

Abschlußbericht für das
Bundesministerium für Bildung, Forschung und Technologie
(BMBF)

Anwendung von Stromschienensystemen für die elektrische Energieversorgung auf Passagierschiffen („Stromschienensysteme“)

- Schaffung der Einsatzvoraussetzungen
- Erarbeiten von Konstruktionskatalogen
- Piloteinsatz
- Optimierung und Integration

im Rahmenprogramm
Blockbau und Vorausrüstung
vorgelegt von:



Jos. L. Meyer GmbH
(MEYER WERFT)

Postfach 1555
Industriegebiet Süd
D-26855 Papenburg

Papenburg, im Dezember 1999

Inhalt

	<i>Seite</i>
1.0 Aufgabenstellung und Bedeutung des Projektes	4
1.1 Ausgangssituation	4
1.2 Ziele des Projektes „Stromschienensysteme im Blockbau“	5
1.3 Teilziele und Aufgabenkomplexe	5
1.3.1 Schaffung der Voraussetzungen für den Einsatz an Bord	5
1.3.2 Erarbeiten von Konstruktionsunterlagen	5
1.3.3 Versuchsweiser Piloteinsatz in Teilbereichen	5
1.3.4 Optimierung und Integration	6
2.0 Stand der Technik und technischer Fortschritt	6
2.1 Stand der Technik	6
2.1.1 Vorbereitungen der Montage im Blockbau	6
2.1.2 Installation Fernkabel zwischen Haupt- und Unterverteilungen	6
2.1.3 Installation Verteilerkabel zwischen Unterverteilungen und Verbraucheranschlüssen	6
2.1.4 Probleme bei Erweiterungen bzw. Modifikationen des Energieversorgungssystems	8
2.1.5 Baustromversorgung während der Ausbauphase des Schiffes	9
2.1.6 Bisheriger Einsatz von Stromschienen auf Schiffen	9
2.2 Technischer Fortschritt durch Stromschienensysteme im Schiffbau	9
2.2.1 Stromschienensysteme in an Land installierten Energieverteilungen	9
2.2.2 Übertragung auf den Schiffbau	10
3.0 Abschlußberichte der Teilziele und Aufgabenkomplexe	11
3.1 Schaffung der Voraussetzungen für den Einsatz an Bord	11
3.1.1 Marktanalyse	11
3.1.1.1 Hersteller „A“	12
3.1.1.1.1 Technische Daten Schienensysteme	12
3.1.1.1.2 Anwendungstechnische Analyse	13
3.1.1.1.3 Zusammenfassung Hersteller „A“	13
3.1.1.2 Hersteller „B“	14
3.1.1.2.1 Technische Daten Schienensysteme	14
3.1.1.2.2 Anwendungstechnische Analyse	15
3.1.1.2.3 Zusammenfassung Hersteller „B“	15
3.1.1.3 Hersteller „C“	16
3.1.1.3.1 Technische Daten Schienensysteme	16
3.1.1.3.2 Anwendungstechnische Analyse	17
3.1.1.3.3 Zusammenfassung Hersteller „C“	17

3.1.2	Genehmigungen für den Einsatz an Bord	18
3.1.2.1	Anforderungen (GL) an Schienensysteme zur elektrischen Versorgung von Verteilungen und Einzelverbrauchern - Geltungsbereich (GL-Pkt. 1)	18
3.1.2.2	Komponenten des Schienensystems (GL-Pkt.2)	18
3.1.2.3	Einzureichende Unterlagen (GL-Pkt.3)	18
3.1.2.4	Anforderungen (GL-Pkt. 4)	18
3.1.2.4.1	Grundanforderungen (GL-Pkt. 4.1)	18
3.1.2.4.2	Anforderungen an Komponenten (GL-Pkt. 4.2)	19
3.1.2.4.2.1	Umgebungsbedingungen (GL-Pkt. 4.2.1)	19
3.1.2.4.2.2	Schutzarten (GL-Pkt. 4.2.2)	19
3.1.2.4.2.3	Luft- und Kriechstrecken (GL-Pkt. 4.2.3)	19
3.1.2.4.2.4	Mechanische Ausführung (GL-Pkt. 4.2.4)	19
3.1.2.4.2.5	Brandschutz, Schott- und Decksdurchführungen (GL-Pkt. 4.2.5)	19
3.1.2.4.3	Systemanforderungen (GL-Pkt. 4.3)	20
3.1.2.4.3.1	Anlagenkonfiguration (GL-Pkt. 4.3.1)	20
3.1.2.4.3.2	Schutzeinrichtungen (GL-Pkt. 4.3.2)	20
3.1.2.5	Prüfungen (GL-Pkt. 5)	20
3.1.2.5.1	Prüfungen an Bord (GL-Pkt. 5.1)	20
3.1.2.5.2	Baumusterprüfung (GL-Pkt. 5.2)	20
3.1.3	Kosten-Nutzen-Abschätzung	22
3.2	Erarbeiten von Konstruktionsunterlagen	23
3.2.1	Elektrischen Einsatzbedingungen	23
3.2.1.1	Auswahl des Schienenverteilers in Abhängigkeit vom Betriebsstrom	24
3.2.1.2	Schutz des Schienenverteilers gegen Überlast und Kurzschluß	24
3.2.1.3	Schutzart der Schienenverteiler	24
3.2.2	Geometrischen Einsatzbedingungen	25
3.2.3	Konstruktion von Decks- und Schottdurchführungen	25
3.2.3.1	Decks- und Schottdurchführung mit GK-Packsystem	25
3.2.3.2	Decks- und Schottdurchführung mit MW-200-Busbar-System	25
3.2.4	Fertigungstechnische Untersuchungen	26
3.2.5	Identifizierung der Bauteile	26
3.2.6	Dokumentation für den Anwender	26
3.3	Versuchsweiser Piloteinsatz in Teilbereichen	28
3.3.1	Entwurf von Musterbereichen	28
3.3.2	Montage und Vorstellung der Musterbereiche	37
3.3.3	Konstruktion für den Hotelbereich eines Schiffes	38
3.3.4	Fertigungsvorbereitung und Koordination	38
3.3.5	Montage Stromschienensysteme in Hotelbereich	39
3.3.5.1	Installation im Blockbau	39
3.3.5.2	Komplettierung und Endmontage	39
3.3.5.3	Tests, Messungen und Inbetriebnahmen	39
3.3.6	Zusammenfassung des Piloteinsatzes	42

3.3.7	Präsentation der Teilbereiche	43
3.3.7.1	Transformatorstation-Anbindung in den Feuerzonen	43
3.3.7.2	Verbraucheranschlüsse an Abgangskästen der Steigleitungs-Stromschienen	45
3.3.7.3	Energieversorgung der Kabinen mit Stromschienensystemen	47
3.4	Kosten-Nutzen-Vergleich	48
3.4.1	Beschreibung der Vergleichskalkulation	48
3.4.1.1	Hauptstromversorgung als Kabelinstallation	49
3.4.1.2	Kabinenversorgung als Kabelinstallation	49
3.4.1.3	Hauptstromversorgung als Stromschieneninstallation	49
3.4.1.4	Kabinenversorgung als Stromschieneninstallation	50
3.4.1.5	Sicherheits- und Notstromversorgung als Kabelinstallation	50
3.4.1.6	Sicherheits- und Notstromversorgung als Stromschieneninstallation	50
3.4.2	Ergebnisse Kostenvergleich	51
3.4.2.1	Ergebnis Kostenvergleich Hauptstromversorgungen	51
3.4.2.2	Ergebnis Kostenvergleich Kabinenversorgung	52
3.4.2.3	Ergebnis Kostenvergleich Sicherheits- und Notstromversorgung	53
3.4.2.4	Ergebnis Gesamtvergleich	54
3.4.3	Vergleich der Installationszeiten	55
3.4.4	Vergleich weiterer Daten	56
3.4.4.1	Vergleich von Brandlasten	56
3.4.4.2	Vergleich der Kabellängen beider Installationsarten	57
4.0	Zusammenfassung und Ausblick	58
	Anlage 1: Prüf- und Abnahmeprotokoll	59
	<i>Literaturverzeichnis</i>	66

1.0 Aufgabenstellung und Bedeutung des Projektes

1.1 Ausgangssituation

Der europäische Schiffbau befindet sich, auch in Folge des erheblichen Preisverfalls bei asiatischen Werften, in einer sich weiter verschärfenden Wettbewerbssituation. Deutsche Werften werden in Zukunft nur am Markt bestehen können, wenn sie durch gezielte Forschung und Entwicklung hochwertige Produkte nach dem neusten Stand der Technik zu marktfähigen Preisen mit kurzen Lieferzeiten anbieten können. So steigen unter anderem die Anforderungen an die elektrische Energieverteilung aufgrund der steigenden Leistungen und dem Bestreben, bis möglichst kurz vor Fertigstellung des Schiffes noch flexibel auf technische Veränderungen seitens des Kunden eingehen zu können.

Beim Bau von Passagier- und Kreuzfahrtschiffen ist es gerade der Blockbau, der hiermit ins Blickfeld rückt, da dort prinzipiell noch Spielräume für Optimierungen einzelner Gewerke erkennbar sind, die zur Gesamtoptimierung der Bauzeit beitragen können. Gerade die elektrische Energieverteilung bietet Ansatzpunkte, da hier der mögliche Fertigstellungsgrad der gesamten Anlage noch recht gering ist. Mit verbesserten Konzepten bei der Energieverteilung lassen sich die Optimierungspotentiale effektiv ausnutzen.

Im Dezember 1995 legte die Meyer Werft dem Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) ein Strategiepapier zu FE-Vorhaben im Bereich „Blockbau und Vorausrüstung“ vor.

Um die Position des deutschen Schiffbaus auf dem Weltmarkt zu erhalten und nach Möglichkeit auszubauen, sind Verbesserungen sowohl im Produkt als auch Effektivitätssteigerungen in der Produktionsvorbereitung und Fertigung erforderlich.

Der im Juni vorgelegte Förderantrag für das Projekt „Anwendung von Stromschienensystemen für die elektrische Energieverteilung auf Passagierschiffen“ ordnet sich in das Rahmenprogramm „Blockbau und Vorausrüstung“ ein, dessen Abschlußbericht hiermit vorgelegt wird.

1.2 Ziele des Projektes „Stromschienensysteme im Blockbau“

Das Projekt „Stromschienensysteme im Blockbau“ hat das Ziel, ein optimiertes Energieverteilungssystem zu entwickeln, zu klassifizieren und zu erproben.

Die Entwicklungsziele für ein optimiertes Energieverteilungssystem mit Stromschienensystemen wurden wie folgt definiert:

- Frühzeitige Fertigung und Montage der Systemkomponenten, möglichst im Blockbau, um so eine Verkürzung der Bauzeit zu erreichen.
- Erhebliche Minderung des Installationsaufwandes gegenüber den herkömmlichen Verkabelungssystemen.
- Hohe Flexibilität bei der Verteilung der elektrischen Energie.
- Drastische Reduktion des Kostenaufwandes sowohl beim Neubau, als auch bei Änderungen und Nachrüstungen
- Anpassungsfähiges Energieverteilungssystem bei Erweiterungen bzw. Änderungen, sowohl im fortgeschrittenen Bauzustand als auch nach Fertigstellung des Schiffes

1.3 Teilziele und Aufgabenkomplexe

Um die Entwicklungsziele zu erreichen, wurden im Projekt folgende Aufgabenkomplexe bearbeitet.

1.3.1 Schaffung der Voraussetzungen für den Einsatz an Bord

Ausgehend von einer genauen Analyse der Einsatzbedingungen an Bord wurden konkrete Anforderungen an Stromschienensysteme definiert.

Diese wurden unter Berücksichtigung der Vorschriften und in Zusammenarbeit mit Vertretern der unterschiedlichen Klassifikationsgesellschaften, sowie den Kunden (Reedereien) gemacht.

In Frage kommende Systeme mußten hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften, der dynamischen Belastbarkeit, der Feuersicherheit, der elektromagnetischen Verträglichkeit und weiterer Anforderungen überprüft werden.

1.3.2 Erarbeiten von Konstruktionsunterlagen

Für die Verschiedenen Anforderungsprofile mußten konstruktive Musterlösungen erarbeitet und in einem Katalog zusammen gefaßt werden.

Fragen des Einbaus der Stromschienen unter Berücksichtigung der Bedingungen der Blockvorausrüstung und der konstruktiven Einbindung in die Schiffskonstruktion mußten geklärt werden.

Weiterhin waren entsprechende Konstruktionskataloge als Basis für die Nachnutzungsmöglichkeiten durch andere Werften neu zu erstellen.

1.3.3 Versuchsweiser Piloteinsatz in Teilbereichen

Die erarbeiteten Musterlösungen waren dann für einen konkreten Einsatzfall konstruktiv umzusetzen. Durch den versuchsweisen Einsatz in ausgewählten Bereichen eines Schiffes wurden praktische Erfahrungen, insbesondere auch zur fertigungstechnischen Integration in den Prozeß der Blockvorausrüstung, gesammelt.

1.3.4 Optimierung und Integration

Basierend auf den ersten Einsatzerfahrungen wurden die Konstruktionsunterlagen überarbeitet. Eine genaue Kosten-Nutzungs-Betrachtung wurde erstellt und die Montage der Stromschienen in der Blockvorausrüstung aufgrund der gewonnenen Erfahrungen optimiert.

Fragen der Integration mehrerer Teilbereiche zum Gesamtsystem Schiff wurden untersucht und praktisch durchgeführt.

2.0 Stand der Technik und Technischer Fortschritt

2.1 Stand der Technik

2.1.1 Vorbereitungen der Montage im Blockbau

Im heutigen Schiffbau erfolgt die Installation bzw. Montage der elektrischen Energieversorgungssysteme vorwiegend im stahlseitig fertigen Schiff.

Im Blockbau erfolgen teilweise nur die Vorbereitung der Montage, beispielsweise das Anbringen von Halterungen und die Montage von Kabeltrassensystemen sowie das Verlegen von Block internen Kabeln.

Die Verlegung von Block übergreifenden Kabel und einer sehr großen Anzahl von Leitungen sowie die Vorbereitung von Anschlüssen ist jedoch noch nicht möglich.

2.1.2 Installation Fernkabel zwischen Haupt- und Unterverteilungen

Die Installation bzw. Verlegung durchgängiger Kabel (Fernkabel) zwischen Hauptverteilungen und Unterverteilungen erfolgte bisher ausschließlich im stahlseitig fertigen Schiff. Eine frühzeitige Installation der Kabel im Block ist wegen der bisher sehr aufwendigen oder überhaupt unzulässigen Kabelverbindungen an Block- oder Sektionsstößen nicht möglich. Die Kabelinstallation mußte jedoch vor dem einrichtungsmäßigen Ausbau (z.B. Aufstellung von Wänden, Deckenausbau usw.) der jeweiligen Bereiche abgeschlossen sein. Hieraus ergab sich für die Montage der Energieversorgungssysteme ein zeitlich eng begrenzter Rahmen mit zum Teil Wartezeiten für andere Gewerke, der einen Engpaß in der Fertigung darstellte und zeitliche Verzögerungen bedingte.

2.1.3 Installation Verteilerkabel zwischen Unterverteilungen und Verbraucheranschlüssen

Die Zahl der komplexen technischen Systeme und somit die Anzahl der Verbraucheranschlüsse an Bord von Passagierschiffen nimmt ständig zu.

Besonders deutlich war dieser Trend bei den Passagierbereichen der Kreuzfahrtschiffe zu erkennen und wird sich dort in Zukunft fortsetzen.

Mit der steigenden Anzahl und Komplexität wird die konventionelle Energieverteilung mit Kabeln aufgrund von Planungs- und Montageaufwand, Platzbedarf, Gewicht und Preis zunehmend problematischer.

In den Passagierbereichen wurden an mehr oder weniger zentralen Stellen in den Feuerzonen Hauptverteilungen angeordnet. Von hier aus führten Kabel strahlenförmig zu den einzelnen Unterverteilungen bzw. Verbraucheranschlüssen, die mit elektrischer Energie zu versorgen sind. Die Abbildungen 1 und 2 verdeutlichen den bisherigen Zustand. Die Planungsphase einer elektrischen Anlage, die mit Kabel installiert wird, ist recht aufwendig. Die Planung der einzelnen Verbraucheranschlüsse konnte erst erfolgen, wenn die Verbraucher nach Standort, Leistungsaufnahme und Zuordnung zur Verteilung definiert waren. Mit den dann

bekanntem Daten wurden die Leitungslängen, Querschnitte und Schutzorgane bestimmt. Durch diese frühzeitige Planung und Konstruktion der Versorgungsanlage in der Projektierungsphase des Schiffes waren die einzelnen Komponenten an bestimmte Einbauorte gebunden, wodurch die Flexibilität des Energieversorgungssystems eingeschränkt wurde.



Abb. 1: Schaltschrankfront einer Hauptverteilung in einer Feuerzone bei einer Kabelinstallation

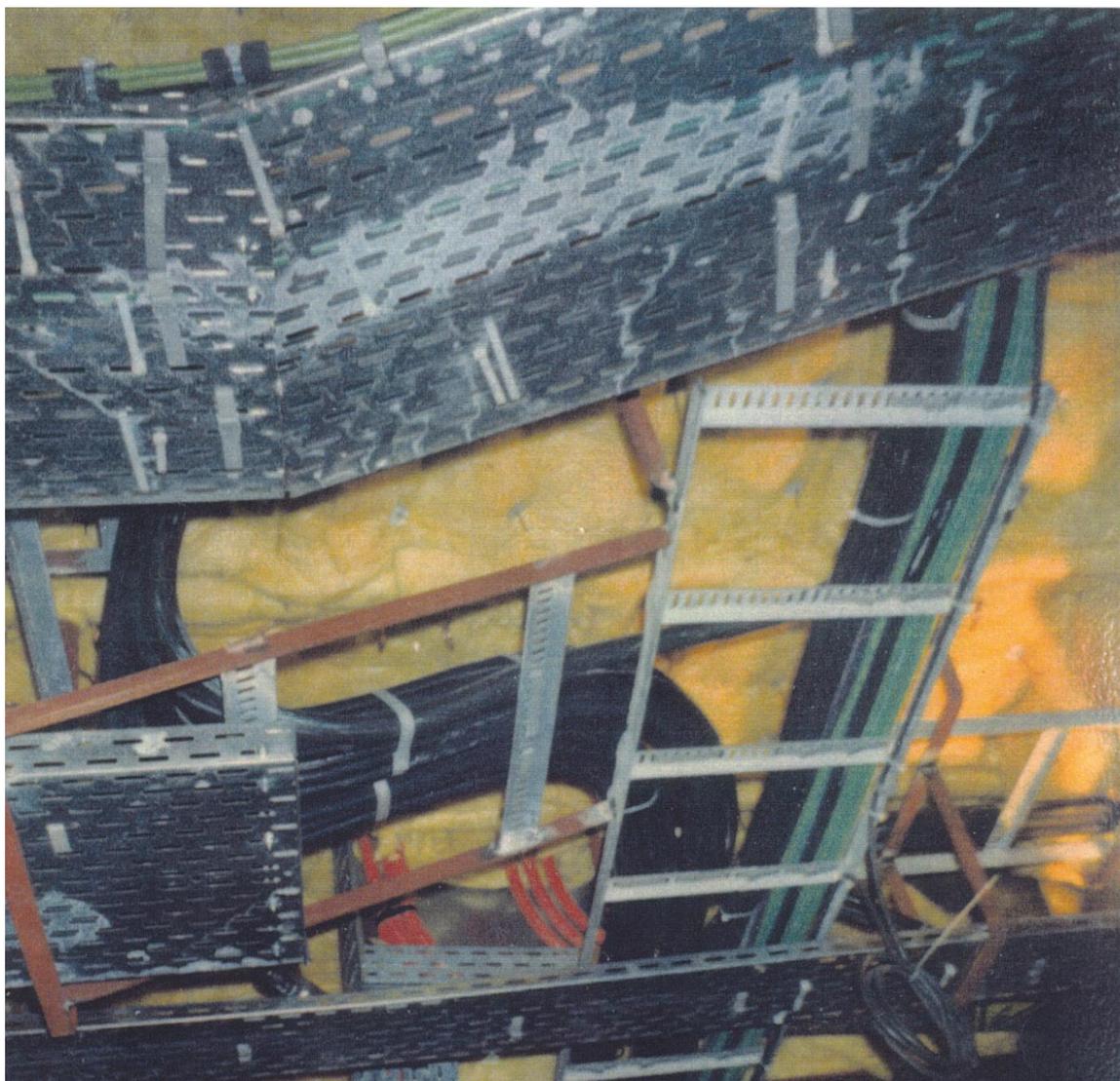


Abb. 2: Ansicht Kabeltrassen einer Kabelinstallation

2.1.4 Probleme bei Erweiterungen bzw. Modifikationen des Energieversorgungssystems

Erweiterungen, Modifikationen oder Änderungen während der Bauphase, z.B. wenn der Kunde zusätzliche Systeme einbauen lassen will und diese an die entsprechenden Stromversorgungssysteme anzuschließen sind, führten häufig zu Problemen.

Meistens war es notwendig, ein neues Kabel komplett von der Verteilung zum Verbraucheranschluß zu verlegen und zusätzliche Schutzorgane im Verteiler einzubauen. Dies war mit einem erheblichen Arbeitsaufwand verbunden (z.B. Demontage von Wänden und Decken, Öffnen von Schott- und Decksdurchführungen) und behinderte andere Gewerke erheblich bei der Ausführung ihrer Arbeiten.

2.1.5 Baustromversorgung während der Ausbauphase des Schiffes

Während der Bauphase des Schiffes sind diverse Stromverbraucher über ein werftseitiges Baustrom-Verteilersystem zu versorgen, da das Energieverteilungssystem des Schiffes noch nicht zur Verfügung steht. Diese provisorische Energieversorgung behindert die Zugänglichkeit zu den Montagestellen, ist aufwendig zu verlegen und birgt Unfallrisiken (z.B. Brandgefahr). Erhebliche Verbesserungen konnten erreicht werden, da früher als bisher das Energieverteilungssystem des Schiffes für die Stromversorgung von Werkzeugen und Maschinen während der Montage mitbenutzt werden kann.

