ergibt sich hinsichtlich der Emissionen der Kreuzfahrtschiffe nicht, nach welchem Ansatz die eingesparten Luftschadstoffemissionen berechnet werden können. Die eingesparten Treibhausgas-Emissionen werden ausschließlich über den verwendeten Kraftstoff ermittelt. Das Emissionsverhalten der Schiffe ist je nach Baujahr und Motor-klasse (TIER I-II) sehr unterschiedlich. Es gibt seitens der Reeder keine Angaben zu den Luftschadstoffemissionen der Schiffe. Messwerte existieren nicht.

Die Emissionen des Schiffsverkehrs wurden von der HPA für das Jahr 2015 berechnet. Grundlage der Analysen ist das vom Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) für die HPA entwickelte Modell „Elbsimulation“ (ISL 2010). Mit der ISL Elbsimulation ist es mit Hilfe von externen Experten gelungen ein Emissionskataster für verschiedene Schiffsklassen (nicht für einzelne Schiffe) anhand der Motordaten zu ermitteln und die durchschnittlich anfallenden Emissionen in voller Fahrt, Manöver und am Liegeplatz zu berechnen. Das Tool wurde in den letzten 2 Jahren fortgeschrieben und generiert qualitativ deutlich bessere Ergebnisse im Vergleich zu den im Antrag enthaltenen Analysen von 2010. Bei dem Tool handelt es sich um ein Simulationsmodell, mit dessen Hilfe die gegenwärtigen und zukünftigen Entwicklungen des Schiffsverkehrs der Außen- und Unterelbe untersucht werden können. Neben der Beurteilung der verkehrlichen Entwicklung lassen sich mit diesem Modell auch auf Grundlage detaillierter Informationen zur Hamburger Schiffsflottenzusammensetzung die durch den Schiffsverkehr erzeugten Schadstoffemissionen berechnen (detaillierte Informationen zur Methodik des Modells siehe ISL 2010).

Grundsätzlich lassen sich Abgasemissionen mithilfe von motorspezifischen Emissionsfaktoren ermitteln, die üblicherweise in Bezug auf die erbrachte Motorleistung, die Treibstoffart und den Treibstoffverbrauch angegeben werden. Zur Berechnung der Emissionen sind daher neben den Emissionsfaktoren auch Angaben über den Betriebszustand der Antriebsaggregate erforderlich, insbesondere zur Auslastung. Da sowohl die Emissionsfaktoren als auch die Auslastungsgrade je nach Betriebszustand, Motorenkonzept und/oder Schiffstyp schwanken, sind für die Schiffsemissionen im Einzelfall größere Abweichungen vom Mittelwert möglich.

Mit dem weiter entwickelten Tool „Elbsimulation“ des ISL erfolgte unter Berücksichtigung der Schiffsanläufe, Aggregatauslastungen und Kraftstoffverbräuche eine Berechnung der aktuellen schiffsbedingten Luftschadstoffemissionen an den Kreuzfahrtterminals Hamburg Altona und HafenCity.

Die Berechnung der Emissionen der LNG-Hybrid Barge in der HafenCity erfolgt analog zur Betrachtung am Standort Altona hinsichtlich der Kriterien für die Kreuzfahrtschiffe. Den Umweltentlastungen entgegen gerechnet werden diejenigen Emissionen, die bei der Erzeugung von Energie auf der Barge mittels LNG entstehen. Diese Daten basieren auf:

1. den Angaben des Genehmigungsantrags für den Betrieb der Barge, der nach dem § 4 BImSchG erteilt wurde,
2. den Angaben und den Messergebnisse des Betreibers BMS,
3. den Angaben der Fördermittelantrages und der entsprechenden Quellen.

Ergebnisse der Luftschadstoff- und Treibhausgas Berechnung

Zur Bewertung der Minderungspotentiale werden die Prognose-Emissionen beider Terminals daher für jeden Luftschadstoff und das Treibhausgas CO₂ pro Stunde und pro Schiffsanlauf (à 12 h) berechnet. In Summe belaufen sich die Emissionen aller 177 Kreuzfahrtschiffe, die den Hamburger Hafen im Jahr 2015 an den drei vorhandenen Kreuzfahrtterminals (CCI HafenCity, CCII Altona und CCIII Steinwerder) angelaufen sind (Angaben gemäß Planungsinformationssystem (PLINS) der HPA), wie folgt (Tab. 1). Die Emissionen beruhen auf Daten aus dem Tool Elbsimulation und werden als Durchschnittswerte pro Stunde am Liegeplatz bezogen auf alle drei Terminals angegeben. Aus der Liegezeit aller Schiffe im Jahr ergibt sich dann die Gesamtemissionsmenge während der Liegezeit (= 177 Schiffsanläufe * 12 h Liegezeit = 2.124 h):

