

Schiff & Hafen

FACHZEITSCHRIFT FÜR SCHIFFFAHRT, SCHIFFBAU & OFFSHORE-TECHNOLOGIE

VEINLAND

CYBER SECURITY - YOUR RISK - YOUR RESPONSIBILITY

Type-approved according IEC 60945 Ed.4 and IEC 61162-460 Ed.3.

460-Network Monitoring device for generation and presentation of caution, warnings and alerts.

460-Switch for secure and reliable operation in 460-networks.

460-Gateway to connect controlled and uncontrolled networks.



MADE in
GERMANY



IHR **WEGWEISER** DURCH DIE MARITIME BRANCHE!

MUSTER
Archives

**Jetzt
30 Tage
testen!**



Die **Wissensdatenbank**
für **Fachinformationen**
zu Schiffbau, Schifffahrt
und maritime Technik.

www.schiffundhafen.de/fachartikel



Kathrin Lau
Chefredakteurin
kathrin.lau@dvvmedia.com

Perspektiven im Wandel

Die maritimen Akteure navigieren seit Langem durch einen Prozess ständiger Veränderung, und auch das vergangene Jahr macht hier keine Ausnahme. (Nicht oder zu langsam getroffene) Entscheidungen auf politischer und regulatorischer Ebene, geopolitische Herausforderungen und logistische Engpässe zwingen Reeder, Zulieferer, Werften und Hafenbetreiber, operative Abläufe und langfristige Planungen immer wieder neu auszurichten. Dabei spielen Resilienz und die Sicherung von Souveränität und Wettbewerbsfähigkeit eine zunehmend essenzielle Rolle.

Darüber hinaus hat das Scheitern des Net-Zero-Frameworks bei der International Maritime Organization (IMO) im vergangenen Oktober noch einmal verdeutlicht: Der international nötige Zusammenhalt der Branche ist brüchig geworden. Während mit viel Optimismus noch davon ausgegangen werden kann, dass die Verhandlungen in diesem Jahr wieder aufgenommen werden, lässt der Grund bzw. lassen die Staaten, die für die Vertagung verantwortlich sind, auf tiefergehende Ambitionen schließen. Klimaziele und die Energiewende sind Dornen im Auge derer, die weiterhin auf fossile Energieträger und kurzfristige wirtschaftliche Interessen setzen.

Ambitionierte Maßnahmen lassen sich jedoch nur im internationalem Rahmen durchsetzen; die Kritik an individuellen regionalen oder nationalen Lösungen – wie eben auch in der Europäischen Union – war und ist ja durchaus berechtigt. Welche Perspektiven die globale Dekarbonisierung der Schifffahrt – nicht zuletzt auch aus wirtschaftlicher Sicht – eröffnet, muss fortlaufend reflektiert und kommuniziert werden, um Investitionen in emissionsarme Technologien zu fördern und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit in einer sich wandelnden Branche langfristig zu sichern.

Gleichzeitig gibt es auf nationaler Ebene positive Signale. Das Maritime Forschungsprogramm des Bundes wird fortgeführt und finanziell gestärkt. Gefördert werden unter anderem alternative Antriebe, digitale Systeme, maritime Sicherheit sowie nachhaltige Produktions- und Betriebsprozesse. Damit bleibt Forschung ein zentraler Hebel, um technologische Abhängigkeiten zu reduzieren und Innovationsfähigkeit am Standort Deutschland zu sichern.

Resilienz entsteht jedoch nicht allein durch Fördermittel. Entscheidend ist, dass Stakeholder aus Industrie, Wissenschaft und Politik in Deutschland und Europa ihre Aktivitäten enger aufeinander abstimmen. Gemeinsame Standards, koordinierte Investitionen und verlässliche Rahmenbedingungen sind notwendig, um die maritime Wertschöpfungskette stabil, wettbewerbsfähig und langfristig tragfähig auszurichten.

Politische Entscheidungen in Deutschland, Europa und international werden auch 2026 den maritimen Standort prägen. Verzögerungen beim Ausbau erneuerbarer Energien, unklare regulatorische Vorgaben und uneinheitliche internationale Signale erschweren die Planungssicherheit. Investitionen in Infrastruktur, Digitalisierung und Forschung bleiben daher zentrale Voraussetzungen für eine belastbare Entwicklung der Branche.

Branchentreffen wie die Nationale Maritime Konferenz im April in Emden und die SMM im September in Hamburg werden 2026 erneut zentrale Plattformen sein, um Innovationen zu präsentieren, Erfahrungen auszutauschen und Lösungen für bevorstehende Herausforderungen zu diskutieren. Hier werden wir mit unseren Medienprodukten natürlich auch wieder vollumfänglich vertreten sein, um die Bedarfe an kuratierten Fachinformationen und gezielter Sichtbarkeit der Akteure zu decken.

Rückblick und Ausblick gehören untrennbar zusammen. Die Entwicklungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass Stabilität, Fortschritt und nachhaltige Entwicklung nicht selbstverständlich sind, sondern aktiv gestaltet werden müssen. Mit diesem Ansatz wünschen wir allen Leserinnen und Lesern ein gesundes, erfolgreiches und widerstandsfähiges Jahr 2026 – auf See wie an Land.



11



29

Schiffbau & Schiffstechnik

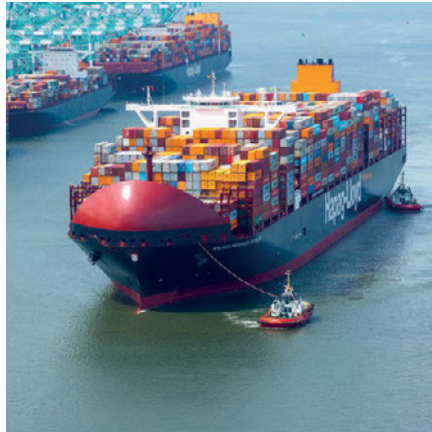
- Design & Konstruktion**
- 10 Containerisierte Flügelsegel für die Handelsschifffahrt
- 11 Schiffsdesigns erhalten grundsätzliche Genehmigungen
- Schiffbaustandort Deutschland**
- 12 Strategische Zeitenwende: Europas Schiffbau zwischen Aufbruch und Abhängigkeit
- Zulieferindustrie**
- 24 Dynamische Auftragsentwicklung schafft Zuversicht

Offshore & Meerestechnik

- Offshore-Windenergie**
- 26 Stockender Ausbau verzögert Investitionen und belastet Lieferketten
- Aus der Industrie**
- 28 Neues Mehrzweck-Unterkunftsschiff ermöglicht emissionsarme Einsätze
- 29 Erster Einsatz von 15-MW-Windenergieanlage
- Maritime Technik**
- 30 Schlüsseltechnologien für heute und morgen

Schifffahrt & Häfen

- Deutsche Seeschifffahrt**
- 34 Gerade jetzt zählt eine starke deutsche Handelsflotte
- Maritim 4.0**
- 36 Automatische Ausweichmanöver mehrerer Fahrzeuge in engen Revieren
- Deutsche Seehafenbetriebe**
- 40 Die Zeitenwende gelingt nur mit leistungsfähigen Seehäfen
- Aus der Industrie**
- 42 Bund fördert innovative Hafenprojekte
- Karriere & Personal**
- 44 Nautische Ausbildung im Wandel



36

Jahreseröffnungs- ausgabe 2026

Die maritimen Fachverbände VSM, VDMA, die Stiftung Offshore-Windenergie, die GMT, der VDR und der ZDS legen in ihren Jahreseröffnungsbeiträgen den Schwerpunkt auf Resilienz, Standortstärkung und operative Sicherheit. In der Januar-Ausgabe von Schiff&Hafen berichten die Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer jeweils, welche Herausforderungen ihre Segmente im vergangenen Jahr besonders geprägt haben und welche Strategien und Maßnahmen sie für die kommenden Monate und Jahre sehen.

Die Jahreseröffnungsbeiträge beginnen auf den Seiten 12, 24, 26, 30, 34 und 40

Standards

- 3 Editorial
- 6 Magazin
- 47 Terminal / Index
- 49 Impressum
- 50 Navigate Digital Regulation

Partner-Foren

- 16 Forschungsvereinigung Schiffbau und Meerestechnik e.V. (FSM)

Dieser Ausgabe von Schiff&Hafen liegt eine Beilage der DVV Media Group GmbH bei.



Zwei neue Mehrzweckschiffe sollen künftig in der deutschen Nord- und Ostsee den Meeresgrund für Seekarten vermessen und Unterwasserhindernisse identifizieren

Quelle: BSH

Bund investiert in neue Spezialschiffe

Flottenmodernisierung | Der Bund hat zwei Neubaufträge zur Modernisierung seiner Spezialflotten vergeben. Zwei Mehrzweckschiffe für das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) werden bei der spanischen Werft Astilleros Gondan gebaut; zwei Lotsenversetzschiffe für die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) entstehen bei der Abeking & Rasmussen Schiffs- und Yachtwerft SE.

Die 70 m langen und 15 m breiten Neubauten für das BSH dienen der Vermessung des Meeresbodens in Nord- und Ostsee, der Aktualisierung von Seekarten und der Identifikation von Un-

terwasserhindernissen. Die Schiffe ersetzen das 1990 gebaute Forschungsschiff „Wega“ und die 1994 in Dienst gestellte „Deneb“. Die Gesamtkosten für beide Mehrzweckschiffe belaufen sich auf rund 270 Mio. Euro.

Die neuen SWATH-Lotsenversetzschiffe für die GDWS sind 25,53 m lang und 14,24 m breit und ersetzen die bisherigen SWATH-Tender „Duhnen“ und „Döse“. Sie sollen Ende 2027 abgeliefert werden. Mit ihrer Bauweise bieten sie ein besonders ruhiges Fahrverhalten und erhöhen die Sicherheit beim Übersetzen von Lotsen.