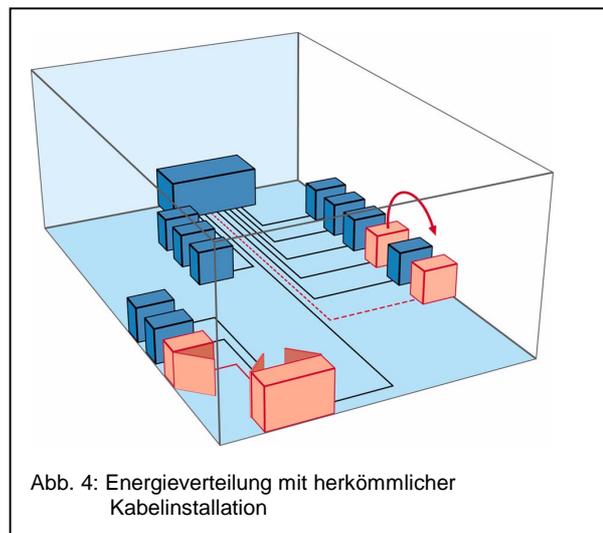
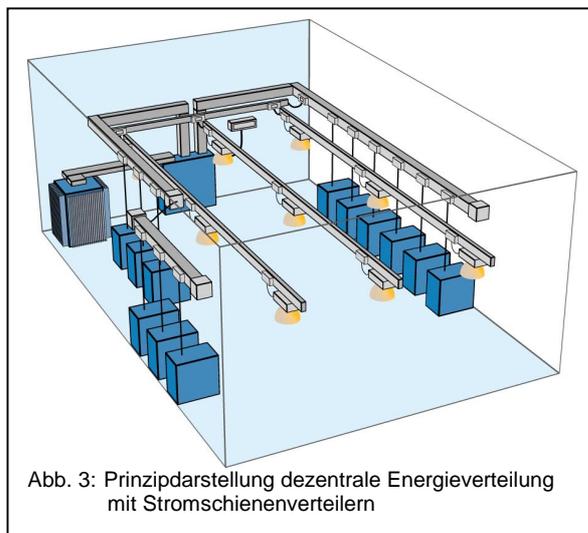
2.1.6 Bisheriger Einsatz von Stromschienen auf Schiffen

Stromschienen kamen bis dato vereinzelt auf Schiffen zwischen Generator und Hauptschalttafel zum Einsatz. Dabei handelte es sich um reine Verbindungsschienen für den Hochleistungsbereich. Ein Konzept oder System für die Verteilung der elektrischen Energie von den Trafostationen bis zum Endverbraucher mit Stromschienen existierte für den Schiffbau bislang nicht.

2.2 Technischer Fortschritt durch Stromschienensysteme im Schiffbau

2.2.1 Stromschienensysteme in an Land installierten Energieverteilungen

Ein Vergleich mit an Land installierten Systemen (Abb. 3 und 4) zeigt, daß es prinzipiell möglich ist, auf der Basis von Stromschienenverteilern ein neuartiges Energieverteilungssystem für den Schiffbau zu entwickeln (/3/.../15/).



Ein Stromschienenverteiler besteht aus einer Aneinanderreihung von fabrikfertigen Bauteilen (Abb.:5). Die jeweiligen Gehäuse der Schienenkästen namhafter Hersteller bestehen aus verzinktem und profilierten Stahlblech, in dem die Leiterschienen in glasfaserverstärkten Isolatoren gehalten werden. An den Längsseiten der geraden Schienenelementen sind meistens berührungssichere Abgangsstellen in Abständen von 50 oder 100 cm angeordnet.

Ein Schienenstrang besteht grundsätzlich aus Einspeisung, geraden Elementen mit und ohne Abgangsstellen, Winkelkästen und Endabdeckungen. Die mechanische und elektrische Verbindung der Bauteile erfolgt an den Verbindungsstellen, die zusätzlich noch durch ihre spezielle Konstruktion die Längenausdehnung zwischen Leiter und Gehäuse kompensieren.

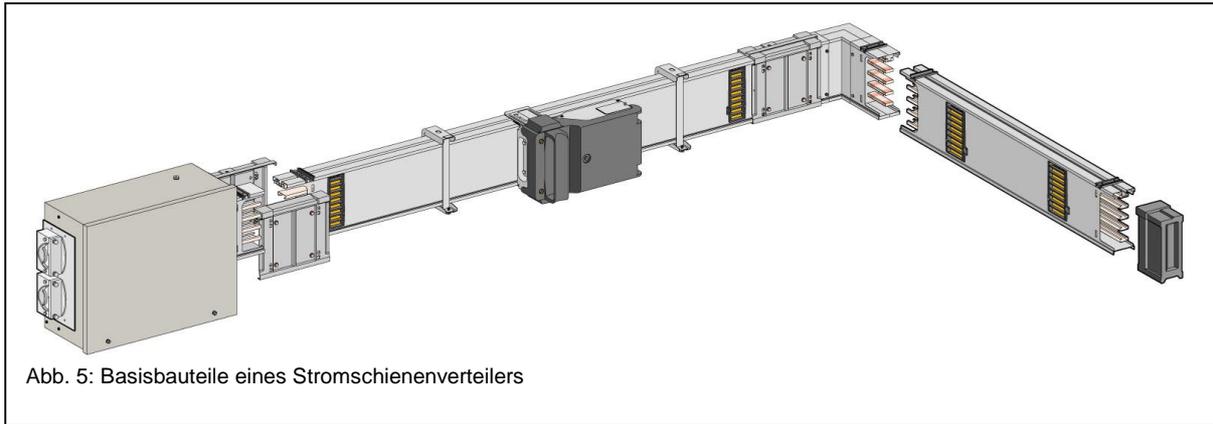


Abb. 5: Basisbauteile eines Stromschienenverteilers

Die Verbraucheranschlüsse können mittels unter Spannung steckbaren Abgangskästen mit der nächstgelegenen Stromschiene verbunden werden. Die Einspeisung der Stromschiene erfolgt entweder über einen festen direkten Anschluß an das Abgangsfeld der Transformatorstation oder mit einem Kabeleinspeisekasten. Nachgeordnete Schienensysteme, mit kleineren Bemessungsströmen, werden mit einer kurzen Kabelverbindung und einem steckbaren Abgangskasten mit integriertem Schutz- und Schaltorgan Hauptverteiler-Stromschiene angeschlossen.

Im Vergleich zu traditionellen Kabelsystemen ist eine höhere Flexibilität durch die Steckbarkeit der Verbraucheranschlüsse bei Änderungen, Ausbau und Nachrüstung gegeben.

Anwendungen von Stromschienensystemen finden sich heute unter anderem in der Automobilindustrie, Produktionsstätten, Gewerbe, Hochhäusern, Bürogebäuden und Krankenhäusern.

2.2.2 Übertragung auf den Schiffbau

Die Übertragung vorhandener Systeme auf den Schiffbau ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, da spezielle schiffbauspezifische Anforderungen sowie entsprechende Normen und Standards zu berücksichtigen sind. Außerdem fehlten bisher Erfahrungen über den Einsatz an Bord und zur Montage der Schienensysteme bei der Vorausrüstung.

Aus ersten Gesprächen mit Herstellern von Stromschienensystemen, Klassifikationsorganen und Kunden ergaben sich u.a. folgende Fragen, die für einen Einsatz der neuartigen Energieverteilungssysteme an Bord gelöst werden mußten:

- Redundanz der Systeme
- Feuersicherheit (fehlende Lösungen für die Feuerschott-Durchführungen)
- Kurzschlußsicherheit unter den Bedingungen an Bord von Passagierschiffen
- Wasserdichtigkeit der Schienensysteme
- Dehnungsverhalten und Durchbiegung der Stromschienen
- Verhalten bei Vibrationen
- Einbindung in andere Systeme des Schiffes (geometrische Abmessungen, usw.)
- Elektromagnetische Verträglichkeit

3.0 Abschlußberichte der Teilziele und Aufgabenkomplexe

3.1 Schaffung der Voraussetzungen für den Einsatz an Bord

3.1.1 Marktanalyse

Als Basis zur Schaffung der Voraussetzungen für den Einsatz von Schienensystemen an Bord von Schiffen wurden umfangreiche Marktanalysen durchgeführt.

Zunächst wurde festgestellt welche Anbieter von Schienensystemen am Markt vorhanden sind und in wie weit diese Systeme möglicher Weise tauglich für den Einsatz in Schiffen sind. Da noch keine technischen Anforderungen seitens der Klassifikationsgesellschaften bekannt waren, wurden die Schienensysteme allgemein hinsichtlich Materialien, elektrischen Daten, Wasserschutz, Feuerschutz, Montagefreundlichkeit, Rüttelfestigkeit, Vibrationsverhalten beurteilt.

Weiterhin wurde der allgemeine Entwicklungsstand der Systeme und die grundsätzliche Verfügbarkeit von Systembauteilen beurteilt.

Diverse Hersteller von Schienensystemen wurden um die Zusendung von Unterlagen gebeten und zu Produktvorstellungen eingeladen.

Nachfolgend sind die wesentlichen Parameter verschiedener Hersteller tabellarisch zusammengestellt, die ihre Produkte der Meyer-Werft vorgestellt haben.

Da ein allgemeines mögliches Marktpotential für die Hersteller nur schwer abschätzbar war und intensive Bemühungen zur Schaffung der Voraussetzungen erforderlich waren, gestaltete sich weitere Zusammenarbeit nicht mit allen Herstellern auf Dauer erfolgreich.

Letztlich standen zwei Anbieter zur Verfügung, die sich engagiert mit der Schaffung der Voraussetzungen für den Einsatz von Schienensystemen auf Schiffen beschäftigten.

Die tabellarische Zusammenstellung zeigt mittlerweile den augenblicklichen Endstand der einzelnen Systeme.

Eine letztendliche Zusammenarbeit ergab sich mit dem Hersteller „A“. Da das vom Hersteller „A“ angebotene System sich ausreichend gut an die Anforderungen im Schiffbau der Meyer Werft anpassen ließ, konnte der Hersteller ein komplettes System für die verschiedenen Anwendungen *Beleuchtungsverteilungen*, *Kabineneinspeisungen* und *Steigleitungsverteilung* approbieren.

3.1.1.1 Hersteller „A“

3.1.1.1.1 Technische Daten Schienensysteme

Allgemeine technische Daten							
Hersteller „A“							
Typ	Canalis	KBA-25	KBB-25	KNA-10	KSA-25	KSA-50	KSA-80
Norm	IEC 439-2						
Leitermaterial		Cu	Cu	Al	Al	Al	Al
Oberflächenmaterial Kontakte		Zi	Zi	Si	Si	Si	Si
Anzahl aktiver Leiter		4	2x4	4	4	4	4
Aufbau Leiter <i>Flachbandleiter Kunststoffisolierung (FK)</i> <i>Flachleiter auf Stützer luftisoliert (FSL)</i> <i>Flachleiter isoliert aneinanderliegend (FC)</i>		FK	FK	FSL	FSL	FSL	FSL
Gehäusematerial <i>Aluminiumprofil lackiert (AL-P)</i> <i>Stahlblech verzinkt (ST-ZN)</i> <i>Stahlblech verzinkt & lackiert (ST-ZN/L)</i>		ST-ZN	ST-ZN	ST-ZN	ST-ZN	ST-ZN/L	ST-ZN/L
Gehäuseausführung <i>Stahlblech profiliert geschlossen (ST-P)</i> <i>Aluminiumprofile zusammengesetzt (AL-Z)</i>		ST-P	ST-P	ST-P	ST-P	ST-P	ST-P
Schutzart (IEC529) ^(*) : mit Zusatzbauteilen	IP	54	54	52/54 ^(*)	52/54 ^(*)	52/54 ^(*)	52/54 ^(*)
Gehäusequerschnitt (bxh)	mm	46x30	46x46	92x28	146x54	146x75	146x113
Bewertung Stabilität der Schienen <i>OK = ausreichend</i> <i>NB = nicht befriedigend</i>		OK	OK	OK	OK	OK	OK
Bewertung Stabilität der Verbindungsstellen		OK	OK	OK	OK	OK	OK
Gewicht	kg/m	0,87	1,6	2,9	5	6,5	14
Brandlast (nur Schienenkästen)	KWh/m	1,9	1,9	2,3	1,8	2,7	3,0
Hologenfreiheit		ja	ja	ja	ja	ja	ja
Elektrische Daten (IEC439-2)							
Bemessungsstrom	A	25	2 x 20	100	250	500	800
Bemessungsbetriebsspannung	V	400	400	500	690	690	690
Bemessungsfrequenz	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Bemessungskurzschluß-Stoßstrom	kA	4,4	4,4	14	28	55	78
Unbeeinfl. Bemessungskurzschlußstr.	kAeff	---	----	8,9 (0,1s)	10 (1s)	27 (1s)	38 (1s)
Max. thermische Belastung	I ² t	195 * 10 ³	195 * 10 ³	8,0 * 10 ⁶	100 * 10 ⁶	733 * 10 ⁶	1798 * 10 ⁶

3.1.1.1.2 Anwendungstechnische Analyse

Anwendungstechnische Analyse						
Hersteller „A“						
Typ	KBA25	KBB25	KNA10	KSA25	KSA50	KSA80
Vorgesehene Anwendung	Beleuchtung		Haupt- & Notstromverteilung			
Bauteile (Legende)						
NV = notwendig & vorhanden, (Substitution)			NNM = notwendig & nicht möglich			
OPT = vorhanden, optional			--- = nicht möglich, (Substitution)			
Kabeleinspeisekasten	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Einspeisebauteil f. Schaltanlagenanschluß	---	---	---	NV	NV	NV
Gerade Elemente mit steckb. Abgängen	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Gerade Elemente oh. Abgänge	---	---	---	---	NV	NV
Gerade Elemente, Länge nach Wahl	---	---	---	NV	NV	NV
Brandabschottung für gerade Elemente mit Länge nach Wahl	---	---	NV	NV	NV	NV
Flachwinkel / Hochkantwinkel, Längen nach Wahl	---	---	---	NV	NV	NV
Flexibler Flach- bzw. Hochkantwinkel	NV	NV	(NV)	---	---	---
Mehrfachwinkel hochkant-flach, Längen nach Wahl	---	---	---	NV	NV	NV
Z-Winkel, hochkant / flach, Längen nach Wahl (oder Sustitution)	NV	NV	(NV)	NV	NV	NV
T-Stück, (oder Sustitution) Längen nach Wahl	---	---	(NV)	NV	NV	NV
Brandabschottung für Winkelkästen, Z & T	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangsadapter für Leuchten	NV	NV	---	---	---	---
Abgangsadapter für Kabineneinspeisung	---	---	NV	---	---	---
Abgangsadapter für Modulgeräte	---	---	NV	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤100A	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤160A	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤250A	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤400A	---	---	---	NV	NV	NV
Brandschutz						
Geprüfte Schott- und Deckdurchführungen nach IMO Res. A.754 (18)	---	---	A0 bis A60	A0 bis A60	A0 bis A60	A0 bis A60
Erreichte Zulassungen für den Schiffbau						
	GL LRoS DNV BV	GL LRoS DNV BV	GL LRoS DNV BV	GL LRoS DNV BV	GL LRoS DNV BV	GL LRoS DNV BV

3.1.1.1.3 Zusammenfassung Hersteller „A“

Wie schon eingangs geschrieben hat sich die Meyer Werft für die Installation von Schienensystemen dieses Herstellers entschieden.

Die Schienenverteiler eigneten sich durchgängig vom kleinsten (KBA/KBB) bis zu größten (KSA) betrachten System.

Damit steht der Meyer Werft ein komplettes System zur Verfügung, das von der Haupt- und Notstromverteilung über die Kabineneinspeisung bis zur Beleuchtungsverteilung reicht.

Besonders die kleinen Schienensysteme KBA/KBB und KNA sind besonders Robust in ihrer Gehäuseausführung und Verbindungsstellentechnik, was mit Hinblick auf die besondere mechanische Beanspruchung an Bord von Schiffen wichtig ist.

Für die Anwendung auf Schiffen steht eine breite Palette von Schienenbauteilen zur Verfügung, die alle notwendigen Bauteile enthält.

Da die Platzverhältnisse besonders der Steigleitungsschächte sehr beengt sind, waren gerade für die Schienensysteme der Hauptstromversorgung, die in diesen Schächten untergebracht sind, besondere Abgangskästen mit Leistungsschalter in minimalen Abmessungen notwendig. Nach Klärung der maximal möglichen Abmessungen wurden für diese Anwendung Abgangskästen entwickelt, die eine ausreichende Anzahl von Verbrauchern pro Deck und Schienenstrang zuläßt.

Zusätzlich konnten besondere Steigleitungs-Schienenelemente mit 4 anstatt 3 Abgangsstellen für besondere Decksmaße zur Verfügung gestellt werden.

Innerhalb der Projektphase wurden die notwendigen Baumusterprüfungen durchgeführt, die zu den jeweiligen Zulassungen der Klassifikationsgesellschaften notwendig waren. Die für den Einsatz an Bord unbedingt notwendigen Decks- und Schottdurchführungen wurden innerhalb des Projektes geprüft und konnten noch anwendungsfreundlicher verändert werden.

3.1.1.2. Hersteller „B“

3.1.1.2.1 Technische Daten Schienensysteme

Allgemeine technische Daten							
Hersteller „B“							
Typ	Sentron	SX3-04 -A-1-4	SX4-04 -A-1-4	SX3-06 -A-1-4	SX4-06 -A-1-4	SX3-08 -A-1-4	SX4-08 -A-1-4
Norm	UL						
Leitermaterial		Al	Al	Al	Al	Al	Al
Oberflächenmaterial Kontakte		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Anzahl aktiver Leiter		3	4	3	4	3	4
Aufbau Leiter <i>Flachleiter isoliert aneinanderliegend (FC)</i>		FC	FC	FC	FC	FC	FC
Gehäusematerial <i>Aluminiumprofil lackiert (AL-P) Stahlblech verzinkt (ST-ZN)</i>		AL-P	AL-P	AL-P	AL-P	AL-P	AL-P
Gehäuseausführung <i>Stahlblech profiliert geschlossen (ST-P) Aluminiumprofile zusammengesetzt (AL-Z)</i>		AL-Z	AL-Z	AL-Z	AL-Z	AL-Z	AL-Z
Schutzart (IEC529)	IP	54	54	54	54	54	54
Gehäusequerschnitt (bxh)	mm	99x127	99x127	99x127	99x127	115x127	115x127
Bewertung der Stabilität <i>OK = ausreichend NB = nicht befriedigend</i>		OK	OK	OK	OK	OK	OK
Bewertung Stabilität der Verbindungsstellen		OK	OK	OK	OK	OK	OK
Gewicht	kg/m	8	9	8	9	9	10
Brandlast (nur Schienenkästen)	kWh/m	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Hologenfreiheit		k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Elektrische Daten (UL)							
Bemessungsstrom	A	400	400	600	600	800	800
Bemessungsberiebsspannung	V	690	690	690	690	690	690
Bemessungsfrequenz	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Bemessungskurzschlußstrom 6-Cycle	kAeff	85	85	85	85	100	100
Bemessungskurzschlußstrom 60-Cycle	kAeff (1s)	28	28	28	28	85	85
Max. thermische Belastung (berechnet aus 60-Cycle-Strom)	I ² t	784 * 10 ⁶	784 * 10 ⁶	784 * 10 ⁶	784 * 10 ⁶	7225 * 10 ⁶	7225 * 10 ⁶

3.1.1.2.2 Anwendungstechnische Analyse

Anwendungstechnische Analyse						
Hersteller „B“						
Typ	SX3-04 -A-1-4	SX4-04 -A-1-4	SX3-06 -A-1-4	SX4-06 -A-1-4	SX3-08 -A-1-4	SX4-08 -A-1-4
Vorgesehene Anwendung	Hauptstromverteilung					
Bauteile (Legende)						
NV = notwendig & vorhanden, (Substitution)	NNM = notwendig & nicht möglich					
OPT = vorhanden, optional	--- = nicht möglich					
k.A. = keine Angabe						
Kabeleinspeisekasten	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Einspeisebauteil f. Schaltanlagenanschluß	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Gerade Elemente mit steckb. Abgängen	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Gerade Elemente oh. Abgänge	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Gerade Elemente, Länge nach Wahl	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Brandabschottung für gerade Elemente mit Länge nach Wahl	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Flachwinkel / Hochkantwinkel,	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Flexibler Flach- bzw. Hochkantwinkel	---	---	---	---	---	---
Mehrfachwinkel hochkant-flach,	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Z-Winkel, hochkant / flach,	NV	NV	NV	NV	NV	NV
T-Stück,	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Brandabschottung für Winkelkästen, Z & T	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Abgangsadapter für Modulgeräte	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤100A	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤160A	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤250A	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤400A	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Brandschutz						
Geprüfte Schott- und Deckdurchführungen nach IMO Res. A.754 (18)	A60	A60	A60	A60	A60	A60
Erreichte Zulassungen für den Schiffbau						
	GL	GL	GL	GL	GL	GL

3. 1.1.2.3 Zusammenfassung Hersteller „B“

Der Hersteller „B“ bietet grundsätzlich interessante Systeme für den Einsatz als Hauptstromversorgung auf Schiffen. Die Kompaktbauweisen der Schienensysteme haben ein robustes Gehäuse; die Verbindungstechnik ist anwenderfreundlich.

Für die Beleuchtungsverteilung (bis 25A) und die Notstromverteilung (bis 80A) sind in der Produktpalette keine Schienensysteme vorhanden. Innerhalb der Projektphase konnten die notwendigen Baumusterprüfungen durchgeführt werden, die zu der erreichten Zulassung beim Germanischer Lloyd notwendig waren. Die für den Einsatz an Bord unbedingt notwendigen Decks- und Schottdurchführungen wurden innerhalb des Projektes geprüft.

Insgesamt ein interessantes System, was ebenfalls von den Voraussetzungen für den Schiffbau geeignet ist. Da es nicht zu einer weiteren Zusammenarbeit gekommen ist, liegen keine letztendliche Erfahrungen vor.