Tabelle 1: Emissionen der Kreuzschifffahrt am Liegeplatz im gesamten Hamburger Hafen im Jahr 2015

	NO _x	SO _x	PM ₁₀	CO ₂
Emissionen in kg pro Stunde am Liegeplatz	52,15	0,268	0,0517	4.256,8
Emissionen in t am Liegeplatz in 2015 (auf alle Kreuzfahrtschiffe und Terminals bezogen)	110,77	0,57	0,11	9.041,47

Damit stellt sich das durch Landstrom mögliche, zu substituierende Minderungspotential pro Anlauf eines Kreuzfahrtschiffes unter Berücksichtigung des Abzugs in Höhe von 7 % (Rüstzeit, siehe Kapitel 3.2.2) wie folgt dar (Tab. 2).

Tabelle 2 Durchschnittlich freigesetzte Emissionen pro Anlauf während der Liegezeit (12h) nach Luftschadstoff/Treibhausgas

	NO _x	SO _x	PM ₁₀	CO ₂
Emissionen in kg pro Anlauf (Hotelbetrieb = 100%)	625,82	3,22	0,62	51.081,6
Emissionen in kg pro Anlauf (Hotelbetrieb ohne Rüstzeit =93 %)	581,9	2,99	0,58	47.505,9

Mit den Prognosewerten (rot) - **Emissionen in kg pro Anlauf** - wird nachfolgend der Primärenergieverbrauch der Schiffe und der Barge sowie der Stromverbrauch der Landstromanlage rückgerechnet. Zur Berechnung der Emissionen der tatsächlich gelieferten Energiemengen werden die Prognosewerte benötigt und ins Verhältnis gesetzt.

Der Wirkungsgrad der Diesel-Elektrischen Bordstromaggregate der Schiffe wird mit 35% angenommen. Der erforderliche Energiebedarf in Höhe von 66.960 kWh pro Anlauf (siehe Abschnitt 3.2.2) soll durch Landstrom zur Verfügung gestellt werden und ersetzt somit eine auf dem Schiff, mit MDO, erzeugte Energiemenge in Höhe von 191.314 kWh, beziehungsweise eine Treibstoffmenge von 19.325 l bei einem Energiefaktor für MDO von 9,9 kWh/l. Unter Berücksichtigung des CO₂-Emissionsfaktors von 0,246 kg/kWh³ für Dieseltreibstoff (MDO) entstehen durch eine Bordstromversorgung für ein Kreuzfahrtschiff im Durchschnitt **47,06 t CO₂ pro Anlauf** (passt zum Vergleichswert Berechnung ISL „Elbsimulation“ 47,5 t; Tab. 2).

Diese Menge an CO₂-Emissionen wird theoretisch im Durchschnitt pro Anlauf in Altona vollständig durch die Verwendung von Landstrom auf Basis von CO₂-neutralem Strom aus erneuerbarer Energie eingespart (siehe Tabelle 3). Die Landstromanlage generiert die erforderlichen 66.960 kWh mit einem Wirkungsgrad von 85%. 15% Strombedarf benötigen die Komponenten der Anlage wie z. B. der Frequenzumformer. Dadurch erhöht sich der Ökostromverbrauch je mittlerem Schiff auf 78.776,5 kWh.

Der Wirkungsgrad der Gasmotoren der LNG-Hybrid Barge beträgt laut Herstellerangaben 39% bei Vollast (Quelle: BMS). Um in der HafenCity die durchschnittlich pro Anlauf benötigte Menge Strom von 66.960 kWh bereitzustellen, sind entsprechend 171.692 kWh durch LNG auf der Barge zu erzeugen. Dies entspricht einer LNG-Treibstoffmenge von 11.600 kg (siehe Tabelle 3):

Unter Berücksichtigung des CO₂-Emissionsfaktors von 0,201 kg/kWh⁴ für Gas entstehen bei der Verbrennung von LNG im Durchschnitt **34,5 t CO₂ pro Anlauf** (passt ebenfalls zum Vergleichswert ISL „Elbsimulation“ 47,5 t – 10,45 t (siehe in der nachfolgenden Tabelle: Minderungspotential HafenCity 22 %) = 37,0 t).

Anhand der Minderungspotentiale (siehe Angaben in Kapitel 2.1.2.2) der Anlagen in Altona und der HafenCity lassen sich nachfolgend die Umweltentlastungen eines durchschnittlichen Kreuzfahrtschiffes berechnen.

