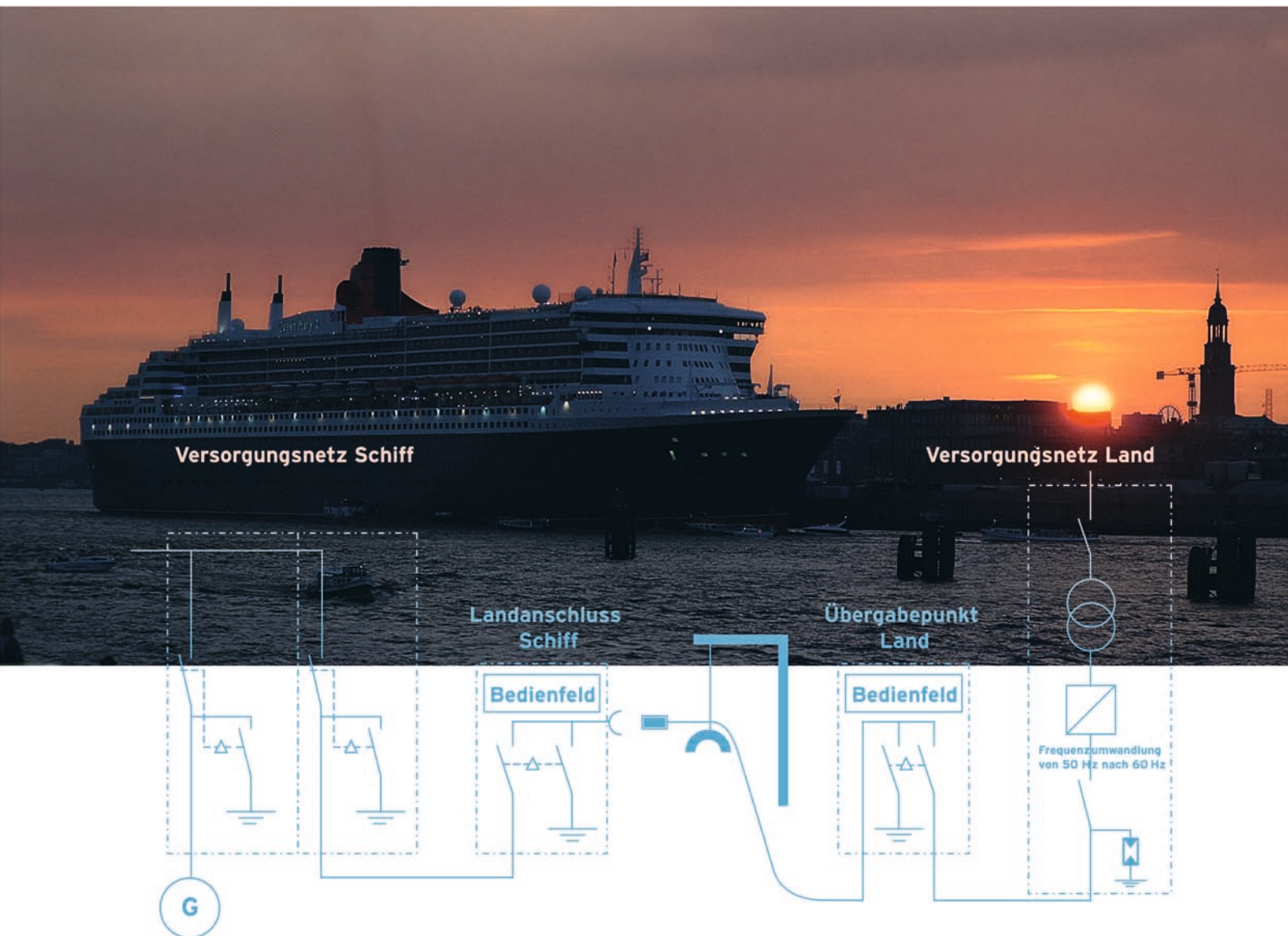


Landstromversorgung von Kreuzfahrtschiffen

Betrachtung und Möglichkeiten in der HafenCity Hamburg



Die vorgelegte Arbeit ist eine Kooperation von

IVH-INDUSTRIEVERBAND HAMBURG

Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH

Germanischer Lloyd AG

Siemens AG

mit freundlicher Unterstützung

der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg und

der HafenCity Hamburg GmbH



Danksagung

Bei allen Beteiligten möchten wir uns für die engagierte, motivierte Zusammenarbeit und Unterstützung bedanken. Die stete Diskussionsbereitschaft mit vielseitigen Denkanstößen hat die Entstehungsphase dieser Studie sehr bereichert und während der gesamten Arbeitsphase angehalten.

Besonders in der heutigen Arbeitswelt mit immer höherer Auslastung jedes Einzelnen wissen wir Ihr Engagement, Ihr großes Interesse und den zeitlichen Aufwand beim Forschen und Diskutieren dieser Arbeit sehr zu schätzen.

Frau Dr. Reinhild Kutzinski
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg

Herr Thomas Hartmann
Germanischer Lloyd AG

Herr Robert Voigt
HafenCity Hamburg GmbH

Herr Marc März
IVH-INDUSTRIEVERBAND HAMBURG

Herr Hans-Erhard Schmidt
Siemens AG

Herr Michael Römer
Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH

Herr Frank Bomke
Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH

Herr Sven Bäuml
Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Einleitung	5
Historie der Speicherstadt	6
Neuorientierung nach 100 Jahren Hafenbetrieb	6
Die Hafencity Hamburg	7
Hafencity Hamburg - Entwicklungsstand 2008	7
Das Kreuzfahrtterminal	9
Kreuzfahrtschiffe	11
Ein Größenvergleich	12
Die Ausstattung - mehr als nur ein Schiff	13
Kreuzfahrtschiffe heute	14
Emission und Umweltbelastung	15
Gesetzliche Rahmenbedingungen	15
Begrenzung von Schiffsemissionen	15
Luftqualitätsziele	16
Situation in der Hafencity	16
Schadstoffemissionen von Kraftwerken und Schiffen - ein Vergleich	18
Technik	19
Einführung in die Technik	19
Beispiel einer Landstromversorgung	20
Installation im Hafen	20
Netzqualität	20
Netzauslegung	21
Kurzschlussleistung	21
Anlagenschutz	21
Kabelzuführungssystem	21
Verriegelungen	22
Bordnetzspannung / Leistung	23
Netzfrequenz an Bord und an Land	25
Technische Möglichkeiten und bestehende Konzepte	26
Port of Los Angeles	26
Port of Seattle, Port of Juneau und weitere	28
Hafen Lübeck	29

Lösung für den Kreuzfahrtterminal HafenCity Hamburg	30
Netzanschluss der Landstromversorgungseinrichtungen	30
Anschlusspunkt 1	31
Anschlusspunkt 2	31
HafenCity Kreuzfahrtterminal - Anforderungen	32
Technische Voraussetzungen auf dem Schiff	38
Betriebskosten	39
Vollversorgung aller Schiffe HV / LV, vorausgesetzt daraus resultierender kWh Preis	40
Betreibermodell	41
Gesamtkosten	42
Netzanschluss durch Vattenfall	42
Installation der Landstromversorgungsanlage	42
Baukosten	44
Kostenannahme	44
Gebäude	44
Gräben in der Kaioperationsfläche	44
Leerverrohrung zwischen Gebäude und den beiden Gräben	45
Kostenzusammenfassung Baukosten	45
Gesamtkosten / Zusammenfassung	46
Zusammenfassung und Fazit	47
Allgemeines	47
Kosten und Technik	47
Wichtige Rahmenbedingungen zur Einordnung des Lösungsansatzes	48
Technische Rahmenbedingungen	48
Ökonomische Rahmenbedingungen	48
Ökologische Rahmenbedingungen	49
Ausblick	50
Quellennachweis	51
Bildverzeichnis	51
Tabellenverzeichnis	52
Rechteinhaber der verwendeten Bilder	52

Einleitung

Diese Studie zeigt technische Rahmenbedingungen einer landseitigen Stromversorgung für Kreuzfahrtschiffe am Terminal HafenCity. Auf Basis eines detaillierten technischen Lösungsansatzes werden mögliche Kosten einer Implementierung des Systems am Kreuzfahrtterminal HafenCity ermittelt. Zudem werden die wesentlichen technischen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen einer politischen Entscheidung über die Implementierung eines Systems der landseitigen Stromversorgung in der HafenCity zusammen gefasst.

Der vorgestellte technische Lösungsansatz bezieht sich ausdrücklich auf die Versorgung von Kreuzfahrtschiffen. Er ist mit entsprechender Anpassung auf andere Kreuzfahrtterminals, z. B. in Altona übertragbar, nicht jedoch auf andere Schiffstypen und Terminals im Hafen, die in keiner Form vergleichbare technische und ökonomische Rahmenbedingungen aufweisen.

Vor dem Hintergrund der Entwicklung im Schiffbau ist zu erwarten, dass die zukünftigen Schiffsneubauten im Kreuzfahrtbereich ein Bordnetz im Mittelspannungsbereich mit 11 kV und 60 Hz aufweisen. Eine Versorgung der heute noch im Einsatz befindlichen kleineren Schiffe mit einer Niederspannungsversorgungsspannung von z. B. 400V, 440V, 660V oder 690V mit 50Hz bzw. 60Hz ist im Rahmen des vorgestellten technischen Lösungsansatzes nicht vorgesehen, allerdings technisch möglich. Die entsprechend höheren Implementierungskosten und die potentielle Auslastung der Anlage sollten in einer separaten Studie ermittelt werden.

Historie der Speicherstadt

Im Jahre 1881 beschloss die Hamburger Bürgerschaft unter dem verstärkten Druck des Reiches, die Hansestadt bis zum Jahre 1888 an das Zollgebiet des Deutschen Reiches anzuschließen. Damit wurde die bis dahin für das gesamte Stadtgebiet geltende Zollfreiheit aufgegeben. Lediglich in einem vom übrigen Stadtgebiet abgetrennten, durch einen Zollkanal gesicherten Freihafenbezirk sollten sich Schifffahrt, Warenhandel und Exportindustrie weiterhin zollfrei entfalten können. So entstanden neue Brücken, Zollgebäude und der Zollkanal, der das Freihafengebiet von der Stadt abtrennte.

Als Kompensation für die Speicherflächen in der Innenstadt wurde im Gebiet des Freihafens zwischen 1885 und 1913 in drei Ausbaustufen ein neuer Lagerhauskomplex, die „Speicherstadt“, errichtet. Der Preis dafür war allerdings hoch: Zwei intakte Stadtviertel wurden geopfert: der Kehrwieder, ein altes Arbeiterquartier mit Fachwerkhöfen, und der Wandrahm, ein Kaufmannsviertel mit Barockhäusern. 20.000 Menschen verloren ihre Wohnungen. Zwischen den Hafensflächen des Grasbrooks und der inneren Geschäfts- und Kontorstadt Hamburg erhob sich innerhalb weniger Jahre ein zum Zollaussland gehörender, unbewohnter Gebäudekomplex, der die bisherige Mischung von Wohnen und Arbeiten aufhob. Die Hamburger Innenstadt hatte ihren direkten Zugang zur Elbe verloren.

Der Ausbau des Containerumschlags Ende der 60er Jahre löste weltweit eine Revolution im Transportwesen aus, die den gesamten Hafenbereich veränderte. In Hamburg machte 1968 das erste Vollcontainerschiff am Burchardkai fest. Seither verlagerte sich der Schwerpunkt des Umschlaggeschäftes in die modernen Anlagen südlich der Elbe.

Neuorientierung nach 100 Jahren Hafenebetrieb

Die traditionellen citynahen Hafenbecken und Kaianlagen am Hafenrand wurden weiterhin für die konventionelle Schifffahrt genutzt und zunehmend für moderne Warenlagerung interessant. In dieser Situation ergab sich Mitte der 90er Jahre für Hamburg die einmalige Gelegenheit, das Areal für die Innenstadt zurückzugewinnen, ohne dabei die wirtschaftlichen Interessen des Hafens zu beeinträchtigen. Durch den Beschluss der Bürgerschaft im August 1997 kehrt Hamburg mit der HafenCity nach rund 100 Jahren wieder an die Elbe zurück.

Die Hafencity Hamburg

Mit der Entwicklung der Hafencity setzt Hamburg europaweit neue Maßstäbe: Auf einer Fläche von 157 Hektar entsteht ein lebendiger innenstädtischer Raum mit einer feinkörnigen Nutzungsmischung aus Wohnen, Büro, Freizeit, Einzelhandel und Kultur.

Die Hafencity erweitert die heutige Innenstadtfläche in rund 20 Jahren um 40 Prozent. Impulswirkung hat ihre Entwicklung daher sowohl für die gesamte Hansestadt mit ihren fast 1,8 Millionen Einwohnern als auch für die 4,3 Millionen Einwohner starke Metropolregion.

1,8 bis 2 Millionen m² Bruttogeschossfläche (BGF) werden gebaut, dabei entstehen 5.500 Wohnungen für 12.000 Einwohner, Dienstleistungsflächen mit mehr als 40.000 Arbeitsplätzen sowie Gastronomie, Kultur- und Freizeitangebote, Einzelhandelsflächen, Parks, Plätze und Promenaden.

Einzigartig sind schon die vielen Bezüge von Land- und Wasserflächen. Die Hafencity wird nicht eingedeicht, also auch nicht vom Wasser abgeschnitten. Mit Ausnahme der Promenaden wird das gesamte Gebiet stattdessen auf 7,50 bis 8,00 Meter über Normalnull angehoben. Dadurch erhält es eine neue, charakteristische Topographie, die aber den Zugang zum Wasser und die hafentypischen Milieuqualitäten bewahrt.

Im Bereich der Hafencity und des neuen Kreuzfahrtterminals legen keine Industrie- und Containerschiffe an. Daher sind es an dieser Stelle ausschließlich Kreuzfahrtschiffe, die hier bei der Entwicklung und Überlegung der landseitigen Stromversorgung zum Tragen kommen. Im Bereich des ehemaligen Fischereihafens Altona schreiten die Planungen und Arbeiten für ein weiteres Kreuzfahrtterminal unter dem Arbeitstitel Cruise Center II voran, das 2009 in Betrieb gehen soll. Hier werden ebenfalls Überlegungen zur landseitigen Versorgung angestellt.

Hafencity Hamburg - Entwicklungsstand 2008

Die Hafencity wird von Westen nach Osten und von Norden nach Süden entwickelt. Mittlerweile erstrecken sich die Hochbauaktivitäten über 1,1 Kilometer, also von der Elbphilharmonie im Westen bis zur Ericusspitze.

Ende des Jahres 2008 leben ca. 1.400 Menschen in der Hafencity, etwa 2.000 arbeiten hier. Und die Zahl derer, die in die Hafencity strömen, nimmt täglich zu. Nach dem Teilquartier Sandtorkai konnte auch das Teilquartier Dalmannkai weitgehend komplettiert werden.

Als drittes Teilquartier wird jetzt Am Sandtorpark mit Nachdruck gebaut. Büro- und Wohngebäude gruppieren sich hier um eine Grünanlage, auch eine Grundschule mit Ganztagsbetreuung und Kindertagesstätte entsteht.

Schon im Herbst 2007 war mit den Marco-Polo-Terrassen, dem Vasco-da-Gama-Platz und den Dalmannkaipromenaden ein Ensemble spektakulärer Stadträume am Wasser eröffnet worden; im Herbst 2008 wurde es durch den Traditionsschiffhafen im Sandtorhafen ergänzt.

Der Grundstein für die vom Architekturbüro Herzog & de Meuron geplante Elbphilharmonie wurde im Frühjahr 2007 gelegt. Der neue Aufbau mit zwei Konzertsälen, einem Fünf-Sterne-Hotel und 45 Wohnungen folgt ab 2009.