3.1.1.3 Hersteller „C“

3.1.1.3.1 Technische Daten Schienensysteme

Allgemeine technische Daten							
Hersteller „C“							
Typ		CD-1304	CD-2254	BD01-100	BD2-250	BD2-500	BD2-800
Norm		IEC 439-2					
Leitermaterial		Cu	Cu	Al	Al	Al	Al
Oberflächenmaterial Kontakte		Zi	Zi	Ni-Zi	Ni-Zi	Ni-Zi	Ni-Zi
Anzahl aktiver Leiter		4	2x4	4	4	4	4
Aufbau Leiter <i>Flachbandleiter Kunststoffisolierung (FK)</i> <i>Flachleiter auf Stützer luftisoliert (FSL)</i> <i>Flachleiter isoliert aneinanderliegend (FC)</i>		FK	FK	FSL	FSL	FSL	FSL
Gehäusematerial <i>Aluminiumprofil lackiert (AL-P)</i> <i>Stahlblech verzinkt (ST-ZN)</i> <i>Stahlblech verzinkt & lackiert (ST-ZN/L)</i>		ST-ZN/L	ST-ZN/L	ST-ZN/L	ST-ZN/L	ST-ZN/L	ST-ZN/L
Gehäuseausführung <i>Stahlblech profiliert geschlossen (ST-P)</i> <i>Aluminiumprofile zusammengesetzt (AL-Z)</i>		ST-P	ST-P	ST-P	ST-P	ST-P	ST-P
Schutzart (IEC529) <i>(^(*) : mit Zusatzbauteilen)</i>	IP	54	54	52/54 ^(*)	52/54 ^(*)	52/54 ^(*)	52/54 ^(*)
Gehäusequerschnitt (bxh)	mm	42x30	42x30	90x25	176x68	176x126	176x126
Bewertung der Stabilität <i>OK = ausreichend</i> <i>NB = nicht befriedigend</i>		NB	NB	NB	OK	OK	OK
Bewertung Stabilität der Verbindungsstellen		NB	NB	NB	OK	OK	OK
Gewicht	kg/m	0,81	1,06	1,73	6,1	14,5	15,8
Brandlast (nur Schienenkästen)	kWh/m	0,201	0,48	0,76	1,32	2,0	2,0
Halogenfreiheit		ja	ja	ja	ja	ja	ja
Elektrische Daten (IEC439-2)							
Bemessungsstrom	A	30	2 x 25	100	250	500	800
Bemessungsberiebetriebsspannung	V	500	500	400	690	690	690
Bemessungsfrequenz	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Bemessungskurzschluß-Stoßstrom	kA	1,8	2,7	15,3	32	54	84
Unbeeinfl. Bemessungskurzschlußstr.	kAeff	---	----	2,5 (1s)	16 (0,1s)	26 (0,1s)	40 (0,1s)
Max. thermische Belastung	I _{th}	144 * 10 ³	324 * 10 ³	6,25 * 10 ⁶	100 * 10 ⁶	441 * 10 ⁶	1024 * 10 ⁶

3.1.1.3.2 Anwendungstechnische Analyse

Anwendungstechnische Analyse						
Hersteller „B“						
Typ	CD-1304	CD-2254	BD01-100	BD2-250	BD2-500	BD2-800
Vorgesehene Anwendung	Beleuchtung		Haupt- & Notstromverteilung			
Bauteile (Legende)						
NV = notwendig & vorhanden, (Substitution)			NNM = notwendig & nicht möglich			
OPT = vorhanden, optional			--- = nicht möglich, (Substitution)			
Kabeleinspeisekasten	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Einspeisebauteil f. Schaltanlagenanschluß	---	---	---	NV	NV	NV
Gerade Elemente mit steckb. Abgängen	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Gerade Elemente oh. Abgänge	---	---	---	NV	NV	NV
Gerade Elemente, Länge nach Wahl	---	---	---	NV	NV	NV
Brandabschottung für gerade Elemente mit Länge nach Wahl	---	---	---	NV	NV	NV
Flachwinkel / Hochkantwinkel, Längen nach Wahl	---	---	---	NV	NV	NV
Flexibler Flach- bzw. Hochkantwinkel	NV	NV	NV	NV	NV	NV
Mehrfachwinkel hochkant-flach, Längen nach Wahl	---	---	---	NV	NV	NV
Z-Winkel, hochkant / flach, Längen nach Wahl (oder Sustitution)	NV	NV	(NV)	NV	NV	NV
T-Stück, (oder Sustitution) Längen nach Wahl	---	---	(NV)	NV	NV	NV
Brandabschottung für Winkelkästen, Z & T	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangsadapter für Leuchten	NV	NV	---	---	---	---
Abgangsadapter für Kabineneinspeisung	---	---	NV	---	---	---
Abgangsadapter für Modulgeräte	---	---	NV	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤100A	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤160A	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤250A	---	---	---	NV	NV	NV
Abgangskästen m.Leistungsschalter ≤400A	---	---	---	NV	NV	NV
Brandschutz						
Geprüfte Schott- und Deckdurchführungen nach IMO Res. A.754 (18)	---	---	nein	nein	nein	nein
Erreichte Zulassungen für den Schiffbau						
	---	---	---	---	---	---

3.1.1.3.3 Zusammenfassung Hersteller „C“

Der Hersteller „C“ bietet grundsätzlich, ähnlich Hersteller „A“, ein komplettes System an gut im Markt eingeführten Schienensysteme von der Beleuchtungs- bis zur Energieverteilung an. Ein Schwachpunkt, in Bezug auf die Stabilität, stellen die Systeme CD für die Beleuchtungsverteilung und BD01 für die Notstromversorgung da. Möglicherweise kann dieser Schwachpunkt durch entsprechende Befestigungsvorgaben kompensiert werden, was eventuell aber zu höheren Installationskosten führt. Die Schienensysteme BD2 sind unserer Meinung nach einsatzfähig, allerdings war der Hersteller nicht an ein Zulassungen im Schiffbau interessiert. Eine Zusammenarbeit kam daher nicht zu Stande.

3.1.2 Genehmigungen für den Einsatz an Bord

Zur Erreichung der Zulassungen für den Einsatz von Schienensystemen an Bord haben umfangreiche Besprechungen mit den wichtigsten Klassifikationsgesellschaften stattgefunden. Schon in den ersten Gesprächen zeigte sich, daß eine positive Einstellung zu Schienensystemen bestand. In weiterführenden Gesprächen wurden generelle Rahmenbedingungen für den Einsatz von Schienensystemen auf Schiffen festgelegt, die der Germanische Lloyd in den nachfolgenden Punkten als Merkblatt vom 17.04.97 (Rundschreiben 16/97) verfaßt hat.

Merkblatt Germanische Lloyd vom 17.04.97 (Rundschreiben 16/97):

3.1.2.1 Anforderungen (GL) an Schienensysteme zur elektrischen Versorgung von Verteilungen und Einzelverbrauchern - Geltungsbereich (GL-Pkt. 1)

Das Merkblatt (Rundschreiben 16/97) beinhaltet Festlegungen über die Ausführung und Installation von Schienensystemen, die außerhalb von Schalttafeln für die Speisung von Verteilungen oder einzelnen Verbrauchern installiert werden.

Schienensysteme dürfen nicht eingesetzt werden in explosionsgefährdeten Bereichen und auf offenen Deck.

3.1.2.2 Komponenten des Schienensystems (GL-Pkt. 2)

Ein Schienensystem umfaßt folgende Komponenten:

- *Elektrische Leiter, einschließlich der Neutral- und Schutzleiter, deren Isolierung und die Ummantelung (Gehäuse) des Schienensystems*
- *Verbindungselemente*
- *Trennstellen*
- *Isolatoren und Halterungen*
- *Lichtbogenbarrieren*
- *Anschlußeinrichtungen*
- *Schott- und Decksdurchführungen*
- *Schutzeinrichtungen des Schienensystems*

3.1.2.3 Einzureichende Unterlagen (GL-Pkt. 3)

Für die Installation an Bord sind folgende Unterlagen in mindestens 3-facher Ausfertigung zur Genehmigung einzureichen:

- *Angaben zu Typ und Hersteller des Schienensystems*
- *Konfiguration des elektrischen Systems (Auslegung)*
- *Führung des Schienensystems im Schiff mit den Schott- und Decksdurchführungen, Lichtbogenbarrieren, Trennstellen, Anschlußeinrichtungen und Inspektionsöffnungen*
- *Kurzschlußstromberechnung mit den zur Prüfung erforderlichen Angaben zu den Schutzeinrichtungen hinsichtlich Typ, Hersteller und Schaltvermögen*

3.1.2.4 Anforderungen (GL-Pkt. 4)

3.1.2.4.1 Grundanforderungen (GL-Pkt. 4.1)

Der Sicherheitsstandard und die Verfügbarkeit von Bordnetzen, die mit Schienensystemen ausgeführt sind, muß konventionell verkabelten Bordnetzen mindestens gleichwertig sein.

Es sind die Bauvorschriften des GL, Kapitel 3 - Elektrische Anlagen, zu beachten.

Die Schienensysteme müssen den Anforderungen der IEC439-1 und der IEC439-2 entsprechen.

3.1.2.4.2 Anforderungen an Komponenten (GL-Pkt. 4.2)

3.1.2.4.2.1 Umgebungsbedingungen (GL-Pkt. 4.2.1)

Bei der Auslegung und Anordnung des Schienensystems und seiner Komponenten sind die in den Bauvorschriften des GL, Kapitel 3, Abschnitt 1.E, Tabelle 1.2 bis Tabelle 1.5 festgelegten Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen.

3.1.2.4.2.2 Schutzarten (GL-Pkt. 4.2.2)

Die Ausführung des Schienensystems muß mindestens den folgenden Schutzarten entsprechen:

- Trockene Räume (wie z.B. Wohnbereiche) -- Schutzart IP54
- Feuchte Räume (wie z.B. Maschinenräume) -- Schutzart IP56

Der GL kann in Einzelfällen, abhängig von dem Verwendungszweck und dem Installationsort des Schienensystems, abweichende Anforderungen an die mindestens erforderliche Schutzart stellen.

3.1.2.4.2.3 Luft- und Kriechstrecken (GL-Pkt. 4.2.3)

Luft- und Kriechstrecken sind nach den Bauvorschriften des GL, Kapitel 3, Abschnitt 5.F, Tabelle 5.2 auszuführen. Abweichungen können zugelassen werden, wenn durch eine Baumusterprüfung nachgewiesen wurde, daß die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Schienensystems durch reduzierte Luft- und Kriechstrecken nicht beeinträchtigt wird. Siehe hierzu auch IEC 92-302.

3.1.2.4.2.4 Mechanische Ausführung (GL-Pkt. 4.2.4)

Für die Schwingungsbelastung sind entsprechend dem Einbauort Kurve 1 oder Kurve 2 gemäß den Bauvorschriften des GL, Kapitel 3, Abschnitt 1.E, Abb. 1.1 zugrunde zu legen.

3.1.2.4.2.5 Brandschutz, Schott- und Decksdurchführungen (GL-Pkt. 4.2.5)

Die verwendeten Materialien müssen gemäß IEC 695-2 schwer entflammbar sein. Das gesamte Schienensystem muß hinsichtlich der Flammenausbreitung den Prüfanordnungen der IEC 332-3, Kategorie A genügen.

Werden Schienensysteme auf Fahrgastschiffen in Bereichen eingesetzt, in denen sich Passagiere aufhalten, sowie in Wirtschaftsbereichen dürfen nur halogenfreie Materialien verwendet werden.

Schott- und Decksdurchführungen von Schienensystemen müssen den nach SOLAS festgelegten Kategorien entsprechen und dürfen die mechanische Festigkeit und Wasserdichtigkeit des Schottes nicht beeinträchtigen.

Die senkrechten Schächte von Schienensystemen sind so zu konstruieren, daß ein Feuer in einem Decksbereich durch den Schacht nicht auf das darüber- oder darunterliegende Deck übergreifen kann.

Die Ausbreitung von Rauchgasen über Schienensysteme ist wirksam zu verhindern.

3.1.2.4.3 Systemanforderungen (GL-Pkt. 4.3)

3.1.2.4.3.1 Anlagenkonfiguration (GL-Pkt. 4.3.1)

Schienensysteme sind so aufzubauen, daß im ersten Fehlerfall redundante betriebswichtige Einrichtungen weiter gespeist werden. Redundante betriebswichtige Einrichtungen sind von getrennten Schienensystemen zu speisen.

Wird ein Schienensystem unterhalb des obersten durchlaufenden Decks angeordnet, so darf die Manövrierfähigkeit des Schiffes, sowie die Sicherheit von Besatzung und Fahrgästen nicht beeinträchtigt werden, wenn eine oder mehrere wasserdichte Abteilungen außerhalb des Maschinenraumes überflutet werden.

Gemeinsame Schienensysteme für die Notenergieversorgung und die Hauptenergieversorgung sind nicht zulässig.

Werden Schienensysteme durch Brandabschnitte geführt, sind an den Übergängen zu den Brandabschnitten auf der Einspeiseseite Trennstellen zu installieren.

Die Trennstellen müssen zugänglich, markiert und gegen unbefugtes Öffnen geschützt sein.

3.1.2.4.3.2 Schutzeinrichtungen (GL-Pkt. 4.3.2)

Schienensysteme sind gegen Überlast und Kurzschluß zu schützen.

Die Schaltgeräte des Schienensystems sind selektiv zu staffeln.

Die Ausbreitung von elektrischen Lichtbögen über das Schienensystem ist durch Barrieren oder andere Maßnahmen zu verhindern. Diese entfallen, wenn Kurzschlüsse an Schienensystemen strombegrenzend abgeschaltet werden.

3.1.2.5 Prüfungen (GL-Pkt. 5)

3.1.2.5.1 Prüfungen an Bord (GL-Pkt. 5.1)

Auf Basis der genehmigten Unterlagen wird nach Fertigstellung an Bord die Installation, die Funktion des Schienensystems einschließlich Einstellungen von Schutzeinrichtungen durch einen GL-Besichtiger geprüft.

3.1.2.5.2 Baumusterprüfung (GL-Pkt. 5.2)

Schienensysteme sind baumusterprüfpflichtig. Es gelten die Richtlinien für die Durchführung von Baumusterprüfungen, Teil 0, Verfahren und die nachstehend genannten Vorschriften und Publikationen.

Folgende Prüfungen und Nachweise sind im Rahmen der Baumusterprüfungen mindestens zu erbringen:

- Erwärmungsprüfung nach IEC 439-2
- Nachweis der Kurzschlußfestigkeit nach IEC 439-2
- Prüfung der Schutzart gegen das Eindringen von Fremdkörpern und Wasser nach IEC 529
- Vibrationsprüfung nach den Richtlinien für die Durchführung von Baumusterprüfungen, Teil 1, Prüfanordnungen für elektrische bzw. elektronische Betriebsmittel, Rechner und Peripherie
- Nachweis der Wirksamkeit von Lichtbogenbarrieren, sofern vorhanden. Die Prüfbedingungen sind mit dem GL zu vereinbaren.
- Hochspannungsprüfung nach den Bauvorschriften, Kapitel 3, Abschnitt 5.F der Hochstromkreise, Tabelle 5.4 und 5.5.
- Isolationswiderstandsmessung nach den Bauvorschriften, Kapitel 3, Abschnitte 5.F im Anschluß an die Hochspannungsprüfung

- *Prüfung der Schott- und Decksdurchführungen nach den Richtlinien für die Durchführung von Baumusterprüfungen, Teil 2, Prüfanordnungen für Dichtsysteme von Schott- und Decksdurchführungen.*
- *Schwerentflammbarkeitsprüfung der einzelnen Komponenten des Schienensystems nach IEC 695-2*
- *Prüfung der Brandfortleitung nach IEC 332-3, Kategorie A*
- *EMV-Prüfungen nach IEC 533, wenn Daten- und Signalleitungen gemeinsam mit Schienensystemen verlegt werden oder elektronische Komponenten Bestandteil des Schienensystems sind.*

3.1.3 Kosten-Nutzen-Abschätzung

Um die Kosten-Nutzen-Abschätzung durchzuführen zu können, wurden am Beispiel einer Feuerzone die Kosten für eine herkömmliche Kabelinstallation (Verkabelung von Substation, Unterverteilung, Kabinen) sowie die Kosten für die Installation mit Stromschienensystemen (anhand von Angeboten unterschiedlicher Hersteller) zusammengestellt.

Als erstes Ergebnis dieser Analyse läßt sich erkennen, daß die Materialkosten beider Installationssysteme ungefähr gleich sind. Allerdings ist der zeitliche Installationsaufwand einer herkömmlichen Kabelinstallation nach dieser Abschätzung wesentlich höher gegenüber einer Stromschieneninstallation.

Einen detaillierten Kosten-Nutzen-Vergleich mit genauen Daten wurde zum Abschluß des Projektes durchgeführt. Die Ergebnisse sind unter Punkt 3.4ff dargestellt.

3.2 Erarbeiten von Konstruktionsunterlagen

3.2.1 Elektrischen Einsatzbedingungen

Alle Transformatorstationen in den Feuerzonen sind an einem Mittelspannungsring (Abb. 6) angeschlossen.

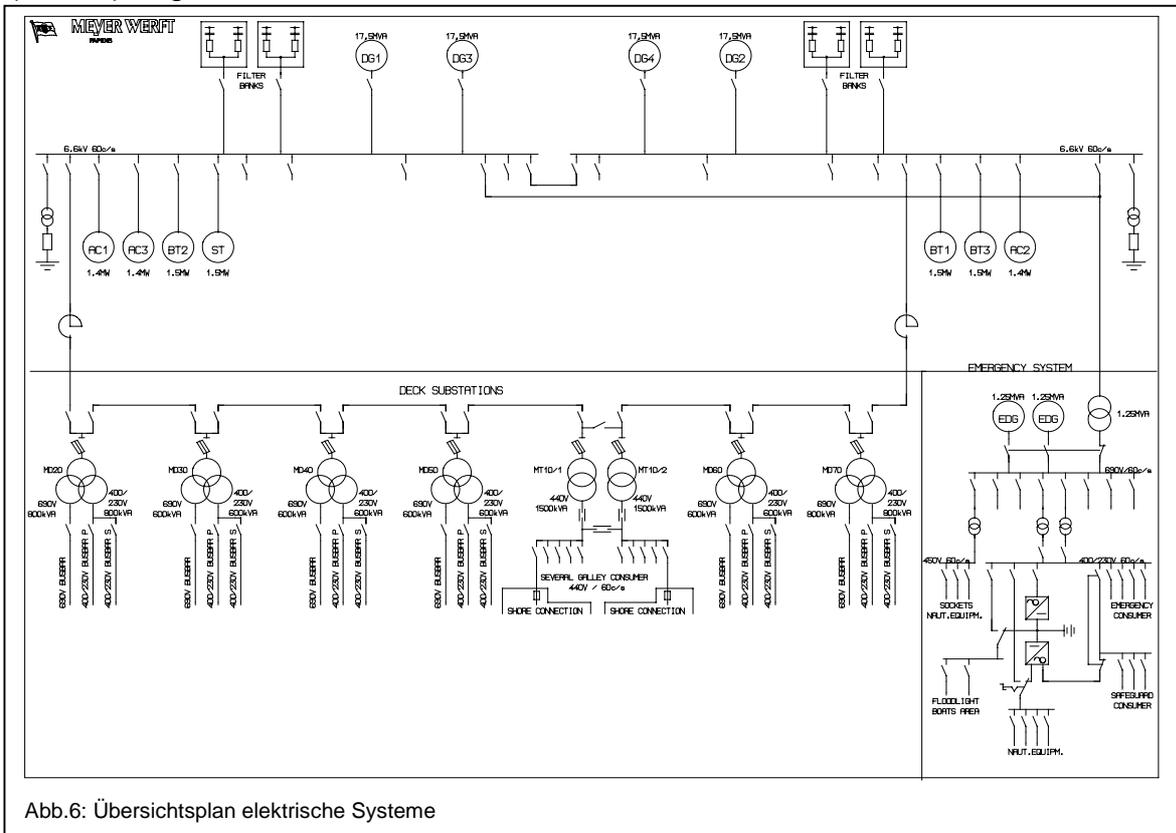


Abb.6: Übersichtsplan elektrische Systeme

Abgehend von dem Leistungsschalter im niederspannungsseitigen Abgangsfeld einer Transformatorstation, sind die Steigleitungs-Schienensysteme in backbord- und steuerbordseitigen Steigleitungsschächten geführt. In jedem Deck sind entsprechende Abgangskästen gesteckt, die entweder einzelne Verbraucher, Unterverteilungen (z.B. Licht- und Steckdosenverteiler) oder weitere Schienenverteiler für die Kabinenversorgung einspeisen (Abb.7).

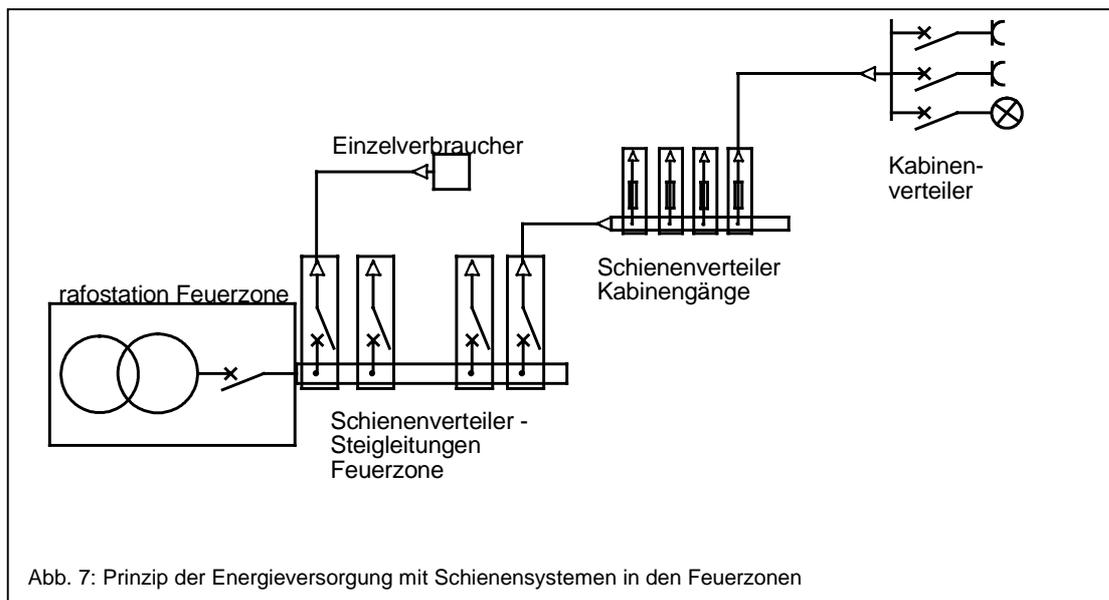


Abb. 7: Prinzip der Energieversorgung mit Schienensystemen in den Feuerzonen

Um die sichere Versorgung aller Verbraucher zu gewährleisten wurden folgende Punkte untersucht.

3.2.1.1 Auswahl des Schienenverteilers in Abhängigkeit vom Betriebsstrom

Ausgehend von der Summe der Betriebsströme aller angeschlossenen Verbraucher an einen Schienenstrang, wird unter Verwendung eines durchschnittlichen Gleichzeitigkeitsfaktors (Erfahrungswerte der Werft) der Betriebsstrom des jeweiligen Schienenstranges ermittelt. Unter weiterer Berücksichtigung einer Reserve wird der Schienenverteiltertyp mit dem nächst größeren Bemessungsbetriebsstrom ausgewählt.

3.2.1.2 Schutz des Schienenverteilers gegen Überlast und Kurzschluß

Die Einstellungen des Überlastschutzes der Leistungsschalter basiert auf dem Bemessungsbetriebsstrom des jeweiligen Schienenstranges.

Auf Basis von Kurzschlußstromberechnungen wurde festgestellt, daß die Kurzschlußfestigkeiten der Schienensysteme grundsätzlich ausreichend waren. Eine Forderung der Klassifikationsgesellschaften ist, daß die Versorgungsketten im Kurzschlußfall selektiv aufgebaut werden.

Dem entsprechend basieren die Einstellungen des Kurzschlußschutzes der jeweiligen Leistungsschalter auf einer Betrachtung von Strom-/Zeit bzw. Strom-Selektivität in Bezug auf die Kurzschlußstromberechnungen.

Das Schaltvermögen der Leistungsschalter in den Transformatorstationen und in den Abgangskästen der Schienenverteiler ist größer als der berechnete maximale prospektive Kurzschlußstrom.

3.2.1.3 Schutzart der Schienenverteiler

Entsprechend den Forderungen der Klassifikationsgesellschaften (s. Pkt. 3.1.2.4.2.2) werden alle Schienenverteiler in den Steigleitungsschächten und Kabinengängen mit Zusatzbauteilen (Abb. 8) ausgerüstet, die eine Schutzart IP54 sicherstellen.

Einspeisekästen und Abgangskästen haben ebenfalls die Schutzart IP54.