³ Emissionsfaktoren für CO₂, Stand März 2013, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg

⁴ Emissionsfaktoren für CO₂, Stand März 2013, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg

Tabelle3: Prozent Minderung und Summe der Prognose-Emissionen pro Anlauf

	NO_x	SO_x	PM₁₀	CO₂
Prozente HafenCity ⁵	88	100	100	22
Prozente Altona	100	100	100	100
Emissionen in kg pro Anlauf HafenCity	512,1	2,99	0,58	10.451,3
Emissionen in kg pro Anlauf Altona	581,9	2,99	0,58	47.505,9

Die nachfolgende Tabelle listet die Umweltentlastungen sowie die zusätzlich entstehenden Belastungen eines durchschnittlichen Kreuzfahrtschiffes auf. Eine Entlastung wird durch ein Minus-Zeichen und eine Belastung durch ein Plus-Zeichen ausgewiesen.

Tabelle4: Umweltbilanz pro Anlauf eines durchschnittlichen Kreuzfahrtschiffes im Vergleich zum Weiterbetrieb der Bordstromaggregate

	HafenCity	Altona
Primärenergieverbrauch ⁶ in kWh	+171.692	
Ökostromverbrauch ⁷ in kWh		+78.776,5
NO _x in kg	-512,1	-581,9
SO _x in kg	-2,99	-2,99
PM ₁₀ in kg	-0,58	-0,58
CO ₂ in kg	-10.451,3	-47.505,9
Fossile Ressource Marine Diesel in m ³	-19,3	-19,3
Fossile Ressource LNG in t	+11,6	-
Methan in kg (Methanschlupf ⁸ 11 kg/h)	+132	-
Methan umgerechnet in kg CO _{2eq} (25x)	+3.300	-
Summe CO _{2eq} in kg	-7.151,3	-47.505,9

⁵ Quelle BMS, Abb. 3 in Kapitel 2.1.2.2

⁶ Einschließlich Eigenbedarf der Anlage

⁷ Einschließlich Eigenbedarf der Anlage

⁸ Quelle: Genehmigungsantrag § 4 BImSchG LNG-Hybrid Barge Oktober 2015

3.3. Umweltbilanz

Die Umweltbilanzierung erfolgt anhand der tatsächlich erfolgten Schiffsanläufe 2015 und 2016, der tatsächlich gelieferten Energiemenge (Landstrom) sowie der schiffsseitig substituierten Kraftstoffmengen. Dabei finden die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Randbedingungen Berücksichtigung. Des Weiteren erfolgt eine Prognose über die Umweltentlastung aufgrund der Anzahl der bereits gebuchten Anläufe in 2017 mit den Daten eines durchschnittlichen Kreuzfahrtschiffes (siehe Kapitel 3.2.2).

Landstromanlage Altona

Da die Anlage am 03.10.2016 den letzten Testbetrieb erfolgreich absolviert hat, kann bestätigt werden, dass eine Vollversorgung der AIDAsol in Höhe von durchschnittlich ca. 4,2 MW über einen 7-stündigen Zeitraum erreicht werden konnte. Die AIDAsol schaltet am Liegeplatz alle Maschinen aus und wird mit Landstrom versorgt – es handelt sich hier, wie bei den meisten Schiffen, immer um eine Vollversorgung am Liegeplatz, egal ob in Altona oder in der Hafency. Die gesamte gelieferte Energiemenge an die Landstromanlage betrug 29.177,2 kWh. Der Eigenbedarf der Anlage beträgt 15 %, also 4.376,6 kWh pro Anlauf. Die Leistungsabnahme der AIDAsol betrug damit am 03.10.2016 maximal 4.050 kW/h. Die Differenz zwischen dem Leistungsbedarf eines durchschnittlichen Kreuzfahrtschiffes in Höhe von 5.580 kW/h und der tatsächlichen Leistungsabnahme der AIDAsol läßt sich folgendermaßen begründen. Der Leistungsbedarf einer Vollversorgung variiert erheblich in Abhängigkeit der Größe des Schiffes und der sich an Bord befindlichen Passagiere sowie der Witterungsverhältnisse die eventuell eine Klimatisierung oder ein Heizen bedingen.

