

## **ZfP in der Schiffsklassifikation Erfahrungen und Anforderungen aus Sicht der Klassifikation und deren Einbindung in die Klassifikations- und Bauvorschriften**

M. Kühnel, U. Pohle  
Germanischer Lloyd, Hamburg

### **Kurzübersicht**

Innovative und vielfältige Schiffskonzepte von Multirumpf-Konstruktionen für schnellen Personentransport bis hin zu ladevolumenoptimierten Mega-Containerschiffen stellen fortwährend eine Herausforderung für die Schiffbauindustrie wie auch für die Klassifikationsgesellschaften dar. Dabei unterliegen moderne Schiffsstrukturen hohen Belastungen aus den vielfältigen Einsatzbedingungen, hohen Reisegeschwindigkeiten und zunehmenden Schiffsabmessungen.

Für die einzusetzenden Werkstoffe und Komponenten sowie für die Verbindungstechnologie ergeben sich darauf abzustimmende Sicherheitsbedürfnisse, die neben den mechanisch-technologischen Aspekten auch Anforderungen an die Ausführungsqualität stellen. Diese Qualitätsmerkmale nachzuweisen bedarf geeigneter Methoden der zerstörungsfreien Prüfung und geeignete Bewertungsmaßstäbe.

Erfahrungen während des Neubaus und des Betriebes des komplexen Gesamtsystems „Schiff“, nicht zuletzt aus Schadensvorkommnissen heraus gewonnen, bilden die Grundlage für die anzuwendenden Klassifikations- und Bauvorschriften.

Der vorliegende Beitrag zeigt die Einbindung der ZfP in den Neubauprozess auf, der sowohl schiffbauliche Strukturen als auch Bauteilabnahmen umfasst. Hierbei stehen sowohl die Prüfung der Schweißverbindungen als auch ZfP-Anwendungen an abnahmepflichtigen Guss- und Schmiedeteilen im Vordergrund.