Abb. 8: IP54 Abdeckungen für Verbindungsstellen (links), IP54 Abdeckung für nicht benutzte Abgangsstellen (Mitte) und Abgangskästen in IP54-Ausführung (rechts)

3.2.2 Geometrischen Einsatzbedingungen

In Zusammenarbeit mit den Bereichen Konstruktion und Elektroplanung wurden die notwendigen Abmessungen der Steigleitungsschächte zur Aufnahme der Steigleitungs-Schienensysteme mit aufgesteckten Abgangskästen sowie den Kabeltassensystemen festgelegt. In Skizzen wurden Musterquerschnitte (Abb.13-14) von Steigleitungsschächten erstellt, die später in detaillierten Querschnittszeichnungen (Abb. 22) für jede Feuerzone und jedes Deck entsprechend erstellt werden, die alle notwendigen Maße von Öffnungen enthalten, die für den Blockbau notwendig sind.

3.2.3 Konstruktion von Decks- und Schottdurchführungen

Zusammen mit Lieferanten von Schienensystemen und Decks- und Schottdurchführungen wurden Brandabschottungen für Decks- und Schottdurchführungen konstruiert und entsprechend der IMO Resolution A.754 getestet. Es ergaben sich letztendlich zwei erfolgreich getestete und zugelassene Lösungen der Brandschutzklassen A0 bis A60.

3.2.3.1 Decks- und Schottdurchführung mit GK-Packsystem

Decks- und Schottdurchführungen mit „GK-Packsystem“ bestehen grundsätzlich aus dem Schienensystem mit inneren dichten Brandschutzblock aus verklebten Fiber-Silikatplatten und dem äußeren GK-Packrahmen mit GK-Packmodulen. Durch dem im Deck bzw. der Schottwand eingeschweißten Packrahmen wird das Schienenbauteil mit inneren Brandschutzblock durchgeführt. Anschließend werden die Packmodule zwischen Packrahmen und Schienengehäuse eingelegt und mit der keilförmigen Pressvorrichtung dicht verpreßt (Abb.9).

3.2.3.2 Decks- und Schottdurchführung mit MW-200-Busbar-System

Decks- und Schottdurchführungen mit „MW-200-Busbar-System“ bestehen grundsätzlich aus dem Schienensystem mit inneren dichten Brandschutzblock aus verklebten Fiber-Silikatplatten und einem 200 mm langen Durchführungsrohr. Die Zwischenräume, zwischen dem Schienensystem und dem Rohr, werden mit einen inneren Block aus Brandschutzschaum (Typ SIKA-Foam OZ) und die beiden Öffnungen mit einen Block aus Vergußmasse (Typ SIKA-Firestop) und Dichtungsmasse (SIKA-Firesil) gefüllt (Abb.9)



Abb. 9: Decks- bzw. Schottdurchführung mit GK-Packsystem (links) und MW-200-Busbar-System (links)

3.2.4 Fertigungstechnische Untersuchungen

Es wurden in Gesprächen mit Vertretern der betroffenen Bereiche (Elektroplanung, Koordination, Schiffbau, Betrieb) diskutiert in welchen Bauphasen die Montage der Schienensystemkomponenten am sinnvollsten und praktikabelsten ist. Hierbei wurde festgelegt, daß in einer Testphase alle Teile die nicht über die Blockgrenze hinaus gehen, schon in der Blockvorausrüstung und alle blockübergreifenden Teile in der Schiffsmontage eingebaut werden.

3.2.5 Identifizierung der Bauteile

Zur Identifizierung der benötigten Bauteile für ein Schienensystem wurde auf Basis des Werftstandards ein Identifizierungssystem ausgearbeitet. Hierbei wurde festgelegt, daß es sich bei den benötigten Schienensystemkomponenten um Standard-Wiederholteile handelt, die zur Identifizierung einer so genannten Werftnummer, bestehend aus den zwei Buchstaben „SS“ für Schienensysteme sowie einer vierstelligen Zählernummer, zugeordnet wurden.

Damit alle Schienensystemkomponenten einfach bei der Anlieferung auf der Werft und im internen Warenfluß innerhalb der Werft schnell und sicher identifiziert werden können, kennzeichnet der Hersteller die jeweiligen Verpackungen mit der Werftnummer und dem Verwendungsort (FZ für Feuerzone).



Abb.10 Kennzeichnung Schienenbauteil

3.2.6 Dokumentation für den Anwender

In Anlehnung an bereits vorhandenen Werftstandards und CAD-Makros aus anderen Systemen (Beleuchtungspläne etc.) wurden für das Schienensystem mit dem die Kabinerversorgung realisiert wird, Symbole, Makros und Auswertungsreporter erstellt (Abb. 12).

064 875 L -- 09 - 05 -- 0001 SCHIENENSYSTEM DECK 09 FZ 05

Symbol	Pos.-No.	Anz/No	Typ/Type	Herst./Producer	Benennung/Designation
□		2		TELEMECANIQUE	100A BUSBAR ENDCOVER
○	SS0151	28	KNA-10ED430	TELEMECANIQUE	100A BUSBAR 3m
□	SS0251	2	KNA-10AB4	TELEMECANIQUE	100A BUSBAR FEED UNIT
■	SS0451	26	KNA-02CF5	TELEMECANIQUE	25A BUSBAR CONNECTOR UNIT
×	SS0551	2	KNE-10YB1	TELEMECANIQUE	IP54 SEALING ACCESSORY FOR FEED UNIT
⊗	SS0552	26	KNE-10YA1	TELEMECANIQUE	IP54 BUSBAR JOINT SEALING KIT
X	SS0553	26	KNE-02YC12	TELEMECANIQUE	IP54 JOINT SEALING KIT FOR CONNECTOR
■	SS0554	142	KNE-10YA2	TELEMECANIQUE	IP54 BUSBAR TAP-OFF BLANK PLATE
■	SS0561	58	KNA-10ZA1	TELEMECANIQUE	100A BUSBAR UNIVERSAL FIXING BRACKET
┆	SS0563	78	DF2-CN25	TELEMECANIQUE	25A CYLINDER FUSE

Abb.12 Reporterauswertung einer Übersichtzeichnung

Für die Hauptenergieversorgung mit Steigleitungsschienenverteiler werden Isometrieansichten für die Zuleitungen zwischen Transformatorstationen und Steigleitungsbereichen erstellt, aus denen die Reihenfolge der Bauteile und die Identifikation hervorgeht (Abb. 23).

Für die Steigleitungsbereiche der Schienenverteiler Hauptnetz, Sicherheitsnetz und Notnetz, werden einfache zweidimensionale Zeichnungen im Format DIN-A0 (Prinzip wie Abb. 16) pro Feuerzone erstellt. Aus diesen Plänen gehen die Reihenfolge der Bauteile, Identifikation und die Bezugsmaße zu den jeweiligen Decks niveaus hervor.

3.3 Versuchswiseer Piloteinsatz in Teilbereichen

Um erste Erfahrungen zu sammeln wurden jeweils ein Steigleitungsabschnitt eines Decks und ein Kabinengangbereich mit Stromschienen installiert und später wieder demontiert.

3.3.1 Entwurf von Musterbereichen

Für den versuchsweisen Piloteinsatz wurden die auf den nachfolgenden Seiten abgebildeten Musterpläne erstellt, die einen Überblick über die Gesamtkonzeption einer Feuerzone geben.

Abb. 12: Musterübersicht Schienenverbindung zwischen Transformatorstation und Steigleitungsschienen

Abb. 13: Detailzeichnung Steigleitungsschacht Backbordseite

Abb. 14: Detailzeichnung Steigleitungsschacht Steuerbordseite

Abb. 15: Detailzeichnung Schottdurchführung Transformatorstation

Abb. 16: Übersichtsplan Steigleitungsschienenstränge

Abb. 17: Detailzeichnung Steigleitungsschienen Steuerbordseite

Abb. 18: Detailzeichnung Steigleitungsschienen Backbordseite

Abb. 19: Übersichtsplan Einspeisung Not-Stromschienen

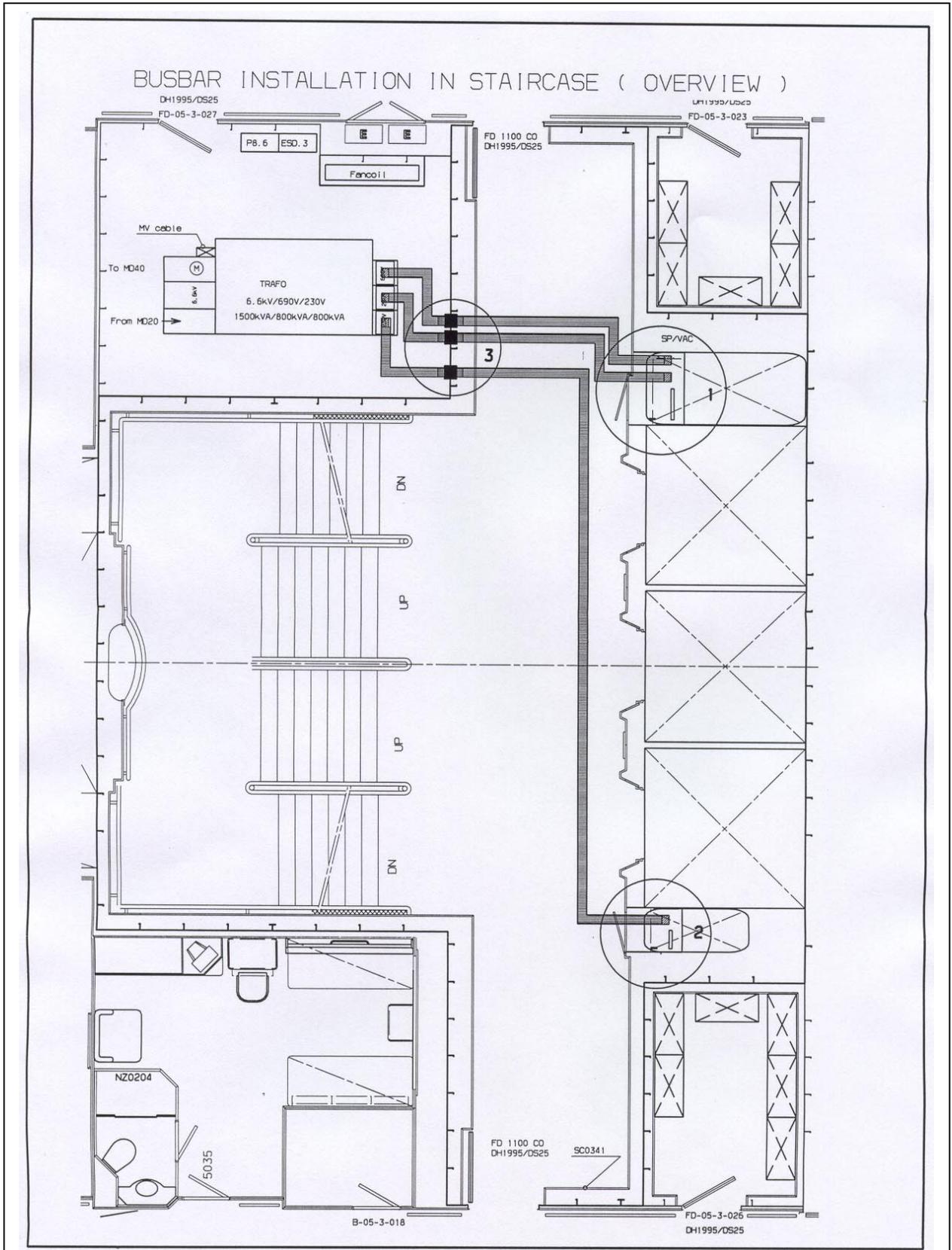


Abb. 12: Musterübersicht Schienenverbindung zwischen Transformatorstation und Steigleitungsschienen

El. Trunk with Busbars and Cable Tray
(Portside)

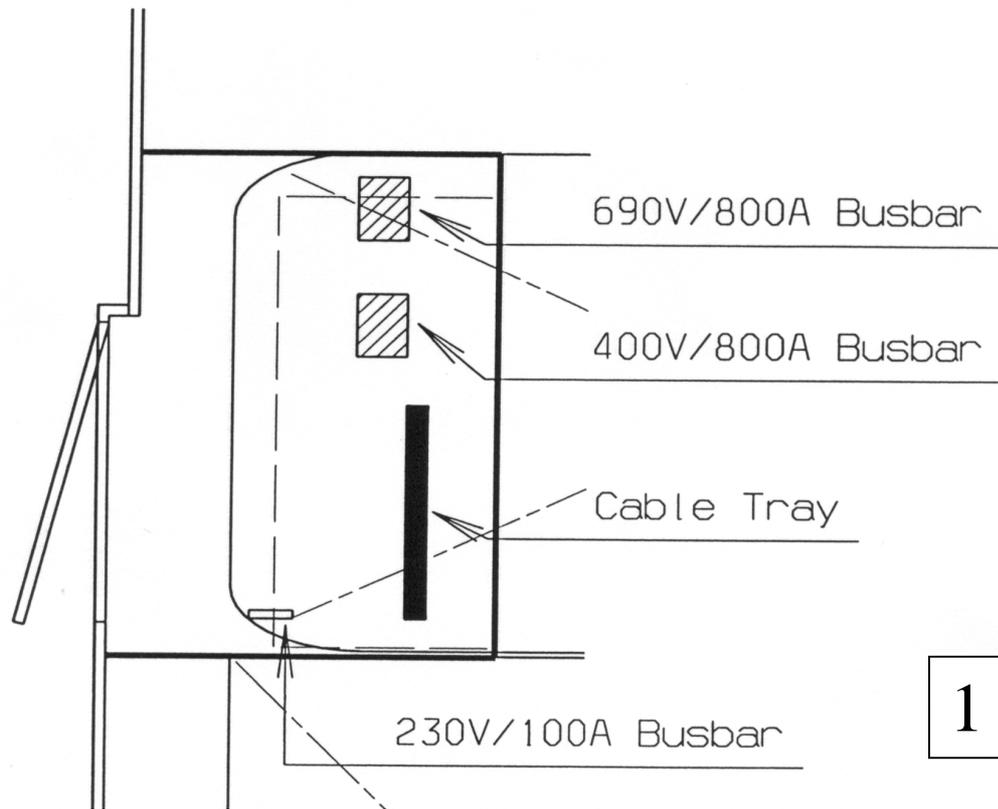


Abb. 13: Detailzeichnung Steigleitungsschacht Backbordseite

El. Trunk with Busbars and Cable Tray
(Starboard Side)

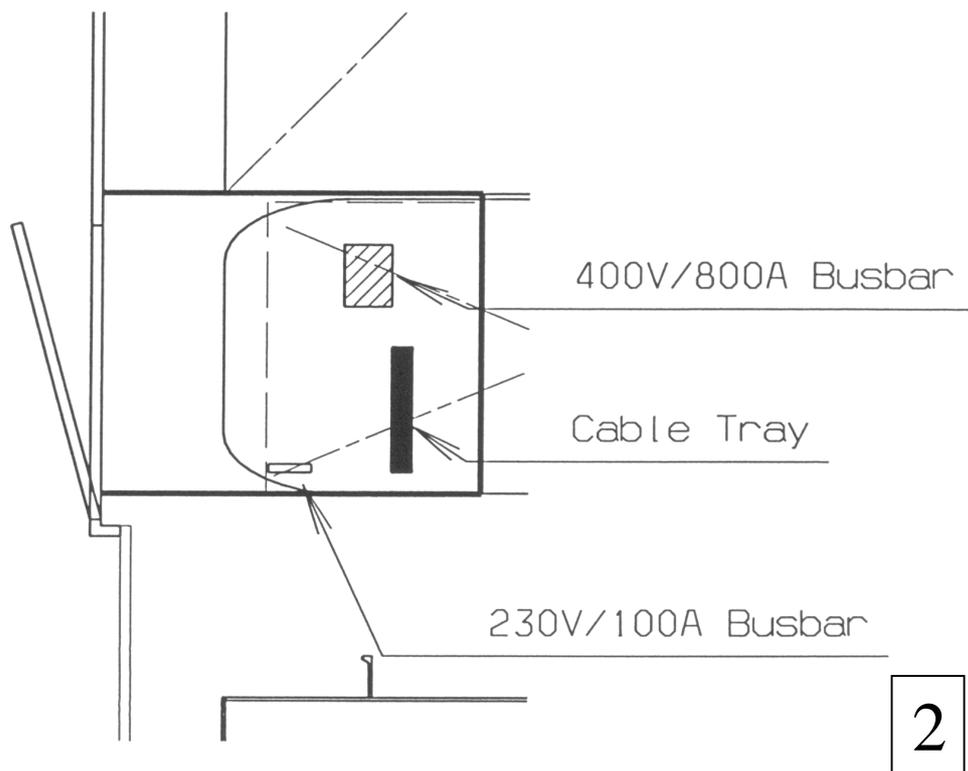
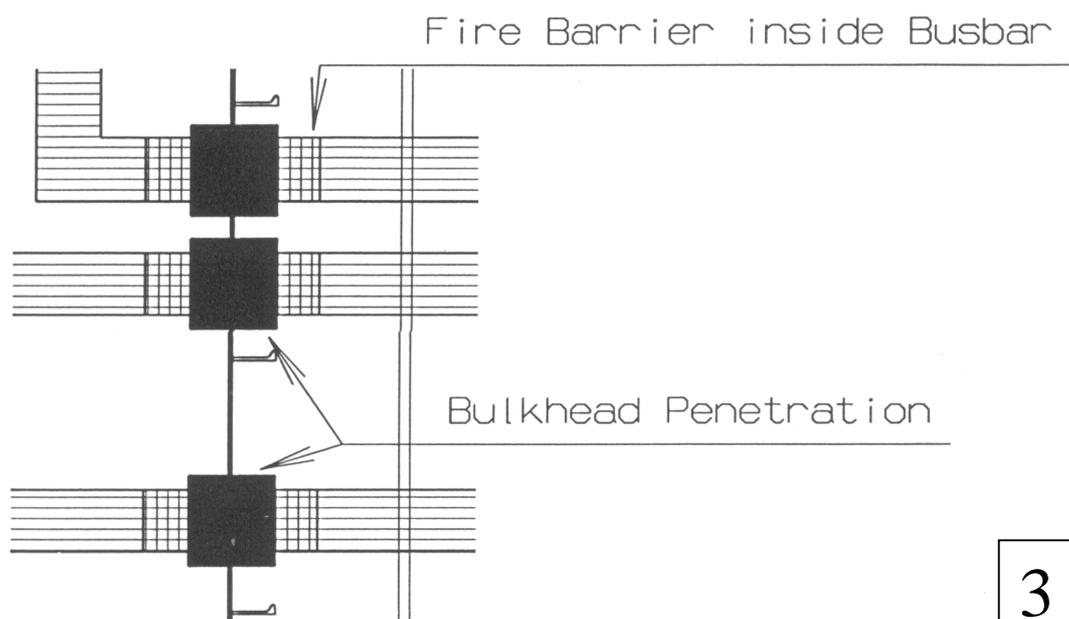


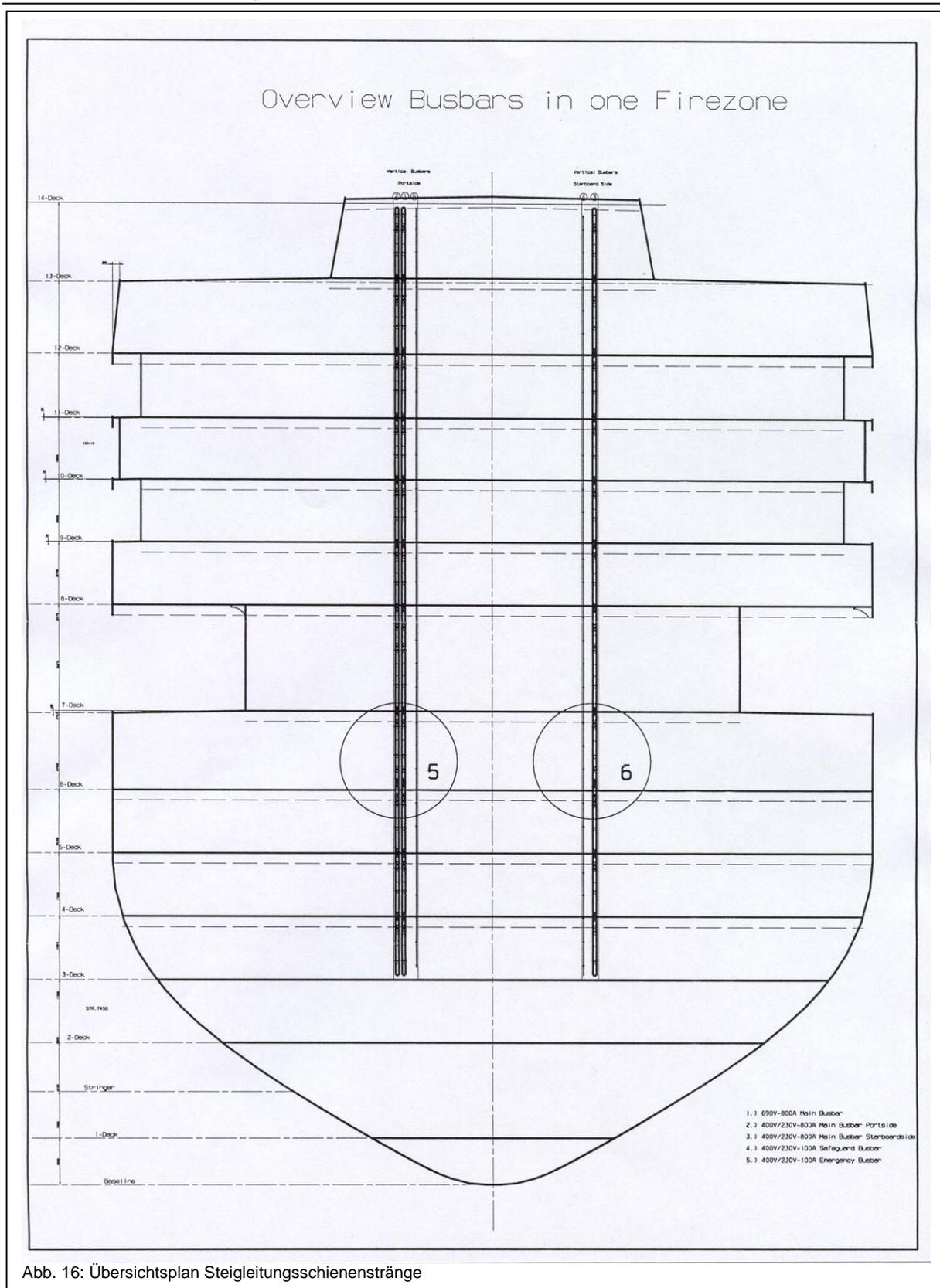
Abb. 14: Detailzeichnung Steigleitungsschacht Steuerbordseite