Tabelle 5: Umweltbilanz für 2016 (Anlauf AIDAsol am 3.10.) und Prognosewerte für 2017

	2016	Prognose 2017 AIDAsol (9x)	Prognose 2017 (80 Anläufe)	Prognose Antrag
Ökostromverbrauch in kWh gesamt	+29.177,2	+262.594,8	+6.302.120	+8.140.500
ohne Eigenbedarf (85%) in kWh	24.800,6	223.205,4	5.356.802	
NO _x in kg	-215,5	-1.939,5	-46.552	
SO _x in kg	-1,11	-9,99	-239,2	
PM ₁₀ in kg	-0,215	-1,935	-46,4	
CO ₂ in kg	-17.595,2	-158.356,8	-3.800.472	-3.354.000
Fossile Ressource MDO in m ³	-7,15	-64,35	-1.544	

Insgesamt zählte der Terminal in Altona in 2015 42 Schiffsanläufe und in 2016 47 Anläufe von Kreuzfahrtschiffen. Für die Umweltbilanz konnte nur eine Vollversorgung der AIDA Sol am 03.10.2016 herangezogen werden.

Prognosedaten aufgrund von Buchungen liegen für 2017 vor. Für 2018 werden die Buchungen erst in 2017 abgeschlossen. Als Berechnungsgrundlagen für die Emissionen wurde ein durchschnittliches Kreuzfahrtschiff für 80 Anläufe à 12 h Liegezeit (80 x 78.776,5 kWh) am Terminal in Altona gerechnet und damit eine alternative Stromversorgung für 100 Prozent der anlaufenden Kreuzfahrtschiffe unterstellt, obwohl die landstromfähige AIDA Sol voraussichtlich nur 9x in Altona erwartet wird. Im Vergleich zu den Antragsdaten haben sich in der Zwischenzeit die Schiffsgrößen verändert, sodass von einem höheren mittleren Stromverbrauch am Liegeplatz von 66.960 kWh ausgegangen wird. Die im Fördermittelantrag prognostizierte CO₂-Reduktion beruht auf der Annahme von 81 Schiffsanläufen.

LNG-Barge HafenCity

Die Anlage wurde Mitte 2015 fertiggestellt und in Betrieb genommen. Seitdem wurde ausschließlich die AIDA Sol versorgt. Da es sich um die erste derartige Anlage handelt und somit um die erste Inbetriebnahme sind Startprobleme erfahrungsgemäß zu erwarten, sodass in 2015 bei den 11 erfolgten Anläufen nicht immer eine Vollversorgung gelang. In 2016 lief die AIDA Sol den Terminal an der HafenCity 16x an und konnte deutlich kontinuierlicher durch die Barge versorgt werden. Seit Mitte 2016 zeigen die Aufzeichnungen von BMS (sind nicht für die Veröffentlichung freigegeben) das seit der 11. Versorgung jeweils gemittelt 47,45 MW umgerechnet 3.954 kWh übergeben wurden (Berechnung erfolgte unter der Annahme das die AIDA Sol 12 Stunden am Liegeplatz lag).

2015 wurden insgesamt 105.538 kWh geliefert mit einem LNG-Verbrauch von 25.133 kg (Quelle: BMS). In 2016 wurden 448.090 kWh geliefert bei einem LNG-Verbrauch von 95.174 kg. Aus den tatsächlichen Verbrauchsdaten lässt sich erkennen, dass der Wirkungsgrad der LNG-Motoren ca. 33% betrug. Mögliche Gründe sind beispielsweise, dass die Versorgung der AIDA Sol nur im unteren und mittleren Leistungsbereich der Barge erfolgte bzw. es sich in 2015 um die Inbetriebnahmephase handelte. Die Minderung der Umweltentlastung bei der Versorgung von kleineren Schiffen bzw. im mittleren Leistungsbereich der Barge bleibt bei der Betrachtung und der Berechnung der Prognosen unberücksichtigt.

Tabelle 6: Umweltbilanz für 2015 und 2016 und Prognosewerte für HafenCity

	2015	2016	Prognose 2017 (35 Anläufe)	Prognose Antrag
Primärenergieverbrauch in kWh	+105.538	+448.090	+6.009.220	10.251.000
NO _x in kg	-314,8	-1.336,5	-17.923,5	
SO _x in kg	-1,84	-7,8	-104,65	
PM ₁₀ in kg	-0,36	-1,51	-20,3	
CO ₂ in kg	-6.424,3	-27.276,3	-365.795,5	
Fossile Ressource MDO in m ³	-11,86	-50,37	-675,5	
Fossile Ressource LNG in t	+25,1	+95,2	+406,0	
Methan in kg (Methan- schlupf ⁹ 11 kg/h)	+81,1	+344,4	+4.620	
Methan umgerechnet in kg CO _{2eq} (25x)	+2.027,5	+8.610	+115.500	
Summe CO _{2eq} in kg	-4.396,8	-18.666,3	-250.295,5	-1.824.000

Insgesamt zählte der Terminal in der HafenCity in 2015 68 Schiffsanläufe und in 2016 47 Anläufe von Kreuzfahrtschiffen. Davon konnten in 2015 11 Anläufe und in 2016 16 Anläufe mit LNG versorgt werden.