DSMA neu gegründet

Tiefseebergbau | Die DeepSea Minerals Alliance (DSMA) hat sich nach der Auflösung der bisherigen DeepSea Mining Alliance neu gegründet und sich offiziell ins Vereinsregister eintragen lassen. Mit der DSMA soll es wieder eine zentrale Anlaufstelle für die deutsche, europäische und internationale Wirtschaft und Wissenschaft für Belange eines möglichen Tiefseebergbaus geben, heißt es. Die Neugründung wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V. (VSM) ermöglicht. Die DSMA bündelt in ihrer neuen Organisationsform die industriellen Interessen in Bezug auf die Themen mineralische Rohstoffe aus dem Meer – also dem zukünftigen Abbau von Lagerstätten am Meeresboden in Form unter anderem von Manganknollen, Massivsulfiden oder Kobaltkrusten.



Die erste Vereinbarung umfasst die Montage von Watercat 2000 Patrol-Booten

Foto: Marine Alutech

Watercat-Boote können künftig in Kiel produziert werden

Vereinbarung | Die Watercat-Patrouillen- und Marineboote vom finnischen Unternehmen Marine Alutech können künftig bei der Kieler Schiffswerft Gebr. Friedrich gebaut werden. Möglich wird dies durch die vertiefte strategische Zusammenarbeit zwischen beiden Parteien. Der erste

Schritt umfasst die Montage der Watercat 2000 Patrol-Bootserie, von der bereits sieben Schiffe im Mittelmeer im Einsatz sind und Frontex-Operationen unterstützen. Die Boote werden auf dem MFGS-Gelände in Kiel-Holtenau gebaut, auf das die Werft in diesem Jahr expandiert ist.

Fassmer erweitert Kapazitäten

Stralsund | Die Fassmer Gruppe hat ihre Fertigungskapazitäten erweitert und einen neuen Standort in Stralsund gegründet. Das Unternehmen pachtet dafür laut einer Mitteilung von der Hansestadt Stralsund Hallen und Flächen auf dem Gelände der Volkswerft – darunter auch die große Schiffbauhalle. Ab Anfang 2026 soll dort der Betrieb

mit der Fertigung des neuen Fischereiforschungsschiffes „Walther Herwig“ starten, das im Auftrag der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung entsteht. Der Neubau ersetzt das bisherige Forschungsschiff „Walther Herwig III“. Langfristig plant Fassmer am Standort Stralsund weitere Neubau- und Ausrüstungsprojekte.



Fassmer pachtet von der Hansestadt Stralsund Hallen und Flächen auf dem Gelände der Volkswerft – darunter auch die große Schiffbauhalle

Foto: Hansestadt Stralsund

Erste NVL-Korvette für Bulgarien

MMPV | Die deutsche Werftengruppe NVL hat die erste von zwei neuen Korvetten für die bulgarische Marine abgeliefert. Die Schiffe sind Teil des Multipurpose Modular Patrol Vessel (MMPV)-Projekts – dem derzeit größten Neubauvorhaben der Seestreitkräfte Bulgariens. Die rund 90 m langen Korvetten basieren auf einem bewährten NVL-Entwurf und verfügen über ein integriertes Gefechtsführungssystem. Mit einer Verdrängung von mehr

als 2300 t sind sie für NATO- und EU-Bündnismissionen ausgelegt. Die Schiffe sollen der bulgarischen Marine helfen, Bedrohungen aus der Luft und von Land sowie über und unter Wasser effektiv abzuwehren. Die zweite Korvette befindet sich in einem erweiterten Fertigungsstadium und liegt im Zeitplan, so NVL. Für den Bau der beiden Einheiten ist die bulgarische Werft MTG Dolphin in Varna verantwortlich.



Die 90 m langen Korvetten sollen Bedrohungen aus der Luft und von Land sowie über und unter Wasser abwehren
Foto: NVL



Die „Stena Futura“ ist 147 m lang und 26 m breit

Foto: Stena Line

„Stena Futura“ in Belfast getauft

NewMax | Die schwedische Reederei Stena Line hat die Hybridfähre „Stena Futura“ im Hafen von Belfast getauft. Der 147 m lange und 26 m breite Neubau ist das erste von zwei Next-Generation-„NewMax“-Schiffen, die speziell für die stark frequentierte Route Belfast–Heysham gebaut wurden. Das Schiff ist methanol-ready und verfügt über ein hybrides Antriebssystem mit Batterie- und Landstromfähigkeit. Diese

Technologien sollen Stena Line dabei unterstützen, die CO₂-Emissionen bis 2030 um 30 Prozent zu senken. Dem Stena-Line-CEO Niclas Mårtensson zufolge stellen die „Stena Futura“ und das Schwesterschiff „Stena Connecta“, das Anfang 2026 in Betrieb gehen soll, eine Investition von über 100 Mio. Britischen Pfund in das Irish-Sea-Netz dar. Die beiden Neubauten sollen die Kapazität auf der Strecke um 40 Prozent steigern.

FRS Windcat baut Kapazitäten aus

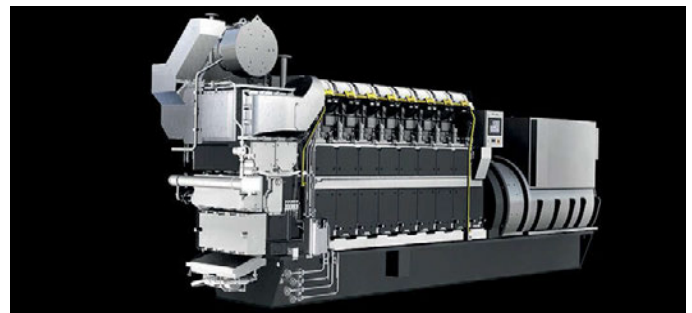
MK5-Serie | Der deutsche Crew Transfer Vessel (CTV)-Betreiber FRS Windcat Offshore Logistics GmbH (FWOL) hat die Erweiterung seiner Flotte bekannt gegeben. Mit der kürzlich abgelieferten „Windcat 61“ und ihrem Schwesterschiff „Windcat 62“, das Mitte Dezember folgte, baut das Joint Venture der Flensburger FRS Offshore GmbH & Co. KG und Windcat

Workboats BV seine Kapazitäten im CTV-Segment aus. Im Jahr 2026 werden zudem die Neubauten „Windcat 64“ und „Windcat 65“ die Flotte verstärken.

Die vier CTVs gehören zur neuen MK5-Serie, die die Stärken der MK3.5-Version mit den Vorteilen des größeren MK4-Typs kombiniert, erklärt FWOL. Das neue Design verbessert die Transferfähigkeiten, modernisiert das Layout und steigert die Gesamteffizienz, heißt es. Die Schiffe bieten jeweils Platz für 24 Passagiere sowie drei Crewmitglieder und erreichen eine Service-Geschwindigkeit von mehr als 25 kn. Mit einer Länge von 27,4 m und einem durchgängigen Arbeitsdeck im Vorschiffsbereich erhöht die MK5-Klasse Komfort und Funktionalität an Bord, so FWOL.



Die FRS Windcat Offshore Logistics GmbH erweitert ihre CTV-Flotte um vier Neubauten
Foto: FWOL



Der Everllence 21/31DF-M Motor

Foto: Everllence

Everllence demonstriert erfolgreichen Ethanolbetrieb eines Viertaktmotors

Kraftstoffflexibilität | Der Motorenhersteller Everllence hat den erfolgreichen Betrieb des 21/31 Dual-Fuel-Motors mit Ethanol – unter allen Lastbedingungen – in der Testanlage im dänischen Frederikshavn bestätigt. Damit erweitert das Unternehmen seine 21/31-Plattform um einen weiteren alternativen Kraftstoff und unterstreicht die Kraft-

stoffflexibilität der Baureihe. Everllence verfügt eigenen Angaben zufolge über mehr als ein Jahrzehnt Erfahrung im Bereich alternativer Kraftstoffe. 2016 nahm das Unternehmen den ersten kommerziellen methanolbetriebenen Zweitaktmotor in Betrieb; 2024 folgte mit dem 21/31DF-M das erste methanolbetriebene GenSet mit kleinem Hubraum.

Baubeginn für 100-MW-Elektrolyseur



Vertreter aus Politik und von den Projektpartnern legten gemeinsam den Grundstein für das Hamburg Green Hydrogen Hub Foto: HGHH

Hamburg Green Hydrogen Hub | In Hamburg hat der Bau eines 100-MW-Elektrolyseurs am Standort des ehemaligen Kraftwerks Moorburg begonnen. Dr. Peter Tschentscher, Erster Bürgermeister der Freien und Han-

sestadt Hamburg, legte gemeinsam mit Vertretern aus Politik und von den Projektpartnern Luxcara und Hamburger Energiewerke den offiziellen Grundstein für das Hamburg Green Hydrogen Hub (HGHH). Der

kommerzielle Betriebsstart ist für die zweite Jahreshälfte 2027 mit einer jährlichen Produktion von rund 10 000 t grünem Wasserstoff angesetzt. Damit soll ein wesentlicher Beitrag zur Dekarbonisierung des Hamburger Hafens und der Industrie geleistet werden, heißt es. Das Projekt hatte im Sommer des Vorjahres den Förderbescheid von Bund und Land erhalten. Seitdem wurden die wesentlichen Bauverträge abgeschlossen. Parallel wurden die Rückbauarbeiten des ehemaligen Kraftwerks Moorburg fortgesetzt, um Platz für den Elektrolyseur und die Anbindung an das Wasserstoffnetz zu schaffen. Im Sommer dieses Jahres hatte das HGHH-Projekt ein Teilbaufeld übernommen und mit ersten vorbereitenden Baumaßnahmen begonnen.