Penetrations between Staircase and Substation

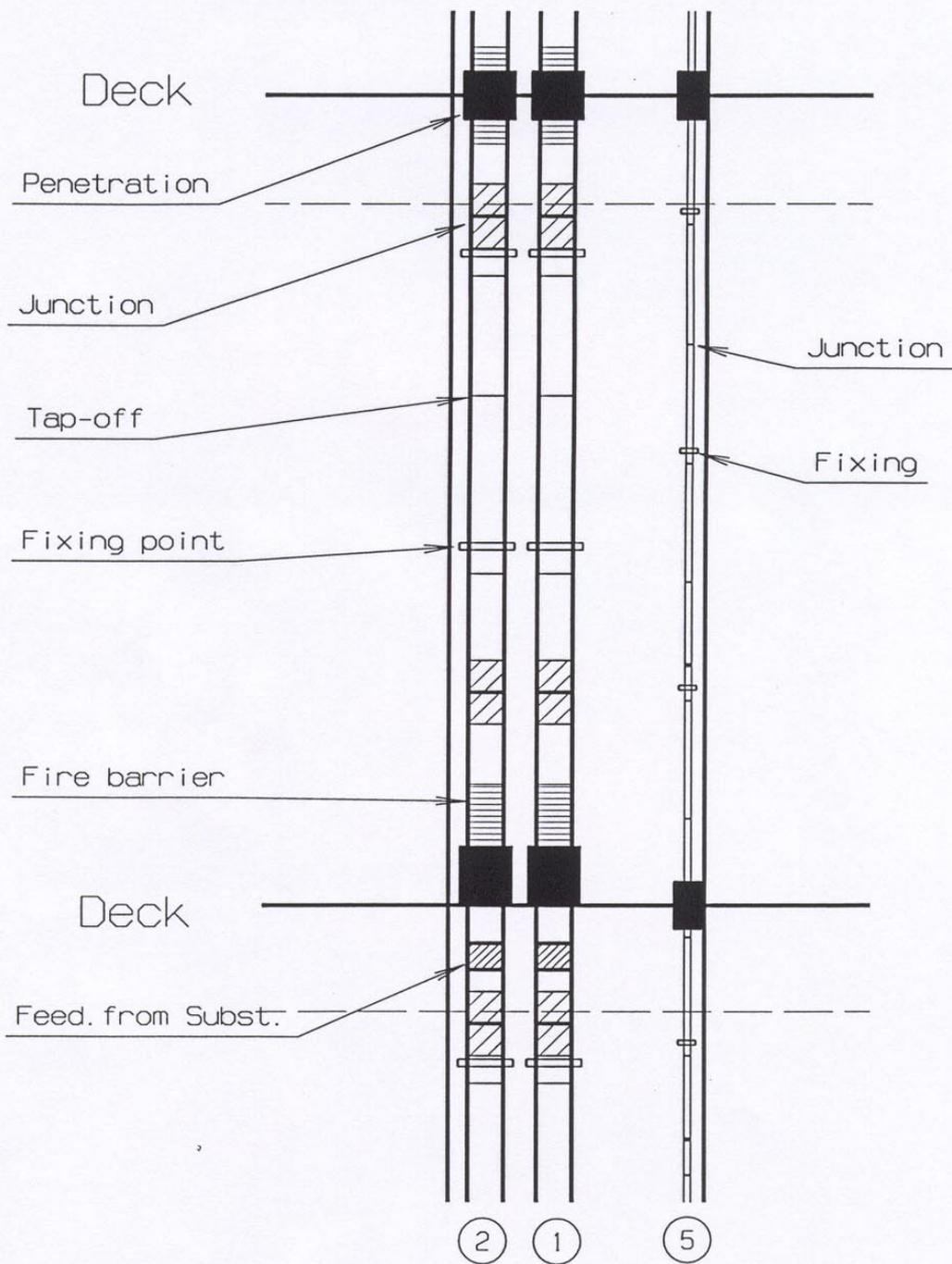


3

Abb. 15: Detailzeichnung Schottdurchführung Transformatorstation



Vertical Busbars Starboard Side

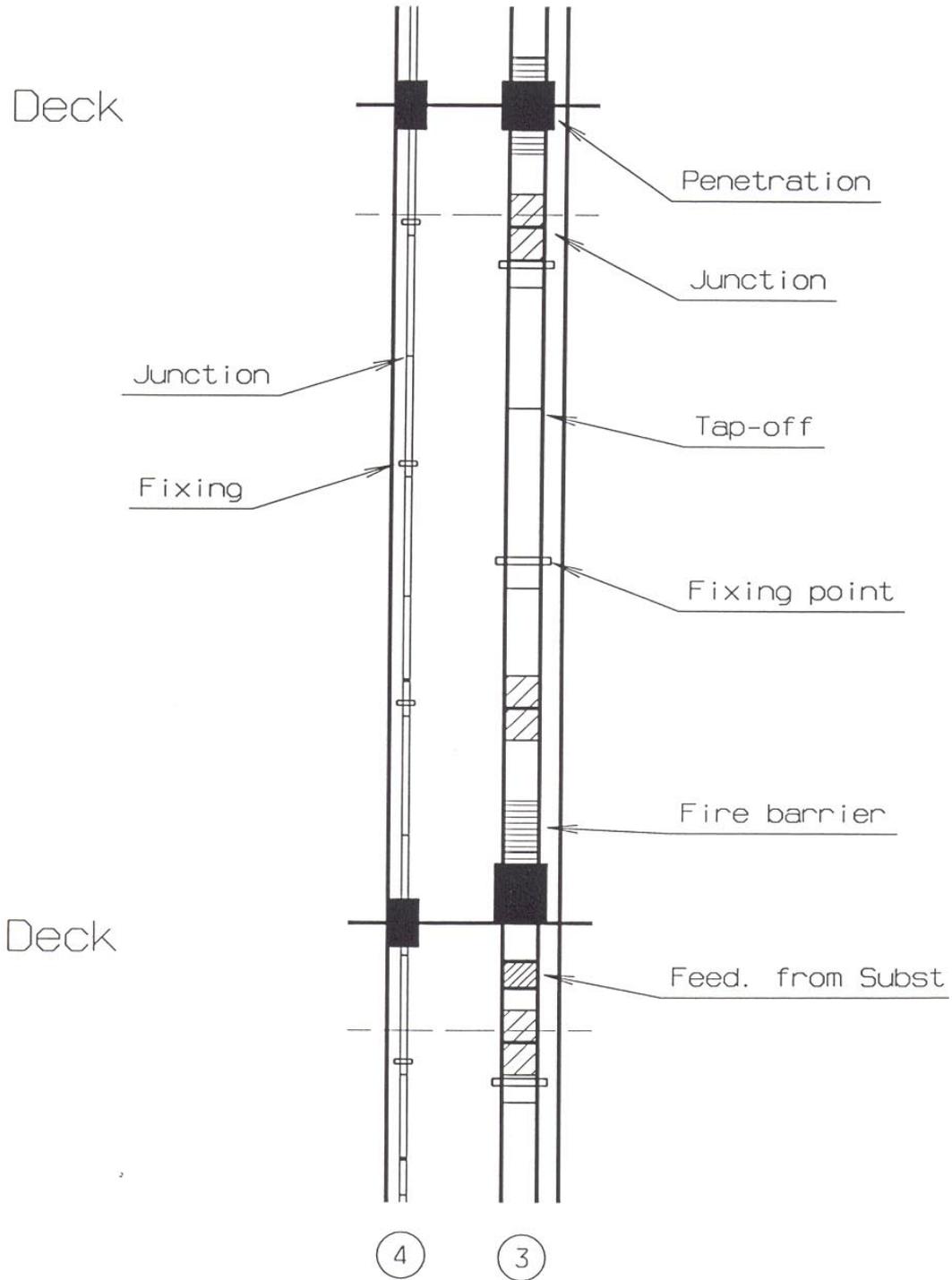


- 1.) 690V-800A Main Busbar
- 2.) 400/230V-800A Main Busbar Portside
- 5.) 400/230V-100A Emergency Busbar

5

Abb. 17: Detailzeichnung Steigleitungs-Stromschienen Steuerbordseite

Vertical Busbars Port Side



3.) 400/230V-800A Main Busbar Starboard Side

4.) 400/230V-100A Safeguard Busbar

6

Abb. 18: Detailzeichnung Steigleitungs-Stromschienen Backbordseite

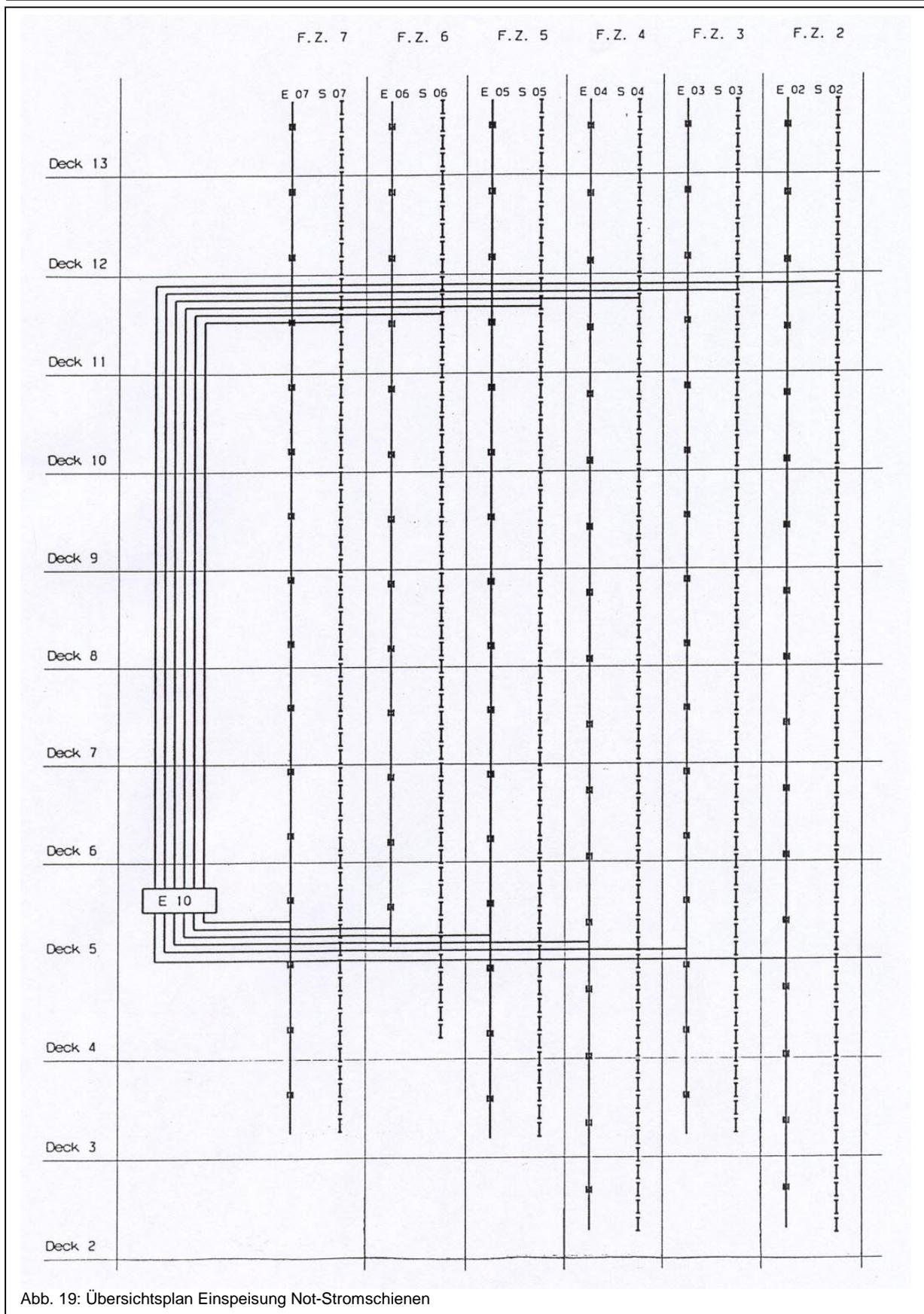


Abb. 19: Übersichtsplan Einspeisung Not-Stromschienen

3.3.2 Montage und Vorstellung der Musterbereiche

Um die Platz- und Montageverhältnisse im Bereich der Steigleitungsschächte zu prüfen wurde eine Steigleitungsschacht-Nachbildung mit allen Einbauten aufgebaut. Ausgewählt wurde ein Steigleitungsschacht mit einer Stromschiene für 230/400V und einer Stromschiene für 690V der Hauptenergieversorgung (Abb. 20) sowie einer Kabeltrasse. Besonders wichtig war die Prüfung und Optimierung der Abstände zwischen die beiden Stromschienen der Hauptenergieversorgung, da hier das Stecken, Kabel anschließen und Bedienen der verschiedenen Typen von Abgangskästen sehr wichtig ist. Weiterhin wurde die Montage der Decksdurchführungen als Packsystem (s.Pkt. 3.2.3.1) bzw. Durchführungsstutzen mit Brandschutzmasse (s.Pkt. 3.2.3.2) geprüft und beurteilt.

Zu Überprüfung der Befestigungen wurden die Stromschienen mit entsprechenden Bauendstützen, die das Schienengewicht der Steigleitung tragen und den Gleitbefestigungen, die die Stromschienen jeweils in den Decks befestigen, montiert. Für die Ersatz- (Safeguard) bzw. Notstromversorgung (Emergency) wurde seitlich eine Stromschiene (Abb. 21) mit zusätzlicher Kabeltrasse angeordnet.

Zusammen mit den Stromschienen zur Hauptenergieversorgung konnten so die Tiefenverhältnisse des Steigleitungsschachtes geprüft werden.



Abb. 20: Steigleitungsschacht Musteraufbau mit zwei Stromschienen und Kabeltrasse

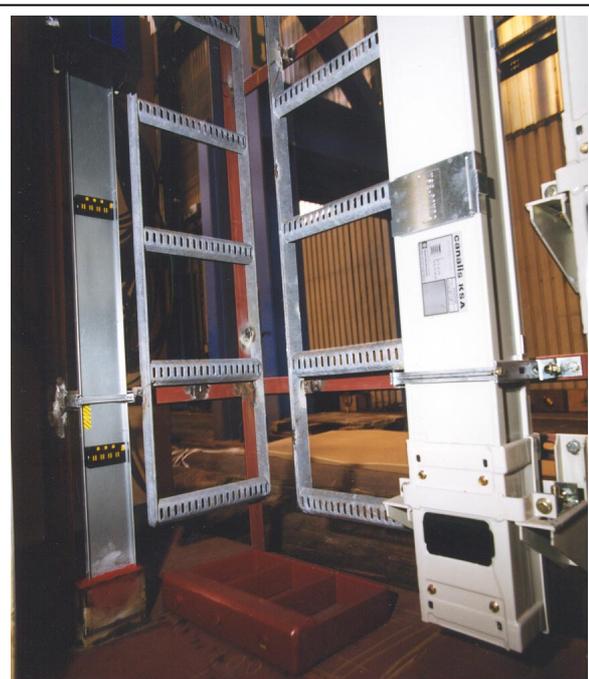


Abb. 21: Linksseitig montierte Ersatz- bzw. Notstromschien und Kabeltrasse

Zusammen mit den Fachbereichen aus Fertigung und Produktion wurden die montierten Musterbereiche diskutiert und die noch zu optimierenden Details festgelegt.

3.3.3 Konstruktion für den Hotelbereich eines Schiffes

In Koordinationsgesprächen mit den Bereichen Koordination, Schiffbau und Fertigung wurden generelle Anforderungen und Richtlinien festgelegt, die bei der Stromschieneninstallation berücksichtigt werden.

Die wichtigsten Punkte sind:

- Bei der Koordinierung ist unbedingt zu berücksichtigen, daß ein Verlauf der Stromschienen möglichst weit entfernt von flüssigkeitsführenden Leitungen vorgesehen wird.
- Eine gute Zugänglichkeit der Stromschienen während der Bauphase und auch nach der Fertigstellung ist zu gewährleisten.
- Möglichst gerade Wege für die Platzierung der Stromschienen sind vorzusehen.
- Bei Durchführungen der Stromschienen durch feuerfeste Schotten und Decks ist ein Durchführungsstutzen mit entsprechender Feuerwiderstandsklasse zu planen.
- Die innere Brandabschottung in der Stromschiene muß im Bereich des Durchführungsstutzen der Schott bzw. Decksdurchführung maßlich geplant werden.

Anhand von Musterplänen (s. Pkt. 3.3.1) wurde festgelegt welche Zeichnungen für eine einfache und effektive Installation notwendig sind.

3.3.4 Fertigungsvorbereitung und Koordination

Um eine möglichst reibungslose Einführung der Installation zu gewährleisten, wurden in verschiedenen Gesprächen mit den Installateuren (Schlosser und Elektriker) die vorher festgelegten Montagezeichnungen besprochen. Wichtig war es die Montageerfahrungen aus dem Musterbau in die Unterlagen mit einfließen zu lassen und herauszufinden welche weiteren Voraussetzungen und Informationen noch bereit gestellt werden mußten.

Als Ergebnis dieser Besprechungen wurden Montageunterlagen mit folgenden Mindestinformationen festgelegt:

- Zeichnungen zur Anordnung der Durchbrüche (Abb. 22) im Format DIN-A3 mit Bezugsmaßen zum Schiffskörper und Angaben zum jeweiligen Durchführungsstutzen.
- Steigleitungs-Stromschienen-Zeichnung pro Feuerzone im Format DIN-A0 mit Bauteilangaben am Zeichnungselement (Bauteilbezeichnung, Maße, JLM-Nr) und Bezugsmaßen zum Schiffskörper. Zeichnung im Maßstab 1:50.
- Isometrische Montagezeichnung pro Feuerzone (Abb.23) für die Verbindungen Transformatorstation und Steigleitungs-Stromschienen mit Stücklisten (Bauteilbezeichnung, Maße, JLM-Nr)

- Energieverteilungsplan pro Feuerzone im Format DIN-A0 mit Angabe des Steckplatzes, Abgangsnummer, Abgangskastentyp mit JLM-Nr., Kabelnummer, Kabeltyp, Kabelquerschnitt, Kabel Zielangabe.

In Gesprächen mit der Fertigung und Produktion wurde versucht eine Anlaufplanung auszuarbeiten. Die unter Punkt 3.2.4 festgelegten Vorgaben wurden mit eingearbeitet, sowie die Erfahrungen aus den Musteraufbauten berücksichtigt.

3.3.5 Montage Stromschienensysteme in Hotelbereich

3.3.5.1 Installation im Blockbau

In den Blöcken einer Feuerzone wurden in unterschiedlichen Fertigungsstadien Halterungen, Decks- und Schottdurchführungen und zum Teil ganze Schienenstücke eingearbeitet. Hierbei wurde festgelegt, zu welchen Zeitpunkt welche Komponenten am einfachsten und effektivsten eingebaut werden konnten. Koordinierungsabsprachen und Arbeitsabläufe an Kreuzungspunkten mit anderen Gewerken (z.B. Rohrleitungsbau) konnten kurzfristig und sinnvoll getroffen und festgelegt werden.

3.3.5.2 Komplettierung und Endmontage

Nachdem die unterschiedlichen Blöcke einer Feuerzone zusammengebaut waren, wurden hierin die restlichen Schienenstücke, Verbindungen zu den Transformatorstationen, Abdeckungen u.s.w. ebenfalls in unterschiedlichen Fertigungsstadien eingebaut. Auch hierbei wurde festgelegt, zu welchen Zeitpunkt welche Arbeiten am besten durchgeführt werden konnten.

3.3.5.3 Tests, Messungen und Inbetriebnahmen

Vor Inbetriebnahme der Stromschienen mußten unterschiedliche Messungen und Tests vorgenommen werden.

Die wichtigsten Prüfungen sind:

- Sichtprüfungen auf vollständige Montage, Montageausführung, evtl. Beschädigungen
- Sichtprüfung der Decks- und Schottdurchführungen
- Isolationsprüfungen
- Erwärmungsprüfung unter Lastbedingungen

Als Anlage 1 ist ein Prüfprotokoll beigefügt, aus dem die jeweiligen Prüfpunkte detailliert hervorgehen.

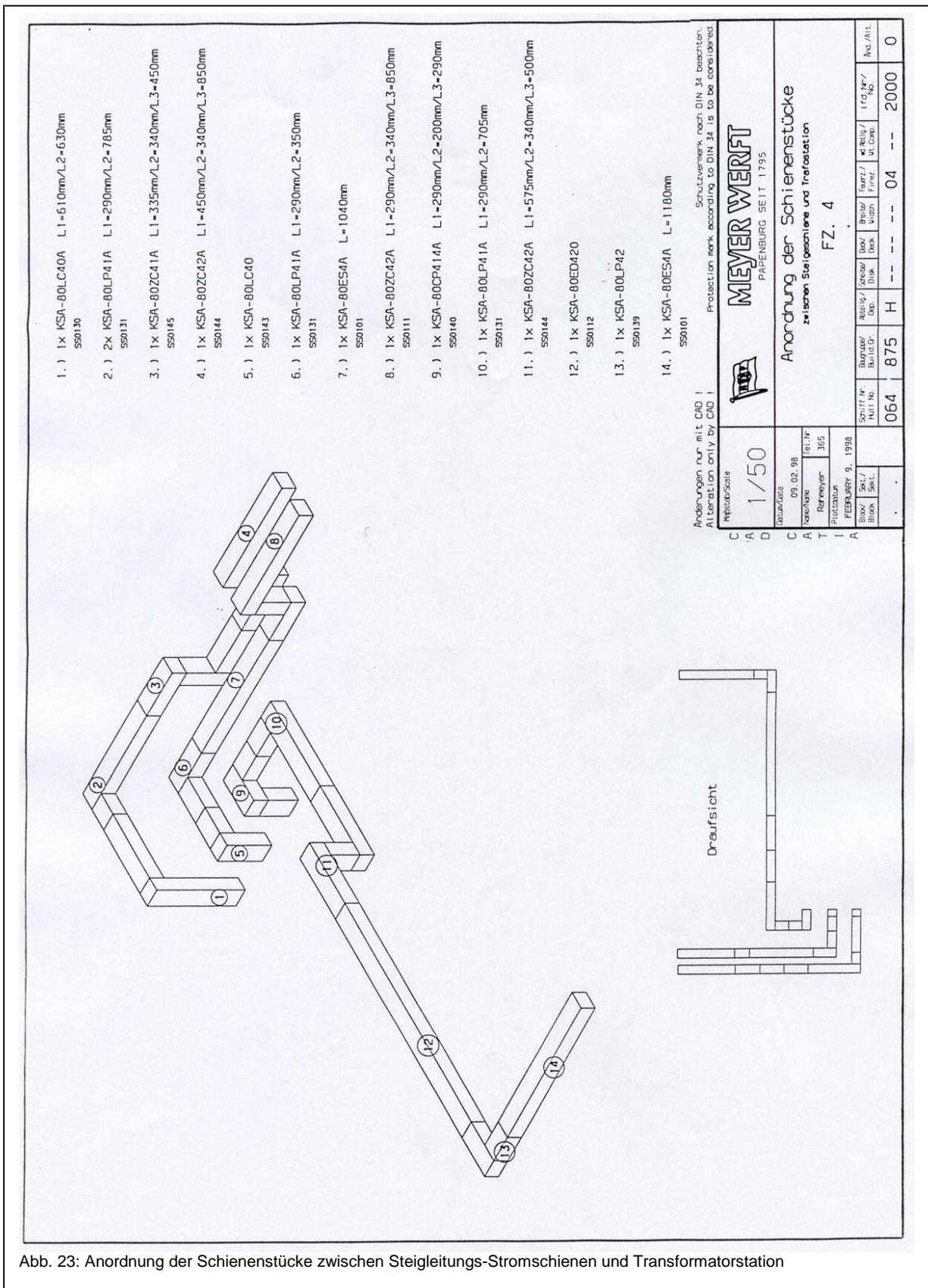


Abb. 23: Anordnung der Schienenstücke zwischen Steiggleitungs-Stromschiene und Transformatorstation

3.3.6 Zusammenfassung des Piloteinsatzes

Anhand der unter Punkt 3.3.4 aufgeführten Montageunterlagen konnten die Montagearbeiten sicher ausgeführt werden. Nach dem Erstellen der Durchbrüche für die Steigleitungen wurden die meisten Halterungen für die Stromschienen entsprechend den Maßangaben in den Steigleitungs-Zeichnungen angebracht.