Prognosedaten aufgrund von Buchungen liegen lediglich für 2017 vor. Als Berechnungsgrundlagen für die Emissionen wurde ein durchschnittliches Kreuzfahrtschiff für 35 Anläufe am Terminal in der HafenCity gerechnet und damit eine alternative Stromversorgung mit LNG für 100 Prozent der anlaufenden Kreuzfahrtschiffe unterstellt. In 2017 kann allerdings voraussichtlich kein Schiff mittels der LNG-Barge am Terminal mit Strom versorgt werden, da die Erweiterung der HafenCity in direkter Nähe zum Terminal eine Versorgung aus Platzgründen und Sicherheitsgründen keine LNG-Versorgung der Kreuzfahrtschiffe zulässt. Die im Antrag prognostizierte CO₂-Reduktion beruht auf der Annahme von 102 Schiffsanläufen.

Die Erfahrungen mit der AIDA Sol zeigen, dass der Energiebedarf in Altona mit 4.050 kW/h verglichen mit dem Energiebedarf in der HafenCity mit 3.954 W/h nahezu identisch sind und bestätigen somit die Richtigkeit der Angaben.

⁹ Quelle: Genehmigungsantrag § 4 BImSchG LNG-Hybrid Barge Oktober 2015

3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Landstromanlage Altona

Die Landstromanlage Altona ist ein erster Baustein für die Umsetzung des Gesamtkonzeptes zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen. Das Projekt ist als Pilotprojekt zu bezeichnen, so dass die Finanzierung der Investitionskosten über Zuschüsse der EU, des Bundes und des Landes sichergestellt werden konnte. Eine Refinanzierung dieser Investitionen ist durch den Betrieb der Landstromanlage nicht vorgesehen und kann unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch nicht erreicht werden. Ziel ist es, die laufenden Betriebskosten sowie die Strombezugskosten vollständig an die Nutzer der Anlage in Rechnung zu stellen. Der BusinessCase wird zurzeit bei der HPA erstellt und liegt zurzeit als Diskussionsvorlage vor (siehe Anhang 7a und 7b). Die Anhänge 7a und 7b sind vertraulich zu behandeln und nicht an Dritte herauszugeben.

Infrastruktur HafenCity

Die Unterhaltung der LNG Infrastruktur ist in den normalen Unterhaltungsbetrieb des Hafens integriert. Die Nutzer des Liegeplatzes entrichten eine Liegeplatzgebühr gemäß der AGB der HPA. Da diese die jährlichen Betriebskosten bisher nicht deckt, trägt die HPA, wie in der Drucksache 20/9298 festgelegt, die Differenz.

3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Gemäß den gesetzlichen Vorgaben der Richtlinie 2012/33/EU werden Schiffe während der Liegezeit im Hafen mit MDO betrieben. Für die Luftqualität und die öffentliche Gesundheit in den Hafenstädten stellt dies eine starke Belastung dar. In der Regel schalten die Schiffe am Liegeplatz ihre Antriebsmotoren ab, nutzen dafür aber Hilfsmotoren, um die schiffsseitigen Anlagen mit Strom und Wärmeenergie zu versorgen. Durch die Stromerzeugung an Bord werden Emissionen erzeugt, hauptsächlich Stickoxide (NO_x), Schwefeloxide (SO_x) und Feinstaubpartikel (PM), sowie zusätzlich Kohlenstoffdioxid (CO₂).

Diese Emissionen können während der Liegezeit in Altona durch Nutzung von umweltfreundlicherem Landstrom und in der HafenCity aus einer durch LNG produzierten Stromversorgung reduziert werden.

Der innovative Teil der umgesetzten Projekte liegt in der hohen Leistung bis zu 12 MVA, die für die Versorgung von Kreuzfahrtschiffen der neuesten Generation benötigt wird. Darüber hinaus muss mit der Landstromanlage der aus dem öffentlichen Netz gelieferte Strom von 10 kV/50 Hz auf die von Kreuzfahrtschiffen benötigte Spannung von 11 kV/60 Hz umgewandelt werden.

4. Übertragbarkeit

4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Erfahrungen aus der Projektumsetzung und den Lasttests mit Schiff wurden in einem Best Practice Bericht zusammengefasst und können dem Anhang 3 entnommen werden. Der Best Practice Bericht soll andere Häfen dabei unterstützen, die Konzepte Landstromanlage und LNG-Versorgung bei sich effektiv umzusetzen. Um dies zu gewährleisten kann der Best Practice Bericht z.B. bei den regelmäßigen Treffen des Onshore Power Supply Networks (Anrainerstaaten Ost- und Nordsee) zur Verfügung gestellt werden.