Bund fördert strombasierte Kraftstoffe

Technologieplattform | Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat vom Bundesverkehrsministerium 157 Mio. Euro für den Betrieb der Technologieplattform Power-to-Liquid-Kraftstoffe (TPP) erhalten. Mit der TPP baut das DLR eigenen Angaben zufolge derzeit in Leuna, Sachsen-Anhalt, die weltweit größte Forschungsanlage für strombasierte Kraftstoffe auf. Die Plattform soll Technologien und Verfahren für die industrielle Produktion von Power-to-Liquid-Kraftstoffen optimieren. Das DLR wurde 2023 ausgewählt, um die Anlage zu planen. Hierfür stellte das Bundesministerium bereits 5,48 Mio. Euro bereit. Im Jahr 2024 folgten 130 Mio. Euro für den Aufbau der TPP.

Optimiertes Ballastwassermanagement

PureBallast 3 Ultra | Das schwedische Unternehmen Alfa Laval hat seinen neuen PureBallast 3 Ultra-Reaktor vorgestellt, der das Ballastwassermanagement an Bord vereinfachen und effizienter gestalten soll. Der Reaktor bietet mehrere Designoptimierungen, die den Anforderungen von Werften nach schnellerer und unkomplizierterer Installation entsprechen, so Alfa La-

val. Das ultrakompakte Design soll den Platzbedarf erheblich reduzieren und gleichzeitig eine flexible Platzierung an Bord ermöglichen. Optimierte Systemintegration und ein minimierter Rohrleitungsbedarf vereinfachen dem Hersteller zufolge die Installation, senken die Gesamtkomplexität und reduzieren die Installationskosten. Zudem verfügt das System über eine integrierte Cleaning-In-Place-Funktion (CIP), die den Wartungsaufwand minimiert und Betriebsausfallzeiten reduziert. Mithilfe der Konnektivität können alle PureBallast 3 Ultra-Systeme aus der Ferne überwacht werden, was einen optimierten Service-Support ermöglicht. Der PureBallast 3 Ultra-Reaktor befindet sich bereits in der Serienproduktion im chinesischen Werk in Qingdao.



Der PureBallast 3 Ultra-Reaktor auf der Marintec in Shanghai Foto: Alfa Laval



Blue Whale NxtGen richtet sich an Schiffsanwendungen mit hohen Anforderungen an Energiegehalt und -dichte Foto: Corvus Energy

Batteriesystem unterstützt energieintensive Schiffsanwendungen

Blue Whale NxtGen | Der norwegische Hersteller von Batteriesystemen, Corvus Energy, hat das neue Energiespeichersystem Blue Whale NxtGen auf den Markt gebracht. Es erweitert die NxtGen-Batteriefamilie und richtet sich an Schiffsanwendungen mit besonders hohen Anforderungen an Energiegehalt und Energiedichte, so das Unternehmen. Kernstück der Entwicklung sei die vollständig integrierte NxtGen-Architektur

von Corvus, die modulares Design, Kosteneffizienz sowie ein fortschrittliches Batteriemanagementsystem und Datenanalysen vereine. Blue Whale NxtGen soll Reedereien dabei unterstützen, Emissionen zu reduzieren, Betriebsabläufe zu optimieren und ESG-Ziele zu erreichen. Zum Einsatz kommen kobaltfreie LFP-Zellen, die eine Lebensdauer von bis zu 15 Jahren ermöglichen und damit Investitions- und Wartungskosten senken.

Maritime Verbindungen – zuverlässig auf jedem Kurs!

Aqua Marinex - Universalkabel-Serie:
Robuste, aramidverstärkte und querwasserdichte
Spezialkabel-Lösungen für maritime Einsätze.

- Große Produktvielfalt von Kabel- und Anschlusschnik für vollvernetzte Installationskonzepte
- Klassifizierte Kabel-Meterware gem. EU-BauPVO
- Anschlussfertige Medien-/Netzwerk-/Fiberoptiksysteme für Mobil- und Einbauanwendungen

Querwasserdicht, halogenfrei,
UV- und mikrobebeständig
Salz- und süßwasserbeständiger Außenmantel

MUSTER

AQUA MARINEX

 -40°C



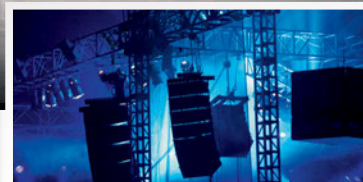
Installation



Broadcast Solutions



Medical Technology



Event Technology



**INSTALLATIONS-KATALOG
GRATIS ANFORDERN!**



SOMMER CABLE mit Sitz in Straubenhardt (Deutschland) wurde 1999 gegründet und gehört heute zu den führenden Anbietern professioneller, qualitativ hochwertiger Kabel- und Anschlusschnik mit Fokus auf die Bereiche Audio, Video, Broadcast, Studio- und Medientechnik. Das Angebot inklusive der Hausmarken HICON, CARDINAL DVM und SYSBOXX umfasst Kabel-Meterware, Steckverbinder, Anschlusskabel, individuell anpassbare Verteilsysteme sowie Elektronikkomponenten.

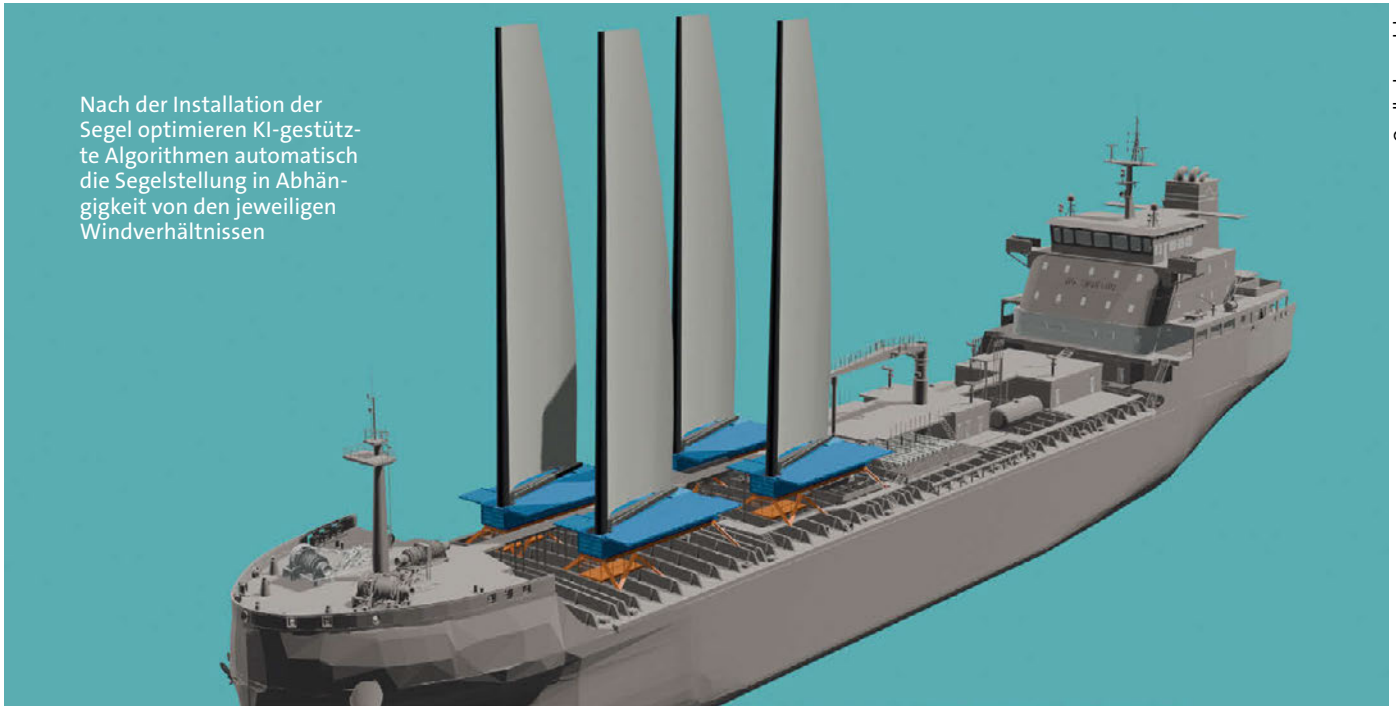
Rund um die Uhr steht ein B2B-Shop mit über 25.000 Produkten zur Verfügung.

SOMMER CABLE
AUDIO ■ VIDEO ■ BROADCAST ■ MULTIMEDIA ■ HIFI



www.sommercable.com • info@sommercable.com

Nach der Installation der Segel optimieren KI-gestützte Algorithmen automatisch die Segelstellung in Abhängigkeit von den jeweiligen Windverhältnissen



Quelle: lomarlabs

Containerisierte Flügelsegel für die Handelsschifffahrt

WINDZUSATZANTRIEB | Die von der Reederei Lomar Shipping gegründete Innovationsplattform lomarlabs hat eine Kooperation mit dem Windzusatzantriebshersteller Advanced Wing Systems angekündigt, um den Einsatz von Segeltechnologie in der Handelsschifffahrt weiter voranzutreiben.

Ziel der Partnerschaft ist den Angaben zufolge die beschleunigte Weiterentwicklung eines containerisierten, automatisierten und wirtschaftlich tragfähigen Windantriebssystems, das ohne Eingriffe in die Schiffsstruktur auskommt.

Advanced Wing Systems gilt als Pionier semi-rigider Wing-Sails, die die aerodynamischen Vorteile starrer Flügelsegel bieten, jedoch mit geringeren betrieblichen Einschränkungen einhergehen, so das Unternehmen. Die Technologie wurde bereits auf verschiedenen Yachten verbaut und kam auch in Kampagnen des America's Cup zum Einsatz. Nun soll sie mit Unterstützung von lomarlabs und Lomar für die Handelsschifffahrt skaliert und für den kommerziellen Betrieb adaptiert werden.