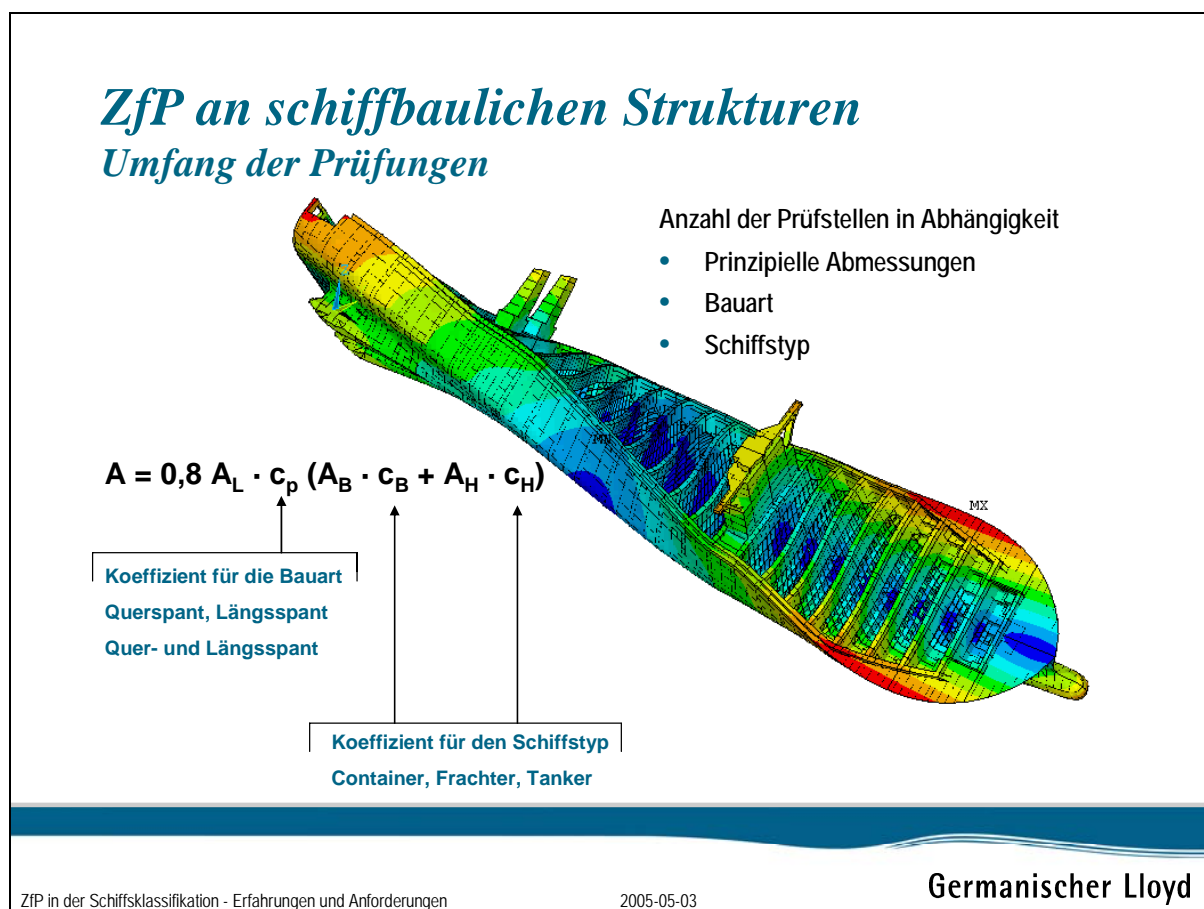
### **Einleitung**

Die Klassifikations- und Bauvorschriften des Germanischen Lloyd bilden ein technisches Regelwerk in dem die Erfordernisse des sicheren Betriebes von Schiffen von der Konstruktionsphase bis zum langfristigen wirtschaftlichen Einsatz aufgezeigt werden. Dabei sind bereits in der Projektierungsphase internationale gesetzliche Grundlagen als auch langjährige Erfahrung in Schiffskonstruktion und –betrieb zu berücksichtigen. Anhand von Zeichnungsprüfungen werden in dieser Phase bereits Detaillösungen erarbeitet, die die späteren Funktionsabläufe an Bord berücksichtigen. Vorschriften zur Werkstoff- und Schweißtechnik spezifizieren mechanisch-technologische Eigenschaften von Werkstoffen und Anforderungen an die allgemeine Beschaffenheit von Bauteilen und deren Vorprodukten. Diese Spezifikationen gelten als Grundlage für die konstruktive Auslegung von Strukturen und Aggregaten des Schiffssystems. Ferner werden detaillierte Prüfanweisungen vorgegeben, die sowohl die Durchführung, die Prüfzoneneinteilung als auch Bewertungsmaßstäbe beinhalten.

### **ZfP an schiffbaulichen Strukturen**

Schiffbauliche Strukturen stellen komplexe, dynamisch hochbelastete Stahlbaukonstruktionen dar, deren Verbindungen durch mannigfaltige Schweißprozesse realisiert werden. Versagen solche Schweißverbindungen im späteren Einsatz führt dies in der Regel zu reparaturbedingten Verzögerungen des Betriebsablaufes, was angesichts derzeitiger Charraten hohe finanzielle Einbußen bedeutet. Dies begründet die Notwendigkeit zur Einbindung aussagekräftiger ZfP-Verfahren bereits in den Fertigungsprozess.