Seit Mitte 2007 entsteht auch das erste Gebäudeensemble auf dem Strandkai. In attraktiver Lage wird dort nicht nur ein 55 Meter hoher Wohnturm gebaut, sondern ebenso die Deutschland-, Österreich- und Schweiz-Zentrale des Konsumgüterkonzerns Unilever. Eine weitere Unternehmenszentrale zieht auf den Brooktorkai; von hier aus führt der Germanische Lloyd künftig seine Geschäfte. Nebenan auf der Ericusspitze baut bereits die Spiegel-Gruppe.



Bild 1 - HafenCity Hamburg

Und die zurzeit größte innerstädtische Baustelle befindet sich jetzt auf dem Areal des insgesamt 7,9 Hektar Fläche umfassenden Überseequartiers. Seine nördliche Hälfte soll schon bis Sommer 2010 realisiert werden, die Südhälfte dann bis 2012.

Das Kreuzfahrtterminal

Das Kreuzfahrtgeschäft in Hamburg erlebt derzeit einen außerordentlichen Aufschwung. Hamburg profitiert überdurchschnittlich von diesem Wachstum; die Nachfrage der Reedereien nach Liegeplätzen für Großschiffe steigt stetig.

Das Hamburg Cruise Center in der HafenCity zieht so viele Kreuzfahrtschiffe und internationale Gäste an wie nie zuvor. Circa 60 Schiffe liefen 2006, ca. 75 im Jahre 2007 das Kreuzfahrtterminal an. Darunter waren bekannte Schiffe wie die „Queen Mary 2“ und die „MS Europa“, sowie die Schiffe der AIDA Cruises Gesellschaft.

Bild 2 - Überseequartier - Komplex aus Hotel und Kreuzfahrtterminal



Die Prognosen für Hamburg sind enorm; es werden über 140 Kreuzschiffsanläufe für die Jahre nach 2010 vorhergesagt. Das damit verbundene Passagieraufkommen wird sich von derzeit 113.000 auf 326.000 nahezu verdreifachen.

Vor dem Hintergrund dieses Anstiegs und um Hamburg langfristig zum führenden Standort der Kreuzfahrtbranche auszubauen, wurde das Terminal des Hamburg Cruise Center in der HafenCity um eine zweite temporäre Halle erweitert.

Mit dieser zusätzlichen Kreuzfahrthalle können am Hamburg Cruise Center jetzt zeitgleich zwei große Kreuzfahrtschiffe abgefertigt werden. Somit bietet das Terminal etwa zwei gleich große Liegeplätze von 250 m Länge oder einen Liegeplatz für ein Schiff von bis zu 350 m Länge, sowie den dann noch verbleibenden Liegeplatz für ein Schiff von bis zu 150 m Länge. Bei sehr großen Schiffen mit bis zu 4.000 Passagieren dient die zweite Halle überwiegend der Gepäckabfertigung.

Beide Hallen wurden in modularer Bauweise errichtet und stellen nur eine Übergangslösung des Cruise Centers dar. Das endgültige Kreuzfahrtterminalgebäude wird im Zuge des Überseequartiers voraussichtlich im Jahre 2012 eröffnet.

Das Kreuzfahrtterminal in der HafenCity mit zwei Liegeplätzen wird das zuvor geschilderte Wachstum allein nicht bewältigen können. Daher wird jetzt zeitgleich auch der ehemalige England-Fähren-Anleger im Fischereihafen zum 2. Hamburger Kreuzfahrtterminal ausgebaut. Dieses, in Hamburg-Altona gelegene, Kreuzfahrtterminal soll eine Kailänge von etwa 360 m haben.

Die derzeitigen Überlegungen zur Versorgung der Schiffe könnte im neuen Überseeterminal von Beginn an eingeplant und in unauffälliger Bauweise z.B. unter der Oberfläche errichtet und in Betrieb genommen werden.

Kreuzfahrtschiffe

Die Erfindung der Kreuzfahrten wird dem deutschen Reeder Albert Ballin (1842-1918) zugeschrieben, Generaldirektor der Hamburger Hapag. Da im Winter die Transatlantik-Passagen wegen des schlechten Wetters und der unruhigen See deutlich weniger gebucht wurden, sandte Ballin das Passagierschiff „Augusta Victoria“ 1891 testweise zu einer „Bildungs- und Vergnügungsfahrt“ ins Mittelmeer. Diese Fahrt war durch und durch erfolgreich - das Schiff war komplett ausgebucht, die „Kreuzfahrt“ geboren.



Bild 3 - Albert Ballin

Inzwischen werden Passagierschiffe meistens nur noch als Kreuzfahrtschiffe, wie z. B. die „Freedom of the Seas“, gebaut. Klassische „Liner“ sind heute nur noch in Marktnischen im Einsatz. Ein Beispiel ist dafür die „Queen Mary 2“ der britischen Cunard Line, die saisonal Liniendienste zwischen New York und Southampton neben Kreuzfahrten anbietet.

Die Schiffe der speziellen Reedereien unterscheiden sich vor allem im Preissegment, was sich in Fahrtrouten, Kabinengröße und -anzahl, Zahl der Speisesäle und Plätze in Casinos und Frequenz der Passagierwechsel niederschlägt.

Bild 4 - „Freedom of the Seas“ (340m) vor den Hamburger Landungsbrücken



Ein Größenvergleich

Kreuzfahrtschiffe können in verschiedene Kategorien eingeteilt werden, einmal nach deren Größe und zum anderen nach deren Ausstattung. Bei der Größe wird heute unterteilt in kleine, mittlere, große und Schiffe der Post-Panamaxklasse. Das sind Schiffe, die aufgrund ihrer Größe den Panamakanal nicht mehr passieren können.

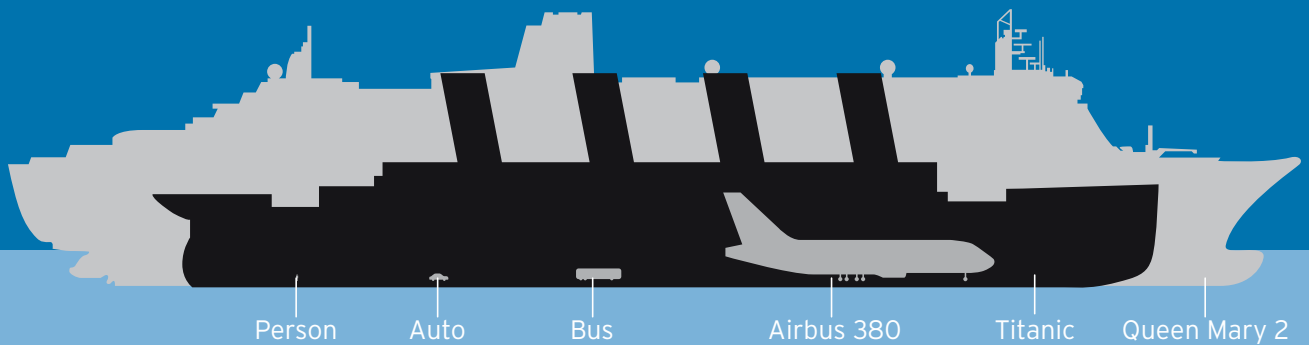


Bild 5 - Die "Queen Mary 2" im Größenvergleich zur Titanic und zum Airbus A380

Das Bild 4 auf Seite 11 sowie die folgende Grafik dienen dazu, die Vorstellung und Relation der Schiffsgrößen zueinander zu verdeutlichen:

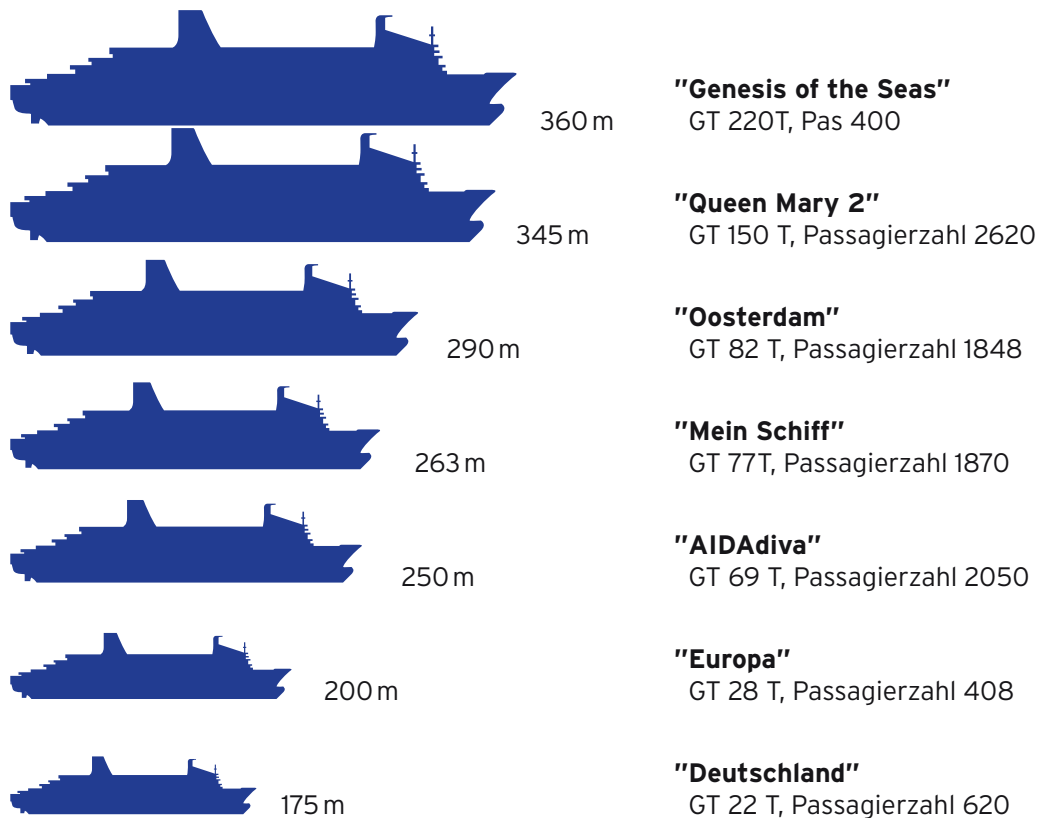


Bild 6 - Größenvergleich einiger Kreuzfahrtschiffe

Die Ausstattung - mehr als nur ein Schiff

Die derzeitigen Kreuzfahrtschiffe lassen sich am ehesten mit „schwimmenden Hotels“ vergleichen. Auf ihnen finden nicht nur mehrere tausend Passagiere Platz, auch für das „Hotelpersonal“ und die Schiffsbesatzung ist durchgehend eine Kabine und entsprechende Infrastruktur bereitzustellen. Hinzu kommen neben der Schiffstechnik mit elektrischen Antrieben, Radar, Deckbeleuchtung, die Wäschereien, Fahrstühle, Klimaanlage, mehrere Großküchen und Restaurants (12 bei QM2), Spielhallen und Kasinos, Kino-, Ball- und Theatersäle, Schwimmbäder und Whirlpools, sowie ausgefallene Attraktionen wie Surfsimulator, Eislaufbahn (FOTS) oder Golfplätze. Diese Ausstattung wird durchweg elektrisch versorgt, betrieben und beleuchtet.

Während der Liegezeit an den Kreuzfahrtterminals würde die „Queen Mary 2“ nach Schätzung eine Leistung von ca. 9 bis 14 MW, die etwas kleineren Schiffe nach Schätzung immerhin noch 6 bis 8 MW benötigen. Beides sind Leistungen, die nicht aus dem vorhandenen Versorgungsnetz bereitgestellt werden können.

Hieraus ergeben sich einige Randbedingungen für die nachfolgende technische Betrachtung zur Dimensionierung der Landstromversorgung.

So müssen Leistungsreserven bereitgehalten werden, um das Starten großer Bordverbraucher wie Klimakompressoren zu ermöglichen. Hierzu sind bei der landseitigen Anlagenauslegung und Kapazitätsplanung die jahreszeitlichen Schwankungen im Energieverbrauch der Passagierschiffe zu berücksichtigen (Sommer/Winterbetrieb).

Der Energiebedarf und die Auslastung des Kreuzfahrtterminals samt Kreuzfahrtschiff ist ebenfalls Kriterium für die Kapazitätsplanung bei Aufbau des Versorgungsnetzes durch den Energieversorger bzw. den Anlagenbetreiber.

Im Kapitel Technik werden diese hier angesprochenen Details vertieft.

Kreuzfahrtschiffe heute

Diese großen, neuen Kreuzfahrtschiffe benötigen eine Versorgung auf der Mittelspannungsebene. Ein weiteres, wesentliches zu betrachtendes Kriterium ist die Netzfrequenz an Bord dieser Schiffe, die im Gegensatz zur Versorgung an Land in Europa bei 60 Hz statt bei 50 Hz liegt (siehe auch „Weltkarte der Frequenzen“ auf Seite 25, Bild 12).

Diese Studie geht daher davon aus, dass den zukünftig an den Kreuzfahrtsterminals der HafenCity anlegenden Schiffen Energie in folgender Form zur Verfügung zu stellen ist:

Spannung: 11.000 V

Frequenz: 60 Hz

Mit einem geeigneten Frequenzumrichter ist es möglich, Schiffsnetze mit 11 kV / 60 Hz und 10 kV / 50 Hz von der Landseite aus mit Energie zu versorgen. Durch den Einsatz geeigneter Frequenzumrichter können ebenfalls Schiffsnetze mit 6,6 kV / 60 Hz und 6,0 kV / 50 Hz landseitig versorgt werden.

Emission und Umweltbelastung

Wie bei vielen Verbrennungsvorgängen entstehen auch bei der Verbrennung von Schiffstreibstoffen wie Schweröl oder Dieselmotoren eine Reihe von Stoffen wie beispielsweise Stickoxide und Schwefeloxide, die in die Außenluft gelangen und negative Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Diese Schiffsemissionen haben einen erheblichen Anteil an der Belastung durch Luftschadstoffe auf offener See, als auch in den Küstenregionen und Häfen.

Die durch die Schiffe verursachten Schadstoffbelastungen kommen in Hafenstädten gerade bei Standorten zum Tragen, die sich in der Nähe von Wohnbebauung und Büronutzung befinden. Hier kommt dem Gesundheitsschutz der Bevölkerung eine besondere Bedeutung zu.

Auch in Hamburg trägt die Seeschifffahrt zu einem gewissen Teil an der Luftschadstoffbelastung bei.

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Begrenzung von Schiffsemissionen

Die Begrenzung von Schiffsemissionen aus der Seeschifffahrt erfolgt durch internationale und europäische Regelwerke.

Insbesondere in der Internationalen Seeschifffahrtsorganisation IMO (International Maritime Organisation) werden Regelungen und Übereinkommen zum Umweltschutz verabschiedet. In Bezug auf die Begrenzung von Schiffsemissionen ist Annex 6 des Übereinkommens MARPOL 73/78 (International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships) aufzuführen, das Luftverunreinigungen durch den Schiffsbetrieb mindern soll.

Diese Vorschrift wird im Umweltausschuss MEPC (Marine Environmental Protection Committee) der IMO regelmäßig überprüft. Die letzte Revision ist im Oktober des Jahres 2008 verabschiedet worden.

Nach Annex VI des MARPOL-Übereinkommens gilt derzeit für den Schwefelgehalt in Schiffskraftstoffen grundsätzlich ein Grenzwert von maximal 4,5%. Dieser Wert soll bis 2012 auf 3,5% und 2020 unter Vorbehalt, spätestens aber bis 2025 auf 0,5% gesenkt werden.

Gemäß der europäischen Richtlinie 2005/33/EG vom 06.07.2005 und MARPOL Annex VI ist die Nordsee ab 2007 als Schwefel-Emissions-Überwachungsgebiet ausgewiesen worden. Für dieses Gebiet gilt derzeit ein Grenzwert für Schwefel in Schiffskraftstoffen von 1,5%. Dieser Wert soll bis 2010 auf 1% und 2015 auf 0,1% sinken.