Im Unterschied zu konventionellen Windassistenzsystemen, die oftmals umfangreiche Umbauten und einen Werftaufenthalt erfordern, verfolgt Advanced Wing Systems einen containerisierten Ansatz. Die Flügelsegel werden in einem standardisierten 40-Fuß-Container transportiert, aus dem sie an Bord ausgebracht werden können. Nach der Installation optimieren KI-gestützte Algorithmen automatisch die Segelstellung in Abhängigkeit von den jeweiligen Windverhältnissen. Bei Nichtgebrauch lassen sich die Segel einklappen, sodass weder Hafenmanöver noch Lade- und Löschoptionen beeinträchtigt werden.

Diese Modularität ermögliche es Reedereien, Windantriebssysteme ohne permanente bauliche Veränderungen und ohne Kapi-

talbindung zu erproben. Die Anlagen können für einzelne Reisen oder Charterperioden geleast und nach Einsatzende wieder abgegeben werden. Mehrere Einheiten lassen sich bei Bedarf auf einem Schiff kombinieren, sodass eine bedarfsgerechte Skalierung möglich wird.

Durch die Kooperation erhält Advanced Wing Systems Zugang zu den technischen, regulatorischen und betriebswirtschaftlichen Kompetenzen von lomarlabs, einschließlich der Validierung von Geschäftsmodellen und der Entwicklung marktfähiger Einsatzkonzepte. Zudem kann das Unternehmen seine Technologie unter realen Bedingungen an Bord von Schiffen der Lomar-Flotte testen. Beide Partner sehen darin einen wichtigen Schritt, um die Lösung vom Konzeptstadium in die kommerzielle Anwendung zu überführen.

Laut Mitgründer und CEO von Advanced Wing Systems, Greg Johnston, ermögliche die Containerisierung einen grundlegenden Wandel für den Windantrieb. Sie erlaube es Reedereien erstmals, die Technologie ohne Ausfallzeiten, ohne Kapitalrisiko und ohne operative Einschränkungen zu erproben, wodurch sich Windtechnik den Anforderungen des kommerziellen Schifffahrtsbetriebs anpassen könne.

Stylios Papageorgiou, Managing Director von lomarlabs, ergänzt, dass sein Unternehmen Gründer dabei unterstütze, ambitionierte Ideen in skalierbare Lösungen zu überführen. Da es keine globale CO₂-Bepreisung gebe, müssten Effizienztechnologien sich aus den dadurch erzielten Kraftstoffeinsparungen amortisieren. Advanced Wing Systems erfülle aus seiner Sicht genau diese Anforderungen, da die Lösung praktisch, modular und wirtschaftlich realisierbar sei und zeige, dass Dekarbonisierung mit den betrieblichen Anforderungen von Reedereien und Charterern vereinbar sei.



Das AiP für das FPSO-Design bestätigt die Machbarkeit eines robusten Rumpfs mit guter Ermüdungsbeständigkeit, der für den Einsatz an mehreren Feldstandorten optimiert ist

Schiffsdesigns erhalten grundsätzliche Genehmigungen

AiP | Mehrere Schiffs- und Offshoredesigns des finnischen Unternehmens Deltamarin haben auf der Marintec Anfang Dezember grundsätzliche Genehmigungen (Approval in Principle - AiP) erhalten.

Im Rahmen der Messe erhielten die China Merchants Group-Tochter Deltamarin und China Merchants Heavy Industry von der Klassifikationsgesellschaft ABS ein AiP für ein flexibles FPSO-Design (Floating Production Storage and Offloading), das für den Einsatz in unterschiedlichen Offshore-Feldern, u.a. in Tiefwassergebieten vor der westafrikanischen Küste vorgesehen ist. Das Design weist eine Länge von rund 285 m, eine Speicherkapazität von 1,5 Mio. Barrel sowie eine Topsides-Kapazität von 25 000 t auf.

Mithilfe parametrischer Modellierung wurden zudem Varianten mit Rumpfkapazitäten von einer und zwei Mio. Barrel entwickelt.

Diese ermöglichen eine Anpassung an unterschiedliche Produktions- und Verladeanforderungen am jeweiligen Einsatzort. Der bargeförmige Rumpf mit Doppelboden verfügt über eine fünf-mal-drei-Tankkonfiguration, ein Spread-Mooring-System mit vier mal vier Ankerleinen und ist für eine Lebensdauer von 30 Jahren konzipiert. Abhängig von den Standortbedingungen kann das Strukturdesign weiter angepasst werden, etwa zur Reduzierung des Stahlgewichts und damit der Investitionskosten.

Darüber hinaus erhielt Deltamarin fünf weitere AiPs von DNV und Lloyd's Register für verschiedene nachhaltige Schiffskonzepte. Dazu zählen ein LNG-Bunkerschiff mit einer Kapazität von 20 000 m³, ein hybrider, windunterstützter 9500-m³-Ethylen-Carrier, ein 6200-dwt-Chemietanker aus Duplex-Edelstahl, ein 103 000-m³-Very-Large-Ethane-Carrier sowie ein 8000-TEU methanolfähiges Containerschiff.



LÖSUNGEN FÜR DIE HAFENWIRTSCHAFT.

dbh

dbh bietet ein großes Portfolio an Software-Lösungen im Hafenbereich an: für Binnen- und Seehäfen, für Verlader, Reedereien und Industrieunternehmen.

Haben wir Ihr Interesse geweckt?
Nehmen Sie direkt Kontakt mit uns auf!



Strategische Zeitenwende: Europas Schiffbau zwischen Aufbruch und Abhängigkeit

VSM Das Jahr 2025 war für den weltweiten Schiffbau ein Jahr der Widersprüche: volle Auftragsbücher, weiterhin hohe, wenn auch im Vergleich zum Vorjahr etwas schwächere Nachfrage – und zugleich wachsende Unsicherheit über Märkte, Lieferketten und geopolitische Stabilität. Für die europäische Schiffbauindustrie war es insgesamt ein erfolgreiches Jahr. Dennoch steht sie vor der vielleicht größten strategischen Bewährungsprobe seit Jahrzehnten.

Dr. Reinhard Lüken

Während sich die globalen Auftragsvolumina auf hohem Niveau fortsetzen, schreitet auch die strukturelle Machtverschiebung im Weltschiffbau fort. China setzt seine industriepolitischen Ziele mit beispielloser Konsequenz um und dominiert inzwischen fast alle Serienmärkte. Die europäische Schiffbauindustrie behauptet sich mit komplexen Produkten – durch Innovation, Qualität und mit effizienten, nachhaltigen Technologien. Die Unternehmen agieren dabei in einem Umfeld, das immer stärker von staatlichen Eingriffen, Marktbeschränkungen, Zöllen, Subventionen, verzerrten Märkten und insgesamt geopolitischer Unsicherheit geprägt ist.

Technologische Stärke allein reicht nicht mehr

Europa bleibt in den anspruchsvollsten Segmenten Kreuzfahrtschiffe, Großyachten, Spezialschiffe, Behördenschiffe und Marineeinheiten erstklassig. Doch der Druck wächst. Während chinesische Werften Schiffe zu Konditionen anbieten, die fern jeder wirtschaftlichen Vernunft zu liegen scheinen, kämpfen europäische Unternehmen mit steigenden Kosten, immer komplexeren Regularien und einem angespannten Arbeitsmarkt.

Die Modernisierung der Weltflotte bleibt ein zentraler Wachstumstreiber. Bis 2050 muss ein Großteil der globalen Flotte ersetzt oder neu gebaut werden, um eine klimaneutrale Schifffahrt zu gestalten. Das eröffnet Chancen nicht nur bei Großschiffen, die heute nahezu vollständig in Asien entstehen. In Europa erfüllen fast 10 000 seegängige Schiffe rein innereuropäische Dienste; hinzu kommen über 15 000 Binnenschiffe – ein riesiger Markt, den Europa in Richtung Sicherheit, maximale Effizienz und Nachhaltigkeit und durch eigene Wertschöpfung gestalten kann.

Die im Oktober gescheiterte Abstimmung in der IMO zum Net-Zero-Framework (NZF) war ein schwerer Rückschlag für alle Unternehmen, die bereits viel Geld in die Realisierung der maritimen Energiewende investiert haben. Ob es bei einer Verschiebung um ein Jahr bleibt, wie weiterhin einige hoffen, oder damit das Nichtzustandekommen des NZF bereits weitgehend besiegelt ist, bleibt abzuwarten.

Die Vorgänge in London waren ein weiteres Zeichen einer Welt im Umbruch. Unverhohlene Drohungen auch ganz per-

Foto: VSM



»Lange galt Schiffbaupolitik als rein wirtschaftspolitisches Thema. Doch in Wahrheit ist sie auch ein sicherheitspolitisches.«

Dr. Reinhard Lüken

sönlicher Natur waren jedenfalls bisher nicht Teil der diplomatischen Gepflogenheiten um das maritime Völkerrecht.

Europa muss jetzt endlich die Stärke und Souveränität beweisen, die notwendig sind, um die eigenen Überzeugungen und Ziele zu erreichen. Fossile Energien sind endlich und teuer, wenn externalisierte Kosten berücksichtigt werden. Die Energiewende bleibt damit der Schlüssel für künftigen Erfolg. Und es bleibt die vielfach geteilte Erkenntnis, dass mangelnder Klimaschutz deutlich höhere Kosten nach sich zieht.

