Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 134 (2008)
Heft: 7: Schiffbau

Artikel: Designspirale
Autor: Stadelmann, Ruedi
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-108893

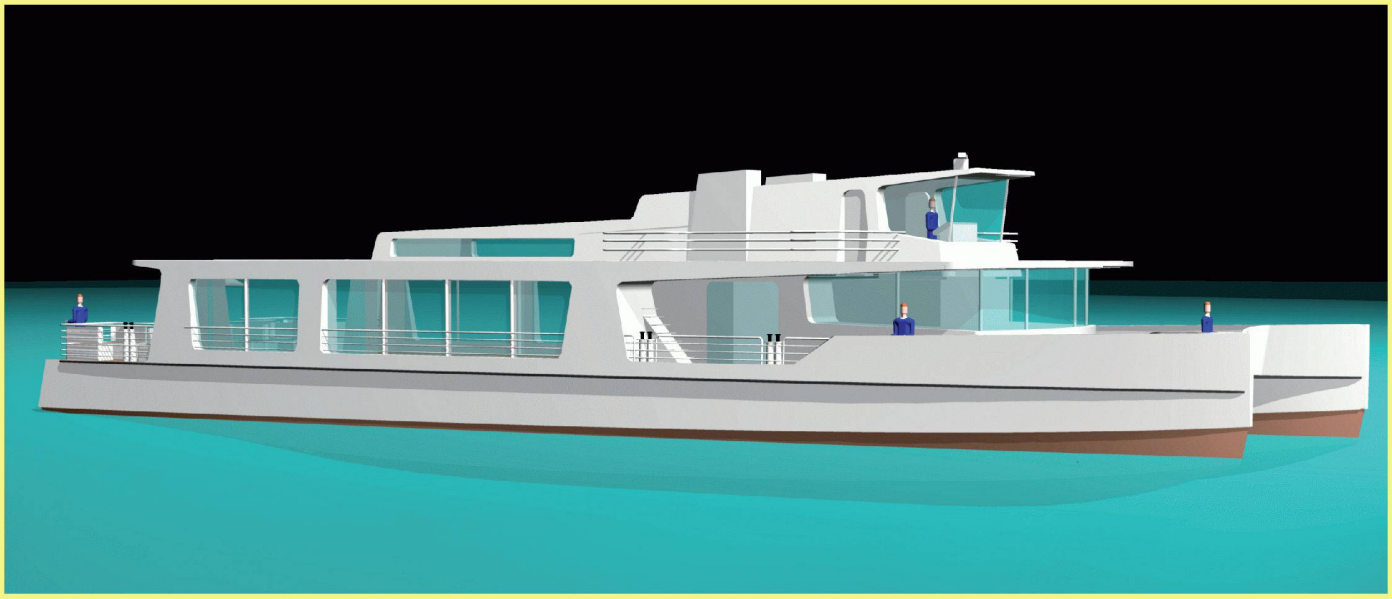
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



01

DESIGNSPIRALE

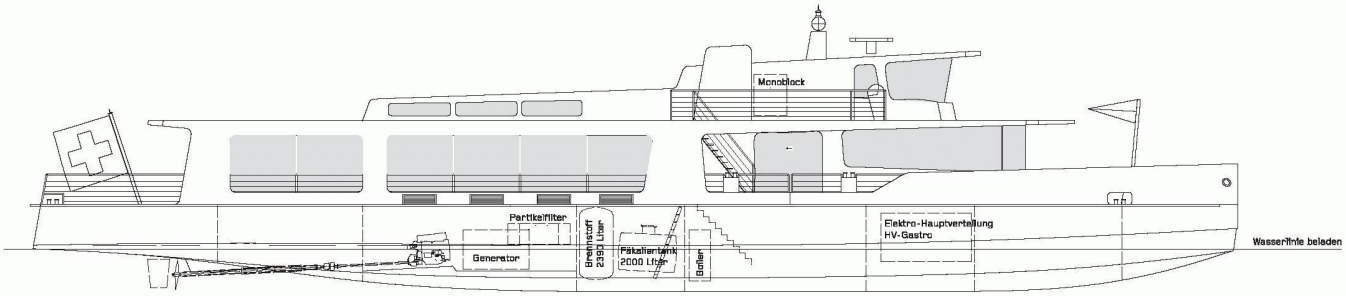
Steigende Ansprüche der Fahrgäste, die komfortabel reisen möchten, und immer strengere Umweltauflagen fordern im Schiffbau neue Lösungen und den Ersatz alter Fahrgastschiffe. Die Schifffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees (SGV) baut derzeit nach einer fünfmonatigen Entwicklungsphase einen motorisierten Katamaran. Die Vorgehensweise bei der Planung eines neuen Schiffs orientiert sich am Konzept der Designspirale.