Die Richtlinie 2005/33/EG sieht darüber hinaus vor, dass mit Wirkung vom 01.01.2010 Schiffe an Liegeplätzen in Häfen der Gemeinschaft grundsätzlich keine Schiffskraftstoffe mehr verwenden, deren Schwefelgehalt 0,1% überschreitet.

Durch die EU-Richtlinie 2005/33/EG und die vorgesehene Revision von Marpol Annex 6 ist in Bezug auf die Luftschadstoffbelastung mit Schwefeldioxid mit einer deutlichen Entlastung zu rechnen. Durch die Minderung der Schwefeloxidemissionen ist auch eine Minderung der Partikelemissionen zu verzeichnen. Die vorgesehene Revision von MARPOL Annex 6 beinhaltet auch weitere emissionsbegrenzende Maßnahmen zur Reduzierung der Stickoxidemissionen. Da die Festlegungen sich in erster Linie auf Neubauten beziehen, wird sich der emissionsmindernde Effekt aufgrund der länger andauernden Erneuerung der Schiffsflotte jedoch erst mittelfristig auswirken.

Luftqualitätsziele

Zur Beurteilung der Luftqualität hat die Europäische Union zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt angemessene Luftqualitätsziele für die wichtigsten Luftschadstoffe durch die Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft festgelegt bzw. deren Überwachung geregelt. Die europäischen Vorgaben werden durch die 22. BImSchV (Bundes-Immissionsschutzverordnung) in deutsches Recht umgesetzt. Durch diese rechtlichen Vorgaben ist zusätzlich zu den anlagenbezogenen Anforderungen im Recht der Luftreinhaltung eine immissionsbezogene Betrachtungsweise eingeführt worden.

Für Stickstoffdioxid beträgt der über das Kalenderjahr gemittelte Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit ab 01.01.2010 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die messtechnische Überwachung der Luftqualität im Raum Hamburg erfolgt durch das Hamburger Luftmessnetz des Institutes für Hygiene und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg.

Situation in der HafenCity

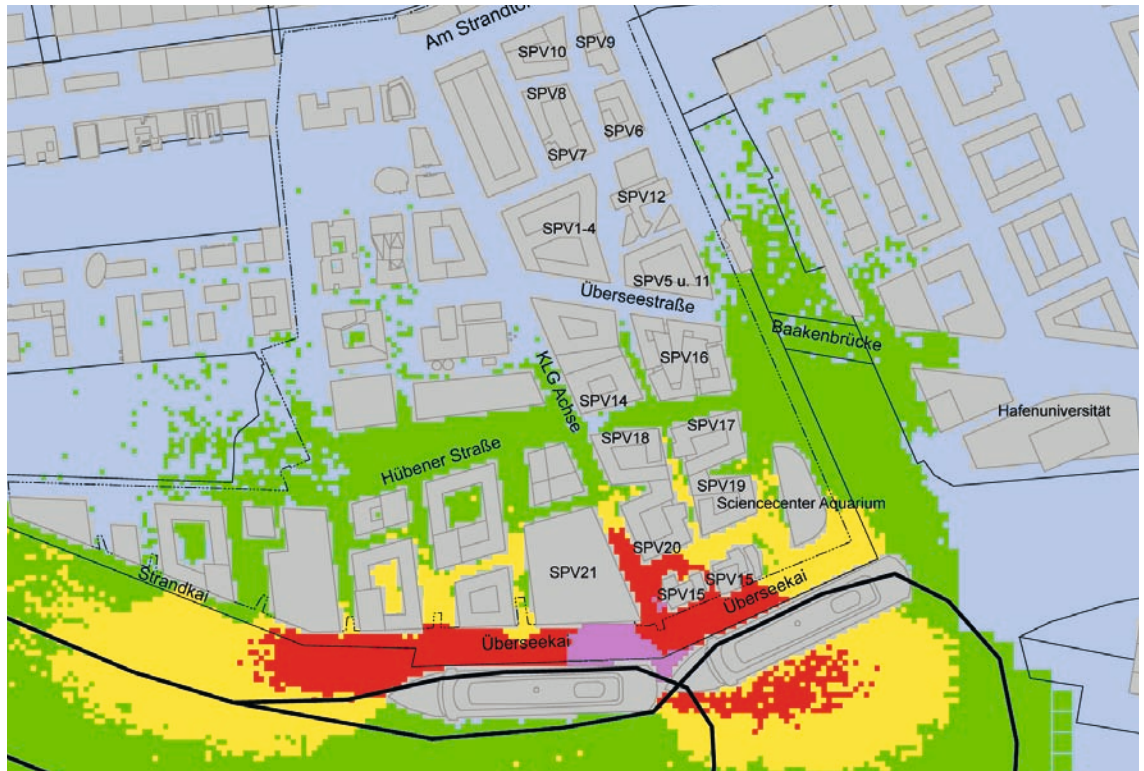
Die durch die Schiffe verursachten Schadstoffbelastungen kommen gerade bei Standorten zum Tragen, die sich in der Nähe von Wohnbebauung und Büronutzung befinden. Hier besteht die Gefahr von Beeinträchtigungen durch Schadstoffe für die Anwohner.

In Hamburg wurde die Problematik der Schiffsemissionen konkret durch ein Luftschadstoffgutachten deutlich, das im Zuge der Bauleitplanung für den Bau der HafenCity erstellt worden ist. Das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co.KG hat die Emissionen durch die anliegenden Kreuzfahrtschiffe ermittelt und anhand einer Immissionsprognose für den Prognosefall im Jahr 2015 die daraus resultierende Gesamtbelastung berechnet. Das Gutachten prognostiziert im Ergebnis, dass geltende Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit überschritten werden.

Dieses hat zur Folge, dass im unmittelbaren Umfeld des Terminals keine Wohnnutzungen ausgewiesen werden, Bürogebäude im Nahbereich des Kreuzfahrtterminals bei kontrollierter Belüftung zulässig sind.

Das grafische Ergebnis des Luftschadstoffgutachtens im Hinblick auf die NO_2 -Immissionen in Bodennähe ist auf der nachfolgenden Seite dargestellt.

Auch unter Berücksichtigung der positiven Entwicklung in Bezug auf die Begrenzung von Schiffsemissionen durch die IMO und die EU besteht insbesondere für den Beurteilungswert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Stickstoffdioxid nach der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/ EG Handlungsbedarf.



NO₂ Bodennah - Jahresmittelwert (µg/m³)

27 - 30

31 - 35

36 - 40

41 - 50 Grenzwert 22. BImSchV

> 50

— Emissionsquellen

— Wasserkante

■ Gebäude/Schiffe

--- Höhenniveau

Bild 7 - Luftschadstoffgutachten Kreuzfahrtterminal HafenCity, NO₂-Immissionen in Bodennähe
(Quelle: Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG)

Aus diesem Grunde fordert die Freie und Hansestadt Hamburg eine europaweite Initiative zur Verminderung des Schadstoffausstoßes in der Schifffahrt, indem eine Allianz europäischer Kreuzfahrt-Städte zur Förderung umweltfreundlicher Energieversorgung von Kreuzfahrtschiffen in den Häfen gebildet wird.

Eine Möglichkeit, die Schadstoffbelastung durch Schiffe in Hamburg lokal zu senken, ist die Errichtung und Einführung einer landseitigen Energieversorgung. Deshalb werden in Hamburg zur Zeit die Realisierungsmöglichkeiten einer landseitigen Stromversorgung von Kreuzfahrtschiffen und des Einsatzes von Erdgas als Schiffsbrennstoff geprüft.

Zur weiteren Sachverhaltsaufklärung und Validierung des Luftschadstoffgutachtens wird die lokale Immissionssituation am Kreuzfahrtterminal in der HafenCity durch Messungen ermittelt.

Schadstoffemissionen von Kraftwerken und Schiffen - ein Vergleich

Nach Erhebungen des Germanischen Lloyd [3] ist bei Kreuzfahrtschiffen mit einer „Anschlussleistung“ von etwa 3,2 kW je Passagier zu rechnen. Für 2008 ergeben sich etwa 60 Schiffsanläufe in der HafenCity mit geschätzten 105.000 Passagieren. Hieraus ergibt sich eine Zahl von etwa 1.750 Passagieren je Schiffsanlauf. Die durchschnittliche Liegezeit der Kreuzfahrtschiffe beträgt etwa 15 Stunden.

Aus diesen Rahmendaten lässt sich die bereit zu stellende Energiemenge grob abschätzen: Jeder Passagier benötigt während eines Schiffsanlaufes in der HafenCity die Energiemenge von 48 kWh. Bei ca. 105.000 Passagieren ergibt sich eine Jahresmenge von etwa 5 GWh.

Für die Schadstoffe CO₂, SO₂ und NO_x liegen folgende spezifische Betriebsemissionen als Richtwerte in [g/kWh] zugrunde:

	CO ₂	SO ₂	NO _x
Brennstoff (1,5 % S) [3]	600	5,8	10,9
Brennstoff (0,1 % S) [3]	600	0,4	10,9
Kraftwerksmix Deutschland [4]	580	0,3	0,45

Für die ermittelte Jahresenergiemenge am Kreuzfahrtterminal entspricht dies folgenden Emissionsmengen in Tonnen [t]:

	CO ₂	SO ₂	NO _x
Brennstoff (1,5 % S)	3.000	29	54,5
Brennstoff (0,1 % S)	3.000	2	54,5
Kraftwerksmix Deutschland	2.900	1,5	2,25

Hinweis: Die angegebenen Schadstoffrichtwerte in dieser Machbarkeitsstudie beinhalten keine CO₂-Gesamtbilanzbetrachtung.

Aus den vorausgehenden beiden Tabellen lässt sich eine deutliche Reduktion der Emissionsmenge der Stickoxide (NO_x) durch den Stromeinsatz erkennen.

Die CO₂ Bilanz der landseitigen Stromversorgung kann durch die Verwendung von CO₂-neutral erzeugter Energie verbessert werden.

Des Weiteren kann auch von einer Verringerung der Emission von Feinstaub und organischen Stoffen ausgegangen werden.

Einführung in die Technik

Sowohl auf See als auch während der Hafentiegezeit wird der elektrische Energiebedarf der Verbraucher durch die Schiffsgeneratoren erzeugt. Die installierte Generatorleistung dient dem Antrieb, Navigation und der Versorgung der Schiffe auf See.

Bei den in dieser Studie fokussierten Kreuzfahrtschiffen entfällt während der Liegezeit der verhältnismäßig kleinere Teil der installierten Generatorleistung auf den elektrischen Energiebedarf, der für den Hotelbetrieb und zur Aufrechterhaltung der Klimatechnik erforderlich ist.

Die meisten Schiffe verfügen bereits über niederspannungsseitige Anschlusspunkte für eine landseitige Versorgung ihres Bordnetzes. Diese werden z. B. für die Werftliegezeiten im Rahmen von Reparatur und Wartungsarbeiten genutzt.

Für die mittelspannungsseitige Energieversorgung eines „in Betrieb“ befindlichen Schiffes während der Liegezeit im Hafen reicht dieser Werftanschluss bei Weitem nicht aus. Des Weiteren sind die Anlagen einer landseitigen Stromversorgung nach anderen sicherheitstechnischen Kriterien für Anschlussherstellung und Handhabung auszulegen.

Dementsprechend beziehen sich auch alle bestehenden Vorschriften der Klassifikationsgesellschaften bezüglich landstromseitiger Versorgung auf eben diesen „Werftbetrieb“.

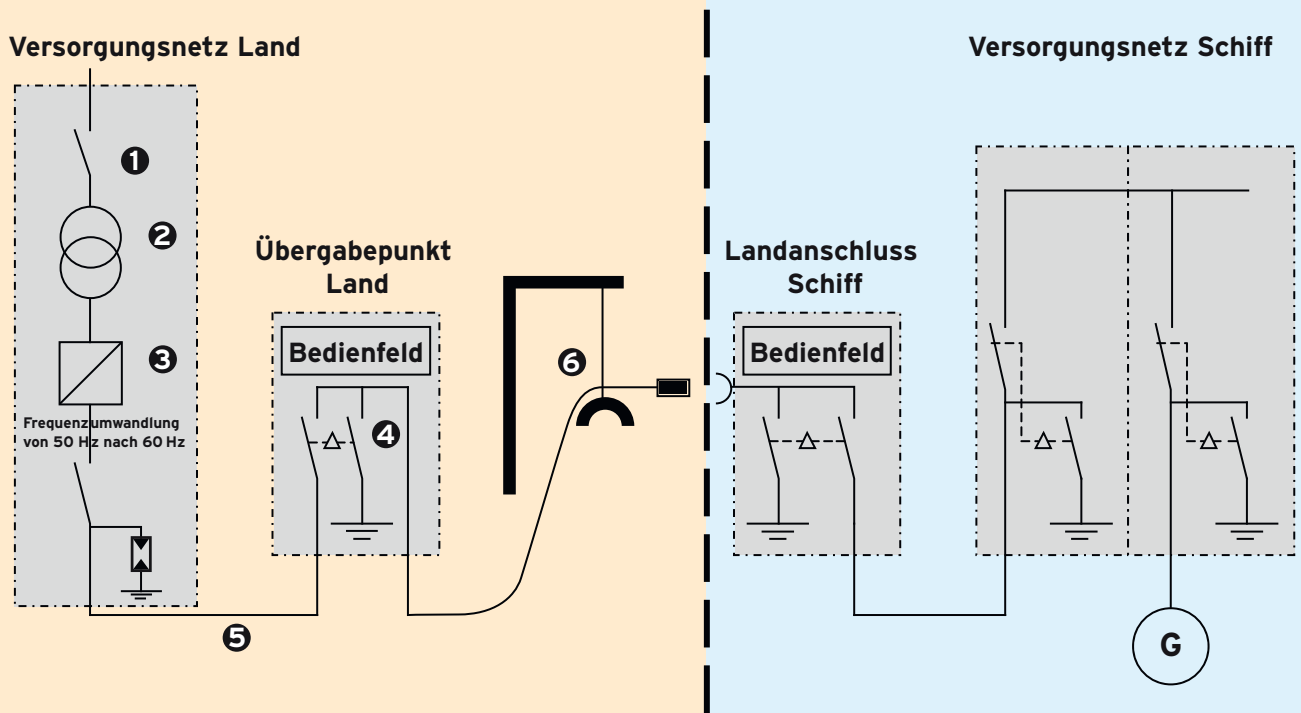
Eine entsprechende Überarbeitung dieser Vorschriften muss auf Basis internationaler Standards und Normen erfolgen. Diese wird zurzeit durch die IEC (International Electrotechnical Commission) und die ISO (International Standard Organisation) erarbeitet. Ein gemeinsamer Standard unter dem Doppellogo IEC/ISO wird voraussichtlich 2010/2011 zur Verfügung stehen.

Eine Vorabinformation in Form einer öffentlich verfügbaren Spezifikation für Mittelspannungs-Landstromversorgung (IEC/ PAS 60092-510 Ed. 1) ist bereits veröffentlicht. (<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/042866>)

Beispiel einer Landstromversorgung

Um den Personenschutz und einen störungsfreien Bordbetrieb beim Herstellen, Betreiben und Lösen der Landstromverbindung zu gewährleisten, müssen gewisse Mindestanforderungen erfüllt werden.