4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Sowohl die Landstromanlage als auch die LNG-Infrastruktur der HafenCity können ohne technische Änderungen in allen Häfen weltweit übernommen werden. Damit die Kompatibilität für die Kreuzfahrtschiffe in den unterschiedlichen Häfen gewährleistet ist, wird empfohlen die Anlagentechnik in anderen Häfen zu übernehmen.

Durch die Erfahrungen aus dem Bau und der Praxiseinführung der beiden innovativen Techniken in Hamburg, könnten aufbauend auf diesem Wissen weitere Projekte weltweit ohne technische Probleme realisiert werden. Die Planungs- und Bauzeit einer vergleichbaren Landstromanlage oder einer vergleichbaren LNG-Infrastruktur ohne Bauverzögerung beträgt ca. 2 Jahre. Der Wissenstransfer kann wie im Kommunikationskonzept in Anhang 4a dargestellt gewährleistet werden. Seit 2014 wurde die Landstromanlage Altona sowie die LNG Infrastruktur der HafenCity in diversen Vorträgen und Vorortbesichtigungen vorgestellt (siehe Anhang 4b). Für die Zukunft sind neben den in Kapitel 4.1. erwähnten regelmäßigen Treffen des Onshore Power Supply Networks auch weitere Vorortbesichtigungen für interessierte Stakeholder geplant. Ebenso werden weiterhin Fachkonferenzen für die Vorstellung der beiden alternativen Energieversorgungskonzepte avisiert. Darüber hinaus werden Informationen auf der Umweltdatenbank der UBA, der Homepage der HPA sowie auf der Website der World Port Climate Initiative veröffentlicht.

In Anhang 4c ist eine Pressenotiz beigelegt, die für weitere Informationsverbreitung genutzt werden kann.

Das Wissen über die benötigte Planungs- und Bauzeit einer LNG PowerBarge ist internes Betriebswissen vom BMS und kann hier nicht angegeben werden.

5. Zusammenfassung/Summary

– Einleitung/Introduction

Die HPA betreibt das Hafenmanagement der FHH und ist für alle behördlichen Belange des Hamburger Hafens zuständig. Sie ist Ansprechpartner für alle Fragen der Sicherheit des Schiffsverkehrs, der Hafenbahnanlagen, des Immobilienmanagements, der wasser- und landseitigen Infrastruktur sowie der wirtschaftlichen Bedingungen im Hafen.

Aufgrund der steigenden Schiffsanlaufzahlen im Kreuzfahrtbereich wird seit einigen Jahren im politischen Raum der Stadt Hamburg diskutiert, wie die Emissionen (NO_x , SO_x , PM_{10} und CO_2), die durch die Stromerzeugung an Bord mit Marine Diesel entstehen, während der Liegezeit im Hamburger Hafen reduziert werden können. Die HPA hat daher im Auftrag der FHH ein Gesamtkonzept zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen erarbeitet. Dieses beinhaltet als ersten Baustein den Umsetzungsplan für die Errichtung und den Betrieb einer stationären Landstromanlage am Kreuzfahrtterminal Altona. Als zweiten Baustein enthält es die Schaffung der erforderlichen Infrastruktur für eine Versorgung mittels privat betriebener Barge am Kreuzfahrtterminal HafenCity.

– Vorhabenumsetzung/Project Implementation

Zur Vermeidung der beschriebenen Emissionen ist es notwendig, die Schiffe einerseits während ihrer Liegezeit mit Energie zu versorgen, andererseits die Verbrennung von MDO zu substituieren. Durch den Einsatz von Landstrom bzw. der Stromerzeugung durch LNG anstatt MDO, soll eine energieeffizientere und umweltfreundlichere Stromerzeugung während der Liegezeit ermöglicht werden.

Der Strom für die Versorgung der Kreuzfahrtschiffe am Terminal Altona wird dem örtlichen Mittelspannungsnetz entnommen und den Schiffen mittels einer stationären Landstromanlage zur Verfügung gestellt. Für diese Landstromanlage waren neu zu errichten: eine Mittelspannungszuleitung aus dem Landnetz, eine landseitige Umformerstation, eine mit der Umformerstation über ein unterirdisch verlegtes Kabel verbundene Übergabestation sowie deren Kabelkanal und Garage. Durch die Umformerstation werden die erforderliche Spannung (11 kV) und Frequenz (60 Hz) bereitgestellt, um Kreuzfahrtschiffe mit einer Leistung von bis zu 12 MVA (Megavoltampere) versorgen zu können. Eine Versorgung mit einer Spannung von 6,6 kV ist ebenfalls möglich. In diesem Fall beträgt die Leistungsstärke lediglich 7 MVA, da ansonsten die Kabelquerschnitte erheblich vergrößert hätten werden müssen.