Der Schiffbauingenieur sieht ein Schiff als System, in dem der Schiffsantrieb und der Schiffwiderstand einander entgegenwirken. Verstärkt man die Antriebsleistung, so wird das Schiff schneller; erhöht sich der Widerstand, so verringert sich die Geschwindigkeit. Mit diesem System vor Augen kann jedermann relativ einfach nachvollziehen, was eine Veränderung von einzelnen Parametern eines Schiffes oder seiner Systeme zur Folge hat. Will der Schiffbauingenieur die Leistung eines Schiffes verbessern, hat er die Wahl, ob er am Antriebssystem mit all seinen Subsystemen oder am Widerstand – das heisst: an der Geometrie des Schiffrumpfes – ansetzen will. Meistens verändern sich durch die Umgestaltung einer bestimmten Einflussgrösse auf der einen Seite auch die Parameter auf der anderen Seite. Die Kunst des Ingenieurs ist, so zu entwickeln und zu gestalten, dass die Vorteile schliesslich überwiegen.

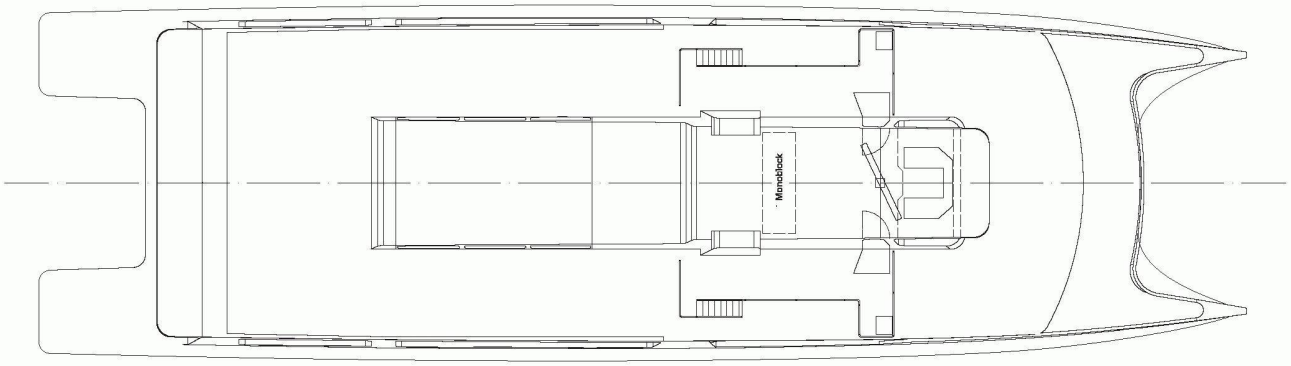
GEDANKEN VON LE CORBUSIER ZUR SCHIFFSARCHITEKTUR

Zur rein technischen Betrachtung eines Schiffes kommt zweifelsohne die Ästhetik. Auch hier gilt es, die schiffbaulichen Anforderungen zu respektieren. So sind zum Beispiel die Gewichte und die Gewichtsverteilung zu berücksichtigen, da diese die Schwimmlage, die Stabilität und das dynamische Verhalten des Schiffes beeinflussen. Selbstverständlich könnte man, um zum Beispiel die Stabilität zu verbessern, den Schiffrumpf verbreitern. Dies hätte aber einen negativen Einfluss auf den Schiffwiderstand, was demzufolge eine stärkere Antriebsleistung erfordert und somit mehr Gewicht bedeutet. Besonders für Designer, die bisher wenig Kontakt mit den speziellen Anforderungen im Schiffbau hatten, ist es schwierig,

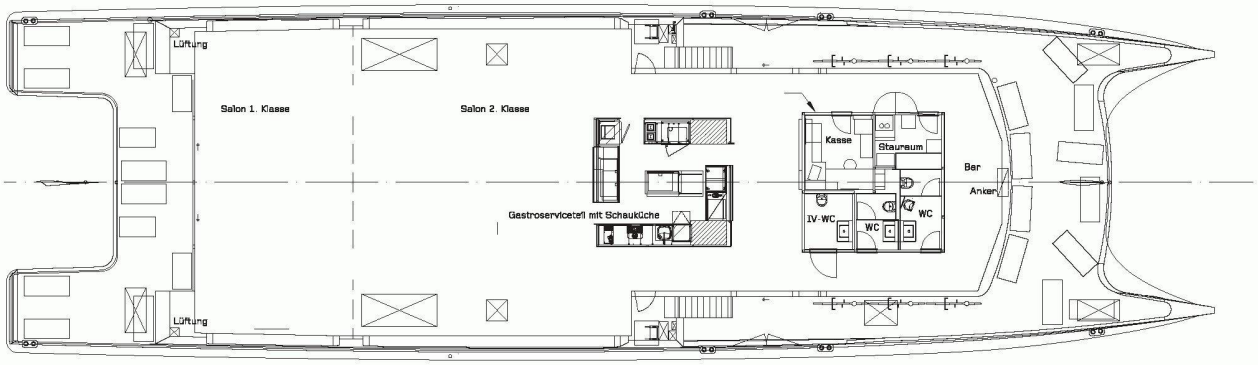
01 Visualisierung des Katamarans MS 300 der Schifffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees (SGV). Der Einsatz auf dem Vierwaldstättersee ist ab 2009 geplant (Bild: Autor)


Monoblock
Partikelfilter
Generator
Brennstoff 2390 Liter
Fäkalientank 2000 Liter
Boiler
Elektro-Hauptverteilung HV-Gastro
Wasserlinie beladen