Installation im Hafen



- ❶ Primärseitiger Speiseschalter
- ❷ Speisetransformator
- ❸ Frequenzanpassung
- ❹ Sekundärseitiger Speiseschalter mit motorischem Erder
- ❺ Kabelzuführung zum Liegeplatz
- ❻ Kabelzuführungssystem zum Schiff

Bild 8 - Übersicht der technischen Anschlusskomponenten

Netzqualität

Die Netzqualität muss den Anforderungen gemäß IEC 60092-101, Abschnitt 2.8 entsprechen. Dabei darf die Nennspannung am Übergabepunkt (Landanschluss Schiff) von Leerlauf bis Nennleistung und bei Nennleistungsfaktor dauerhaft nicht mehr als $\pm 2,5\%$ vom Nennwert abweichen.

Das Einschalten großer Bordverbraucher muss uneingeschränkt möglich sein.

Netzauslegung

Das speisende Landnetz muss mit dem Schiffsnetz kompatibel sein, d.h. die Netzformen (Art der Erdverbindung) müssen aufeinander abgestimmt sein. Die Isolationsüberwachung ungeerdeter Schiffsnetze muss aktiv bleiben. Schiffe ohne eigenen Speisetransformator dürfen nicht galvanisch verbunden werden.

Kurzschlussleistung

Die Kurzschlussleistung des speisenden Landnetzes darf die Kurzschlussleistung der Schiffsinstallation nicht überschreiten. Andererseits muss die Landnetzspeisung genug Kurzschlussleistung liefern, um ein sicheres und selektives Auslösen der Schutzgeräte an Bord zu gewährleisten.

Anlagenschutz

Der sekundäre Teil der Anlage soll mindestens folgende Schutzfunktionen beinhalten:

- Kurzschlussschutz
- Überstromzeitschutz
- Unter- und Überspannungsschutz
- Rückleistungsschutz
- Stromsymmetrieüberwachung zwischen den Phasen und zwischen mehreren Stecksystemen
- Hinreichender Blitzstoßspannungs- und Überspannungsschutz

Kabelzuführungssystem

Das Kabelzuführungssystem stellt die Verbindung zum Schiff her. Dabei muss das System den Tidenhub selbsttätig ausgleichen können. Bei Überschreitung festgelegter Grenzwerte muss die Trennung der Landstromversorgung erfolgen. Zur technischen Ausführung einer solchen Anlage gibt es zurzeit keine Festlegungen.

Verriegelungen

Der Ablauf der Verriegelungen nach diesem Schema stellt eine Sicherheitsoptimierung für die bedienenden Personen und die angeschlossene Technik vor:

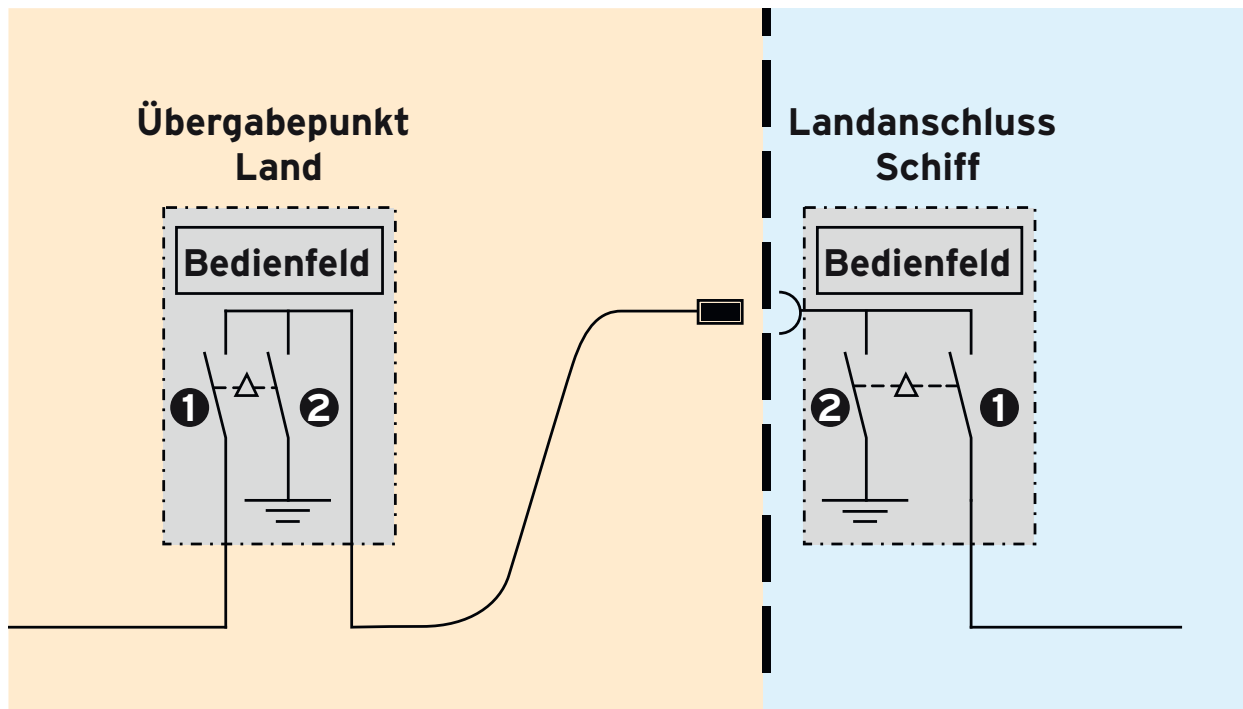


Bild 9 - Verriegelung von Land und Bordnetz

Die sekundärseitigen Leistungsschalter ❶ lassen sich nicht zuschalten wenn:

- einer der Erder ❷ eingelegt ist (Land, Schiff)
- der Pilotkontakt nicht geschlossen ist
- die land - oder schiffsseitige Steuerung nicht arbeitet
- die Kommunikation zwischen Land und Schiff gestört ist
- keine Freigabe vom Schiff vorliegt
- keine Spannung ansteht

Die sekundärseitigen Erder ❷ lassen sich nicht einlegen wenn:

- einer der Leistungsschalter (Land, Schiff) geschlossen ist

Die sekundärseitigen Erder ❷ lassen sich nicht öffnen wenn:

- keine Freigabe vom Schiff vorliegt
- die Kommunikation gestört ist
- der Zugang zu Buchse oder Stecker möglich ist

Bordnetzspannung / Leistung

Bei den betrachteten Kreuzfahrtschiffen kann eine grundsätzliche Einteilung in Schiffe mit Mittel- und Niederspannungsbordnetzen vorgenommen werden. Hierbei beträgt die Versorgungsspannung der Mittelspannungsnetze 11.000 V bzw. 6.600 V.

Auf Grundlage der Daten von 2008, erfolgen am Kreuzfahrtterminal in der HafenCity Hamburg 60 Schiffsanläufe. Dabei stehen 35 Anläufen von Niederspannungsschiffen, 25 Anläufe von Mittelspannungsschiffen gegenüber.

Bei dem möglichen elektrischen Energiebedarf überwiegen jedoch aufgrund ihrer Größe und Leistungscharakteristik die Mittelspannungsschiffe:

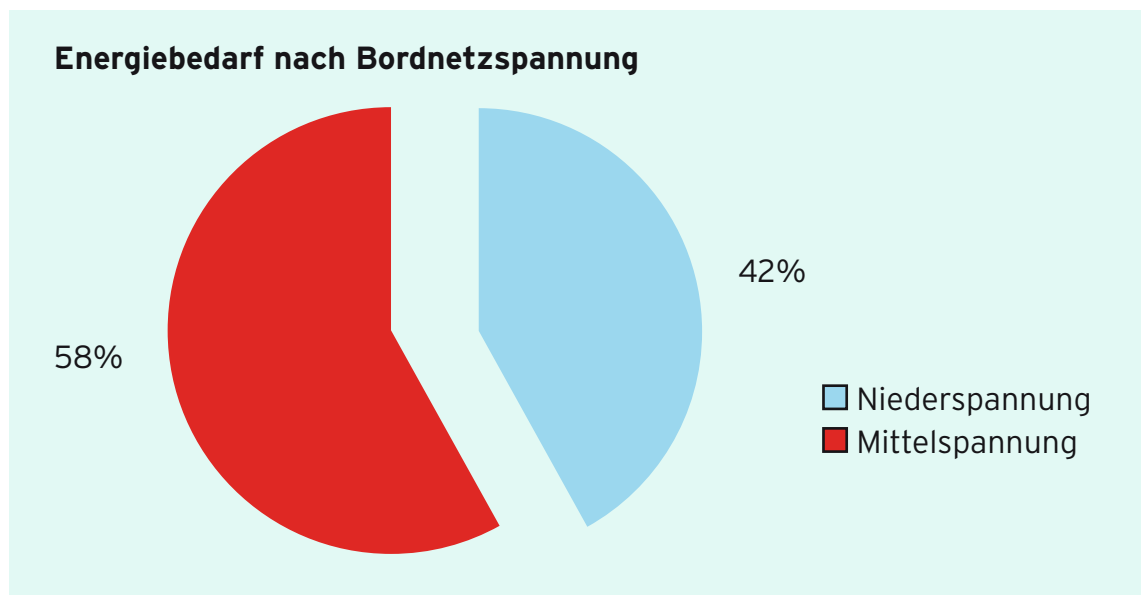


Bild 10 - Anteiliger Energiebedarf niederspannungs- und mittelspannungsversorgter Schiffe

Eine beispielhafte Darstellung des maximalen Leistungsbedarfs für Hotelbetrieb während der Liegezeit einiger Kreuzfahrtschiffe hinsichtlich Größe, Tonnage, Passagierzahl und Komfortgrad macht dies deutlich:

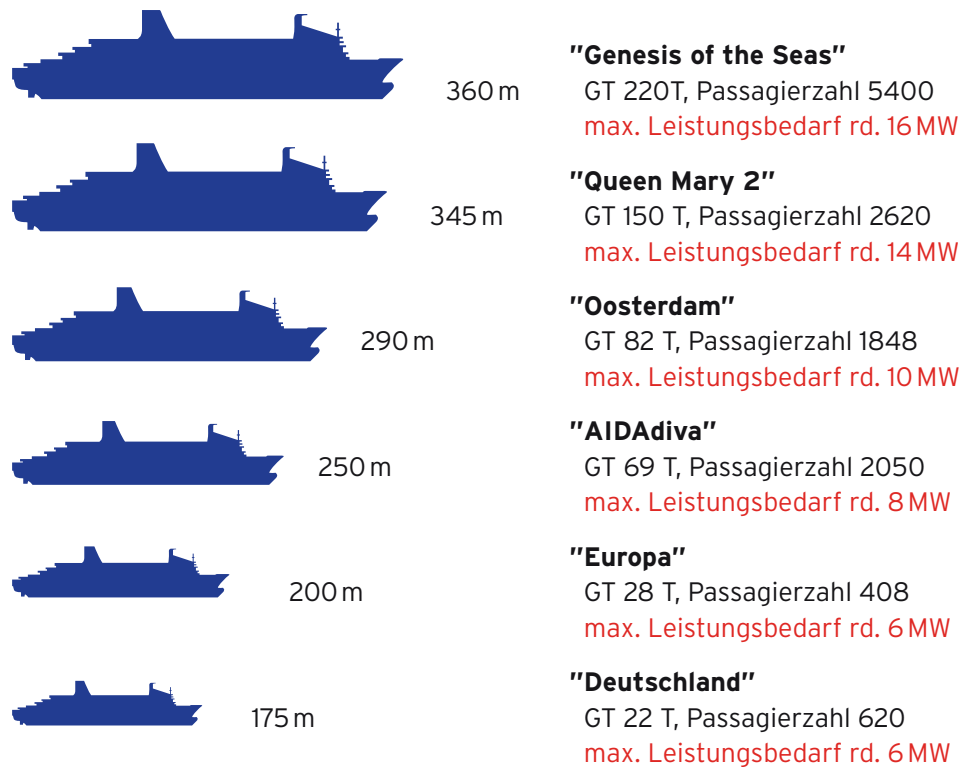


Bild 11 - Leistungsbedarf bekannter Kreuzfahrtschiffe

Der Trend, immer größere und luxuriösere Kreuzfahrtschiffe zu bauen führt dazu, dass die Niederspannungstechnik immer weiter in den Hintergrund tritt und selbst kleinere Schiffe zukünftig mit Mittelspannungsbordnetzen ausgerüstet werden. Ferner können Schiffe mit Niederspannungsbordnetzen durch Umrüstung mit Mittelspannung landseitig versorgt werden.

Netzfrequenz an Bord und an Land

Die verwendete Bordnetzfrequenz beträgt je nach Schiff entweder 50 oder 60 Hz.

Die Schiffsfrequenz kann somit von der vorhandenen landseitigen Frequenz des Liegeplatzes abweichen.

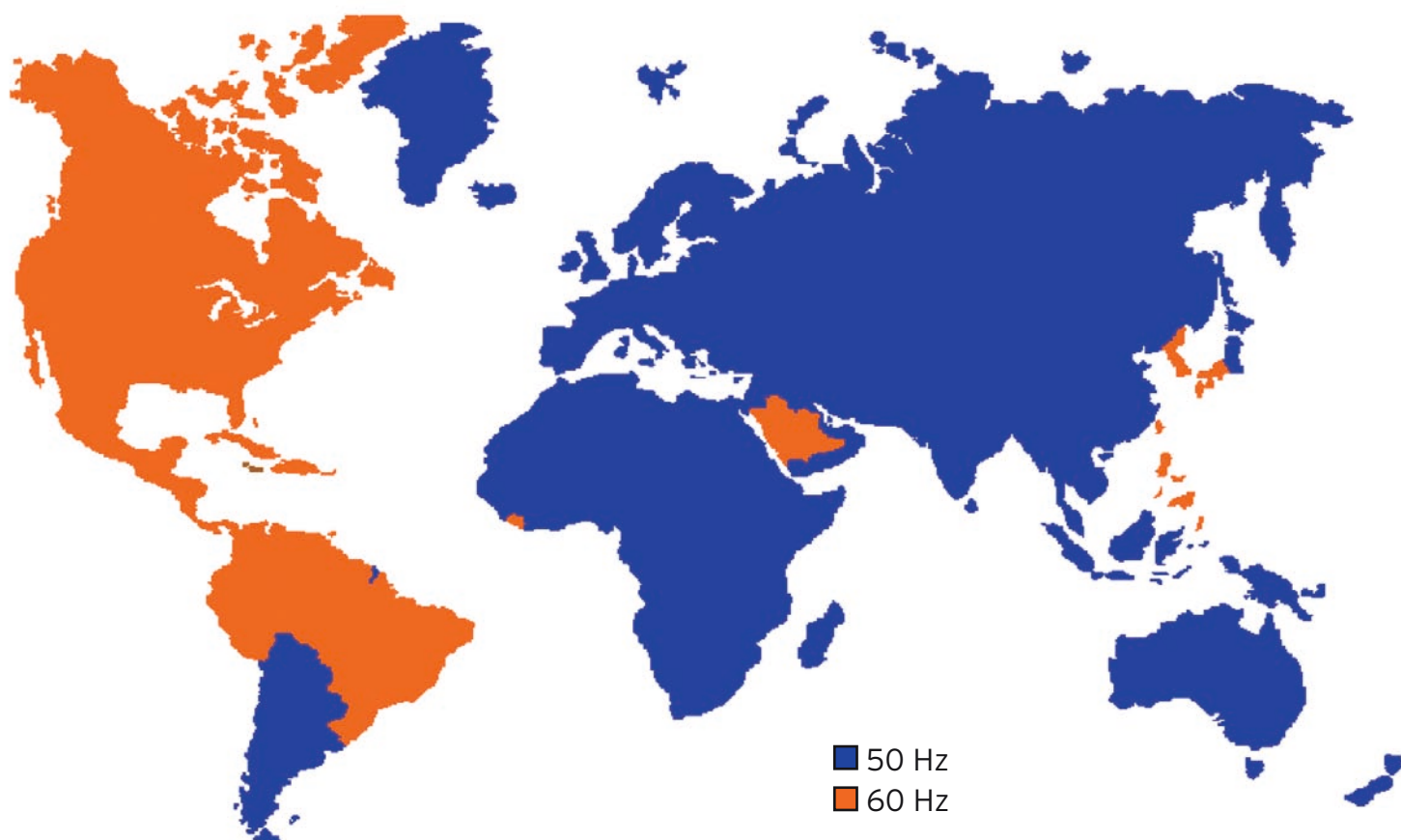


Bild 12 - Weltkarte der Frequenzen

Die 60 Hz Frequenz ist aus historischen Gründen in Nord- und Mittelamerika, den arabischen Ländern sowie im südlichen Japan sowie Teilen Asiens und Afrika verbreitet. Die Mehrheit der Landnetze werden jedoch mit 50 Hz betrieben. Die Mehrzahl der heutigen Kreuzfahrtschiffe wird mit 60 Hz betrieben.