Der Strom für die Versorgung der Kreuzfahrtschiffe am Terminal HafenCity wird auf schwimmenden Barge in Blockheizkraftwerken erzeugt. Die PowerBarge von BMS hat aktuell eine Leistung von max. 7 MVA und ist erweiterbar auf max. 10,5 MVA. Von der HPA wurde die benötigte Infrastruktur geschaffen, um den Strom von der PowerBarge an ein Kreuzfahrtschiff zu übergeben. Diese besteht hauptsächlich aus einer Übergabepattform, einem Kabelkanal und auf der Kaikante im Boden eingelassene Übergabesteckdosen.

– **Ergebnisse/Project results**

Die Auswertung der durchgeführten Emissionsmessungen (Luft und Lärm) in Altona und der Hafencity ergaben, dass alle gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten werden.

Für die Umweltbilanz pro Anlauf eines durchschnittlichen Kreuzfahrtschiffes ergeben sich folgende Einsparpotenziale:

Tabelle 7: Einsparpotenziale

	HafenCity	Altona
NO _x in kg	-512,1	-581,9
SO _x in kg	-2,99	-2,99
PM ₁₀ in kg	-0,58	-0,58
Summe CO _{2eq} in kg	-7.151,3	-47.505,9

Die Baukosten für die Landstromanlage und die LNG Infrastruktur können durch Nutzungsentgelte nicht refinanziert werden. Für die Landstromanlage konnte für die Betriebskosten ein Business Case ermittelt werden, der sichergestellt, dass die Betriebskosten durch die Nutzer gedeckt werden. Für die Hafencity ist dies bisher nicht gelungen. Die Differenz zwischen eingenommener Liegeplatzgebühr und den anfallenden Betriebskosten trägt die HPA.

– **Ausblick/Prospects**

Die Probleme, die beim Bau der Landstromanlage Altona und während der Test der Anlage aufgetreten waren, sind darauf zurückzuführen, dass es sich bei der Anlage um eine Pilotanlage handelt und technische Details, die vorher nicht bekannt waren, nachgerüstet werden mussten (z.B. Lastspitzenfilter). Durch eine ausführliche „Lessons Learned“-Auswertung, die im Best Practice Bericht beschrieben wird, kann sichergestellt werden, dass in Zukunft der Bau weiterer, ähnlicher Landstromanlagen reibungsloser durchgeführt werden kann.

Summary

– Introduction

The HPA provides port management services on behalf of the FHH and handles the regulatory issues relating to the Port of Hamburg. It is the contact point for all kinds of questions concerning the navigational safety of vessel traffic, port railway facilities, port property management, waterside and landside infrastructure, and business conditions in the port.

In view of the rising number of cruise ship visits the politicians of the City of Hamburg have been debating for several years how to reduce emissions (NO_x, SO_x, PM₁₀ and CO₂) produced by the onboard marine diesel oil (MDO) fuelled generators of ships at berth in the Port of Hamburg. Commissioned by the FHH, the Hamburg Port Authority (HPA) has prepared a concept to supply alternative energy to cruise ships docked at the Port of Hamburg. The first phase of the concept involves the installation and operation of a permanent shore power station at the cruise terminal in Altona. The second phase of the concept involves the establishment of the infrastructure required to supply power to cruise ships via privately operated power barges at the HafenCity cruise terminal.

– Project Implementation

To avoid emissions from idling ship engines as described above vessels at berth must be supplied with shore power and MDO must be substituted. Providing shore power and/or power generated by LNG instead of by MDO is more energy-efficient and cleaner as ships can turn their engines off while docked.

The power supplied to cruise liners docking in Altona via the permanent shore power station is taken from the local medium-voltage grid. A new medium-voltage power cable was laid to distribute the electricity taken from the grid. A shoreside converter substation and a power transfer vehicle connected to the converter substation via an underground cable as well as a cable channel [for the underground cable] and a garage [for the transfer vehicle] were installed. The converter substation provides the required voltage (11 kV/ 6.6 kV) and frequency (60 Hz/ 50 Hz) to supply the cruise ships with 12 MVA/ 7 MVA. A power supply voltage of 6.6 kV with a maximum capacity of 7 MVA can also be provided. A higher transformer rating would have required bigger cable cross sections.

Combined heat and power plants onboard floating barges produce the electricity that is supplied to cruise ships berthing at HafenCity. Die BMS PowerBarge currently produces up to 7 MVA and can be upgraded to produce up to 10.5 MVA. The HPA installed the infrastructure needed to supply electricity from the PowerBarge to cruise ships, which mainly consists of a transfer platform, a cable raceway and plugs embedded in the ground at the quay edge.