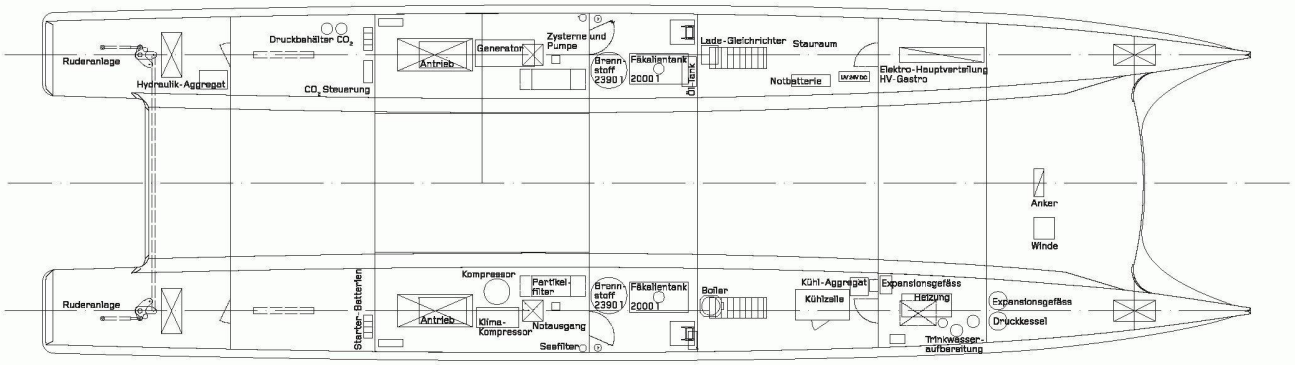
02


Monoblock

03


Lüftung
Salon 1. Klasse
Salon 2. Klasse
Gastroservicetell mit Schaukücke
Kasse
Stauraum
Bar
Anker
IV-WC
WC
WC
Lüftung

04


Ruderanlage
Hydraulik-Aggregat
Druckbehälter CO_2
CO_2 Steuerung
Antrieb
Generator
Zysterne und Pumpe
Brennstoff 2390 l
Fäkalientank 2000 l
Öl-tank
Lade-Gleichrichter
Stauraum
Notbatterie
LV 24V DC
Elektro-Hauptverteilung HV-Gastro
Anker
Winde
Ruderanlage
Starter-Batterien
Kompressor
Partikel-filter
Antrieb
Klima-Kompressor
Notausgang
Seefilter
Brennstoff 2390 l
Fäkalientank 2000 l
Boiler
Kühl-Aggregat
Kühlzelle
Expansionsgefäss
Heizung
Expansionsgefäss
Druckkessel
Trinkwasser-aufbereitung

05

ECKDATEN MS 300

Deckfläche: 359 m²
Fahrgastzahl: 300 Personen
Besatzungszahl: 2 Personen
Länge über alles: 40 m
Breite über alles: 12.5 m
Distanz Kiel–Kiel: 8.5 m
Seitenhöhe: 2.9 m
Fender-Breite: 0.9 m
(Fender = Anlegeschutz oder Scheuerleiste)
Tiefgang beladen: 1.39 m
Verdrängung beladen: 128 t
Fixpunkt leer: 7.25 m
(maximale Höhe)
Antriebsleistung: 2 × 368 kW
Sitzplätze innen:
– Salon 1. Klasse: 36
– Salon 2. Klasse: 92
– Vorne 2. Klasse: 14
Sitzplätze aussen:
– 1. Klasse achtern: 32
– 2. Klasse Bug: 33

Auftraggeber: Schifffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees (SGV)

AM BAU BETEILIGTE:

Planung und Ausführung: Schiffstechnik SGV, Luzern
Schlepptankversuche: Solent University, Southampton UK
Designunterstützung: Dolmus Architekten, Luzern

Der Generalplan zeigt eine Gesamtansicht des Schiffes, das Raumkonzept für Fahrgäste und Mannschaft, ästhetische Ideen und eine erste Möglichkeit für die Schottraumaufteilung:
02 Seitenansicht des neuen Katamarans MS 300
03 Heizung und Kühlung (Monoblock) sind hinter dem Steuerhaus angeordnet
04 Der Gastroserviceteil und die Toilettenanlagen werden in zwei Aluminium-Kuben und auf dem Hauptdeck integriert
05 In der Schiffsschale ist die Technik untergebracht. Die quer zum Schiffsrumpf verlaufenden Linien zeigen eine mögliche Schottraumaufteilung (Plan: Autor)