Die Europäische Union wird darum ihren klimapolitischen Kurs fortsetzen und zentrale Elemente für die maritime Wirtschaft, wie den Emissionshandel oder FuelEU Maritime, fort-

setzen. Wie sich dieser Kurs im Wettbewerb behaupten kann, wenn das globale Umfeld andere Wege geht, wird sich zeigen müssen. Instrumente wie der Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) jedenfalls haben sich bisher als untauglich erwiesen, zumindest für die stahlverarbeitende Industrie.

Strategische Blindstellen – und was sie kosten

Immer öfter gerät die EU unter Druck und muss auf globale Entwicklungen reagieren, statt wie es lange ihr Anspruch war, frühzeitig künftige Anforderungen zu erkennen und zu gestalten. Ein besonders eklatantes Beispiel ist die Rohstoffpolitik.

Das Handelsblatt überschrieb kürzlich einen Artikel hierzu mit „Alarmstufe Rot bei Seltenen Erden“. Die Erkenntnis kommt mindestens 15 Jahre zu spät. Schon 2010 verhängte China einen Exportstopp für Seltene Erden gegen Japan – als Reaktion auf einen Zwischenfall vor den Senkaku-Inseln. Japan reagierte entschlossen, diversifizierte seine Bezugsquellen, investierte in Forschung und Recycling und konnte so seine Abhängigkeit von China auf diesem Feld zumindest ein signifikantes Stück reduzieren. Europa blieb weitgehend untätig.

Diese strukturelle Trägheit zieht sich bis heute durch. Weder Industrie noch Politik haben nennenswerte Absicherungsmaßnahmen ergriffen, und scheinen aufeinander zu warten: Die Industrie sah keine Handlungsnotwendigkeit, weil Vorschriften dies nicht einfordern; der Staat sah keine Handlungsnotwendigkeit, weil diese Fragen im Markt geregelt werden.

Inzwischen hat die Rohstofflage dramatische Auswirkungen. China, Quasi-Monopolist bei einigen der besonders kritischen Elemente, erpresst die Herausgabe detaillierter Verwendungsnachweise als Lieferbedingung. Die Hoffnung, solche Forderungen seien nur vorübergehenden Handelsspannungen geschuldet, erteilte Robert Friedland, der ikonische Bergbauunternehmer aus Kanada, im Oktober auf dem Global Security and Innovation Summit in Hamburg eine brutale Absage: „Bury your optimism! You need to have the sense of being at war.“ China nutze seine Position. Die USA hätten das verstanden und würden entsprechend agieren. Nur Europa schlafe weiter und hoffe auf Rettung von außen, die nicht kommen werde.

Selbst die massiven Kosten und Risiken, die sich aus den Lieferkettenstörungen der Pandemiezeit ergaben, scheinen keinen größeren Nachhall gefunden zu haben.

Stattdessen streiten wir über Stadtbildinterpretationen und um Haltelinien im Rentenpaket – Symptome für ein eklatantes Defizit an Strategiekompetenz.

Relevanz für Schiffbau und Meerestechnik

Genau dieses Defizit erscheint ursächlich für die Entwicklung der maritimen Wirtschaft in den zurückliegenden Jahren. Bereits in den 1960er Jahren führten globale Marktverzerrungen im Schiffbau zur Gründung einer entsprechenden Sektion bei der OECD. Allerdings ist es weder den internationalen Organisationen gelungen, wirksame globale Handelsregeln zu etablieren noch fand Europa Antworten auf die teils massiven Marktverzerrungen. Schlimmer noch: Europa verlor die strategische Bedeutung der maritimen Industrie aus dem Blick.

In der maritimen Wirtschaft geht es um weit mehr, als Güter von A nach B zu transportieren. Unsere Ozeane bedecken 71 Prozent unseres Planeten. Sie sind Quelle für Rohstoffe, Energie und Lebensmittel. Sie sind ein zentraler Klimafaktor und beherbergen eine einzigartige Biodiversität. Technik auf

und unter dem Meer leistet entscheidende Beiträge für Deutschlands Souveränität und Sicherheit. Doch die Nutzung der Meere setzt leistungsstarke, sichere und effiziente Hardware voraus, die unter extremen Bedingungen verlässlich funktioniert. Nur wenige Länder beherrschen dies so gut wie Deutschland. Nicht nur bei den Endprodukten, den Schiffen, besetzen deutsche Hersteller technologische Spitzenpositionen. Wenn es um besonders zuverlässige und leistungsfähige Systeme geht, vertrauen Kunden weltweit auf maritime Technik „Made in Germany“. Unser industrieller Mittelstand setzt auf Klasse statt auf Masse, denn unsere Standortbedingungen erlauben einen Wettbewerb in den massiv verzerrten Volumenmärkten oftmals nicht. Was betriebswirtschaftlich klug und zukunftssichernd scheint, kann volkswirtschaftlich fatale Folgen haben: Geringe Investitionen und niedrige Wachstumsimpulse führen langfristig zu einem Verlust von Marktanteilen und kritischer industrieller Masse.

Was wir beim Schiffbau erleben, ist im Grunde dasselbe wie bei den Seltenen Erden: der Aufbau von Überkapazitäten, volatile Märkte, ruinöser Preiswettbewerb – und dadurch fehlende Investitionssicherheit. Letzterer wurde in China nicht nur politisch gewährleistet, sondern auch materiell ermöglicht. Inzwischen erzielen chinesische Hersteller über Skaleneffekte erhebliche Kostenvorteile, die weltweit den Verdrängungswettbewerb antreiben.

Schiffbau ist Sicherheitspolitik

Lange galt Schiffbaupolitik als rein wirtschaftspolitisches Thema. Doch in Wahrheit ist sie auch ein sicherheitspolitisches. Dies merken insbesondere die Vereinigten Staaten. Seit Jahrzehnten spielt die zivile Schiffbauindustrie in den USA auf den Weltmärkten keine Rolle. Zivile Schiffe entstehen in geringen Stückzahlen ausschließlich für den vollständig vom Weltmarkt abgeschotteten Heimatmarkt.

Das zivile Produktionsvolumen in den USA zwischen 2020 und 2024 betrug gerade einmal 272 000 GT. In Deutschland lag der Wert bei knapp 1,6 Mio. GT und in der EU bei 7,8 Mio. GT. China produzierte fast das 20-fache der EU bzw. mehr als 500 mal das Volumen der USA. Für ein Land, das sich als Naval Power versteht, sind dies hochgradig alarmierende Zahlen. Auch wenn kommerzielle Tonnage-Outputdaten in GT Schiffbaukompetenzen nur sehr unzureichend beschreiben, zeigen sie doch Größenordnungen des jeweiligen maritimen Industrieökosystems. In den USA zeigen sich erhebliche Defizite, beginnend in den Ausbildungsstrukturen, die sich über die gesamte Wertschöpfungskette erstrecken. Bemerkenswert ist die Einvernehmlichkeit über die politischen Lager hinweg, mit der die Erkenntnis und Bereitschaft, ein substanzielles Revitalisierungsprogramm in den Weg zu leiten, geteilt wird. Der SHIPS for America Act, der bereits während der Biden Administration erstmals eingebracht wurde, liegt dem Kongress auch in der neuen Legislaturperiode erneut vor. Auch der One Big Beautiful Bill Act trägt diesem Ansinnen Rechnung, werden darin doch Mittel in Höhe von 34 Mrd. US-Dollar für die Schiffbauindustrie bereitgestellt. In den Handelsabkommen der USA mit Südkorea und Japan verpflichten sich beide Länder, hohe Investitionen in den amerikanischen Schiffbau zu tätigen. Im Fall Südkoreas wurden diese mit einem Volumen von sagenhaften 150 Mrd. US-Dollar zugesagt. Erste Maßnahmen befinden sich bereits in der Umsetzung. Wie konzentriert und konzentriert die Ziele weiterverfolgt werden, bleibt jedoch abzuwarten, ➤



Deutsche und europäische Werften bleiben in den anspruchsvollen Schiffbausegmenten erstklassig. Ein Beispiel dafür ist die 210 m lange und 29,3 m breite 11 970 dwt-RoRo-Fähre „Searoad I“, die im November bei der FSG Shipyard in Flensburg vom Stapel gelaufen ist. Foto: FSG Shipyard

denn zahlreiche der angekündigten Maßnahmen scheinen festzustecken. So ist unter anderem der Maritime Action Plan, der per Executive Order am 9. April innerhalb von 210 Tagen vorzulegen war, seit dem 5. November überfällig.

Richtig ist jedoch, und das gilt für Deutschland ebenso wie überall sonst, eine innovative, effiziente maritime Industrie braucht beide Seiten der Medaille: zivile Märkte für Innovation und Skalierung – und militärische Beschaffung für technologische Tiefe und Resilienz.

Deshalb bleibt es auch für Deutschland und Europa unabdingbar, Investitionen in die Schiffbauindustrie zu stärken und gemeinsam mit der Industrie solides Wachstum voranzutreiben. Die Bedarfe sind gewaltig sowohl bei unseren Stammkunden in den High-End-Märkten als auch in der Handelsschifffahrt sowie dem Offshore-Segment insgesamt. Und dass wir unsere Seestreitkräfte in erheblichem Umfang stärken müssen, bedarf angesichts der massiv verschärften Bedrohungslage keiner Erklärungen. Unser vorhandenes Fähigkeitsprofil in der Industrie ebenso wie in Forschung und Lehre bildet einen guten Ausgangspunkt, der es uns ermöglicht, den Ausbau der deutschen Schiffbauindustrie im Vergleich zu den USA mit deutlich geringerem Mitteleinsatz anzupacken. Der Handlungsdruck ist hier wie dort gleichermaßen hoch.