Technische Möglichkeiten und bestehende Konzepte

Port of Los Angeles

Der Port of Los Angeles trifft Vorbereitungen, um für die zukünftige Gesetzgebung gewappnet zu sein. Das neue Gesetz wird voraussichtlich im Juli 2009 in Kraft treten. Hier wird eine Umweltvorschrift zur Emissionsreduzierung von Dieselgeneratoren zur Stromversorgung auf Schiffen in den Gewässern Kaliforniens in einem Abstand zur Küstenlinie von 24 Seemeilen enthalten sein.

Im Rahmen des daraus resultierenden Programms „Alternative Maritime Power“ wurden bisher zwei Terminals für eine landseitige Versorgung von Schiffen ausgerüstet, weitere befinden sich in Planung und Umsetzung.

Im August 2004 wurde der erste Containerschiff-Terminal für drei entsprechend ausgerüstete Schiffe im Liniendienst der Reederei China Shipping, mit einem Niederspannungsanschluss ausgerüstet, in Betrieb genommen.

Da bei einer Niederspannungsversorgung wesentlich mehr Kabelverbindungen zwischen Kaianlage und Schiff erforderlich sind, wurde der Weg der landseitigen Vorhaltung der Anschlusskabel gewählt, die mit einer Krananlage an das Schiffsdeck herangeführt werden.



Im November 2006 erfolgte der Ausbau eines weiteren Containerschiff-Terminals. Das entsprechend mit einem Mittelspannungsanschluss ausgerüstete Schiff (NYK Atlas) befindet sich im Liniendienst der Reederei NYK-Line.

Bild 13 - Containerschiff mit Landstromversorgung im Hafen von Los Angeles



Bild 14 + 15 - Übergabe der Anschlussvorrichtung vom Schiff zum Kai

Bei der Mittelspannungsversorgung wurde hier der Weg der schiffseitigen Vorgehaltung der Anschlusskabel gewählt. Diese werden mit einer Kabeltrommel vom Schiffsdeck herabgelassen und an die auf der Kaianlage installierten Übergabestationen angeschlossen.

Grundlage für die landseitige Stromversorgung ist bei beiden Versorgungsvarianten der an die Reederei gebundene Linienverkehr der Schiffe, der die technische Lösung folgender wesentlicher Punkte ermöglicht:

- technische Anpassung der Landstromversorgung an das vorhandene Bordnetz der immer unter gleicher Spannung und Frequenz laufenden Schiffe
- räumliche und konstruktive Anpassung der landseitig vorgehaltenen Anlagen an den festgelegten Schiffstyp

Hinzu kommt eine Nutzung der Landstromversorgung im industriellen Umfeld. Das Mitführen von Kabeltrommeln an Bord eines Containerschiffes ist hierfür eine mögliche Lösung. Gleiches gilt für die Errichtung von Transformatorenstationen und Krananlagen im Bereich der weitläufigen Kaianlagen.

Port of Seattle, Port of Juneau und weitere

Aufgrund der Lage im Stadtzentrum bzw. der Nähe zur Wohnbebauung und der Belastung durch die Luftschadstoffe wird immer häufiger eine Landstromversorgung bevorzugt.

Derzeit betreiben die Holland-Amerika Line und die Princess-Cruise Line mittelspannungsseitige Landanschlüsse für Kreuzfahrtschiffe. Weitere Kreuzfahrtgesellschaften haben ähnliche Programme in Vorbereitung.

Im Port of Seattle hat die Holland-Amerika Line derzeit ein Terminal für 2 Kreuzfahrtschiffe ausgestattet, um ihre Kreuzfahrtschiffe mittelspannungsseitig zu versorgen. Weitere Terminals befinden sich in der Vorbereitung.

Hier wurde aufgrund des immer gleichen Schiffstypes und Liegeplatzes die Lösung eines fest installierten Anschlusskabels an Land mit „Steckdose“ an Bord gewählt.

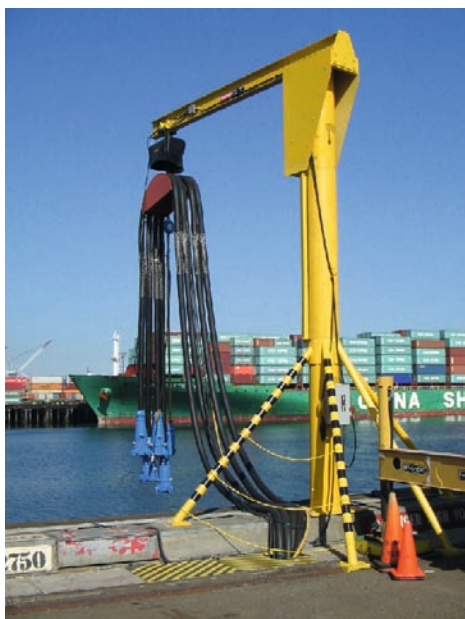


Bild 16 - Anschluss im Hafen von Seattle



Bild 17 - Anschluss mittels Kabelbrücke im Hafen von Juneau

Hier sind im Vergleich zwei unterschiedliche Kabelzuführungssysteme für Kreuzfahrtschiffe zu sehen. Zum einen eine Variante im Port of Seattle (links) mittels fester Krananlage und zum Anderen im Port of Juneau (rechts) mittels aufgeständeter Kabelbrücke und variabler Kabelkatze.

Bei beiden Varianten ist die Reederei jeweils Terminalbetreiber und Landstromanschlussbetreiber.

Hafen Lübeck

Die Idee des „European Clean Ship“ aus dem Grünbuch der EU zur maritimen Politik aus dem Jahre 2002 ist durch STORA ENSO umgesetzt worden.

Grundlage für die landseitige Stromversorgung ist der reedereiegebundene Linienverkehr von drei Schiffen. Die technische Lösung wird durch folgende wesentliche Punkte ermöglicht:

- Anpassung der Schiffe an das gewählte Versorgungsprinzip. Bei der Anlage am Nordlandkai basiert die landseitige Stromversorgung auf der beidseitigen Netzfrequenz von 50 Hz. Die Leistung wird mit der Netzspannung von 6 kV auf das Schiff übertragen. Die Kabeltrommel befindet sich mittig auf den Schiffen angeordnet.
- Der Bordnetztransformator ist für 1250 kVA ausgelegt und wandelt die zugeführte Spannung auf das Bordnetz von 400 V um.
- Die Liegezeiten im Hafen betragen 6 - 8 Stunden.
- Die Liegeplätze sind fest vorgegeben.
- Die Einspeisung der Landstromversorgung erfolgt mit 10/6 kV dezentral.
- Die landseitige Steckdose ist direkt auf der Kaimauer installiert.
- Ein Ausgleich des Tidenhubes ist für Lübeck nicht erforderlich.
- Es wird kein Fachpersonal auf der Landseite vorgehalten. Die Aktivierung der Landstromversorgung erfolgt durch das Bordpersonal.
- Die Datenfernübertragung der landseitig bezogenen Energie ist in Planung und wird nachgerüstet.



Bild 18 - Landanschluss im Hafen Lübeck

Lösung für den Kreuzfahrtterminal Hafencity Hamburg

Im Bereich des Kreuzfahrtterminals in der Hafencity treffen technische Erfordernisse in industrieller Größenordnung auf architektonische bzw. städtebauliche Konzepte. Dies ist eine neue Herausforderung im Vergleich zu bereits realisierten Anlagen.

Es muss eine elektrische Leistung räumlich und zeitlich punktuell bereitgestellt werden, mit der sonst ein ganzer Stadtteil versorgt wird. Diese Leistung muss darüber hinaus aufgrund der ständig wechselnden Schiffsgrößen, deren Anzahl und dem jeweiligen Liegeplatz im Terminalbereich räumlich und in ihrer Leistung flexibel bereitgestellt werden können.

Hinzu kommen unterschiedliche Versorgungsspannungen und eine Berücksichtigung des Tidenubs den das Kabelzuführungssystem ausgleichen muss. Die hierfür landseitig bereitzustellenden Einrichtungen dürfen gleichzeitig den Waren- und Passagierverkehr während der Liegezeit nicht behindern und sollten möglichst nicht sichtbar sein.

Der Flächennutzung für ggf. vor Ort erforderliche Anlagen in direkter Nachbarschaft zu Büro und Wohnflächen ist architektonisch Rechnung zu tragen. Darüber hinaus ist auch der Aspekt der EMV (Elektro-Magnetische-Verträglichkeit), der Lärmemission sowie die Lüftungs- und Klimatechnik von entscheidender Wichtigkeit.

Eine Flächenoptimierung ist aufgrund der örtlichen Grundstückspreise erforderlich.

Netzanschluss der Landstromversorgungseinrichtungen

Auf Grundlage der Leistungsdaten der bisherigen Schiffsanläufe am Kreuzfahrtterminal der Hafencity Hamburg und mit Hinblick auf die zukünftig zu erwartende Entwicklung, wurde ein maximaler Leistungsbedarf für die Landstromversorgung von 30 MVA ermittelt.

Ausgehend von einem Umspannwerk des örtlichen Netzbetreibers Vattenfall im Bereich der Hafencity, wird diese Leistung den Liegeplätzen entsprechend, an zwei Übergabepunkten auf 20- und 10 MVA Anschlussleistung aufgeteilt und zur Verfügung gestellt. Hierbei ist in dieser Anschlusskonstellation mit 20 MVA die maximal mögliche Anschlussleistung je Übergabepunkt aus dem Vattenfallverteilungsnetz erreicht.



Bild 19 - Trassenverlauf durch die Hafencity zum Anschlussterminal

Anschlusspunkt 1

Die Bereitstellung der maximal möglichen Anschlussleistung von 20 MVA am Liegeplatz 1 gelingt hier nur über zwei Doppelkabel mit einem Querschnitt von jeweils 240 mm². Die Leistung teilt sich dabei im Normalbetrieb symmetrisch auf die beiden Verbindungen auf. Dies bedeutet, dass im Fehlerfall (Unterbrechung einer Kabelstrecke) nur eine auf 10 MVA reduzierte Anschlussleistung für die Dauer der Unterbrechung zur Verfügung steht.

Die Trassenlänge zwischen Umspannwerk und Landstrom-Anschlusspunkt 1 beträgt rd. 1,9 km.

Anschlusspunkt 2

Die Bereitstellung der Anschlussleistung von 10 MVA am Anschlusspunkt 2 erfolgt über drei direkte Kabel mit einem Querschnitt von jeweils 240 mm². Mittels des dritten Kabels, kann die gesamte Leistung unterbrechungslos gesichert zur Verfügung gestellt werden.

Zwei dieser Kabel dienen der normalen Versorgung der Landstromanlage, während das Dritte als Reserveverbindung zu betrachten ist. Alle drei Kabel werden im eingeschalteten Zustand parallel betrieben. Tritt an einem der Kabel ein Fehler auf, wird dieses über eingebaute Schutzvorrichtungen ausgeschaltet, während die beiden fehlerfreien Kabel zur Weiterversorgung eingeschaltet bleiben.

Die Trassenlänge zwischen Umspannwerk und Landstrom-Anschlusspunkt 2 beträgt rd. 1,8 km.

Die Ausführungskosten für die Kabeltrassen (inkl. Tiefbau, Straßen- und Brückenkreuzungen) und beide Anschlüsse vom UW bis zum Übergabepunkt zum Terminalbetreiber sind auf heutiger Preisgrundlage mit rd. 3,7 Mio. Euro zu veranschlagen.

HafenCity Kreuzfahrtterminal - Anforderungen

Auf die Auswahl der hier aufgeführten Punkte wird auf den folgenden Seiten eingegangen.

- Rücksicht auf architektonisch hochwertige Umgebung, kein ständiger Terminalbetrieb, ansonsten Nutzung als Promenade
- Anforderungen aus dem ISPS-Code (International Ship and Port Facility Security Code)
- Rücksicht auf freizügige Zugänglichkeit der Terminalflächen für Personen- und Warenverkehr während der Liegezeiten.
- Rücksicht auf die vorhandenen baulichen Gegebenheiten der teilweise sehr alten Kaianlagen
- modularer Anlagenaufbau (Erweiterbarkeit)
- Berücksichtigung der Anschlusssteckerproblematik für 11 und 6,6 kV
- Personenschutz muss beim Herstellen, Betrieb und Lösen der Landstromverbindung gewährleistet sein
- sicherer und störungsfreier Bordbetrieb ohne störenden Einfluss durch die Landstromversorgung muss gewährleistet sein
- Vergleich der Frequenzumformer unter technischen Gesichtspunkten

Rücksicht auf architektonisch hochwertige Umgebung

Grundsätzlich wird der Kreuzfahrtterminal mit seinen beiden Liegeplätzen überwiegend während der Kreuzfahrtsaison und damit während der Sommermonate genutzt. Die Kaioperationsfläche steht außerhalb der Kreuzfahrtsaison und zu Zeiten, während derer kein Liegeplatz genutzt wird, der Öffentlichkeit als Promenade zur Verfügung. Im direkten Umfeld dieser Promenade entstehen hochwertige Gebäude mit differenzierter Nutzung wie Büro und Wohnen, aber auch Einzelhandel und vor allen Dingen Gastronomie mit einer starken Orientierung zum Außenraum.

Anforderungen aus dem ISPS-Code (International Ship and Port Facility Security Code)

Der ISPS Code ist ein international gültiges Gesetz, die Kontrolle der Einhaltung obliegt der so genannten DA-Hafensicherheit, der Designated Authority. Mit der DA-Hafensicherheit sind die für Schiffs- und Passagiersicherheit notwendigen Installationen abzustimmen.

Auf Grund der Anforderungen aus dem ISPS-Code bzw. der durch die DA-Hafensicherheit formulierten Anforderungen an die Kaioperationsfläche, verbietet sich die Unterbringung jeglicher permanent sichtbehindernden Aufbauten innerhalb eines 30 Meter (ab Kaimauerkante) breiten Streifens.

Rücksicht auf freizügige Zugänglichkeit der Terminalflächen für Personen- und Warenverkehr während der Liegezeiten.

Während der Liegezeiten/Abfertigung von Kreuzfahrtschiffen darf die ISPS-Zone des Kreuzfahrtterminals ausschließlich durch Personen betreten werden, die zuvor angemeldet und kontrolliert wurden. Dies betrifft die ISPS-Zone sowohl innerhalb als auch außerhalb des Kreuzfahrtterminalgebäudes.

Rücksicht auf die vorhandenen baulichen Gegebenheiten der Kaianlagen

Die ursprüngliche Kaimauer am Chicagokai (ehemals Strandkai) wurde in drei aufeinanderfolgenden Phasen überbaut (1975, 1983-1984 und 1990-1991), wobei sich die ersten beiden Phasen auf den östlichen Teil beschränkten und die Überbauung 1990-1991 den Anschluss des westlichen Abschnitts an den 1983-1984 begradigten Verlauf herstellte.