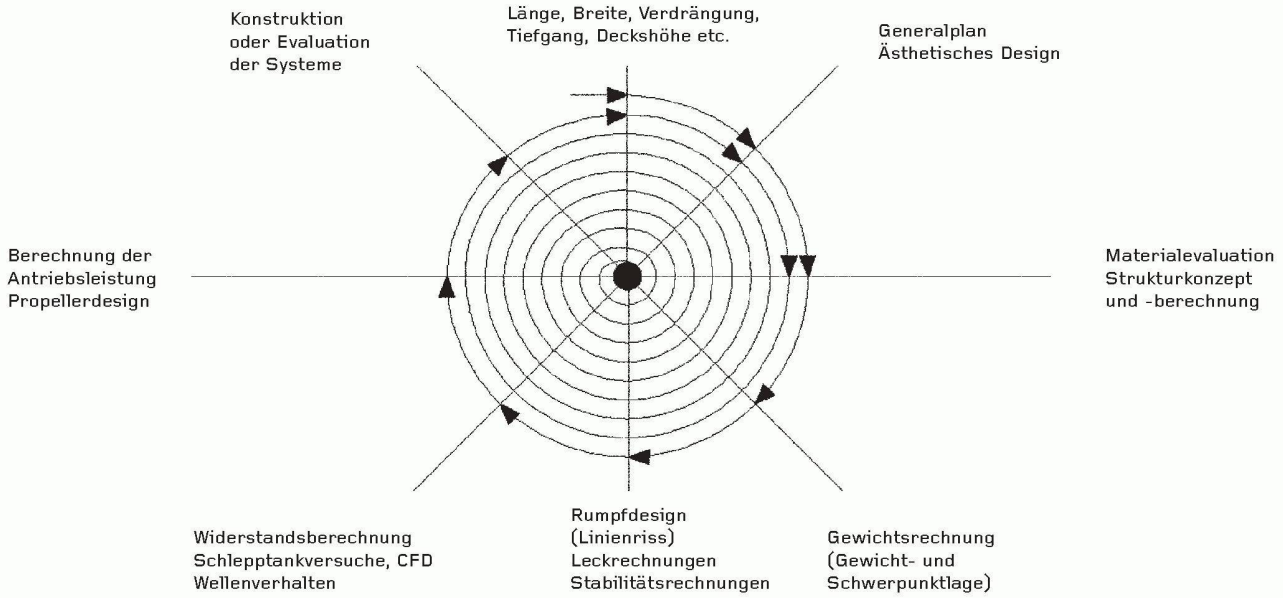
mit diesen Abhängigkeiten umzugehen. Dies mag einer der Gründe dafür sein, dass das Wettbewerbswesen sich in der Branche nicht durchgesetzt hat. Le Corbusier wird folgendes Zitat bezüglich Schiffsarchitektur zugeschrieben: «Wer ein Schiff begriffen hat, begreift auch dessen Architektur. Schiffe sind schwimmende, mobile, den Naturgewalten ausgesetzte Ingenieurarchitekturen. Nur bei wenigen Architekturwerken sind die Formen derart durch sachliche, zweckorientierte Funktionen bestimmt. Diese direkte Abhängigkeit vom Zweck hat zu einem langen Reifeprozess geführt. Mit Schiffsformen kann man nicht spielen, die Spiellust könnte bei fehlender Kenntnis- und Denkreife unversehens zu Fehlkonstruktionen führen.»[1]
Die Geschichte der Schiffsentwicklung und -produktion verläuft sprunghaft und im Vergleich zu anderen Fahrzeugen in verhältnismässig langen Zeitabschnitten. Längere ruhige Phasen wurden durch technische Entwicklungen, die die bestehenden Schiffkonstruktionen und den Schiffbau immer wieder in Frage stellten, abgelöst und revolutioniert. Anfänglich waren es vor allem neue Entwicklungen, die für Antriebssysteme verwendet werden konnten: die Dampfmaschine, später der Dieselmotor und dann der vor allem im Grossschiffbau eingesetzte Elektromotor. Parallel dazu wurden die Rumpfformen optimiert. Dabei half ab Mitte des 20. Jahrhunderts der Einsatz von Aluminium anstelle von Stahl. Dies ergab leichtere Konstruktionen. Heute experimentiert man mit dem Einsatz von Kunststoff-Composite-Bauteilen. Ein leider ungelöstes Problem ist dabei das Brandverhalten dieser Werkstoffe.

NEUE ÄRA FÜR DIE BINNENFAHRGASTSCHIFFE IN DER SCHWEIZ

Die Binnenfahrgastschiffe bringen heute zunehmend Touristen aus dem In- und Ausland zu den interessanten Attraktionen rund um Schweizer Seen und Flüsse, ihr Einsatz als Transportmittel des öffentlichen Verkehrs ist hingegen rückläufig. Der nicht aufzuhaltende Anstieg der Energiepreise und das Bewusstsein, dass man sich auf unseren Seen auf einem schützenswerten, fragilen Ökosystem bewegt, treiben die Schifffahrtsgesellschaften unweigerlich dazu, über nachhaltige Binnenfahrgastschiffe nachzudenken. Die saubere und intakte Umwelt spielt in diesem Geschäft eine immer grössere Rolle. Der Gesetzgeber unterstützt diese Tendenz und erhöht seine Forderungen bezüglich Umweltverträglichkeit stetig – auch aufgrund des öffentlichen Drucks. In der Schweiz werden Schiffe für den öffentlichen Verkehr unter der Aufsicht des Bundesamtes für Verkehr (BAV) entwickelt, gebaut, betrieben und kontrolliert. Diese Aufsichtsbehörde muss darum in den Planungs- und Bauprozess integriert werden. Die Gesetzesvorschriften, hauptsächlich die Schweizerische Schiffbauverordnung und die Ausführungsbestimmungen dazu, sind zu erfüllen. Heute werden in der Schweiz ungefähr 300 Binnenfahrgastschiffe professionell betrieben, die Hälfte von konzessionierten Gesellschaften und die andere Hälfte von nicht konzessionierten Gesellschaften, die hauptsächlich im Extrafahrtengeschäft tätig sind. Das Durchschnittsalter der Schiffe ist sehr hoch. Es ist absehbar, dass in den nächsten Jahren eine grosse Nachfrage nach neuen, modernen Schiffen, die den heutigen Anforderungen entsprechen, entstehen wird.