Auch hierzulande kämpfen wir mit komplexen Beschaffungsprozessen und teilweise erheblichen Verzögerungen in den Bauprojekten für die Deutsche Marine. Geschwindigkeit

muss jetzt das Maß aller Dinge werden und das kann nur gelingen, wenn miteinander, nicht gegeneinander gearbeitet wird. Wenn der Fokus auf Problemlösung statt Problembeschreibung liegt. Der Wille dazu ist auf allen Seiten vorhanden. Was manchmal zu fehlen scheint, ist der Mut, von etablierten Mustern abzuweichen.

Mit Spannung blicken wir darum auf ein wichtiges, möglicherweise entscheidendes Jahr für die Zukunft der Schiffbauindustrie in Deutschland und ganz Europa.

Die Europäische Kommission hat für Mitte Februar die Europäische Maritime Industrie Strategie angekündigt. Für Deutschland wird der Deutsche Bundestag noch vor der Nationalen Maritimen Konferenz (NMK) Ende April die Anforderungen an einen starken maritimen Standort Deutschland debattieren. Der Anspruch für die NMK muss dann sein, nicht nur Plattform für einen konstruktiven Austausch anzubieten, sondern auch mit konkreten Ergebnissen unsere maritime Zukunft auf Erfolgskurs zu bringen.

Den Auftakt dazu werden wir im VSM mit unserem Parlamentarischen Abend am 28. Januar vorlegen. Für uns als Verband gilt für das vergangene wie das kommende Jahr: All Hands on Deck und konsequent auf Kurs zu bleiben.

Der Autor

Dr. Reinhard Lüken, Hauptgeschäftsführer, Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V. (VSM), Hamburg



Energy Transition Outlook 2025

MARITIME FORECAST TO 2050

Detaillierter Blick auf den Weg zur
klimafreundlichen Schifffahrt

MUSTER



Die nächste Phase auf der Route zur Dekarbonisierung

Das Net-Zero-Framework der IMO gibt den Weg in Richtung Dekarbonisierung der Schifffahrt vor und erhöht damit die Anforderungen. DNVs neuer *Maritime Forecast to 2050* Report untersucht wichtige und erforderliche regulatorische Änderungen, Compliance-Optionen und emissionsarme Treibstoffoptionen, um die Ziele für 2030 und darüber hinaus zu erreichen. Bleiben Sie informiert.



Laden Sie jetzt Ihr kostenloses Exemplar herunter.

dnv.com/maritime-forecast

Strukturelle Stahlklebungen: Aufgeklebte Profile zur Versteifung großflächiger Bauteile in maritimen Strukturen

KLEBPROFI Im FSM-Projekt KlebProfi haben das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen und das Karlsruher Institut für Technologie - KIT Stahl- und Leichtbau eine Methode zur Applikation geklebter Steifenprofile auf flächigen Bauteilen maritimer Strukturen entwickelt und validiert. Durch den gezielten Einsatz der Klebtechnik können negative Folgen der konventionellen schweißtechnischen Fertigung reduziert und der Fertigungsablauf optimiert werden.

Dr.-Ing. Jannis Damm, Peter Haase, M.Sc., Dr.-Ing. Matthias Albiez, Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Veller

Die schiffbauliche Fertigung ist durch schweißtechnische Fügeverfahren geprägt. Diese bringen jedoch lokale Wärmeeinträge, Eigenspannungen und Verzüge mit sich, die bei dünnwandigen Strukturen erhebliche geometrische Abweichungen verursachen können. Im IGF-Vorhaben KlebProfi (Aufgeklebte Profile zur Versteifung von flächigen Bauteilen in maritimen Strukturen) wurde daher untersucht, inwieweit strukturelle Klebverbindungen eine Alternative zur konventionellen Schweißtechnik darstellen können. Ziel war die Entwicklung eines klebtechnischen Konzepts für Versteifungselemente im Schiffbau sowie die Validierung der Tragfähigkeit unter realitätsnahen Bedingungen.

Im Fokus standen unter anderem die Klebstoffauswahl und -charakterisierung, experimentelle Biegeversuche an Einzelbauteilen sowie Untersuchungen an großmaßstäblichen, mit mehreren Steifen versehenen Baugruppen. Durch die Kombination einer umfangreichen Klebstoffcharakterisierung unter maritimen Randbedingungen, numerischen Analysen und experimentellen Untersuchungen an mehrskaligen Probekörpern konnte ein umfassendes Bild des strukturellen Verhaltens geklebter Versteifungselemente gewonnen werden.

Auswahl und Charakterisierung geeigneter Klebstoffsysteme

Die Auswahl der Klebstoffe erfolgte auf Grundlage festgelegter, anwendungsorientierter Anforderungen an Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Verarbeitbarkeit unter praxisnahen Fertigungsbedingungen.

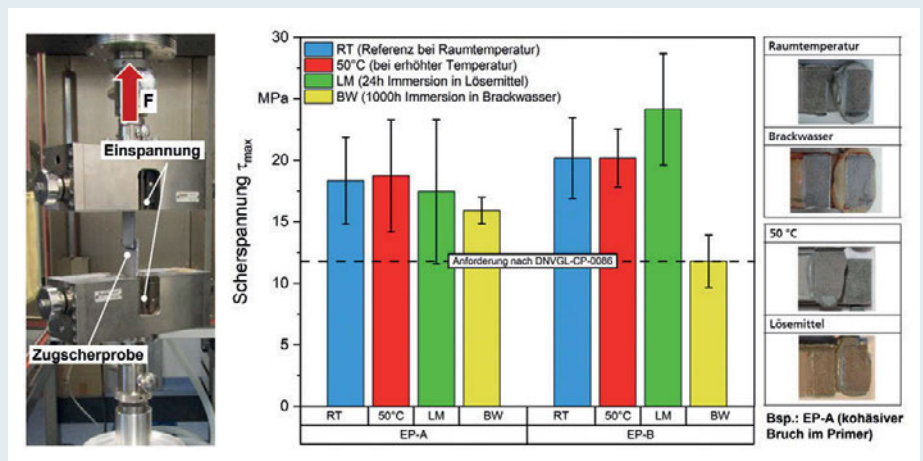


Abb. 1: Ergebnisse der Zugscherversuche unter schiffbaurelevanten Prüfbedingungen wie Hochtemperatur ($T = 50^\circ\text{C}$), nach Immersion in Lösemittel (24 h) in künstlichem Brackwasser (1000 h)

Quelle für alle Abbildungen: KlebProfi-Konsortium

gen. Als Referenz diente dabei eine Stahlstruktur, wie sie im Bereich von Schiff-Hängedecks eingesetzt wird. Für die experimentellen Untersuchungen wurden zwei 2-Komponenten-Epoxydharzklebstoffe priorisiert.

Die experimentelle Charakterisierung umfasste unter anderem standardisierte Zugscherv- und Stirnabzugsversuche sowie dynamisch-mechanische Analysen (DMA) zur Bestimmung der Glasübergangstemperaturen. Ergänzend wurden Auslagerungen in künstlichem Brackwasser sowie in lösemittelhaltigen Medien, wie sie typischerweise in Endbeschichtungssystemen vorkommen, durchgeführt. Somit konnte das Verhalten der Klebverbindungen unter maritimen Umweltbedingungen bewertet

und ihre schiffbaurelevanten Medienbeständigkeit nachgewiesen werden.

Die erzielten Zugschervfestigkeiten (siehe Abbildung 1) erreichten je nach Klebstoff Werte von bis zu 20 MPa bei Raumtemperatur. Auch bei erhöhten Temperaturen von bis zu 50°C und nach Auslagerung in künstlichem Brackwasser konnten Werte oberhalb von 12 MPa festgestellt werden, womit auch die Anforderungen für Strukturklebstoffe im Schiffbau (DNVGL-CP-0086) erfüllt werden. Die Glasübergangstemperaturen (TG) der getesteten Systeme lagen über 50°C und erlauben somit den Einsatz auch in sonnenexponierten oder maschinennahen Decksbereichen.

Besonderes Augenmerk galt der Haftung auf Oberflächen, die mit Shoppri-

mern (temporäre Korrosionsschutzbeschichtung) beschichtet sind, da im Schiffbau nahezu alle Stahlbleche bereits werkseitig geprimert werden. Es konnte eine größere Streuung der Haftabzugfestigkeiten auf geprimerten Oberflächen gegenüber blanken Stahloberflächen beobachtet werden. Weitergehend wurden verschiedene Verfahren zur Oberflächenvorbereitung untersucht. Als besonders effektiv erwies sich die Reinigung mit Isopropanol, welches selbst bei den im Werftbetrieb häufig auftretenden starken Oberflächenverschmutzungen eine zuverlässige Entfernung von Trennmitteln, Ölen und Staubpartikeln ermöglicht. Untersuchungen an zwei typischen Shopprimern zeigten, dass hohe Adhäsionsfestigkeiten erzielt werden können, die sogar oberhalb der Festigkeit der untersuchten Shopprimer liegen. Somit ist eine kosten- und zeitintensive Entfernung des Primers vor dem Kleben mit einem anschließenden Nachbeschichten nicht notwendig.

Ergänzend wurde die Möglichkeit der beschleunigten Aushärtung untersucht. Durch moderate Wärmezufuhr durch Induktion konnte die Aushärtezeit einzelner Systeme von 24 h auf einige Minuten reduziert werden. Dies eröffnet Potenziale für eine wirtschaftliche Serienfertigung im Werftbetrieb ohne die Notwendigkeit aufwändiger Fixiervorrichtungen.