Die Stromschienen zur Versorgung der Kabinen, die in den Zwischendecken der Kabinengänge angeordnet sind, konnten komplett im Blockbau parallel zu den Kabelbahnen montiert werden. Die jeweiligen blockinternen Stromschienenbauteile wurden eingebracht und in die Halterungen gesetzt. Mit blockübergreifenden Schienenbauteilen konnten die Steigleitungs-Stromschienen nach dem Aufsetzen des jeweiligen Blocks nach unten hin verbunden werden. Sowie die Blöcke mit den jeweiligen Transformatorstationen aufgesetzt waren, konnten die Schienenführungen zu den Steigleitungs-Stromschienen in der Detailplanung fertig gestellt werden und die Stromschienenbauteile (Abb. 23) maßgenau beim Hersteller bestellt werden.

Nach der Fertigstellung eines Steigestranges wurden Isolationsprüfungen und Erwärmungsprüfungen unter Lastbedingungen (s. Pkt. 3.3.5.3) durchgeführt, bevor die Stromschiene mit dem Einspeise-Leistungsschalter in der Transformatorstation verbunden (Abb. 25) wurde. Die Decks- und Schottdurchführungen konnten Zug um Zug geschlossen werden, womit auch der Brandschutz im Montagestadium sichergestellt wurde.

Während der Montagedauer der Steigleitung-Stromschienen konnten die Verbraucheranschlüsse in den jeweiligen Decks geplant und vorbereitet werden. Die Verbraucheranschlußkabel wurden im jeweiligen Deck zur vorgesehenen Steigleitungs-Stromschiene verlegt und entsprechend dem Energieverteilungsplan (s. Pkt. 3.3.4) angeschlossen. Zusätzliche Verbraucher konnten kurzfristig angeschlossen und im jeweiligen Revisionsplan aufgenommen werden.

Nach Durchführung von Restarbeiten, wie zum Beispiel das montieren von IP54-Abdeckungen (s. Pkt. 3.2.1.3), konnten werftseitig Teilabnahmen durchgeführt werden.

3.3.7 Präsentation der Teilbereiche

3.3.7.1 Transformatorstation-Anbindungen in den Feuerzonen

Im Vergleich zu den Hauptverteilungen bei einer konventionellen Kabelinstallation (vergl. Abb.1 und Abb. 24) fallen die nun verwendete Transformatorstationen mit niederspannungsseitigen Abgangsfelder sehr viel kleiner aus. Die elektrischen Betriebsräume sind daher viel kleiner und dieser wichtige Raumgewinn von mehr als 50% kann für andere Verwendungen allgemein genutzt werden, was als sehr positiver Nebeneffekt der Stromschieneninstallation gewertet werden muß.

Die Abbildungen 24 bis 26 zeigen die niederspannungsseitigen Abgangsfelder, aus denen die Stromschienen für die Hauptenergieversorgung der jeweiligen Feuerzone angeschlossen und heraus geführt sind.



Abb. 24: Anbindung der steuerbord- und backbordseitigen Steigleitungs-Stromschienen an die niederspannungsseitigen Abgangsfelder einer Transformatorstation einer Feuerzone

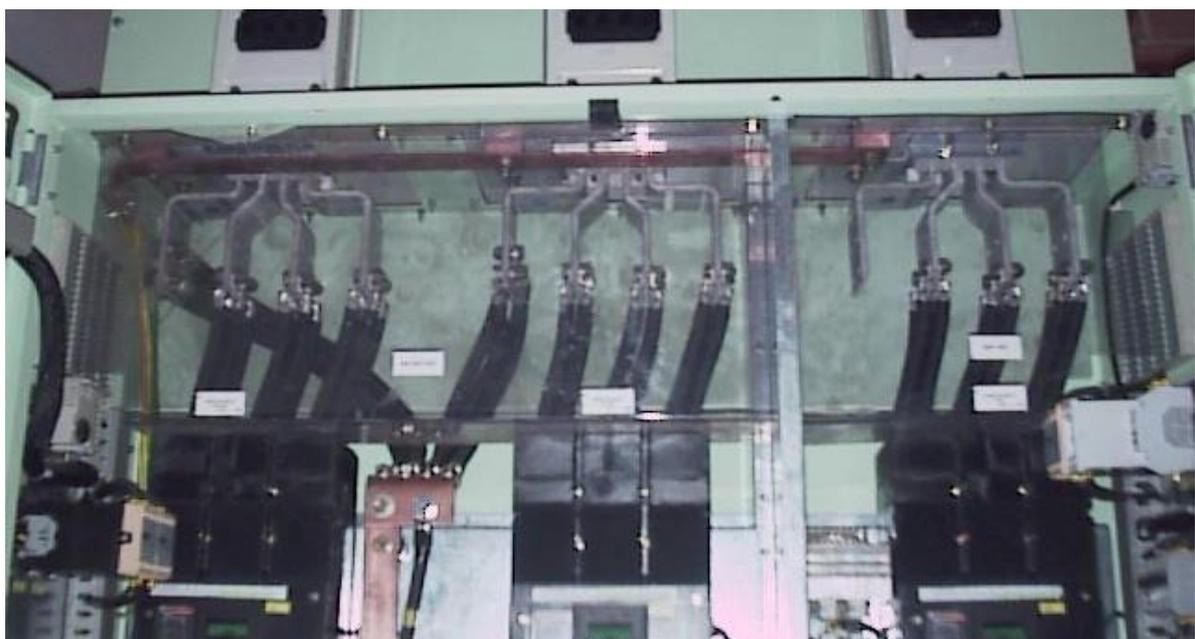


Abb. 25: Elektrischer Anschluß der steuerbord- und backbordseitigen Steigleitungs-Stromschienen in den niederspannungsseitigen Abgangsfeldern mit Stromschienen-Einspeisestücken

Über Stromschienen-Einspeisestücke (Abb. 24) und kurzen hoch flexiblen Anschlußleiter werden die Stromschienenverteiler an die Einspeise-Leistungsschalter der Transformatorstation angeschlossen. Für Notfallsituationen, z.B. Transformatorausfall, können die Niederspannungsseiten der Transformatorstationen angrenzenden Feuerzonen provisorisch miteinander verbunden werden. Hierzu stehen Notkabel zwischen den Transformatorstationen angrenzender Feuerzonen bereit (Abb. 28, links), die an die Stromschienen-Einspeisestücke mit angeschlossen werden können.

Mit entsprechend auf CAD geplanten Winkelkästen (Abb. 23 und 26) werden die Stromschienen von der Transformatorstation aus zu den jeweiligen Anschlußpunkten (Abb. 27) der Steigleitungs-Stromschienen geführt und verbunden.



Abb. 26: Ansicht zu Decke: Stromschienenführung mit Winkelkästen, links im Bild: Notkabel zu angrenzenden Transformatorstationen

In den Schienenkästen, die durch einen Durchführungsstutzen eine Schottungswand durchlaufen, werden Brandabschottungen (Abb. 28) nach werftseitig angegebenen Maßen herstellerseitig integriert.

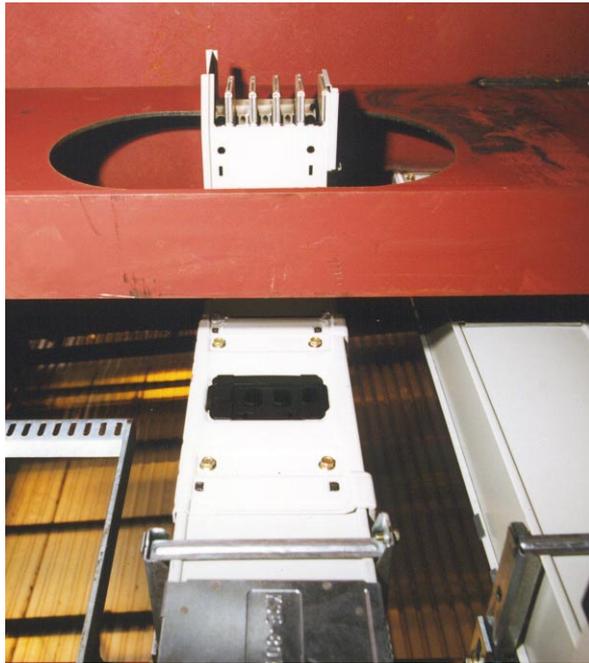


Abb. 27: Steigleitungs-Anschlußpunkt (T-Schienenkasten) zur Transformatorstation



Abb. 28: Maßgenau geplante und herstellerseitig im Schienenkasten eingesetzte Brandabschottung im Durchführungsstutzen (noch offen)

3.3.7.2 Verbraucheranschlüsse an Abgangskästen der Steigleitungs-Stromschienen

Alle Verbraucher in einem Deck einer Feuerzone werden an die Abgangskästen der jeweiligen Stromschienen angeschlossen. Je nach Deckhöhe stehen drei oder vier Abgangsstellen pro Stromschiene zur Verfügung. Um eine ausreichende Anzahl von Verbrauchern an eine Stromschiene anschließen zu können und Reserven vorzuhalten, wurde einen entsprechendes Sortiment von Abgangskästen vom Hersteller entwickelt. In der nachstehenden Aufstellung sind alle für die Meyer-Werft notwendigen Abgangskästen nach Werftnummer sortiert aufgeführt.

JLM-Nr	Typ Hersteller	Leistungsschalter
SS 0412	KSE10SD5NS063MW	1 x 50-63A
SS 0413	KSE10SD5NS080MW	1 x 63-80A
SS 0414	KSE16SD5NS100MW	1 x 80-100A
SS 0415	KSE16SD5NS125MW	1 x 100-125A
SS 0416	KSE16SD5NS160MW	1 x 125-160A
SS 0417	KSE25NS250N200	1 x 160-200A
SS 0418	KSE25NS250N250	1 x 200-250A
SS 0419	KSE40NS400N400	1 x 240-400A
SS 0421	KSE10SD5LS2MW1	2 x 13-18A
SS 0422	KSE10SD5LS2MW2	1 x 13-18A und 1 x 20-25A
SS 0423	KSE10SD5LS2MW3	2 x 20-25A
SS 0424	KSE16NS40U40MW	2 x 32-40A
SS 0425	KSE16NS40U63MW	1 x 32-40A und 1 x 50-63A
SS 0426	KSE16NS63U63MW	2 x 50-63A
SS 0427	KSE16NS63U80MW	1 x 50-63A und 1 x 63-80A
SS 0428	KSE16NS80U80MW	2 x 63-80A

Die entsprechenden Abgangskästen (Abb.29) werden entsprechend dem Energieverteilungsplan der Feuerzone (s. Pkt. 3.3.4) auf die eingetragenen Abgangsstellen gesteckt und mit den entsprechenden Zuleitungskabeln der Verbraucher angeschlossen.



Abb. 29: Beispiele Steigleitungs-Stromschienen mit Abgangskästen
 Links: mit 2 Leistungsschalter bis max. 80 A
 Mitte: mit 1 Leistungsschalter bis max. 400 A
 Rechts: mit 1 Leistungsschalter bis max. 80 A

Zusätzliche Verbraucher können kurzfristig an einen nachträglich auf eine freie Abgangsstelle gesteckten Abgangskasten angeschlossen werden. Das Stecken des Abgangskasten kann gefahrlos an eine unter Spannung stehende Stromschienen erfolgen. Der Kabelanschluß ist ebenso gefahrlos möglich, da die Abgangskästen mit einem Deckeltrenner (Abb. 30) ausgerüstet sind und somit das Innere des Abgangskasten beim Öffnen des Abgangskasten freigeschaltet wird.



Abb. 30: Blick auf einen geöffneten Abgangskasten mit Deckeltrenner-Unterteil (Deckeltrenner-Oberteil im Gehäusedeckel)

Der nachträglich gesteckte Verbraucherabgang wird bei der Planrevision in den Revisionsplänen mit eingetragen.

Der nachträglich gesteckte Verbraucherabgang wird bei der Planrevision in den Revisionsplänen mit eingetragen.

3.3.7.3 Energieversorgung der Kabinen mit Stromschienensystemen

Die Stromschienen zur Versorgung der Kabinen, die in den Zwischendecken der Kabinengänge angeordnet sind (Abb. 31 oben links), werden komplett im Blockbau parallel zu den Kabelbahnen montiert. Die Einspeisung der Stromschienen erfolgt mit einer kurzen Kabelverbindung zwischen Einspeisekasten (Abb. 31, oben rechts) und einem Abgangskasten (Abb. 29 links od. rechts) der backbord- bzw. steuerbordseitigen Steigleitungs-Stromschienen.

Die mit vier Meter Kabel vorkonfektionierten Abgangsadapter (Abb. 31, unten rechts) zu Speisung der Kabinenverteilungen wurden später im Schiff nach Einbau der Kabinen an die Stromschienen gesteckt und an die nächst gelegene Kabinenverteilung angeklemt.

Pro Abgangsadapter wird eine Kabinenverteilung für zwei Kabinen eingespeist.

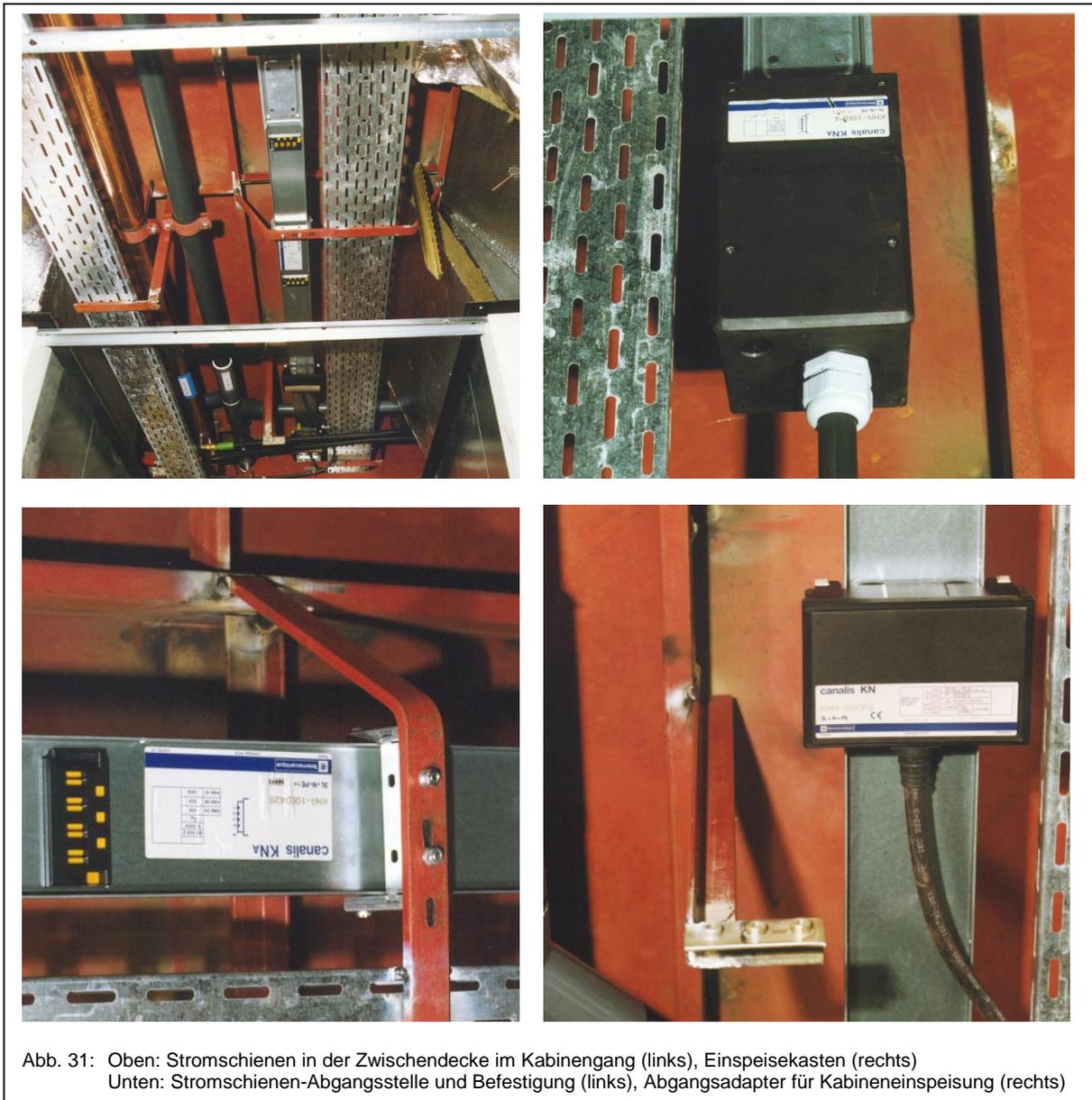


Abb. 31: Oben: Stromschienen in der Zwischendecke im Kabinengang (links), Einspeisekasten (rechts)
Unten: Stromschienen-Abgangsstelle und Befestigung (links), Abgangsadapter für Kabineneinspeisung (rechts)

3.4 Kosten-Nutzen-Vergleich

Um einen detaillierten Kosten - Nutzen - Vergleich zu bekommen wurden umfangreiche Kalkulationen durchgeführt. Verglichen wurde ein konkretes Passagierschiff von ca. 70.000 CGT mit einer Stromschieneninstallation direkt zu einer theoretischen Kabelinstallation auf dem selben Schiff. Da die detaillierten Kosten für Kabelinstallationen auf Passagierschiffen sehr genau bekannt sind, konnten die Kosten hinreichend genau berechnet werden.

Die nachfolgenden Ergebnissen der Vergleichskalkulation werden als prozentuale Werte dargestellt, wobei die Kosten für die traditionelle Kabelinstallation aus Ausgangswert zu 100% zu Grunde gelegt sind.

3.4.1 Beschreibung der Vergleichskalkulation

Um einen direkten Vergleich einer Kabelinstallation zu einer Schieneninstallation zu bekommen, sind nur die Installationsbereiche berücksichtigt die durch eine Stromschieneninstallation ersetzt wurden. Installationen die nach wie vor nicht geändert wurden, sind in der Kalkulation nicht berücksichtigt. An der nachfolgenden Abbildung 32 werden diese Installationsbereiche prinzipiell dargestellt und erläutert.

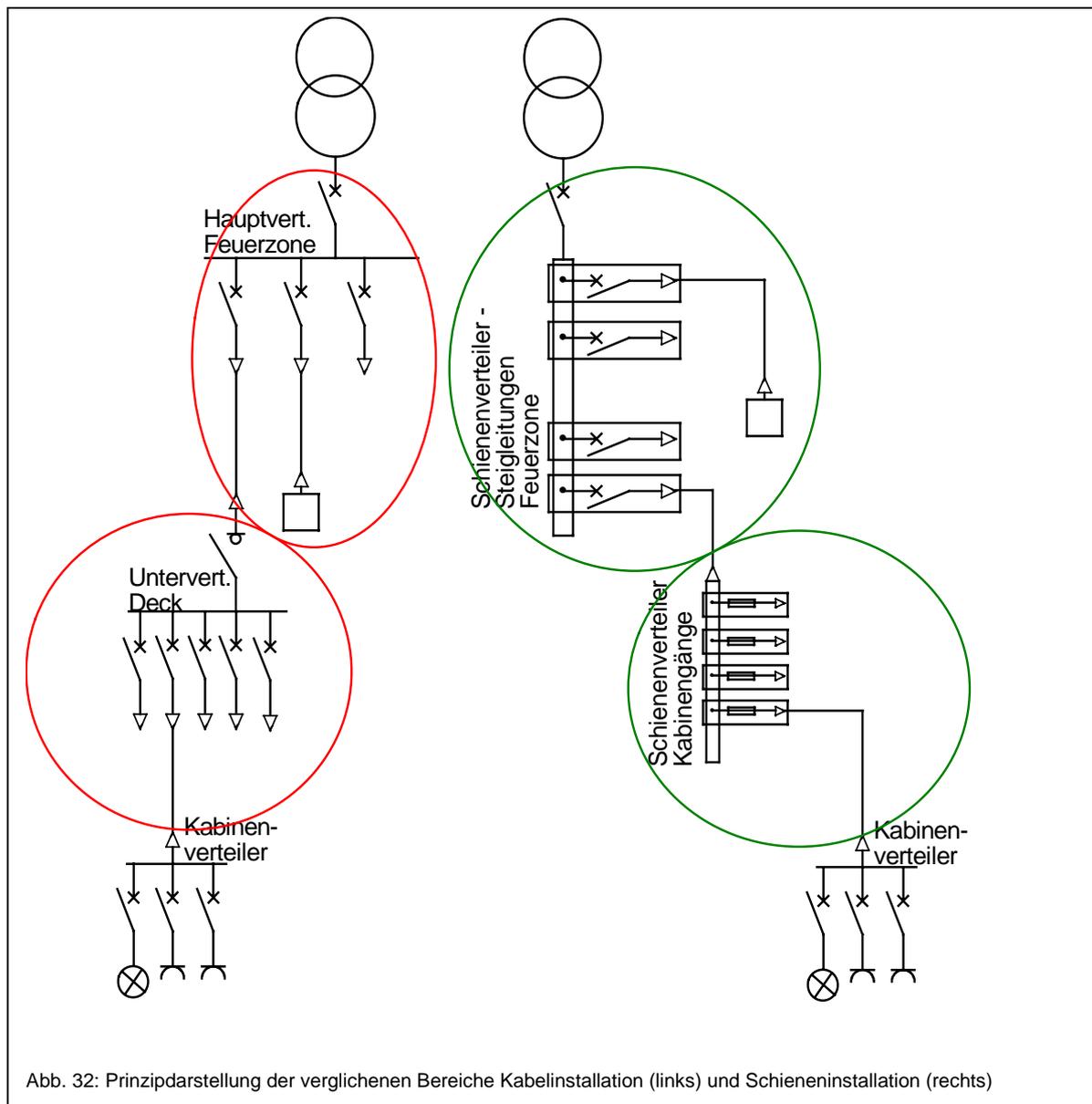


Abb. 32: Prinzipdarstellung der verglichenen Bereiche Kabelinstallation (links) und Schieneninstallation (rechts)

3.4.1.1 Hauptstromversorgung als Kabelinstallation

Die Hauptstromversorgung einer Kabelinstallation (Abb. 32, roter oberer Bereich) beginnt bei der Hauptverteilung (Abb.1) der jeweiligen Feuerzone. Von den Abgängen des Hauptverteilers werden die Unterverteilungen (Abb.33, links) und Einzelverbraucher der Decks jeweils über Kabel versorgt. Alle Kabel werden hierzu über Kabeltrassen horizontal in den Decks und vertikal zwischen den Decks der Feuerzone geführt.