EIN NEUER KATAMARAN – MS 300 – ENTSTEHT

Ab 2009 benötigt die SGV als Ersatz für ein älteres Schiff ein modernes Fahrgastschiff mit einer Transportkapazität von 300 Personen. Sein Geschwindigkeitspotenzial sollte mit maximal 30 km/h leicht höher sein als die Geschwindigkeit der bestehenden Schiffe. Weiter sollte der Prototyp mit zwei Mann Besatzung zu betreiben sein und aus Gründen der Übersichtlichkeit nur ein Deck für die Passagiere haben. Treppen im Fahrgastraum waren zudem unerwünscht, um die Barrierefreiheit zu gewährleisten. Es ergaben sich zwei mögliche Schiffkonzepte: entweder ein sehr langes oder ein sehr breites Schiff. Bei einem Einrumpfschiff angewendet, haben beide Konzepte allerdings ihre Nachteile. Ein sehr langes Schiff ist auf einem kleinen See wie dem Vierwaldstättersee schwierig zu manövrieren, und sein Anlegeplatz am Steg wäre unverhältnismässig gross. Ein breites Schiff hat mit seinem breiten Rumpf hydrodynamische Nachteile, wie eine im Verhältnis zur Verdrängung zu grosse benetzte Fläche und damit zu viel Widerstand. Ein Katamaran war die Lösung: So konnte ein breites Schiff mit einer grossen Decksfläche entwickelt werden, ohne den Nachteil der zu grossen benetzten Fläche in Kauf nehmen zu müssen.



06

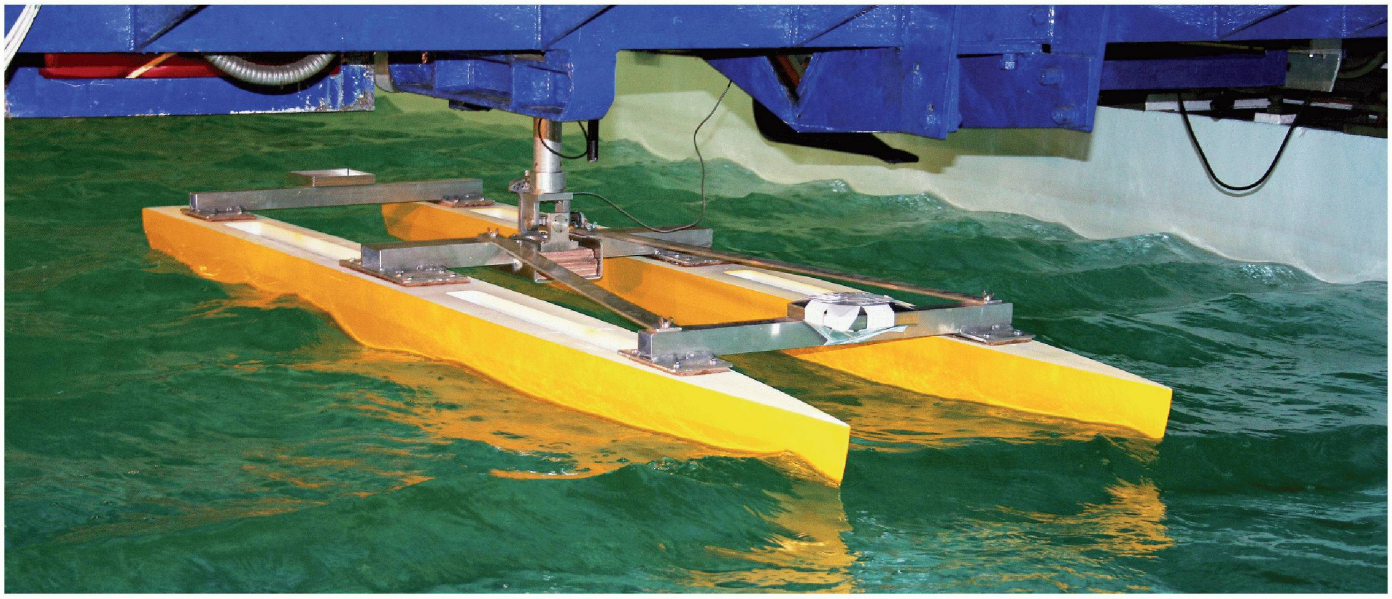
ARBEITEN NACH DEM KONZEPT DER DESIGNSPIRALE

Die Arbeit an einem solchen Projekt startet normalerweise mit der Erarbeitung eines detaillierten Anforderungsprofils, das bei der Schiffstechnik (STE) der SGV auf der Basis eines durchdachten Baugruppensystems entwickelt wird. Dann folgt eine wissenschaftliche parametrische Analyse, basierend auf Daten von bestehenden ähnlichen Schiffen. Das Resultat ist ein Set von Parametern als Ausgangspunkt für die nachfolgenden Entwicklungsarbeiten. Der Schiffbauingenieur arbeitet nun nach dem Konzept einer Designspirale (Bild 6). Aufbauend auf den Ausgangsparametern wird ein erster vorläufiger Generalplan entworfen. Dieser zeigte im Falle von MS 300 eine Gesamtansicht des Schiffes, das Raumkonzept für Fahrgäste und Mannschaft, ästhetische Ideen und eine erste Möglichkeit für die Schottraumaufteilung im Rumpfbereich.