Entscheidend für den anzusetzenden Prüfumfang sind neben den prinzipiellen Abmessungen des Schiffskörpers auch das Konstruktionsprinzip der Schiffsstruktur und der jeweilige Schiffstyp. Betrachtet man die für die Längsfestigkeit des Schiffskörpers bedeutsamen Spantsysteme, so erfordern die Schweißstöße der Längsspanten eine besondere Berücksichtigung bei der Prüfung. Diese Verbindungen werden daher in die Festlegung des notwendigen Prüfumfangs einbezogen. Das bedeutet auch, dass die erforderliche Prüfstellenanzahl bei Längsspantsystemen notwendigerweise über denen von Querspantsystemen liegen wird. Schiffstypenspezifisch unterscheiden sich die Schiffskörper durch variierende Einbauten, die den Prüfumfang ebenfalls beeinflussen. Beispielsweise erfordern Einhüllenstrukturen geringere Prüfumfänge als Doppelwandsysteme, sind allerdings aus Sicherheitsgründen nicht für jeden Schiffstyp einzusetzen. Die genannten, vielfältigen Einflüsse werden in den Bauvorschriften in einer Berechnungsformel zur Ermittlung der Prüfstellenanzahl zusammengefasst (Bild 1).



**Bild 1:** Ermittlung der Prüfstellenanzahl

Die Lage innerhalb der Schiffsstruktur und das resultierende Beanspruchungsniveau definieren die Qualitätsanforderungen an die zu prüfenden Schweißverbindungen. Hochbeanspruchte Bereiche in der oberen und unteren Gurtung des Schiffskörpers innerhalb des Mittschiffsbereichs unterliegen dabei einer hohen Stichprobendichte mit Anforderungen in Anlehnung an die Bewertungsgruppe B nach ISO 5817. Besondere Strukturelemente wie die Ecken der Lukenöffnungen von Containerschiffen sind aufgrund der im Betrieb von Schiffen gewonnenen Erkenntnisse in die Prüfung einbezogen.

Hinsichtlich der aktuellen Entwicklungstendenzen, hin zu immer größeren Schiffsdimensionen, erscheint es zunehmend erforderlich die bestehende Prüftechnik und die Prüfkriterien weiter zu verfeinern. Aktuell werden beispielsweise in der oberen Gurtung des Schiffskörpers und speziell in den Lukenlängssäulen von Großcontainerschiffen zu verschweißende Blechdicken von 78 mm bis 96 mm mit den hohen mechanischen Anforderungen des höherfesten Schiffbaustahls GL-E40 eingesetzt (Bild 2). Der Werkstoff besitzt dabei eine Mindeststreckgrenze von 390 MPa und eine nachgewiesenen Kerbschlagarbeit KV von mindestens 59 J bei -40 °C.

**ZfP an schiffbaulichen Strukturen**  
**Luken-Längssäul**



**Werkstoff: GL- E40**  
**Blechdicke: 78 mm**

**Mechanische Kennwerte**  
Streckgrenze:  
min. 390 MPa  
Kerbschlagarbeit:  
min. 59 J bei -40 °C

ZfP in der Schiffsklassifikation - Erfahrungen und Anforderungen 2005-05-03 Germanischer Lloyd

**Bild 2:** Lukenlängssäul für Großcontainerschiffe

Die Funktionstüchtigkeit dieser bzw. künftig zu erwartender Verbindungen zu beurteilen, bedarf sicherlich einer beanspruchungsorientierten Beanspruchungsanalyse und der Definition von entsprechenden Registriergrenzen. Geboten erscheint zudem der Einsatz von geeigneten mechanisierten Prüfsystemen für die Ultraschallprüfung, die zum einen zur Reduzierung von Prüfzeiten führen können andererseits geeignete Dokumentation von auftretenden Imperfektionen liefern können.

### **ZfP bei der Bauteilabnahme**

Betrachtet man bei ZfP-Anwendungen an schiffbaulichen Konstruktionen vorzugsweise die Verbindungstechnik der Strukturelemente, so wird erwartet, dass die eingesetzten Bauteile und Komponenten bereits grundlegenden Güteanforderungen hinsichtlich der inneren und äußeren Beschaffenheit entsprechen. Das bezieht sich sowohl auf die dem Schiffskörper zugehörigen Bauteile als auch auf Teile maschinenbaulicher Ausrüstungskomponenten.