1975 wurde der östliche Teil des Chicagokais bis ungefähr zum Endpunkt der ursprünglichen Schwerlastmauer durch eine Betonplatte auf einer Spundwand mit senkrechten Ortbetonpfählen und diagonal in die Tiefe verlaufenden Injektionsankern verstärkt. Der Einflussbereich dieser Schräganker, die in einem durchschnittlichen Achsabstand von 3,00 m liegen, beläuft sich auf ungefähr

40 m, bemessen von der Vorderkante der aktuellen Kaimauer. Zusätzlich wurde die neue Konstruktion durch Ankerbänder mit der alten Kaimauer verbunden.

1983-1984 entstand in einem Abstand von 5,50 m zur vorhandenen Kaikante der aktuelle Kaimauerverlauf aus einer rückverankerten Spundwand mit Betonüberbau, der auf der alten Kaimauer aufgelagert wurde. Die alte Kaimauer wurde zur Lastübertragung mit herangezogen und mit zusätzlichen Verpressankern gesichert.

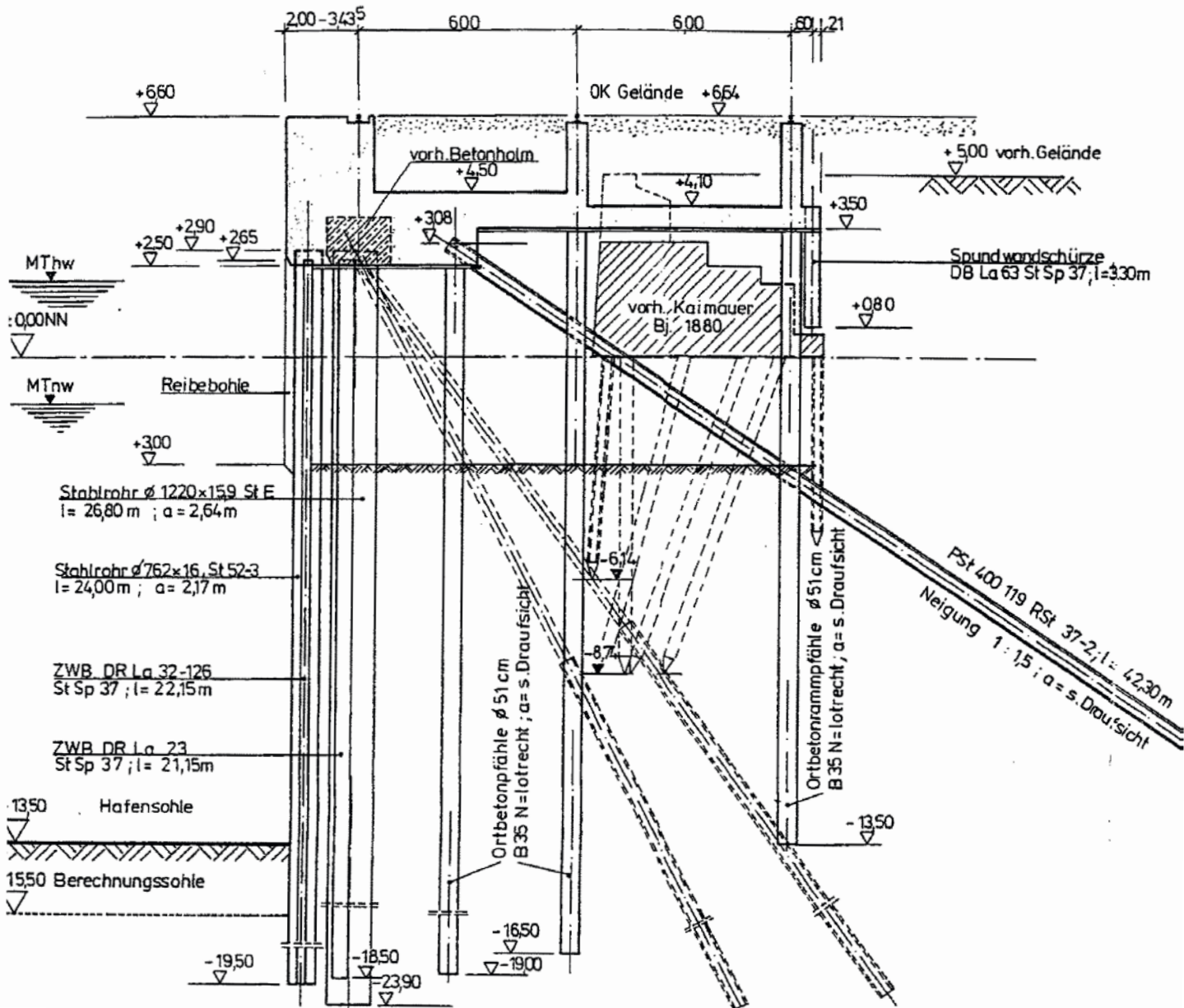


Bild 20 - Schnitt Strandkai Überbauung 1990/91

1990-1991 schloss man mit einer ähnlichen Konstruktion an den bestehenden Verlauf im östlichen Teil an. So entstand auf zum Teil unbefestigter Uferkante eine neue Kaimauer aus rückverankerter Spundwand mit Betonüberbau auf zwei Achsen verlaufenden senkrechten Ortbetonpfahlreihen; diese verlaufen in einem Abstand von durchschnittlich 2,70 m. Der Einflussbereich der Schräganker mit

einem Achsabstand von ca. 2,30 m beläuft sich in diesem Bereich auf ungefähr 35 m, bemessen von der Vorderkante der Kaimauer.

Zusätzlich zu diesen klar definierbaren Maßnahmen bestehen in den Randbereichen des Chicagokais eine Reihe von individuell eingebrachten Ankerböcken und Ankern zur lokalen Verstärkung der Kaimauer. In einer Zone von ungefähr 40 m Breite entlang des Chicagokais ist bei Neugründungen eine Baugrundprüfung hinsichtlich der Ankerlagen notwendig.

Mangels ausreichender historischer Dokumentation bzw. Abweichungen von den dokumentierten Änderungen der Kaimaueranlagen ist bei der Unterbringung technischer Einrichtungen unterhalb des Oberflächenbelags der Kaioperationsfläche grundsätzlich mit höchster Vorsicht vorzugehen.

Mögliche Systeme der Frequenzumformung

Hier können statische Umrichter und rotierende Umformer zum Einsatz kommen. Beide Systeme sind in der Lage, Netze mit unterschiedlicher Frequenz zu koppeln und mit Energie zu versorgen.

In einem Vergleich werden die unterschiedlichen Systeme gegenüber gestellt.

Vergleich der Technik: rotierender Umformer / statischer Umrichter

	Rotierender	Statischer
50 und 60 Hz Betrieb	Technisch aufwendig	Standard
10 und 11 kV Betrieb	Technisch aufwendig	Standard
Wirkungsgrad	Optimiert für Nennleistung	Optimiert für gesamten Leistungsbereich
Verbundbetrieb	Technisch aufwendig	problemlos
Lärmemission	hoch	gering
Vibration	hoch, isolierte und federnde Fundamente notwendig	keine, elektrischer Betriebsraum ist ausreichend
Anlaufverhalten	voller Inrush	kein Inrush
EMV	gering	gering
Baugröße	leistungsabhängig	leistungsabhängig
Kühlung	Wärmeabfuhr ist in beiden Fällen erforderlich	
Wartung	hoch (Lager/Schmierung)	gering (Filterwechsel)
Kosten:		
Investition	hoch	hoch
Betrieb	hoch	gering

Tabelle 1 - Vergleich rotierender Umformer und statischer Umrichter

Modularer Anlagenaufbau der Landstromversorgung

Zum Einsatz kommen statische Umrichtereinheiten in Modul-Größenordnungen von z. B. 6 MVA, die jede in sich ein System zur 50/60 Hz Frequenzanpassung bilden. Durch Parallelbetrieb dieser Module können gestaffelte Leistungssprünge realisiert werden. Im Gegensatz zu rotierenden Umformern besteht bei den statischen Umformermodulen die Möglichkeit, die Leistung flexibel von 0 bis zur maximal installierten Leistung einzustellen.

Die Leistungsgrößen je System werden durch die eingesetzten Steckverbindungen begrenzt. Zusätzliche, kurzschlussbegrenzende Maßnahmen sind bei statischen Umrichtereinheiten nicht erforderlich.

Durch den modularen Systemaufbau sind die Umrichtereinheiten in allen land- und schiffsseitigen Spannungsnetzen einsetzbar und können gezielt den Anforderungen des Betriebes angepasst werden.

Die Kommunikation zwischen der Land- und der Schiffsseite erfolgt über eine angepasste, zu normierende Schnittstelle. Diese entspricht den Erfordernissen der Sicherheitskriterien einer Landstromversorgung. Sie kann mittels Lichtwellenleiter oder konventionellen Steuerleitungen realisiert werden.

Anschlusssteckertechnik einer Landstromversorgung

Für die Auswahl der Steckverbindung einer Landstromversorgung ist die IEC / ISO Normung wesentlich entscheidend. Auf die Systementscheidung in Hinsicht auf Umformer-, Trafo- und Schaltanlagentechnik einer Landstromversorgung nimmt die Normierung keinen entscheidenden Einfluss.

Mit statischen Umrichtern in der Landstromversorgung können alle denkbaren land- und schiffsseitigen Anforderungen ohne Änderungen der Systemkomponenten realisiert und erfüllt werden.

Es sind dies im Einzelnen:

- 11 / 6,6 kV mit der Frequenz von 60 Hz
- 10 / 6,0 kV mit der Frequenz von 50 Hz

Werden für jede dieser beiden Nennspannungen durch die Normierungsgremien unterschiedliche Steckverbindungen gefordert, lässt sich dies mit einem entsprechenden Kabelzuführungssystem sicherstellen.

Personenschutz und der Bordnetzbetrieb

Folgende Kriterien sind durch den Betrieb einer Landstromversorgung systembedingt und sicherheitstechnisch zu gewährleisten:

Erdung beim Stecken und Lösen

Die Steckverbindung darf nur hergestellt werden, wenn beide Seiten der Kabelverbindung geerdet sind. Entsprechende Überwachungs- und Verriegelungssysteme sind zu installieren.

Kurzschlussbegrenzung

Es ist seitens der Landstromversorgung sicherzustellen, dass der max. zulässige Kurzschlussstrom der Steckverbindung nicht überschritten wird. Ansonsten führt dieser Strom zur Zerstörung der Steckverbindung und sofortigen Abschaltung der Landstromversorgungsanlagen.

Schutzsysteme für Überlastbetrieb

Der landseitige Energiefluss in Richtung des Schiffes wird durch eine entsprechende Schutzeinrichtung überwacht. Hierdurch wird sichergestellt, dass in einem Fehlerfall die Landstromversorgung sicher abgeschaltet wird und das Schiff in den Betrieb der Eigenenergieversorgung übergeht.

Entgegengesetzt ist ein Rückfluss der Energie von der Schiffsseite in das Landnetz durch entsprechende Maßnahmen auf ein Minimum für die Dauer der Synchronisierung zu beschränken.

Ausgleich des Tidenhubes

Ein entsprechendes Kabelzuführungssystem mit automatischer Tidenhubüberwachung ist Voraussetzung dafür, dass die landseitige Kabelverbindung durch äußere, mechanische Beanspruchungen nicht gefährdet wird.

Die möglichen Beanspruchungen sind im Einzelnen:

- Tidenhub durch Ebbe und Flut
- Reißen von Befestigungstauen

In dieser Situation ist die Abschaltung der Landstromversorgung durch entsprechende Maßnahmen sicherzustellen.

Gewährleistung des sicheren und störungsfreien Bordbetriebes

Es darf zu keiner Störung oder Beschädigung der elektrischen Anlagen auf dem Schiff durch die Landstromversorgung kommen.

Das „Shore Connection“ Feld in der Hauptschalttafel auf dem Schiff ist in der Primär- und Sekundärtechnik wie ein Generatoreinspeisefeld auszulegen. Sollte durch einen Fehler in der Landstromversorgung eine Abschaltung der landseitigen Versorgung erfolgen, schaltet das Schiff auf Eigenversorgung um.

Technische Voraussetzungen auf dem Schiff

Hier sind Schiffe mit mittel- und niederspannungsseitigen Bordnetzen zu unterscheiden.

Bei mittelspannungsseitigen Bordnetzen erfolgt die Einspeisung auf die mittelspannungsseitige Hauptschalttafel.

Bei niederspannungsseitigen Bordnetzen ist der Einsatz eines Transformators auf dem Schiff zur Einspeisung auf die niederspannungsseitige Hauptschalttafel erforderlich.

In beiden Fällen ist die Einspeisung der Hauptschalttafel als Generatorfeld auszuführen.

Um eine größtmögliche Flexibilität zu erreichen kann eine backbord- und steuerbordseitige Kabelzuführung in das Schiff realisiert werden. Die Zuleitung zur Hauptschalttafel erfolgt über eine vorgeschaltete Mittelspannungsschaltanlage.

Betriebskosten

Für eine realistische Energiepreisberechnung wurde das hierfür erforderliche Lastprofil als Kalkulationsgrundlage anhand der Liegezeiten aus dem Jahr 2008 erstellt.

Aufgrund der im Verhältnis zum Gesamtjahr sehr kurzzeitigen Nutzungsdauer, dafür aber mit extrem hohen Leistungen, ergibt sich ein unhomogenes für den Stromeinkauf nachteiliges Leistungsdiagramm.

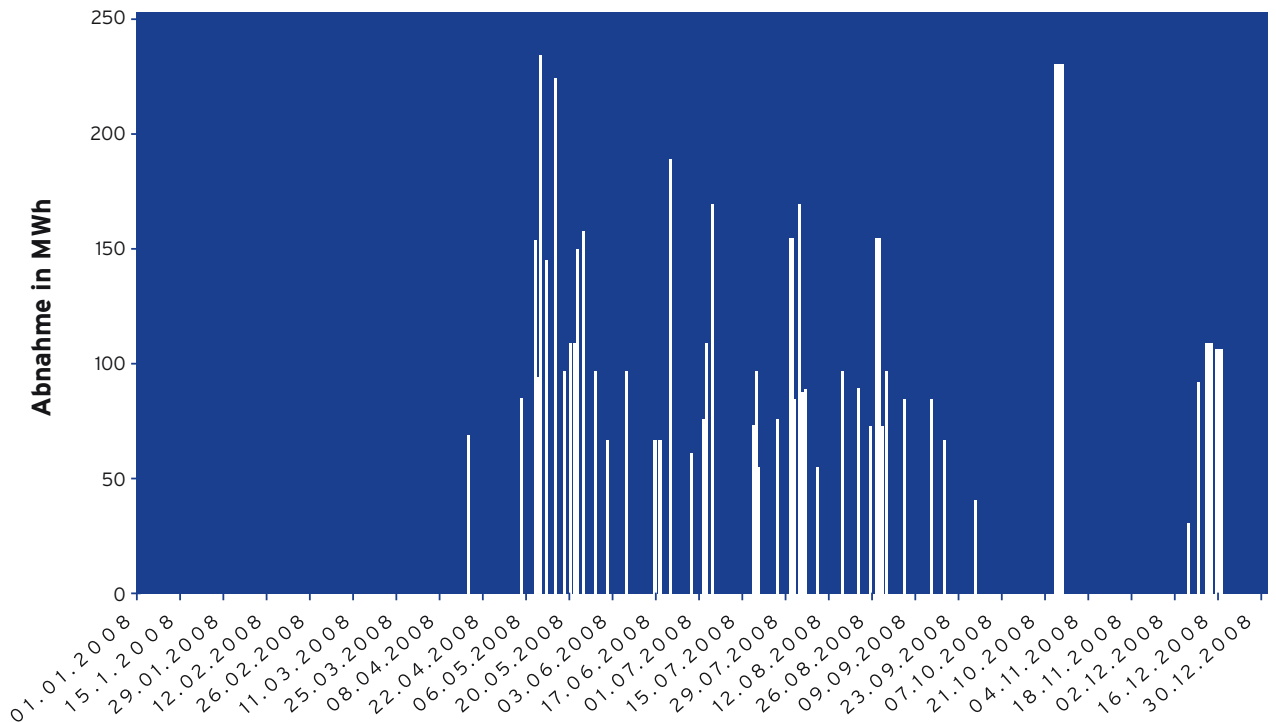


Bild 21 - Errechneter Lastgang am Kreuzfahrtterminal

Vollversorgung aller Schiffe HV / LV, vorausgesetzt daraus resultierender kWh Preis

Großhandelspreis*	7,60	ct./kWh
Zuschläge**	1,14	ct./kWh
Netto Verkaufspreis	8,74	ct./kWh
zzgl. EEG	1,01	ct./kWh
zzgl. Stromsteuer	2,05	ct./kWh
zzgl. Netznutzungsentgelt	4,20	ct./ kWh
Summe netto*	16,00	ct./kWh

* Preisbasis: 02.09.08, Produkte Base/Peak Cal 09 ** Risikozuschläge, Abwicklung,

Umsatzsteuerlich ist die Lieferung des Stroms an die Kreuzfahrtschiffe von der Steuer befreit, wenn die Lieferung an den Betreiber erfolgt. Ob eine Lieferung direkt an den Betreiber erfolgt, ist auf Grundlage der zivilrechtlichen Vereinbarungen zu entscheiden. Lieferungen an andere Personen als den Betreiber, unterliegen wiederum der Umsatzsteuer.