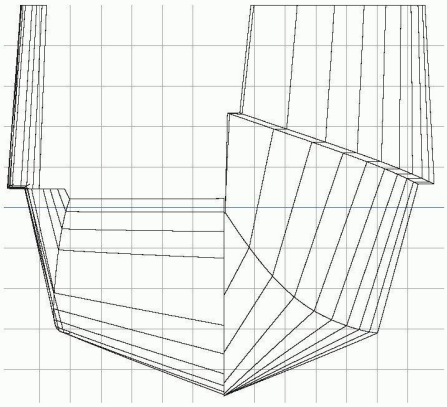
Der nächste Schritt sind Werkstoffevaluationen für das Baumaterial, Strukturanalysen und Berechnungen, meistens basierend auf den Vorschriften von internationalen Klassifikationsgesellschaften. Bei Schiffen in der Grösse von MS 300 ist von der Leermasse des Schiffes rund die Hälfte für die strukturellen Elemente einzusetzen. Somit ist die Optimierung von Masse und Konstruktion eine Aufgabe erster Priorität. Für das Projekt MS 300 wurde darum für sämtliche Strukturbauteile der Werkstoff Aluminium DIN 5083 (AlMg4,5Mn) gewählt. Dieser Werkstoff hat erheblich weniger Festigkeitsverlust beim Schweissen als das in der Schweiz in nicht maritimen Anwendungen oft verbaute Anticorodal DIN 6082. Auch die hohe Bruchdehnung des Materials von 16 % (gegenüber 8 % von Anticorodal) ist im Schiffbau gewünscht.

Sobald der Werkstoff und das Strukturkonzept festgelegt sind, ist es erstmals möglich, das Gewicht abzuschätzen. Dabei spielen auch die Gewichtsverteilung und die Schwerpunktlage eine grosse Rolle. Nur so kann ermittelt werden, ob die Schwimmlage des Schiffes dem Generalplan entsprechen wird. Mit dieser Arbeit erhält der Ingenieur höchstwahrscheinlich schon die erste Diskrepanz zu den beim Start des Projektes angenommenen Gewichten und damit der Verdrängung des Schiffes. Im nachfolgend zu entwickelnden Rumpfplan, dem Linienriss, kann darauf Rücksicht genommen werden. In den meisten Projekten werden für diesen Entwicklungsschritt entweder Schlepptankversuche angestellt, «Computational Fluid Dynamics»(CFD)-Berechnungen durchgeführt oder zur Optimierung sogar beides. Mit Hilfe der Ergebnisse der Stabilitätsberechnungen kann ausgesagt werden, wie sich das Schiff bei einer Kurvenfahrt verhalten wird oder welche Auswirkungen es hat, wenn der Winddruck angreift oder Gewichte sich verschieben – im Fall des Katamarans die Passagiere. Um für das Katamaranprojekt MS 300 einen möglichst optimalen Rumpf entwickeln zu können,

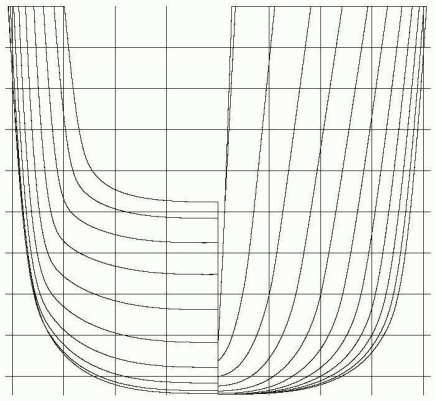
06 Schiffbauingenieure orientieren sich bei der Konstruktion eines neuen Schiffes am Konzept der Designspirale
07 Um Aussagen zu überprüfen und geplante Formen auf den realen Gebrauch zu testen, werden Schlepptankversuche durchgeführt. Die gemessenen Modellwerte werden vom Schiffbauingenieur anhand der Versuchsergebnisse in die effektiven Schiffwerte umgerechnet
08 Durch den zusätzlichen dynamischen Auftrieb bei hoher Geschwindigkeit wird die Knickspantbauweise vor allem bei schnellen Schiffen (z. B. Gleiter-Motorbooten) eingesetzt
09 Die Rundspantbauweise eignet sich für langsame Schiffe (z. B. Segelschiffe). Der Rundspantrumpf hat die kleinere benetzte Oberfläche und ergibt damit bei langsamer Fahrt einen geringen Widerstand (Bilder: Autor)