– Project Results

An analysis of the (air and noise) emissions in Altona and in HafenCity revealed that the measured values are within the statutory limit values.

The environmental saving potential per call of an average cruise ship for the shore power station in Altona and for the LNG-Infrastructure in the HafenCity is:

Table 7: Environmental saving potential

	HafenCity	Altona
NO _x in kg	-512,1	-581,9
SO _x in kg	-2,99	-2,99
PM ₁₀ in kg	-0,58	-0,58
Summe CO _{2eq} in kg	-7.151,3	-47.505,9

The costs to build the shore power station and establish the LNG infrastructure cannot be recovered through user fees. A business case prepared for the shore power station in Altona determined that the station's operating costs will be covered by users. This is not the case in HafenCity; here, the HPA bears the difference between the revenues collected from berth fees and the operating costs incurred.

– Prospects

The problems that surfaced during the construction of the shore power station in Altona and the tests of the facility can be attributed to the fact that the station is a pilot plant and had to be retrofitted with, e.g., peak load filters because some things could not be foreseen. The knowledge and understanding gained from the project and presented in the Best Practice Report will be incorporated in future shore power station installation projects.

6. Abkürzungen

AöR:	Anstalt Öffentlichen Rechts
BImSchG:	Bundesimmissionsschutzgesetz
BMUB:	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMS:	Becker Marine System GmbH
BUE:	Behörde für Umwelt und Energie
BSU:	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt
BWVI:	Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovationen
CCI	Kreuzfahrtterminal HafenCity
CCII:	Kreuzfahrtterminal Altona
CCIII	Kreuzfahrtterminal Steinwerder
CO ₂ :	Kohlenstoffdioxid
Drs.:	Drucksache
EU:	Europäische Union
FHH:	Freie und Hansestadt Hamburg
HBauO:	Hamburgische Bauordnung
HPA:	Hamburg Port Authority AöR
ISL:	Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik
ISPS:	International Ship and Port Facility Security Code
LNG:	Liquide Natural Gas
MGO	Marine Gas Oil
MDO:	Marine Diesel Öl
NO _x :	Stickstoffoxide
PM:	Feinstaubpartikel
SO _x :	Schwefeloxide
UBA:	Umweltbundesamt
VOB:	Verdingungsordnung für Bauleistungen

7. Literatur

Drucksache 20/5316: Stellungnahme des Senats zu dem Ersuchen der Bürgerschaft vom 12.10.2011 „Landstrom – Konzepte, Kosten und Bewertung.“

Drucksache 20/9298: Konzept zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen vom 10.09.2013.

LAIRM Consult 2013: Ermittlung zu Luftschadstoffimmissionen und Minderungspotentialen für den Betrieb der vorhandenen Kreuzfahrtterminals in Hamburg. Gutachten im Auftrag der BSU vom März 2013.

ISL 2013: Prognose der Schiffsanläufe und Emissionen im Hamburger Hafen, Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) Bremen, Stand August 2012.

ISL 2010: Elbsimulation. Simulationsmodell zur Untersuchung des Schiffsverkehrs auf der Außen- und Unterelbe. Bremerhaven, Juli 2010.

8. Anhang

Anhang 1_Drucksache 20/9298: Konzept zur alternativen Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen im Hamburger Hafen

Anhang 2_Zeichnungen/Fotos

Anhang 3_Best Practice Bericht Landstromanlage Altona

Anhang 4a_Kommunikationskonzept Landstromanlage Altona

Anhang 4b_Vorträge und Besichtigungen

Anhang 4c_Pressenotiz

Anhang 5a_Schallimmissionsprognose Landstromanlage Altona

Anhang 5b_Schalltechnische Abnahmemessungen Landstromanlage Altona

Anhang 5c_Ausbreitungsrechnung Luftschadstoffe HafenCity **Vertraulich zu behandeln!**

Anhang 5d_Emissionsmessungen HafenCity **Vertraulich zu behandeln!**

Anhang 6_Nachweis Abgasführung PowerBarge **Vertraulich zu behandeln!**

Anhang 7a_Diskussionsvorlage GL Business Case LSA **Vertraulich zu behandeln!**

Anhang 7a_Diskussionsvorlage GL Business Case LSA_Berechnungen **Vertraulich zu behandeln!**

Anhang 8_Machbarkeitsstudie von 2008 der Universität Göteborg und ABB **Vertraulich zu behandeln!**

Die Anhänge finden Sie digital auf der beiliegenden DVD.