Im Gesetzestext heißt es hierzu: „Die Lieferung von Strom für Seeschiffe ist gem. § 8 Abs. 1 Nr. 3 UStG i.V.m. § 4 Nr. 2 UStG von der Umsatzsteuer befreit, wenn die Lieferung unmittelbar an den Betreiber eines Seeschiffs erfolgt. Soweit Umsatzsteuer im Rahmen einer vorangehenden Lieferstufe entsteht, ist diese erfolgsneutral, da ein Vorsteuerabzugsrecht gem. § 15 UStG besteht.“

Im Bereich der Stromsteuer gibt es Ansätze und Diskussionen die landstromseitig versorgten Schiffe europaweit von dieser Steuerabgabe zu befreien. Eine Stromsteuerbefreiung würde zu einer Minderung um 2,05 ct/kWh führen.

Summe netto*	13,95	ct./kWh
(nach Abzug Stromsteuer)		

* zzgl. Kraft-Wärme-Kopplungsabgabe (KWK: 0,23 ct/kWh bis 0,1MWh, danach 0,05 ct/kWh) und Konzessionsabgabe (KA: 0,11 ct/kWh)

Betreibermodell

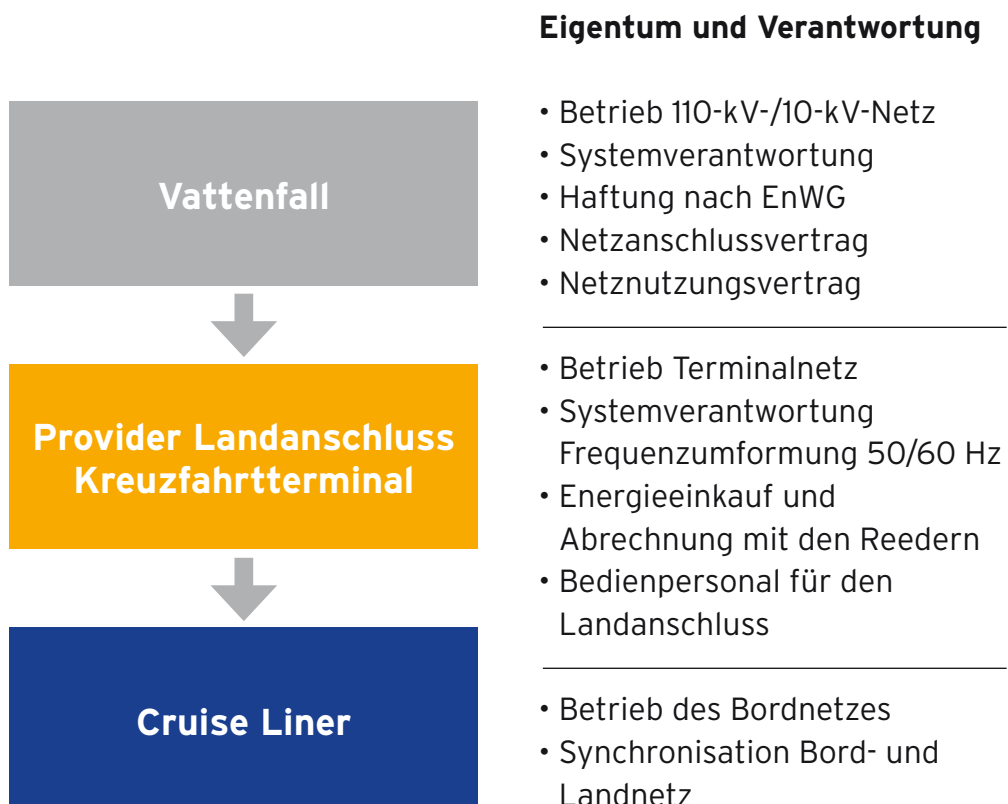
Es gibt mehrere mögliche Betreibervarianten. Wichtig ist bei allen Varianten eine klare Schnittstelle zwischen den Verantwortungs- und Technikbereichen. Ein für Hamburg mögliches Betreibermodell könnte wie folgt aussehen:

Das Verteilungsnetz der Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH dient als vorgelagertes Netz zur Versorgung der Stadt Hamburg und dem Hafenterminal. Aus diesem Versorgungsnetz wird die benötigte Leistung in der Mittelspannungsebene bereitgestellt.

Das Terminal selbst könnte nach EnWG §110 als nachgelagertes Netz durch eine eigene Firma oder eine der Reedereien betrieben werden. Dieser Terminalbetreiber ist für den Betrieb des Terminals, die Umwandlung von Spannung und Frequenz passend zum Schiff, sowie den Anschluss der Schiffe zuständig. Des Weiteren würde hier auch der Energieeinkauf und die Weiterverrechnung dieser Leistungen an die anliegenden Schiffe stattfinden.

Der dritte Partner in diesem Modell ist das Schiff selbst. Dieses hat an Bord eine Vorrichtung, um sich an den vorhandenen Landanschluss anzuschließen und zu synchronisieren. Dem Schiff obliegt hierbei auch der Betrieb des eigenen Bordnetzes.

Dieses mögliche Betreibermodell ist auch in der folgenden Grafik mit den zugehörigen Aufgaben dargestellt.



Gesamtkosten

Netzanschluss durch Vattenfall

Netzanschluss durch Vattenfall

Kalkulations Grundlage

- Gesamter Leistungsbedarf für die Landstromversorgung 30 MVA
- Ausgehend von einem Umspannwerk im Bereich Oberhafenbrücke
- zwei Übergabepunkte auf 20- und 10-MVA im Bereich Kreuzfahrtterminal

Kostenaufstellung

Mittelspannungskabel - Lieferung und Legung von: 2 x Doppelkabel (20 MVA- Anschlussleistung) und 3 x 1 Kabel (10 MVA-Anschlussleistung)	610.000 EUR
Ausbau Umspannwerk einschl. Schaltzellen, Messung und Schutztechnik	595.000 EUR
Tiefbauarbeiten, einschl. Oberflächenwiederherstellung	2.495.000 EUR
Summe Netzanschluss (netto)	3.700.000 EUR

Installation der Landstromversorgungsanlage

Generelles

Ab dem Netzanschlusspunkt findet die Installation auf dem Terminalgelände statt.

Die für eine Landstromversorgung bereitzustellenden Komponenten und Systeme dürfen den Waren- und Passagierverkehr während der Liegezeit nicht behindern und sollten möglichst nicht sichtbar sein.

Dies bezieht sich auf die 50/60 Hz Energieumformungsanlagen und die landseitige Kabelzuführung.

Der Standort für die Installation der landseitigen Energieversorgung ist in der Nähe der beiden Anleger 1) und 2) in der HafenCity definiert.

Es sind zwei Anleger zu realisieren mit den Leistungsdaten von

- 20 MVA für den Anleger 1)
- 10 MVA für den Anleger 2)

Definition der Systemkomponenten

Für die landseitige Stromversorgung sind im Einzelnen folgende Komponenten Bestandteil der Preisindikation:

- 10 kV Übergabestationen für die mittelspannungsseitige Einspeisung
- mehrere 50 Hz Eingangstransformatoren entsprechender Leistung
- mehrere Einheiten statischer Umrichter für die vorgenannte Gesamtleistung der Landstromversorgung
- Diverse in sich geschlossene Kühlsysteme für die Abfuhr der Verlustwärme der statischen Frequenzumrichter
- Diverse 60 Hz Ausgangstransformatoren entsprechender Leistung
- 2 Stck. flexible Kabelzuführungssysteme
- Leistungs- und Steuerkabel von den Umrichtereinheiten zu den Kabelzuführungssystemen an der Kaimauer
- Montagen der vorgenannten Systeme und Komponenten der Landstromversorgung
- Inbetriebnahmeleistungen des Systems der Landstromversorgung

Darin sind folgende Systemkomponenten **NICHT** enthalten:

- Hoch- und tiefbauliche Maßnahmen für die unterirdische Installation der Energieversorgungsanlagen im Bereich der HafenCity und der beiden Kabelzuführungssysteme für die Anleger 1) und 2)
- Engineering und Planung der elektrischen Betriebsräume der gesamten Landstromversorgung für die HafenCity
- Abfuhr der Verlustwärme für die 50 Hz und 60 Hz Transformatoren
- Automatisierung der Kommunikation und Verriegelungsbedingungen der Landstromversorgung zwischen Land- und Schiffsseite.

Nettopreis - Indikation

Für die, unter der obigen Position aufgeführten Systemkomponenten der landseitigen Stromversorgung, liegt eine freibleibende und unverbindliche Preisindikation von **17.975.000 EUR** zugrunde.

Die vorgenannte Summe teilt sich wie folgt auf:

Anlieger 1)	20 MVA	11.685.000 EUR
Anlieger 2)	10 MVA	6.290.000 EUR

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bei diesem System der Landstromversorgung die Frequenzumwandlung den größeren Anteil an der Preisindikation trägt.

Insgesamt bedarf es in der konkreten Realisierungsphase einer spezifizierten Überarbeitung der dann aktuellen Preissituation. Themen wie Umweltschutz, Hochwasserschutz, Lärmemissionen und schiffsspezifische Anforderungen an eine Landstromversorgung der HafenCity sind in der obigen Preisindikation nicht berücksichtigt, da diese uns zum Zeitpunkt der Studie nicht vorlagen.

Baukosten

Kostenannahme

Dies ist eine Kostenannahme zur Herstellung der baulichen Voraussetzungen für die Unterbringung von elektrischen Anlagenkomponenten zur Landstromversorgung von Kreuzfahrtschiffen am Hamburg Cruise Center in der HafenCity Hamburg.

Der Aufstellung dieser Kostenannahme wurden folgende Randbedingungen zu Grunde gelegt:

Es sind zwei Anleger zu realisieren mit den Leistungsdaten von

- 20 MVA für den westlichen Liegeplatz
- 10 MVA für den östlichen Liegeplatz

Für die Unterbringung der Anlagenkomponenten (Transformatoren, Frequenzumrichter und Verbindungsleitungen) ist es erforderlich in der HafenCity Hamburg ein Gebäude mit einer Grundfläche von ca. 630 m² bzw. ca. 2.500 m³ umbautem Raum, zwei Gräben von je 180 m Länge zur Unterbringung der flexiblen Übergabeeinheiten mittels derer der Anschluss auf Höhe der Schiffsluke positioniert werden kann sowie die erforderliche Leerrohrverbindung zwischen dem Gebäude und den beiden Gräben herzustellen.

Gebäude

Aus Gründen der Vereinheitlichung wurde angenommen, dass es sich bei dem Gebäude um einen gewöhnlichen Hochbau in mittelbarer Nähe der Kaioperationsfläche handelt. Auf die Annahme, dass es sich um ein unterirdisches Gebäude handelt wurde aus Kostengründen, wegen der enormen Aufwendungen zur Auftriebssicherung im Hochwasserfall, verzichtet.

Gräben in der Kaioperationsfläche

Da unter der Oberfläche der Kaioperationsfläche auf Grund mehrerer Überbauungen älterer Kaianlagen die entsprechenden Schleppplatten der Kaimauerkonstruktionen in unterschiedlichen Tiefen liegen, muss zunächst davon ausgegangen werden, dass die Gräben mit einer Breite von ca. 1,0 m und einer Tiefe von ca. 80 cm in einem Abstand von 10,0 bis 12,0 m parallel zur Kaikante hergestellt werden müssen. Sollte es möglich sein die Grabentiefe auf 60 cm zu verringern scheint es möglich diese in einem Abstand von 3,0 bis 7,0 m zur Kaikante herzustellen. In beiden Fällen ist es erforderlich einen statischen Nachweis bezüglich

der Ausbildung in SLW 60 Qualität und damit für die Befahrbarkeit durch schwere LKW zu erbringen. Nach derzeitiger Annahme sollte es möglich sein die Gräben auf den Schlepplatten zu gründen. Dies wäre jedoch durch die Hamburg Port Authority (HPA) zu bestätigen. Eine ausreichende Abdeckung der Gräben ist in der durch die Firma Siemens vorgelegten Unterlage enthalten und im Kostenblock Installation der Landstromversorgungsanlage erhalten.

Da in der Kaioperationsfläche parallel zur Kaikante noch alte Kranschienen verlegt sind, könnten diese unter Umständen für ein verfahrbares Kabelzuführungssystem genutzt werden.

Leerverrohrung zwischen Gebäude und den beiden Gräben

Zur Verbindung des Gebäudes und der entlang der beiden Liegeplätze verlaufenden Gräben ist von einer Leerverrohrung zur Aufnahme von insgesamt drei Leitungspaketen für je 10 MVA (2 x westlicher Liegeplatz und 1 x östlicher Liegeplatz) ausgegangen worden.

Kostenzusammenfassung Baukosten

Die angenommenen Gesamtkosten belaufen sich auf **1.900.000 EUR** netto.

Hierin enthalten sind 20 % Baunebenkosten.

Nicht enthalten sind Grundstückskosten, Kosten für technische Anlagen zur Abfuhr der Verlustwärme der Transformatoren sowie Kosten für gegebenenfalls erforderliche neue Schienen zur Unterbringung eines verfahrbaren Kabelzuführungssystems.

Gesamtkosten / Zusammenfassung

Neben der rein technischen Umsetzung wird der Kostenblock ein wesentliches Entscheidungskriterium sein, ob sich die Landstromversorgung als Alternative durchsetzen wird. Ziel der Studie ist es daher neben der rein technischen Machbarkeit auch die Kosten für eine Umsetzung darzustellen.

Hiermit wird den Gremien in Wirtschaft und Politik der Stadt Hamburg eine Vorstellung zu den entstehenden Kosten und einer möglichen Wirtschaftlichkeitsrechnung an die Hand gegeben.

Aus den vorausgegangenen Einzelpositionen zu

- Netzanschluss aus dem öffentlichen Energieversorgungsnetz durch den örtlichen Verteilungsnetzbetreiber
- Installation der Landstromversorgungsanlage einschließlich Lieferung der erforderlichen Technik
- Berücksichtigung der Baukosten in der HafenCity Hamburg

ergeben sich ein zum heutigen Zeitpunkt geschätzte Realisierungskosten für den Vollausbau mit zwei Liegeplätzen von **ca. 24 Mio EUR netto** zur Umsetzung der landseitigen Energieversorgung im Kreuzfahrerterminal Hamburg. Hier sind noch die vom konkreten Standort abhängigen Grundstückskosten zu berücksichtigen.