07



08

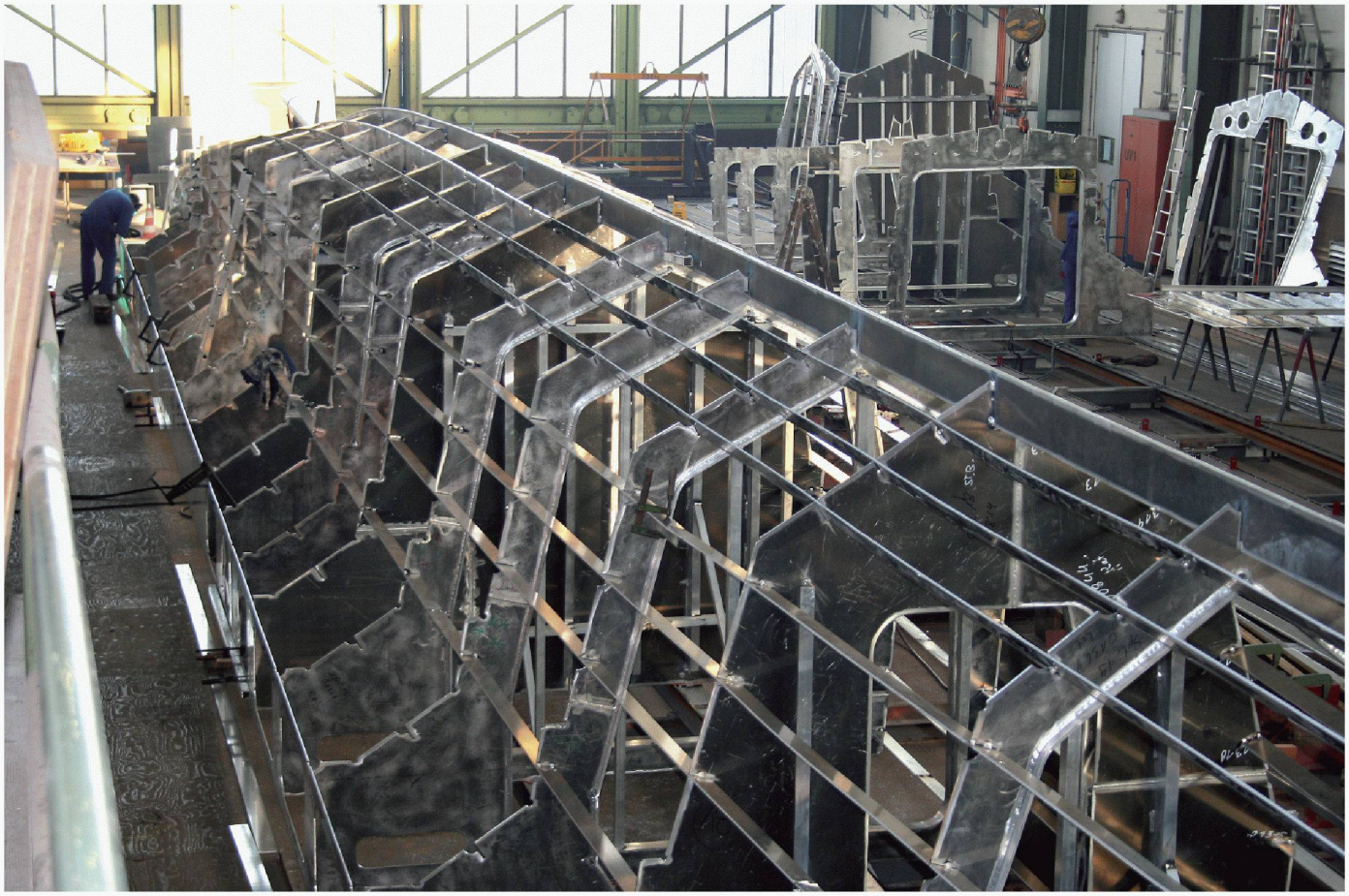


09

wurden Schlepptankversuche mit Modellen im Massstab 1:16 in Southampton (UK) durchgeführt. Man untersuchte unter anderem, ob eine Rumpfform in Knickspantbauweise oder in Rundspantbauweise besser geeignet ist (Bilder 8 und 9). Für die Servicegeschwindigkeit von 25–30 km/h hat sich der Knickspantrumpf überraschenderweise als besser erwiesen.[1] Während der Schlepptankarbeiten interessierte zudem, ob der Abstand der beiden Rümpfe für die Geschwindigkeit von 25–30 km/h eventuell noch optimiert werden müsste. Mit Hilfe der Widerstandswerte der Modelle, die der Schiffbauingenieur auf die effektiven Widerstandswerte des Schiffes umrechnet, kann die Antriebsmaschine evaluiert und die gesamte Antriebsanlage mit Getriebe, Wellenanlage und Propeller ausgelegt werden. (Der Katamaran wird durch zwei Dieselmotoren in den beiden Rümpfen mit je 368 kW angetrieben.) Anschliessend werden auch die anderen Systeme im Schiff wie Wassersysteme, Elektrosysteme, Heizung, Kühlung, Lüftung, Navigationssysteme etc. entweder selbst entwickelt oder, wenn auf dem Markt vorhanden, evaluiert. Damit wurde die erste Runde in der Designspirale abgeschlossen. Mit dem Eintritt in die zweite Runde startet der Prozess erneut; in jeder Phase werden die gleichen Aufgaben wiederholt, jedoch nun mit einer höheren Genauigkeit. Das Strukturkonzept muss zum Beispiel mit den Kenntnissen der neuen Gewichte und damit neuen Belastungsgrössen abgeglichen, das Rumpfdesign der neuen Verdrängung angepasst werden und so fort. Dieser Kreislauf wird so lange wiederholt, bis die endgültige Konstruktion steht und das neue Schiff geboren ist. Die Entwicklungszeit für den Katamaran MS 300 betrug fünf Monate. Das Betriebskonzept sieht vor, ihn ganzjährig zu nutzen. Morgens und abends soll er für Pendler zwischen Weggis, Vitznau und Luzern eingesetzt werden. Ferner wird er für Kursfahrten und Extrafahrten verwendet.