Für den Bereich „Hauptstromversorgung“ wurden alle Kosten für Niederspannungs-Hauptverteilungen, Kabel, Kabeltassensysteme (Material) sowie die Montagekosten (Lohn) bis zu den Anschlußpunkten der jeweiligen Unterverteilungen bzw. Einzelverbraucher berechnet.

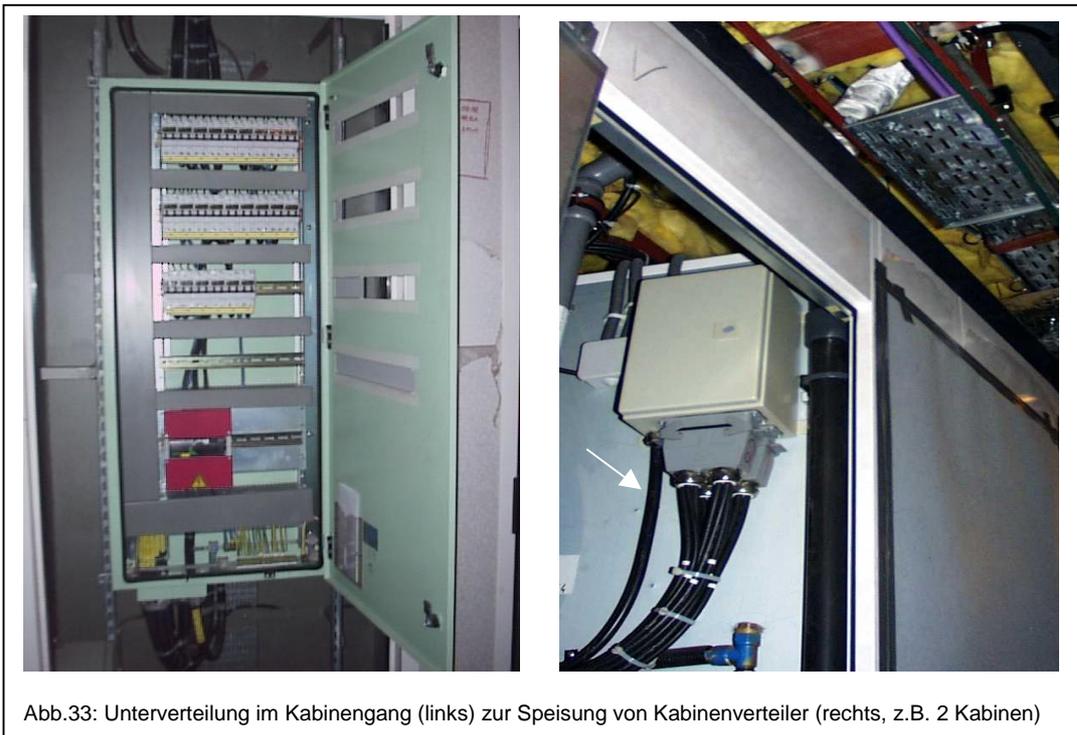


Abb.33: Unterverteilung im Kabinengang (links) zur Speisung von Kabinenverteiler (rechts, z.B. 2 Kabinen)

3.4.1.2 Kabinenversorgung als Kabelinstallation

Die Kabinenversorgung einer Kabelinstallation (Abb. 32, roter unterer Bereich) geht von den Unterverteilungen (Abb. 33, links) in den Kabinengängen der Decks aus. Von dort werden die einzelnen Kabinenverteilungen (Abb. 33, rechts) jeweils über Kabel eingespeist. Die Kabeltrassensysteme liegen hierbei in den Zwischendecken der Kabinengänge.

Berechnet wurden alle Kosten für Unterverteilungen und Kabel (Material) sowie die Montagekosten (Lohn) bis zum Anschlußpunkt an die Kabinenverteilungen. Nicht in die Kostenberechnung eingegangen sind die Kabelbahnen in den Zwischendecken der Kabinengänge, da diese weiterhin eingebaut und für die zunehmende Anzahl an Kommunikations- und Steuerungsleitungen benötigt werden.

3.4.1.3 Hauptstromversorgung als Stromschieneninstallation

Die Hauptstromversorgung einer Stromschieneninstallation (Abb. 32, grüner oberer Bereich) geht von den Leistungsschaltern im niederspannungsseitigen Abgangsfeld einer Transformatorstation (Abb. 24) aus. Die Steigleitungs-Schienensysteme sind in backbord- und steuerbordseitigen Steigleitungsschächten geführt. In jedem Deck sind entsprechende Abgangskästen gesteckt, die entweder einzelne Verbraucher,

Unterverteilungen oder weitere Stromschienenverteiler für die Kabinenversorgung einspeisen (Abb.31).

Für den Bereich „Hauptstromversorgung Stromschieneninstallation“ wurden alle Kosten für Transformatorstationen, Stromschienen und Kabel (Material), sowie die Montagekosten (Lohn) bis zu den Anschlußpunkten der jeweiligen Stromschienen für die Kabinenversorgung, Unterverteilungen bzw. Einzelverbraucher berechnet.

3.4.1.4 Kabinenversorgung als Stromschieneninstallation

Die Kabinenversorgung einer Stromschieneninstallation (Abb. 32, grüner unterer Bereich) geht von den Stromschienen (Abb. 31) in den Kabinengängen der Decks aus. Über steckbare Abgangsadapter mit vorkonfektionierten Kabeln werden die Kabinenverteilungen aus nächster Nähe eingespeist.

Berechnet wurden alle Kosten für Stromschienen, Abgangsadapter und Kabel (Material) sowie die Montagekosten (Lohn) bis zum Anschlußpunkt an die Kabinenverteilungen.

3.4.1.5 Sicherheits- und Notstromversorgung als Kabelinstallation

Die Sicherheits- und Notstromversorgung als Kabelinstallation geht von der zentralen Notstromschalttafel im Schiff aus. Pro Feuerzone und jeweils drei Decks wird ein entsprechendes Kabel für die Sicherheitsstromversorgung (Safeguard) und ein entsprechendes Kabel für Notstromversorgung (Emergency) in jeweils separaten Kabeltrassen verlegt, die jeweils entsprechende Unterverteilungen einspeisen. Von den Unterverteilungen aus werden die Verbraucher in der Feuerzone im jeweiligen Deck, sowie ein Deck darüber und ein Deck darunter versorgt.

Berechnet wurden alle Kosten für Unterverteilungen und Kabel (Material) sowie die Montagekosten (Lohn) bis zum Anschlußpunkt an die Unterverteilungen.

3.4.1.6 Notstromversorgung als Stromschieneninstallation

Die Sicherheits- und Notstromversorgung einer Stromschieneninstallation geht von der zentralen Notstromschalttafel im Schiff aus. Je Feuerzone wird eine Stromschiene für die Sicherheitstromversorgung (Safeguard) im Steigleitungsschacht an der einen Schiffseite und eine Stromschiene für die Notstromversorgung (Emergency) im Steigleitungsschacht auf der anderen Schiffseite installiert. Während die Stromschienen für die Ersatzstromversorgungen jeweils über ein entsprechendes Kabel von der Notschalttafel von oben eingespeist werden, erfolgt die Einspeisung der Stromschienen für die Notstromversorgung jeweils über ein entsprechendes Kabel von unten. Die Abbildung 19 veranschaulicht das Prinzip der Stromschieneninstallation. In jedem Deck werden die entsprechende Abgangskästen mit Schutzorganen gesteckt, die die Verbraucher in diesem Deck versorgen.

Berechnet wurden alle Kosten für Stromschienen, Abgangskästen und Kabel (Material) sowie die Montagekosten (Lohn) bis zu den Abgangskästen in den Decks.

3.4.2 Ergebnisse Kostenvergleich

3.4.2.1 Ergebnis Kostenvergleich Hauptstromversorungen

Betrachtet man die Ergebnisse des Kostenvergleiches für die Hauptstromversorgung in der Abbildung 34, so ist festzustellen das der gesamte Kostenvorteil der Stromschieneninstallation hier gering ist. Obwohl die Montagekosten (Lohn) der Stromschieneninstallation nicht einmal die Hälfte der Montagekosten einer Kabelinstallation sind, wird dieser Kostenvorteil nahezu von den Mehrkosten für das Stromschienenmaterial aufgezehrt. Da die Montagekosten proportional zu der Montagezeit sind, ist der wesentliche Vorteil der Stromschieneninstallation die Montage in nur der Hälfte der Zeit.

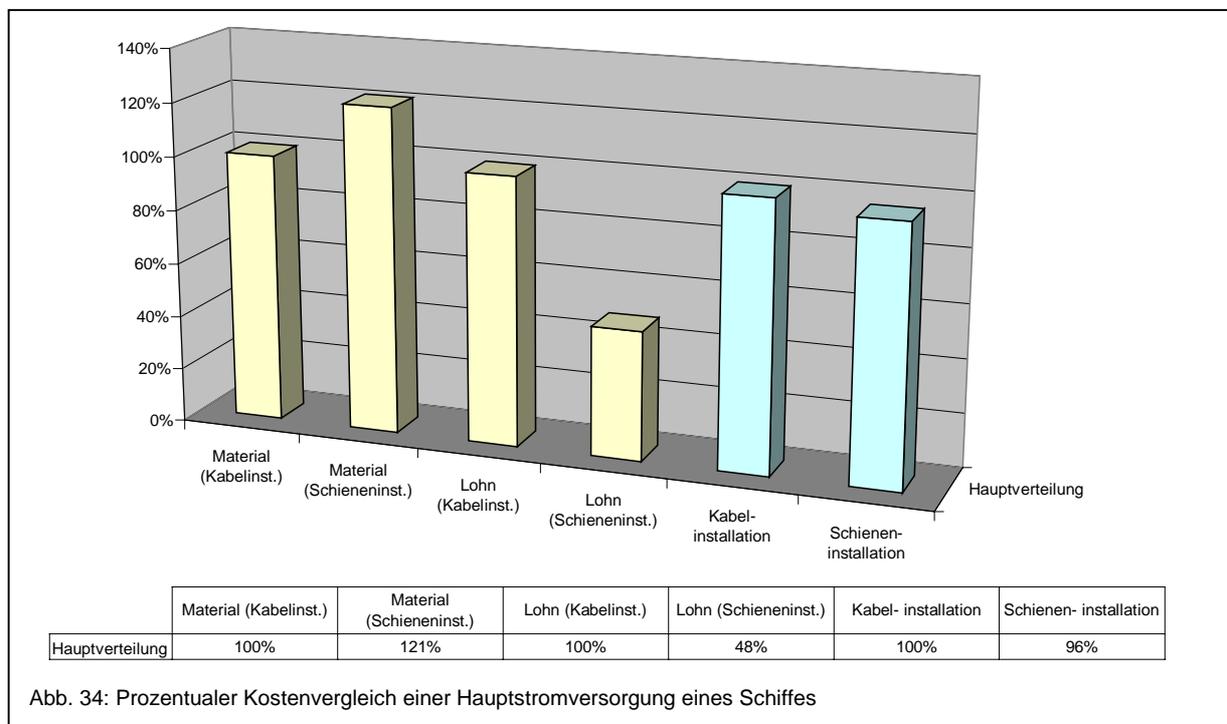


Abb. 34: Prozentualer Kostenvergleich einer Hauptstromversorgung eines Schiffes

3.4.2.2 Ergebnis Kostenvergleich Kabinenversorgung

Der gesamte Kostenvorteil bei der Kabinenversorgung eines Schiffes ist mit 57% sehr eindeutig und beruht im wesentlichen auf dem sehr viel geringeren Montageaufwand. Der um etwa 80% geringere Montageaufwand ergibt sich aufgrund der sehr viel geringeren Kabellängen bei einer Stromschieneninstallation. Der Kostenvorteil von 23% beim Material kommt ebenfalls durch die Einsparung von Kabel zustande.

Die Kosten, nur für die Unterverteilungen bei einer Kabelinstallation, entsprechen ungefähr dem Materialpreis der Stromschienenbauteile inklusive der mit Kabel vorkonfektionierten Abgangsadapter bei einer Stromschieneninstallation in diesem Bereich.

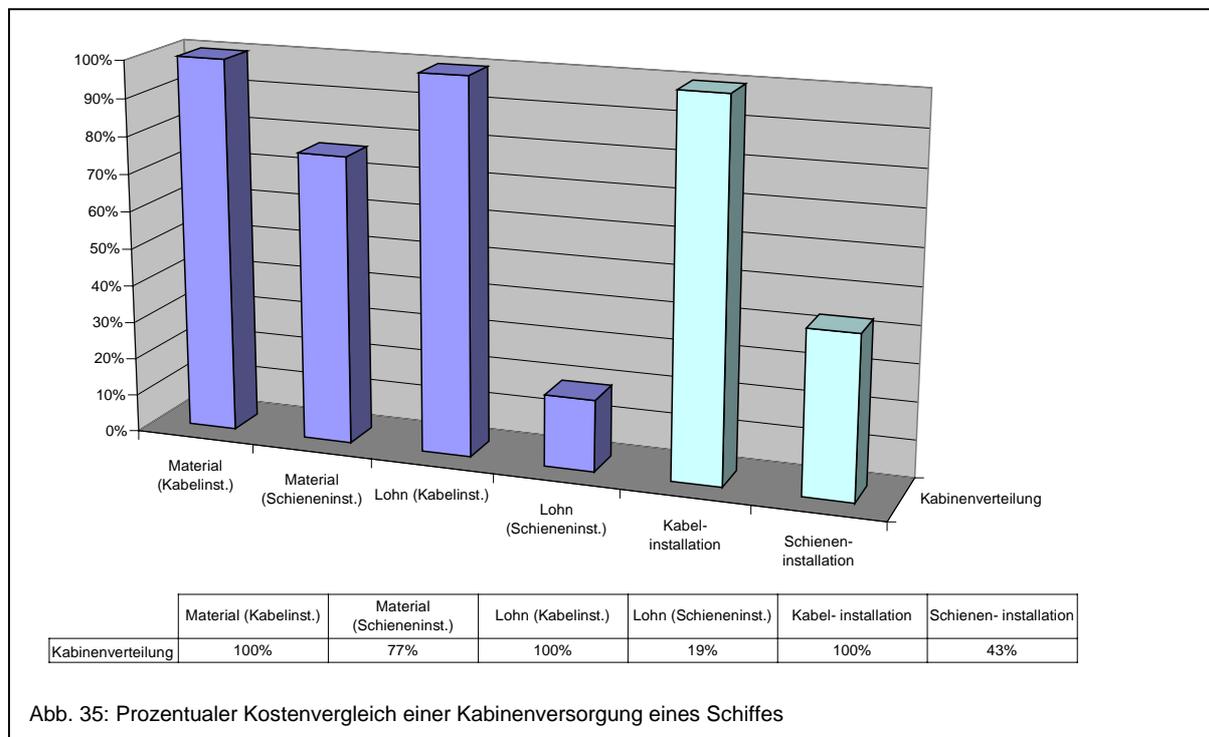


Abb. 35: Prozentualer Kostenvergleich einer Kabinenversorgung eines Schiffes

3.4.2.3 Ergebnis Kostenvergleich Sicherheits- und Notstromversorgung

Auch beim Kostenvergleich der Sicherheits- und Notstromversorgung ergibt sich ein deutlicher Kostenvorteil von etwas mehr als 50% für die Stromschieneninstallation. Der Kostenvorteil setzt sich hier aus dem 65% geringeren Montageaufwand aufgrund stark reduzierten Kabelmengen, sowie dem um etwa 40% geringeren Materialeinsatz zusammen.

Interessant sind auch hier wieder die Materialkosten nur für Unterverteilungen einer Kabelinstallation. Die Unterverteilungen der Kabelinstallation sind teurer als die gesamte Stromschieneninstallation inklusive der Montage der Stromschienen.

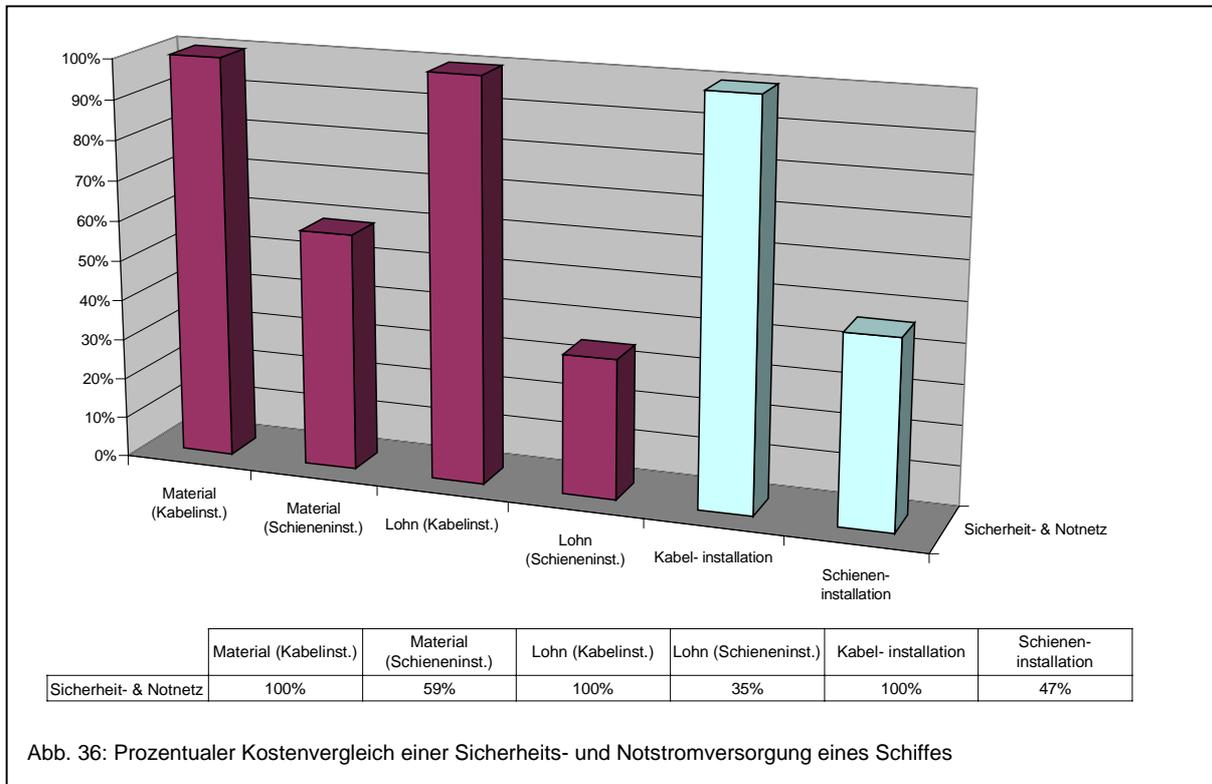
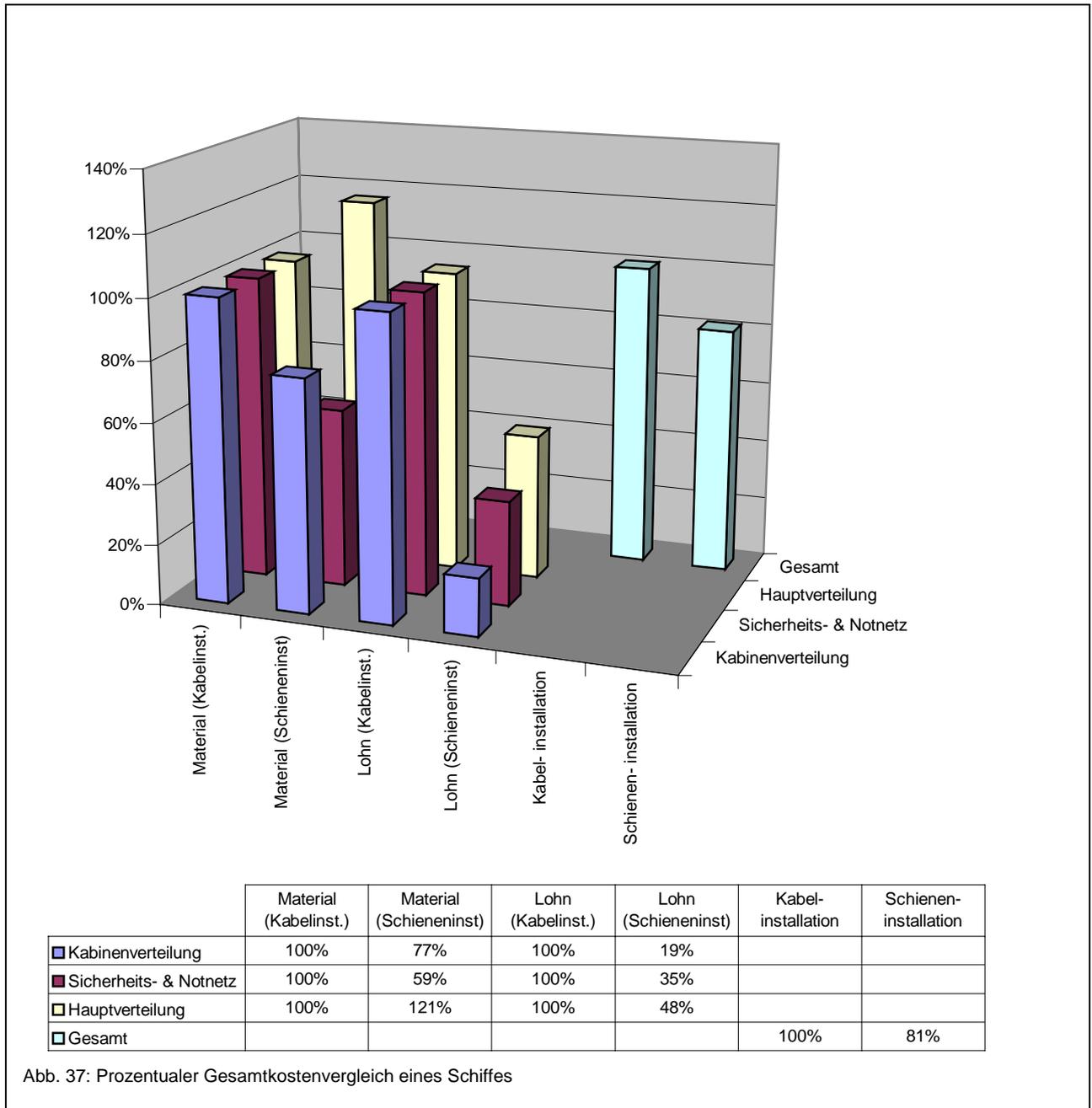


Abb. 36: Prozentualer Kostenvergleich einer Sicherheits- und Notstromversorgung eines Schiffes