Experimentelle Untersuchung des Biegetragverhaltens

Zur Bewertung des strukturellen Verbundverhaltens wurden umfangreiche Biegeversuche an flächigen, plattenartigen Probekörpern mit aufgeklebten Versteifungsprofilen durchgeführt. Die Auswahl der Probekörper sowie die Auslegung des Versuchsaufbaus fanden auf Grundlage des im Projekt betrachteten Praxisbeispiels eines Hängedecks von RoRo-Schiffen statt. In umfangreichen numerischen Untersuchungen wurde zunächst, wie in Abbildung 2 schematisch dargestellt, eine ursprünglich schweißtechnisch ausgeführte Hängedeckkonstruktion in eine klebgerechte Ausführung überführt. Das Ziel ist die Erhöhung der für eine Klebung vorhandenen Kontaktfläche. Für die praktisch häufig verwendeten, angeschweißten HP-Profile (1.) kann dies das Anschweißen eines Flachblechs (2.) realisiert werden. Standardisierte Stahlbauprofile mit variablen Querschnitten (3.) bieten eine

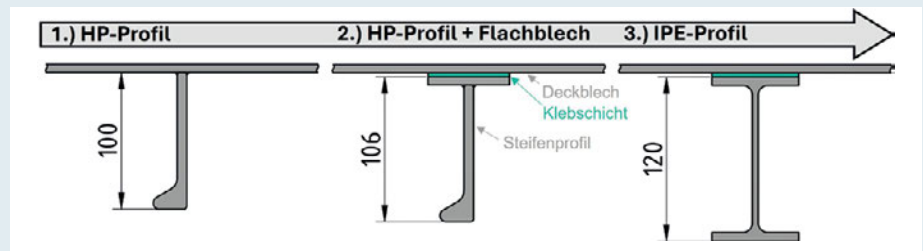


Abb. 2: Klebgerechte Anpassung mit konventionellen, angeschweißten HP-Profilen ausgesteiften Konstruktionen



Abb. 3: Links: Entwicklung des Versuchsaufbaus auf Grundlage eines praktischen Anwendungsfalls mit Hilfe numerischer Modelle; rechts: Umsetzung der Berechnungsergebnisse in einem realen Versuchsaufbau zur Ermittlung der Biegetragfähigkeit klebtechnisch versteifter Plattenbauteile

gleichwertige, kostengünstigere Alternative.

In den numerischen Untersuchungen wurden die Spannungen in den Klebschichten und Stahlbauteilen unter normativ vorgegebenen Bemessungsszenarien ermittelt. Parallel hierzu wurden mögliche Probekörpergeometrien aus einem Blechabschnitt mit angeklebtem Steifenprofil sowie zugehörige Versuchsaufbauten analysiert.

Für die experimentellen Untersuchungen wurde ein repräsentativer Ausschnitt einer Hängedeckkonstruktion gewählt, der

aus einem Längssteifenprofil mit beidseitig angeschlossenen Querträgerabschnitten bestand. Im Anschluss an die klebgerechte Anpassung der Konstruktion wurde hieraus ein Probekörper mithilfe numerischer Berechnungen entwickelt, bei dem ähnliche Spannungszustände in den Stahlbauteilen und der Klebschicht im Versuchsverlauf erreicht wurden (Abbildung 3). Es wurden zwei Anschlussvarianten zwischen Quer- und Längsträger untersucht: ein gelenkiger Schraubanschluss mit angeschweißtem Fahnenblech (Laschenstoß) sowie

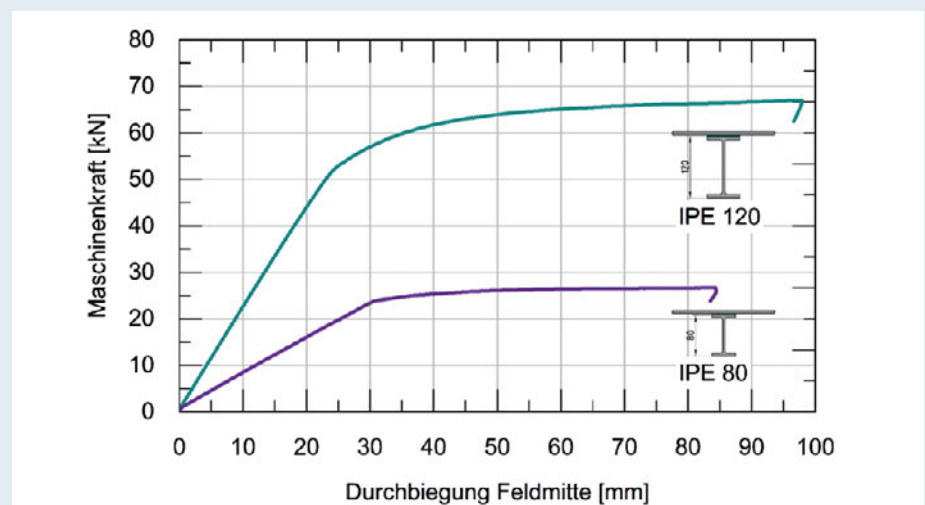


Abb. 4: Ergebnisse der Vier-Punkt-Biegeversuche: Exemplarische Versuchskurven zum Zusammenhang zwischen Maschinenkraft und Durchbiegung der Probekörper in Feldmitte für die beide untersuchten Steifenprofile IPE 80 und IPE 120

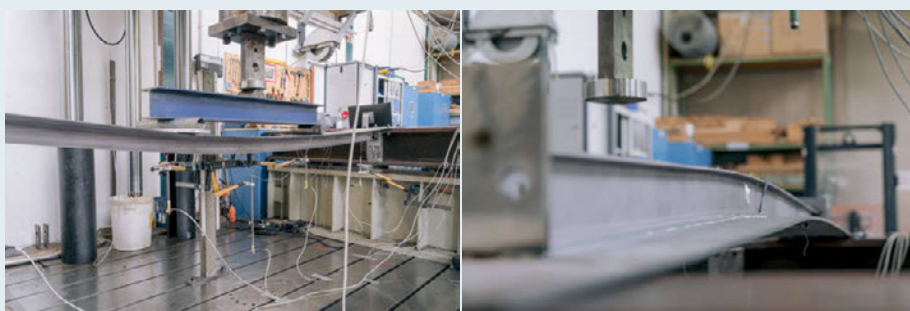


Abb. 5: Plastische Deformation des Steifenprofils der Probekörper im Versuchsverlauf (links) und nach Versuchsende (rechts: Probekörper umgedreht)

ein biegesteifer Stirnplattenstoß, bei dem beidseitig angeschweißte Stirnplatten über Schrauben verbunden sind.

Zur Auswahl geeigneter Steifenprofile für die klebtechnische Fertigung der Probekörper wurden konventionelle Stahlbauprofile im Hinblick auf ein optimales Verhältnis aus Gewicht und Steifigkeit analysiert. Für die experimentellen Untersuchungen wurden die Profile IPE 80 und IPE 120 aus Stahl der Sorte S355 ausgewählt, die mit einer Klebschichtdicke von 6 mm auf den Blechabschnitten aufgeklebt wurden.

In den experimentellen Untersuchungen wurde der Einfluss des Steifenprofils, der Blechfeld- bzw. Steifenlänge sowie des verwendeten Klebstoffs auf das Tragverhalten sowie die erreichten Traglasten analysiert und bewertet.

Die Versuche zeigten, dass zwischen den aufgeklebten Steifen und dem Blechfeld ein Schubsteifer Verbund erreicht werden konnte. Besonders hervorzuheben ist, dass bei den Versuchen mit biegesteifem Stirnplattenanschluss die plastische Tragfähigkeit der Längssteifen reproduzierbar erreicht wer-

den konnte, während die Klebverbindung selbst kein Versagen aufwies. Ergänzende probabilistische Berechnungen belegten zudem, dass in der Klebschicht noch erhebliche Sicherheitsreserven bestanden. Zudem konnte gezeigt werden, dass die Steifigkeit des Systems durch die Verwendung unterschiedlicher Steifenprofile variiert werden konnte. Während die Anwendung von IPE-80-Profilen eine technisch äquivalente Alternative zu den aktuell üblichen HP100-Profilen darstellte, steigerte die Anwendung von IPE120-Profilen die Steifigkeit im Vergleich zum Stand der Technik deutlich.

Unterschiede im Elastizitätsmodul des Klebstoffs beeinflussten die lokale Steifigkeit des Verbundquerschnitts nur geringfügig. Allerdings führte ein höherer Elastizitätsmodul bei steiferen Klebstoffen zu erhöhten Spannungsspitzen und geringerer Robustheit der Klebung insbesondere während der Fertigung und des Handlings, was zu einer Teilschädigung bei schlagartiger Beanspruchung führen kann. Für die Auswahl des Klebstoffs wird ein Kompromiss zwischen Verarbeitbarkeit und Handha-

bung während der Fertigung sowie ausreichender Festigkeit, Tragfähigkeit und geringer Kriechneigung empfohlen.

Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass Steifenprofile mit höherem Flächenträgheitsmoment zwar eine größere Gesamtsteifigkeit des Verbundsystems aufweisen, dies jedoch mit höherem Eigengewicht und Materialeinsatz einhergeht. Für die Praxis ist eine pauschale Auswahl möglichst biegesteifer Profile daher nicht zielführend, sondern muss stets unter Berücksichtigung der spezifischen Randbedingungen erfolgen.

Unabhängig von der Länge der Steifen zeigte sich, dass die lokale Biegesteifigkeit des Verbundquerschnitts weitgehend konstant bleibt. Damit sind die ermittelten Ergebnisse auf unterschiedliche Feldlängen übertragbar; lediglich die globale Verformung des Gesamtsystems ändert sich mit zunehmender Spannweite. Auf Basis dieser Projektergebnisse konnte ein Bemessungsansatz formuliert werden, der künftig in normative Dokumente überführt werden kann.