Durch die Realisierung eines Teilausbaus mit 10- oder 20-MVA lassen sich die Investitionskosten entsprechend reduzieren.

Zusammenfassung und Fazit

Allgemeines

Die HafenCity mit ihren architektonischen Besonderheiten und der intensiven Nutzung als Arbeits- und Lebensraum ist auch ein beliebtes touristisches Ziel. Sie ist ein städtebaulicher Schwerpunkt Hamburgs, der zum internationalen Markenzeichen entwickelt werden soll. In diesen Überlegungen spielt der Kreuzfahrtterminal in der HafenCity eine wichtige Rolle.

Die gewünschte zunehmende Nutzung des Kreuzfahrtterminals in der HafenCity stellt Hamburg vor Herausforderungen bezüglich der Lärm- und Abgasemissionen der Schiffe, die auf eine ununterbrochene Stromversorgung ihrer Bordnetze angewiesen sind. Ohne eine landseitige Stromversorgung sind die Schiffe gezwungen, eigene Aggregate zu nutzen. Die dabei erzeugten Emissionen hängen vom Energiebedarf der Schiffe und der Qualität der verwendeten Treibstoffe ab. Der Umgang mit den schiffsbezogenen Emissionen ist für den betroffenen Bereich in unmittelbarer Nachbarschaft zum Kreuzfahrtterminal im Planungsrecht berücksichtigt.

Eine landseitige Stromversorgung von Kreuzfahrtschiffen während ihrer Liegezeit am Kreuzfahrtterminal ermöglicht den Verzicht auf den Betrieb von Verbrennungsmotoren. Hiermit werden weitgehend die sonst auftretenden schiffsbedingten Emissionen vermieden. Dies sichert eine Verbesserung der Luftqualität.

Kosten und Technik

Zentrales Ergebnis dieser Ausarbeitung ist die Feststellung, dass auch unter den für die Umsetzung des Projekts schwierigen räumlichen Bedingungen am Kreuzfahrtterminal in der HafenCity der Bau einer landseitigen Stromversorgung für Kreuzfahrtschiffe technisch und baulich möglich ist. Die in dieser Studie veranschlagten Kosten sind Schätzungen, die sich aus den im Text angeführten Vorgaben und Rahmenbedingungen sowie der Umsetzung der genannten technischen Details ergeben. Eine abweichende bauliche oder technische Lösung kann diesen Kostenrahmen verändern. Gleiches gilt für hier nicht zu berücksichtigende Faktoren wie beispielsweise Baumaterialkosten, die nicht vorhersehbaren Schwankungen unterliegen.

Dieses Papier soll die Diskussion um das Thema insgesamt versachlichen, in dem es eine technisch und baulich mögliche Lösung aufzeigt, deren Kosten aus heutiger Sicht beziffert und die Rahmenbedingungen darlegt.

Das hier vorgestellte Modell stellt am Kreuzfahrtterminal liegenden Schiffen eine Anschlussmöglichkeit zur Verfügung, die von Land aus gesteuert wird. Durch Einsatz eines Umformers können Kreuzfahrtschiffe unabhängig davon, ob ihr Bordnetz eine Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz erfordert, versorgt werden. Auf Grund der unterschiedlichen Größe der Schiffe, des Tidehubs und abweichender Positionen am Terminal ist für die Übergabepunkte an das Schiff ein flexibles

Kabelzuführungssystem erforderlich. Die notwendige technische Installation ist auf Grund ihrer Größe nicht direkt am Terminal aufgestellt, sondern wird in zukünftig bestehende Gebäudesubstanz integriert bzw. in einer separaten baulichen Einrichtung ober- oder unterirdisch außerhalb der Kaioperationsfläche und dem Kreuzfahrtterminal unterzubringen sein. Unterhalb des Oberflächenbelags der Kaioperationsfläche sind Arbeiten zur Verlegung der Kabel und der Unterbringung von mobilen Übergabepunkten an das Schiff erforderlich.

Wichtige Rahmenbedingungen zur Einordnung des Lösungsansatzes

Technische Rahmenbedingungen

Der vorgestellte technische Lösungsansatz beschreibt eine landseitige Stromversorgung von mittleren und großen Kreuzfahrtschiffen, die eine Mittelspannung von 50 Hz oder 60 Hz für ihr Bordnetz benötigen am Terminal in der HafenCity. Eine landseitige Versorgung von Niederspannungsbordnetzen bei älteren und kleineren Schiffen ist mit einem technischen Mehraufwand realisierbar. Entsprechende Umrüstungen an Bord der Schiffe sind in der aktuellen Kostenschätzung nicht berücksichtigt und sollten einer separaten Kosten- / Nutzenrechnung unterzogen werden. Eine international einheitliche Normung wird voraussichtlich 2010/2011 zur Verfügung stehen. Eine Vorabinformation in Form einer öffentlich verfügbaren Spezifikation für Mittelspannungs-Landstromversorgung ist bereits veröffentlicht.

Damit wären die technischen Voraussetzungen für den Bau einer landseitigen Stromversorgung am Kreuzfahrtterminal in der HafenCity auf Basis eines international verbreiteten Standards gegeben.

Ökonomische Rahmenbedingungen

Auf europäischer Ebene hat Hamburg im September 2008 die Schaffung einer europäischen Allianz der wichtigsten Kreuzfahrtziele zur Förderung einer umweltfreundlichen Energieversorgung der Häfen angestoßen. Die Beratungen über eine gemeinsame inhaltliche Position wurden im Januar 2009 in Hamburg aufgenommen.

Zudem unterstützt Hamburg die deutsche Initiative zur Erteilung einer europäischen Ausnahmegenehmigung für die Stromsteuerbefreiung von Landstrom.

Ein System einer landseitigen Stromversorgung ist in jedem Hafen eine der geeigneten Möglichkeiten zur deutlichen Reduktion der Schiffsemissionen, insbesondere bei längeren Liegezeiten. Bei der Erstellung eines Konzepts für eine landseitige Stromversorgung am Kreuzfahrtterminal in der Hamburger HafenCity sollten die Interessen der Anlieger und Grundeigentümer, der Systemlieferanten, des Betreibers, der Reeder, der Schiffsbauer und der Freien und Hansestadt Hamburg an der Entwicklung des Kreuzfahrtstandorts berücksichtigt und abgewogen werden. Von zentraler Bedeutung ist nach der Setzung eines internationalen Standards die Frage eines Anschlusszwangs. Die politische Entscheidung, ob bei einer Entscheidung für eine landseitige Stromversorgung Ordnungsrecht oder ein Anreizsystem für eine freiwillige Nutzung, z. B. durch die bevorzugte Vergabe

von Liegeplätzen am gewünschten Terminal, Gebührenermäßigungen bei der Terminalnutzung, die Erhebung emissionsabhängiger Entgelte sowie die geplante Stromsteuerbefreiung für Landstrom zum Tragen kommt, wird hier nicht näher behandelt.

Die laufenden Kosten der Nutzung einer landseitigen Stromversorgung für die Kreuzfahrtanbieter sind langfristig schwer zu prognostizieren. Sie hängen ab von der Entwicklung der Brennstoffpreise für Schiffstreibstoffe, der Energiepreise, der Anlaufzahlen des Terminals und der kalkulierten Amortisationszeit der Investition in die Anlage bei unterschiedlichen Auslastungszahlen / Anlaufzahlen. Eine ergänzende Untersuchung zu dieser Frage ist angesichts der hohen Investitionen, die für eine Landstromversorgung veranschlagt wird, erforderlich.

Ökologische Rahmenbedingungen

In Deutschland gelten aufgrund von Vorgaben der europäischen Union zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt zunehmend strengere Grenzwerte für Luftschadstoffe, die auch von Schiffsdieselmotoren, unabhängig von der verwendeten Qualität des Kraftstoffs, ausgestoßen werden. Eine Landstromversorgung am Kreuzfahrtterminal HafenCity ist eine effiziente Maßnahme die Emissionsbelastung des direkten Umfeldes des Terminals durch Schadstoffe und Lärm zu senken und dabei den Vorgaben im Bereich Luftqualität und Gesundheitsschutz gerecht zu werden.

Mittelfristig besteht die Gefahr ohne eine Landstromversorgung die europäisch festgelegten Grenzwerte zu überschreiten.

Die Produktion der für eine Landstromversorgung benötigten Energie in Kraftwerken ist mit der Emission von Schadstoffen an anderer Stelle verbunden. Für eine Gesamtanalyse der ökologischen Sinnhaftigkeit der Implementierung einer Landstromversorgung am Kreuzfahrtterminal in der HafenCity sind zwei Bereiche von besonderer Bedeutung:

1) die lokale / regionale Luftreinhaltung mit dem Ziel der Verbesserung des Gesundheitsschutzes der Bevölkerung sowie der Einhaltung aktueller und angekündigter Grenzwerte für die Luftqualität.

2) die überregionale Betrachtung, in die Emissionen am Kreuzfahrtterminal mit und ohne Landstromversorgung unter Berücksichtigung der zu erwartenden Grenzwerte und Entwicklungen in den Bereichen Kraftwerks- und Schiffsantriebstechnik einfließen müssen.

Eine abschließende gesamtökologische Bewertung war nicht Gegenstand dieser Machbarkeitsstudie.



Ausblick

Das vorgelegte Papier dokumentiert die technischen Möglichkeiten und angenommenen Kosten einer landseitigen Stromversorgung von Kreuzfahrtschiffen am Terminal in der HafenCity. Die zu Grunde gelegten Prämissen bezüglich Schiffstypen, Bordnetzspannungen, Lastprofilen der Schiffe, Auslastungen der Anlage sowie die räumlichen und bautechnischen Voraussetzungen in der HafenCity verdeutlichen, dass es sich um eine technische Lösungsskizze auf Basis der heutigen Situation handelt. Eine Umsetzung der vorgestellten Lösung ist eine der technischen und baulichen Möglichkeiten, den steigenden Anforderungen an die Luftqualität gerecht zu werden.

Quellennachweis

- [1] HafenCity Hamburg GmbH
- [2] http://www.hamburg-magazin.de/ge_hafen_kreuzfahrt-center.htm
- [3] Germanischer Lloyd
- [4] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.

Bildverzeichnis

- | | |
|--------------|--|
| Deckblatt | Germanischer Lloyd,
Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH |
| Bild 1 | HafenCity Hamburg |
| Bild 2 | Überseequartier - Komplex aus Hotel und Kreuzfahrtterminal |
| Bild 3 | Albert Ballin |
| Bild 4 | "Freedom of the Seas" (340m)
vor den Hamburger Landungsbrücken |
| Bild 5 | Die "Queen Mary 2" im Größenvergleich zur Titanic und
zum Airbus A380 |
| Bild 6 | Größenvergleich einiger Kreuzfahrtschiffe |
| Bild 7 | Luftschadstoffgutachten Kreuzfahrtterminal HafenCity,
NO ₂ -Immissionen in Bodennähe |
| Bild 8 | Übersicht der technischen Anschlusskomponenten |
| Bild 9 | Verriegelung von Land und Bordnetz |
| Bild 10 | Anteilige Energiebedarf niederspannungs- und
mittelspannungsversorgter Schiffe |
| Bild 11 | Leistungsbedarf bekannter Kreuzfahrtschiffe |
| Bild 12 | Weltkarte der Frequenzen |
| Bild 13 | Containerschiff mit Landstromversorgung im Hafen von
Los Angeles |
| Bild 14 + 15 | Übergabe der Anschlussvorrichtung vom Schiff zum Kai |
| Bild 16 | Anschluss im Hafen von Seattle |
| Bild 17 | Anschluss mittels Kabelbrücke im Hafen von Juneau |
| Bild 18 | Landanschluss im Hafen Lübeck |
| Bild 19 | Trassenverlauf durch die HafenCity zum Anschlussterminal |
| Bild 20 | Schnitt Strandkai Überbauung 1990/ 91 |
| Bild 21 | Errechneter Lastgang am Kreuzfahrtterminal |
| Bild 22 | Vorstellung eines Betreibermodells |

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Vergleich rotierender Umformer und statischer Umrichter

Rechteinhaber der verwendeten Bilder

Bild 1

http://www.hafencity.de/upload/files/broschueren/z_de_broschueren_33_HC_Newsletter_12.pdf (13.08.2008)

Rechteinhaber: Hafencity Hamburg GmbH

Bild 2

http://www.hafencity.com/index.php?set_language=de&cccpage=projekte_detail&show=projekte&item=69 Illustration: Michael Behrendt,

Quelle: Überseequartier Beteiligungs GmbH (13.08.2008)

Rechteinhaber: Hafencity Hamburg GmbH

Bild 3 Albert Ballin

http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Albert_Ballin.jpg

Rechteinhaber: Diese Bild- oder Mediendatei ist gemeinfrei, weil ihre urheberrechtliche Schutzfrist abgelaufen ist. Dies gilt für die Europäische Union, die Vereinigten Staaten, Kanada und alle weiteren Staaten mit einer gesetzlichen Schutzfrist von 70 Jahren nach dem Tod des Urhebers.

Bild 4 "Freedom of the Seas" (340m) vor den Hamburger Landungsbrücken

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bild:Freedom-of-the-Seas--in-Hamburg.jpg&filetimestamp=20061123163524#filelinks>

Rechteinhaber: Wikipedia-User: TheBo.

Bild 5 Die "Queen Mary 2" im Größenvergleich zur Titanic und zum Airbus A380

Rechteinhaber: Dieses Bild basiert auf dem Bild „En mary titanic.svg“ aus Wikimedia Commons von Wiki-User „Yzmo“ und steht unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation zur Verfügung

GNU-Lizenz im Internet: <http://www.gnu.org/>

Bild 6 Größenvergleich einiger Kreuzfahrtschiffe

Bild 8 Übersicht der technischen Anschlusskomponenten

Bild 9 Verriegelung von Land und Bordnetz

Bild 11 Leistungsbedarf bekannter Kreuzfahrtschiffe

Bild 12 Weltkarte der Frequenz (modifizierte Version aus Wikipedia)

Rechteinhaber: Thomas Hartmann, Germanischer Lloyd AG

Bild 13 Containerschiff mit Landstromversorgung im Hafen von Los Angeles
Bild 14 + 15 Übergabe der Anschlussvorrichtung vom Schiff zum Kai
Rechteinhaber: Eric Caris, Assistant Director of Marketing Port of Los Angeles

Bild 7 Luftschadstoffgutachten Kreuzfahrtterminal HafenCity, NO₂-Immissionen
in Bodennähe

Bearbeitung: Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul

Rechteinhaber, Auftraggeber: Freie und Hansestadt Hamburg,
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt
Alter Steinweg 4, 20459 Hamburg

Bild 10 Anteiliger Energiebedarf niederspannungs- und
mittelspannungsversorgter Schiffe

Rechteinhaber: Frank Bomke, Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH

Bild 16 Anschluss mittels Kabelbrücke im Hafen von Juneau

Rechteinhaber: Blue Water Network - a division of Friends of Earth

Bild 17 Anschluss im Hafen von Seattle

Rechteinhaber: Tom Dow, American Association of Port Authorities

Bild 18 Landanschluss im Hafen Lübeck

Rechteinhaber: Siemens AG

Bild 19 Trassenverlauf durch die HafenCity zum Anschlussterminal

Rechteinhaber: Frank Bomke, Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH

Bild 20 Schnitt Strandkai Überbauung 1990/91

Rechteinhaber: HafenCity Hamburg GmbH

Bild 21 Errechneter Lastgang am Kreuzfahrtterminal

Rechteinhaber: Frank Bomke, Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH

Bild 22 Vorstellung eines Betreibermodells

Rechteinhaber: Sven Bäuml, Vattenfall Europe Distribution Hamburg GmbH