3.4.2.4 Ergebnis Gesamtkostenvergleich

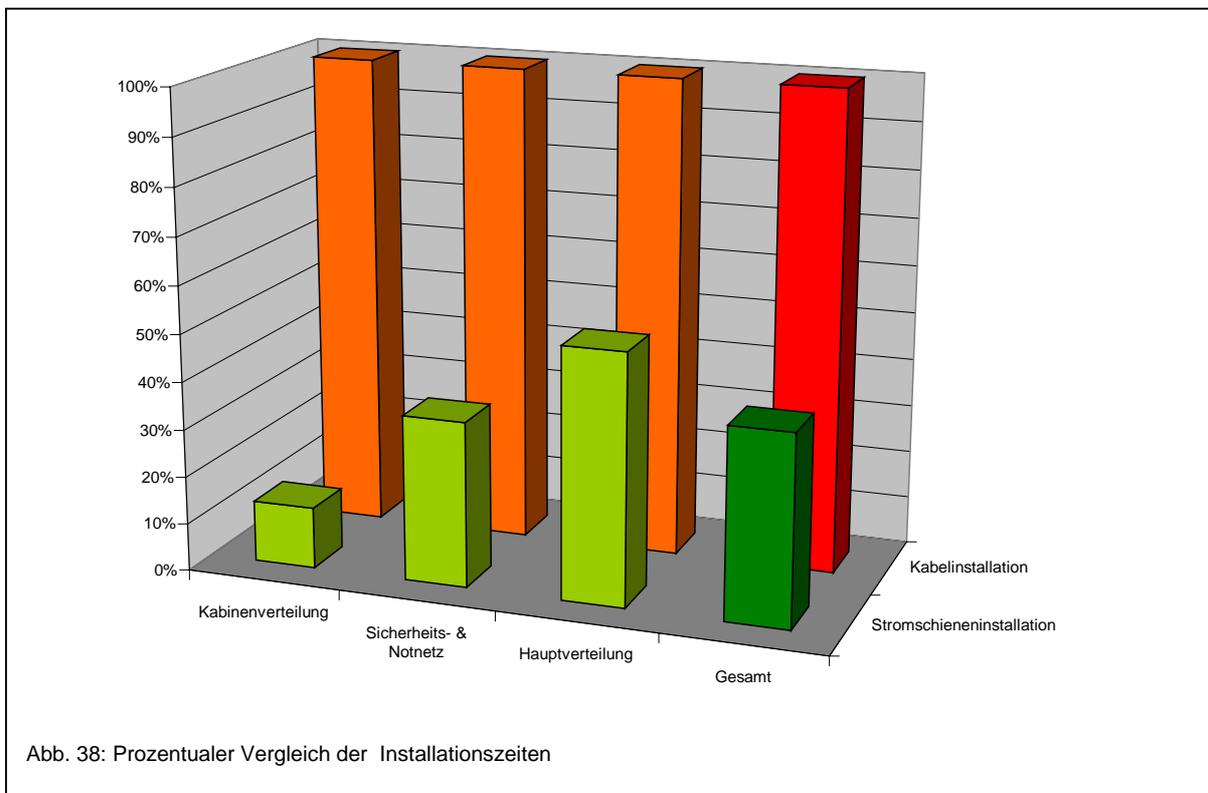
In Summe der Bereiche Hauptstromversorgung, Kabinenversorgung sowie Sicherheits- und Notstromversorgung ergibt sich, wie in Abbildung 37 veranschaulicht, ein Kostenvorteil von 19% für die Stromschieneninstallation. Da dieser gesamte Kostenvorteil überwiegend über die wesentlich geringeren Montageaufwendungen ergibt, erhöht sich mit der Stromschieneninstallation die Wertschöpfung der Werft.



3.4.3 Vergleich der Installationszeiten

Vergleicht man die Installationszeiten der einzelnen Bereiche in prozentualer Weise, so wird sehr deutlich, wie zeitlich aufwendig eine Kabelinstallation an Bord eines Schiffes ist. Auch wenn der laufende Meter Kabel noch so günstig eingekauft werden kann, so muß das Kabel immer noch verlegt werden, was bei den Arbeitskosten in Deutschland kostenintensiv ist.

Innovative Lösungen, wie zum Beispiel Stromschiensysteme, können daher vorteilhaft sein, wenn der geringere Montageaufwand zusammen mit dem Materialpreis positiv im Verhältnis zur traditionellen Kabelinstallation steht.

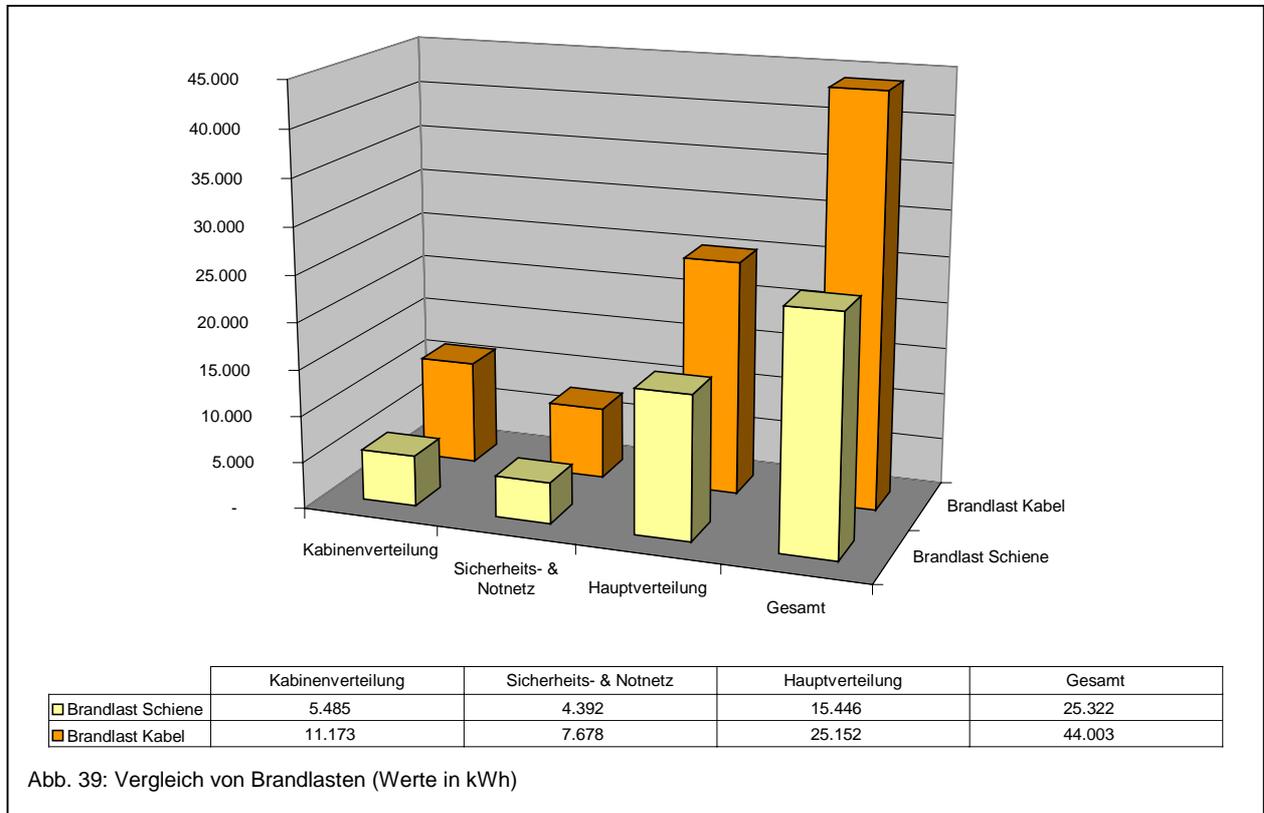


3.4.4 Vergleich weiterer Daten

3.4.4.1 Vergleich von Brandlasten

Aufgrund der weit differenzierten Kalkulation der Kabelinstallation wurden die Kabellängen der verschiedenen Kabeltypen ziemlich genau ermittelt. Über diesen Weg konnten in einer Nebenrechnung die Brandlasten der Kabelinstallation berechnet werden.

Auch bei der Kalkulation der Stromschieneninstallation konnten bei Nebenrechnungen in den Stücklisten den einzelnen Bauteilen die vom Hersteller angegebene Brandlasten zugeordnet und so die Gesamtbrandlasten ermittelt werden. Als positiver sicherheitstechnischer Nebeneffekt der Stromschieneninstallation sind die Brandlasten der Installationen, die durch Schienenverteiler ersetzt wurden, um mehr als 40% reduziert worden. Die Stromschieneninstallation ist ebenso, wie von den Klassifikationsgesellschaften gefordert, halogenfrei wie eine Kabelinstallation.



3.4.4.2 Vergleich der Kabellängen beider Installationsarten

Auch beim Einsatz von Stromschienensystemen sind weiterhin Kabel zwischen Abgangskästen der Steigleitungs-Stromschienen und den Einspeisekästen Stromschienen für die Kabinenversorgung notwendig. Ebenso werden auch Endverbraucher über Kabel an die Abgangskästen der Steigleitungs-Stromschienen angeschlossen. Im Bereich der Kabinenversorgung wird jede Kabinenverteilung über etwa 4 Meter Kabel an die Stromschiene im Kabinengang angeschlossen.

Für den Bereich Sicherheits- und Notstromversorgung wird jede Steigleitungs-Stromschiene wie beschrieben mit einer Zuleitung von der Notschalttafel eingespeist.

Durch den Einsatz von Stromschienen wurden in den drei kalkulierten Bereichen etwa 60% weniger Kabel unterschiedlicher Querschnitte installiert.

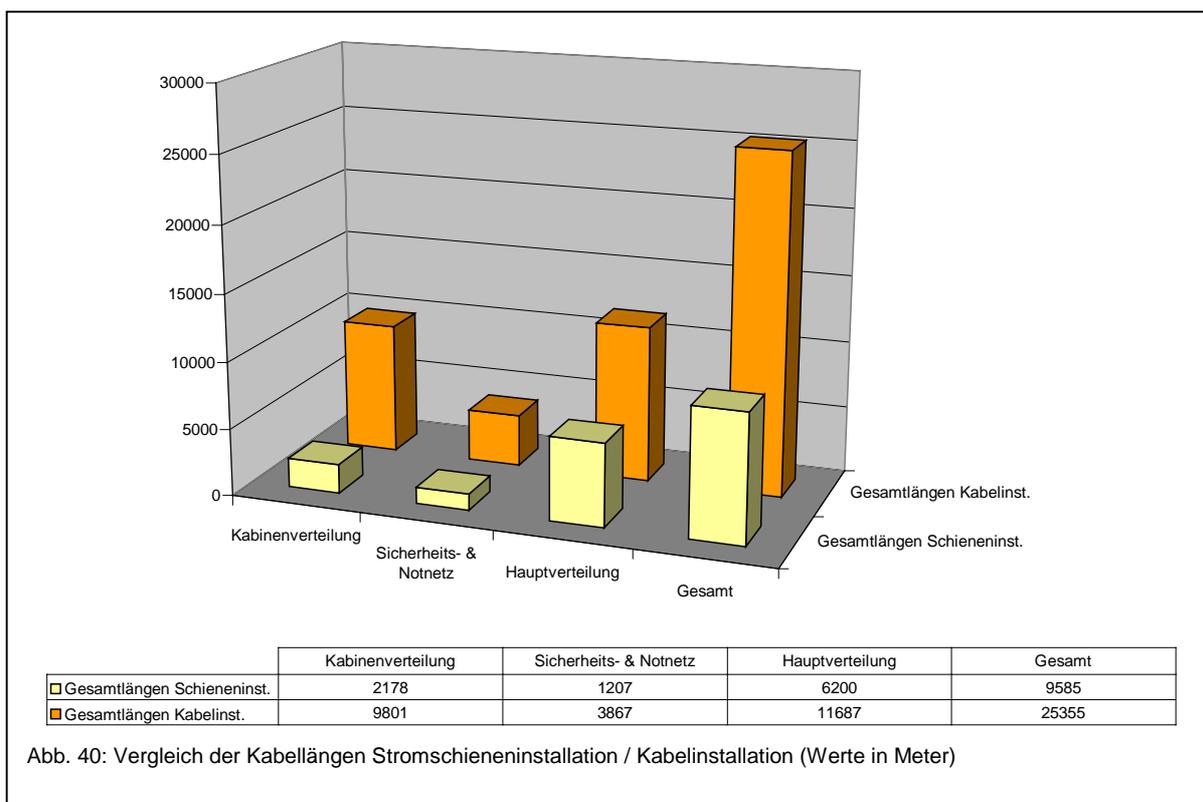


Abb. 40: Vergleich der Kabellängen Stromschieneninstallation / Kabelinstallation (Werte in Meter)

4.0 Zusammenfassung und Ausblick

Nach einem schwierigen Start des Projektes hat sich eindeutig bestätigt, das sowohl der Hersteller als auch der Betreiber eines Schiffes große Vorteile durch den Einbau von Stromschienensystemen haben.

Die sehr frühe und einfache Installation, sowie die Verwendung als Baustromversorgung bringt der Werft erhebliche Zeit und Installationsvorteile, wobei aber gute und exakte Vorplanung und Koordination ein absolutes Muß für den Erfolg ist. Die Reedereien haben wesentliche Vorteile, wenn sie Änderungen oder Erweiterungen an der Energieversorgung vornehmen wollen. Durch die starke Dezentralisierung liegen die Speiseschalter immer relativ nah an den Verbrauchern, woraus sich ein großer Vorteil für das Bedienungs- oder Servicepersonal ergibt.

Von der wirtschaftlichen Seite konnte durch die, für diesen Abschlußbericht angefertigte konkrete und detaillierte Nachkalkulation, der Vorteil für die Werft quantifiziert werden. Das Ergebnis ist absolut zufriedenstellend und rechtfertigt voll die schon weiter praktizierte Installationsart.

Störfälle oder größere Probleme sind uns bislang nicht bekannt. Ausgenommen hiervon ist ein Montage- und Auslegungsfehler bei einer 100A Stromschiene, der jedoch nur indirekt mit dem Stromschienensystem zu tun hatte und auch bei jeder „normalen“ Kabelinstallation hätte passieren können. Die Folgen dieses Fehlers konnten jedoch bedingt durch die Stromschieneninstallation innerhalb von Minuten behoben werden, was ebenfalls für sich spricht.

Die im Projekt erreichten Ergebnisse bestimmen in vielen Einzelpunkten den weltweiten Stand der Technik. Sie stellen eine Basis für umfangreiche Anwendungen und Weiterentwicklungen im Schiffbau, aber auch in anderen Bereichen dar.

Die im Förderungsantrag gesteckten technischen Ziele wurden, unter Einhaltung des Zeit- und Kostenrahmen, erreicht.

Die Förderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, für die an dieser Stelle nochmals gedankt wird, war also gerechtfertigt.

In Zukunft wird die Installation von Stromschienensystemen weiter optimiert und die beschriebenen Bereiche werden weiter ausgebaut.

Weiterführende Installationen mit Stromschienensystemen an Bord von Passagierschiffen werden untersucht.

Als besonders interessant sehen wir die Anwendungsbereiche Maschinenräume und Mittelspannungsanlagen an, da auch hier die Vorteile der modularen Bauweise von Stromschienensystemen genutzt werden können.

Anlage 1: Prüfprotokoll

**Test & Trials Protocol of Newbuilding No. S. 640
Item 875 - Vertical El. Power Busbars**

1. Nature and extent of this test

This test comprises the vertical el. power busbars of all 5 firezones.

The relevant drawing No. of this facilities are given in the test protocol of chapter 3.4.

2. Preconditions for the accomplishment of this test

All necessary preconditions (i.e. power supply) and pre-checks (i.e. installation, cable, piping connections) are successfully completed.

Ref.	Check Item	O.K.	Remarks
1.	Installation of the vertical busbars to be completely finished		
	- Firezone 2		
	- Firezone 3		
	- Firezone 4		
	- Firezone 5		
	- Firezone 6		
2.	All deck- and wall penetrations (where necessary) are to be completely finished		
	- Firezone 2		
	- Firezone 3		
	- Firezone 4		
	- Firezone 5		
	- Firezone 6		
3.	Connection between vertical busbars and substations ready installed		
	- Firezone 2		
	- Firezone 3		

Ref.	Check Item	O.K.	Remarks
	- Firezone 4		
	- Firezone 5		
	- Firezone 6		
4.	All IP54- coverings for not used tap-off and junctions ready installed		
	- Firezone 2		
	- Firezone 3		
	- Firezone 4		
	- Firezone 5		
	- Firezone 6		
5.	All used tap-off units are completely installed, marked, cabled and ready for use		
	- Firezone 2		
	- Firezone 3		
	- Firezone 4		
	- Firezone 5		
	- Firezone 6		

3. Test Instructions

3.1 Megatest of each vertical busbar

(Acc. attached list)

- Ensure with the aid of insulation (mega-) tester that there is no connection between all three phases, phases and neutral phases and ground or neutral and ground.

3.2 Thermic test of each 800A & (80 - 100 A) vertical busbar

- For the test the relevant busbar will be powered with an adjustable transformer to nominal current. This will be done in two steps. One step is the busbar part between the feeding point and the lowest part and the second step is between the feeding point and the highest part of the busbar. During the test spot checks of the temperature at the connection points etc. will be done.
- Requirement: No abnormal heating.

3.3 Check list of busbars

Ref.	Check Item	O.K.	Remarks
1.	Megatest between phase-phase, phase-neutral, phase-earth, neutral-earth		
	- Firezone 2 690V - 800A		
	- Firezone 2 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 2 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 2 400/ 230 V - 100 A Emergency		
	- Firezone 2 400/ 230 V - 100 A Safeguard		
	- Firezone 3 690 V - 800 A		
	- Firezone 3 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 3 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 3 400/ 230 V - 100 A Emergency		
	- Firezone 3 400/ 230 V - 100 A Safeguard		
	- Firezone 4 690 V - 800 A		
	- Firezone 4 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 4 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 4 400/ 230 V - 100 A Emergency		
	- Firezone 4 400/ 230 V - 100 A Safeguard		
	- Firezone 5 690 V - 800 A		
	- Firezone 5 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 5 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 5 400/ 230 V - 100 A Emergency		
	- Firezone 5 400/ 230 V - 100 A Safeguard		
	- Firezone 6 690 V - 800 A		
	- Firezone 6 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 6 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 6 400/ 230 V - 100 A Emergency		
	- Firezone 6 400/ 230 V - 100 A Safeguard		

Ref.	Check Item	O.K.	Remarks
2.	Temperature during the load test		
	- Firezone 2 690 V - 800 A		
	- Firezone 2 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 2 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 3 690 V - 800 A		
	- Firezone 3 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 3 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 4 690 V - 800 A		
	- Firezone 4 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 4 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 5 690 V - 800 A		
	- Firezone 5 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 5 400/ 230 V - 800 A S		
	- Firezone 6 690 V - 800 A		
	- Firezone 6 400/ 230 V - 800 A P		
	- Firezone 6 400/ 230 V - 800 A S		

3.4 List of relevant drawings

0640 814 H -- -- - 02 -- 1005	Power Distribution F.Z. 2
0640 814 H -- -- - 03 -- 1005	Power Distribution F.Z. 3
0640 814 H -- -- - 04 -- 1005	Power Distribution F.Z. 4
0640 814 H -- -- - 05 -- 1005	Power Distribution F.Z. 5
0640 814 H -- -- - 06 -- 1005	Power Distribution F.Z. 6
0640 875 H -- -- -- -- -- 0001	Overview vertica busbars
0640 875 H -- -- - 02 -- 0010	Vertical busbars Firezone 2
0640 875 H -- -- - 03 -- 0010	Vertical busbars Firezone 3
0640 875 H -- -- - 04 -- 0010	Vertical busbars Firezone 4
0640 875 H -- -- - 05 -- 0010	Vertical busbars Firezone 5
0640 875 H -- -- -06 --0010	Vertical busbars Firezone 6

4. Applied test instruments

- 1 insulation tester (1KV)
- 1 adjustable Current Transformer
- 1 temperature measuring instrument

5. Frequency / Duration of this test

One final test

6. Location of this test (local and aboard)

- Dock
- Substations (Location of busbars)

7. Test personnel

- Buyer's representative
- Classification Society Representative
- Supplier's Representative
- Builder's Representative (person in charge)

We herewith certify that the above mentioned item has been tested and complies

- with reservation (See attached „List of Remarks“)
- without reservation

to the terms of the specificaiton as amended.

Date:

.....
Buyer's Representative

.....
Builder's Representative

.....
Supplier's Representative

.....
Repr. Classification Society

P & O
M.V. „AURORA“

Remarks to Test of / Bemerkungen zum Test von:				
Date/ Datum:			ITEM No.	
Distribution/ Verteilung:				
Remarks No.	Description of given remarks <i>Beschreibung der gegebenen Bemerkungen</i>	Yard's comment <i>Werftkommentar</i>	Settled (signed by Owner/ Class) <i>Erledigt (unterschrieben durch Reederei/ Klasse)</i>	
			<i>Owner</i>	<i>Class</i>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Literaturverzeichnis

- 1 Roland, F.: Strategiepapier für den Projektantrag „Blockbau“
- 2 BMBF: Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Bonn, Jan.1996
- 3 Klöckner Moeller GmbH: Power Direction, Wirtschaftliche Energieverteilung
- 4 Kant, R.: BD2-System, Sichere Energieverteilung durch moderne Schienenverteilersysteme, Klöckner Moeller GmbH
- 5 Renné, W., Dahm, R., Friese, A.: Power Direction, Kabel und Schiene im Vergleich, Klöckner Moeller GmbH
- 6 Canalis Schienenverteiler 20A...6300A, Katalog KCAN, Schneider Electric GmbH
- 7 Canalis Schienenverteiler 20A...6300A, Energie sicher und wirtschaftlich verteilen, Schneider Electric GmbH
- 8 Canalis Schienenverteiler 20A...6300A, CD-Dezentrale Energieverteilung, Schneider Electric GmbH
- 9 Siemens Energy & Automation, Inc.: Sentron Busway Systems, Selection and Application Guide
- 10 Siemens AG, Bereich Antriebs-, Schalt- und Installationstechnik, Schienenverteiler mit veränderbaren Abgängen schutzisoliert
- 11 Nobaduct Stromschienen GmbH, Normabarre Schienenverteiler für vertikale Anwendungen von 45 bis 5100A
- 12 MEMPOWER, Busbar Trunking Systems, Katalog, Technische Beschreibung
- 13 IEC 439-2 International Standard, Low voltage switch gear and control gear assemblies, Part 2: Particular requirements for busbar trunking systems, 1987
- 14 ISO 834 International Standard, International Organization for Standardization; Fire resistance tests - Elements of building construction, 1975
- 15 International Maritime Organisation, International Convention for the Safty of life at Sea, Resolution A.754(18); Recommendation an Fire Resistance tests for „A“, „B“ and „F“ Class Devisions, Adoped an 4. November 1993 (Agenda item 11)
- 16 Det Norsk Veritas; Rules for Classification of Ships, Electrical Installations, Vol. 1, part 4, chapter 4, July 1995
- 17 Germanischer Lloyd, Rundschreiben 16/97, Anforderungen an Stromschienensysteme