Biegeversuche an Bauteilgruppen mit mehreren Versteifungselementen

Während die oben beschriebenen Untersuchungen das generelle Tragverhalten klebtechnisch versteifter Plattenbauteile fokussierten, wurde anschließend die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf größere, realitätsnahe Baugruppen mit mehreren Versteifungselementen analysiert. Zu diesem Zweck wurden 2,4 m breite Plattensegmente mit drei parallel verlaufenden Steifenelementen klebtechnisch versteift, die an den realen Aufbau von Hängendeck-Segmenten angelehnt waren.

Der in Abbildung 6 dargestellte Probekörper wurden in Vier-Punkt-Biegeversuchen geprüft, wobei die Last wie dargestellt durch I-Profile in den Drittelpunkten eingeleitet wurde. Es wurden Relativverschiebungen und Spannungen an charakteristischen Punkten aufgezeichnet, um das Verbund- und Tragverhalten zu analysieren. Im Fokus der Versuche stand die Analyse des Einflusses der priorisierten Klebstoffe sowie des Steifenprofils auf das Tragverhalten.

Die Untersuchungsergebnisse zum Biegetragverhalten klebtechnisch versteifter Bauteile in Abbildung 7 zeigten, dass ein geeigneter Primer entscheidend ist, um ein vorzeitiges Versagen der Klebverbindung zu vermeiden.

Bei Verwendung leistungsfähiger Klebstoffe und geeigneter Beschichtungssys-

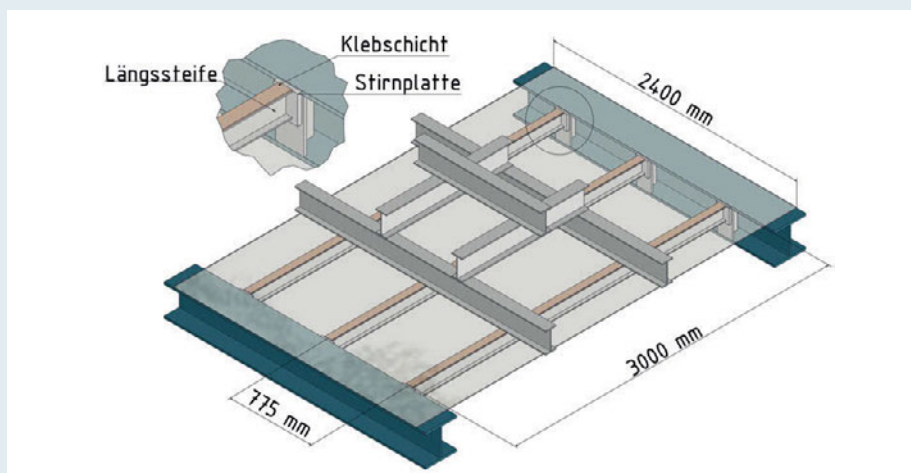


Abb. 6: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus der Vier-Punkt-Biegeversuche an Großbauteilen mit drei geklebten Steifenelementen

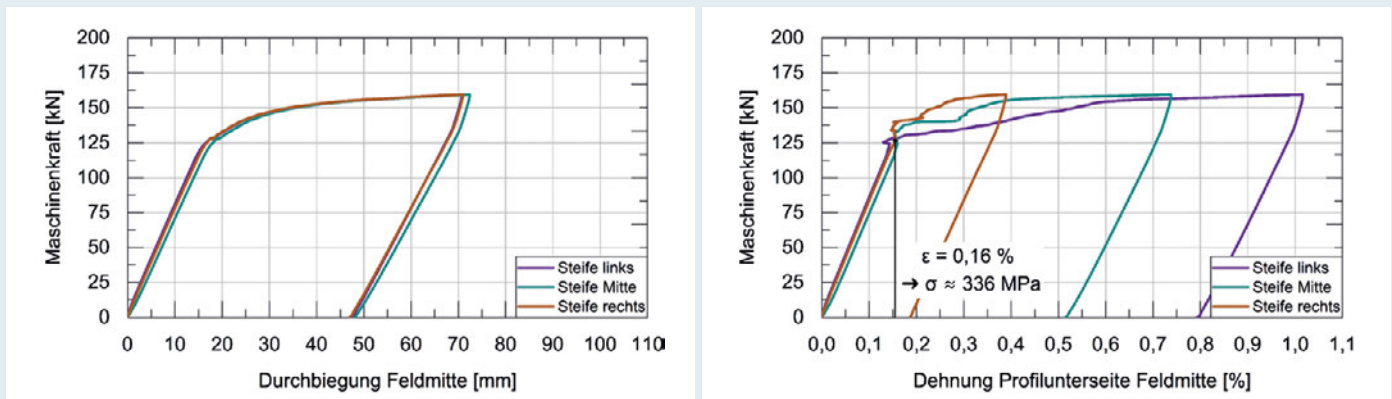


Abb. 7: Ergebnisse der Vier-Punkt-Biegeversuche an Großbauteilen: Exemplarische Versuchskurven zum Zusammenhang zwischen Maschinenkraft und Durchbiegung (links) sowie der zugehörigen Dehnungen (rechts) an der Unterseite der Steifen des Probekörpers in Feldmitte

teme konnten mehrere Steifenprofile so aufgebracht werden, dass ihre plastische Tragfähigkeit im Biegeversuch ohne das Auftreten einer Schädigung des Klebverbunds erreicht wurde (Abbildung 8). Die lokale und globale Steifigkeit stieg dabei nahezu linear mit der Anzahl der Steifen an. Maßstabeffekte zwischen Einzel- und Großbauteilversuchen traten nicht auf.

Das im Projekt entwickelte Fertigungs- und Montagekonzept für die klebtechnische Anbindung von Versteifungselementen wurde erfolgreich validiert.

Bewertung und Ausblick

Die im IGF-Vorhaben KlebProfi gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass die Klebtechnik im Schiffbau eine technisch leistungsfähige und wirtschaftlich interessante Alternative zum Schweißen darstellt. Durch das kalte Fügeverfahren entfällt der Wärmeeintrag, wodurch Verzüge und Gefügeänderungen vermieden werden. Gleichzeitig bleibt der Korrosionsschutz intakt, da die Primerbeschichtung nicht beschädigt wird. Insbesondere für Leichtbaukonstruktionen aus

dünnwandigen Stahlblechen eröffnet sich ein erhebliches Potenzial zur Gewichtsreduktion und Prozessoptimierung.

Für eine industrielle Umsetzung wurde weiterer Forschungsbedarf identifiziert: Zu nennen ist hier die Durchführung experimenteller Untersuchungen mit dynamischen Belastungen. Darüber hinaus wird die Kombination von Kleben und Schweißen als zentrale Voraussetzung für den industriellen Einsatz betrachtet, da die Klebtechnik nur dann breit eingeführt werden kann, wenn sie mit schweißstechnischen Verfahren kompatibel ist und Schweißarbeiten, falls erforderlich, auch nach dem Kleben und an geprimerten Bauteilen ohne Beeinträchtigung der Verbindung möglich bleiben. Erste Untersuchungen zu diesem Aspekt konnten bereits im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens realisiert werden.

Damit leistet KlebProfi einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung innovativer Füge- und Klebtechnologien im Schiffbau und zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der maritimen Industrie in Deutschland.

Förderhinweis

Ein großer Dank gilt den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) für die konstruktive Zusammenarbeit und die materielle und immaterielle Unterstützung. Das IGF-Vorhaben 01IF22351N Aufgeklebte Profile zur Versteifung von flächigen Bauteilen in maritimen Strukturen (KlebProfi) der Forschungsvereinigung Schiffbau und Meerestechnik e.V. (FSM) wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Autoren

Dr.-Ing. Jannis Damm, Peter Haase, M.Sc. und Dr.-Ing. Matthias Albiez, KIT – Abteilung Hybride Bauweisen, Füge- und Klebtechnik; Dipl.-Wirt.-Ing. Sebastian Veller, Fraunhofer IFAM – Abteilung Klebtechnik und Oberflächen

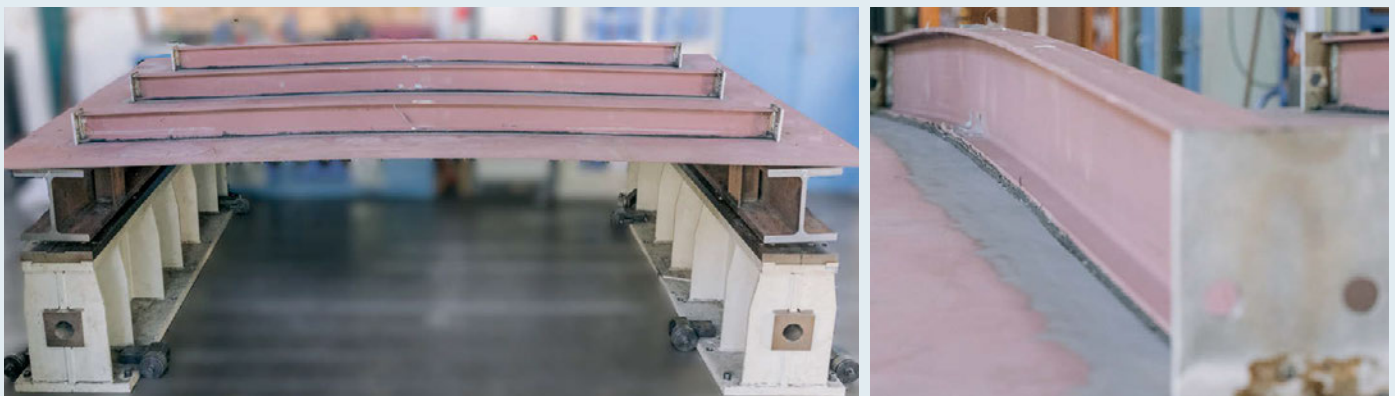


Abb. 8: Plastische Deformation der Steifenprofile des Probekörpers der Großbauteilversuche nach Versuchsende