Die wachsenden Anforderungen an Schiffsbetrieb und Ladevolumen bedingen nicht nur ein Anwachsen der Gesamtdimensionen des Schiffes, sie erfordern auch zunehmende Abmessungen der einzelnen Systembauteile. Zusammen mit der hohen Nachfrage nach Schiffstonnage und globalem Kostendruck erwachsen für die zuliefernden Gießereien und Schmiedebetriebe besondere Herausforderungen im Grenzbereich kapazitiver und technischer Fertigungsmöglichkeiten.

In diesem Spannungsfeld erscheint es notwendig, grundlegende Anforderungen an die Beschaffenheit der Bauteile und deren Abnahmekriterien zu definieren. Dazu werden für ausgewählte Bauteile, wie Ruderschäfte, Propellerwellen, gegossenen Ruderjoche und Ruderhörnern u.a., detaillierte Prüfanweisungen in den Bauvorschriften gegeben. Die Prüfanweisungen legen Prüfzonen und –verfahren sowie die entsprechenden Abnahmegrenzen fest (Bild 3).

## *ZfP bei der Bauteilabnahme*

### *Stahlguss*







Prüfumfang:	gesamte Oberfläche
Visuelle Prüfung:	(0000)
Magnetpulverprüfung:	(0000)
Eindringprüfung:	(0000)
Ultraschallprüfung:	Bereiche gekennzeichnet mit

Gütestufen:	
Visuelle Prüfung:	V1 <span style="margin-left: 100px;">Passfedernut, Schweißnaht konisch oder zylindrisch, restliche Oberfläche V2</span>
Magnetpulverprüfung:	SM1, LM1, AM1 <span style="margin-left: 100px;">Gießsteinname:</span>
Eindringprüfung:	SP1, CP1, LP1, AP1 <span style="margin-left: 100px;">Konisches für Gießstein und Grund, untere und obere Planflächen</span>
Magnetpulverprüfung:	SP2, LM2, AM2 <span style="margin-left: 100px;">Restliche Oberfläche</span>
Eindringprüfung:	SP2, CP2, LP2, AP2 <span style="margin-left: 100px;">Restliche Oberfläche</span>
Ultraschallprüfung:	UV2 <span style="margin-left: 100px;">Für die gekennzeichneten Bereiche, Gießsteinbereiche sind vor dem Bearbeiten der Gießbahnen zu prüfen, restliche Oberfläche UV3</span>

Risse sind unzulässig. Die bearbeiteten Stellen dürfen keine offenen Sandstellen aufweisen. Über ein Belassen, Verschleifen oder Fortigungsschwellen entscheidet der GL.

ZfP in der Schiffsklassifikation - Erfahrungen und Anforderungen

2005-05-03

**Germanischer Lloyd**

**Bild 3:** Prüfzonen und Abnahmekriterien für Stahlgussstücke

### Zusammenfassung

Zerstörungsfreie Prüfungen gehören als Nachweis der Beschaffenheit von geschweißten Bauteilen sowie maschinenbaulichen Anlagenteilen zu den notwendigen und aussagekräftigen Untersuchungen klassifikatorischer Komponenten und Bauteile. Hinsichtlich der unterschiedlichen Anforderungen, die sich aus Betrieb und Konstruktion schiffbaulicher Systeme ergeben, müssen kontinuierlich die Prüfmöglichkeiten und –techniken mit den Sicherheitserfordernissen der betrachteten Bauteile abgeglichen werden. Erfahrungen die in der täglichen Fertigung, auch im Hinblick auf die ökonomischen Randbedingungen, gewonnen werden sowie die Erfahrungen aus dem täglichen Betrieb der Systeme beeinflussen wesentlich die Anforderungen an die Prüfungen und sind daher in den Klassifikations- und Bauvorschriften dargestellt.