EIN RAUM IN BEWEGUNG

Bei der Gestaltung des Innenraums «fehlte» dem Team von Dolmus Architekten ein Referenzpunkt, auf den die Innenarchitektur sonst Bezug nehmen kann: der Ort. Dolmus Architekten konnten sich an keinem Grundstück mit fixem Aussenraum orientieren. Deshalb richtete sich das Team nach drei Prämissen: Der Raum ist in Bewegung, er soll vielfältig nutzbar sein, und die Schiffsästhetik gilt es zu bewahren oder gar zu betonen. Nicht der Raum wird inszeniert, sondern die Ingenieurarchitektur mit reduzierten, funktionalen Eingriffen unterstützt und das beeindruckende Ereignis einer Schifffahrt in atemberaubender Landschaft in den Vordergrund gerückt. Das beginnt beim Holzschiffdeck, das sowohl im Innen- als auch im Aussenbereich verlegt wird, wobei – der unterschiedlichen Witterungsverhältnisse wegen – innen geölte Eichenriemen vorgesehen sind, aussen dagegen traditionellerweise



10

11

12

13

10 In der Produktionshalle der Werft der SGV werden die vorgefertigten Teile der Rümpfe zusammengefügt (Bild: Autor)
11 In einem nächsten Schritt folgt die Beplankung mit Aluminium-Formteilen (Bild: Autor)
12+13 Visualisierung der Innenansicht des Katamarans. Die Ingenieurarchitektur wird mit reduzierten, funktionalen Eingriffen unterstützt (Bilder: Dolmus Architekten)

im Bootsbau verwendete Doussié-Riemen. Der Boden nimmt die Ästhetik der Holzplanken historischer Schiffe auf und schafft einen fliessenden Übergang zwischen innen und aussen. Tragstruktur und Fensterprofile aus Aluminium werden mit einem anthrazitfarbenen Anstrich betont. In den Deckenfeldern zwischen den Tragstrukturen werden Installationen und Lautsprecher sowie die Grundbeleuchtung untergebracht. Eine leicht elastische Textilie, mit der die Felder bespannt sind, dient als akustisches Bauteil und bricht das Licht so, dass die Aussicht am Abend durch Spiegelungen des Innenraums nicht zu sehr beeinträchtigt wird. Der Servicebereich wird auf zwei offen gestaltete, ebenfalls anthrazitfarbene Aluminiumkuben verteilt: Ein Element beinhaltet Toiletten, Kasse und Stauraum, das zweite ist der Gastroserviceteil mit Schauküche. In der 1. Klasse, die sich im hintern Teil befindet und mit einer Glaswand abgetrennt wird, ist die Tisch- und Stuhlordnung gegenüber der 2. Klasse grosszügiger gestaltet, und eine Lounge bietet zusätzlichen Komfort. Die flexible Möblierung des Aussenraums im Heck des Schiffes haben Dolmus Architekten selbst entworfen.

WAS FORDERT DIE ZUKUNFT?

Sicherlich werden über kurz oder lang neue Antriebssysteme einen Entwicklungsstand erreicht haben, der es ermöglicht, diese als ernsthafte Variante zum herkömmlichen Dieselmotor ins Spiel zu bringen. Der gut 30 m lange Katamaran «MobiCat» vom Bielersee, das weltweit grösste Solarschiff, das seit einigen Jahren ohne grössere Probleme im täglichen Einsatz steht, hat hier den Anfang gemacht. Wir brauchen in der Regel keine möglichst schnellen Verbindungen – ausser der See wird wieder zur Strasse, wie zum Beispiel bei den Katamaranen auf dem Bodensee –, sondern Schiffkonstruktionen, die mit möglichst wenig Antriebsleistung und damit geringem Energieverbrauch, kleinem Wellenschlag und ohne Lärm in unserer Natur verkehren. Dies wird die grosse Herausforderung für die nächsten Jahre in der Binnenschifffahrt sein, selbstverständlich gleichermassen für kommerzielle wie private Schiffe und Jachten.

Ruedi Stadelmann, dipl. Schiffbauingenieur BEng (Hons), dipl. Betriebswirtschafter FHZ, Leiter Schiffstechnik SGV, r.stadelmann@lakelucerne.ch

Anmerkung

1 Wieso überraschenderweise? Grundsätzlich geht man davon aus, dass ein Rumpf mit runden Spantformen bei – im Verhältnis zur Rumpflänge – eher langsamen Geschwindigkeiten die besseren Widerstandswerte ergibt: In diesen Geschwindigkeitsbereichen macht der Reibungswiderstand des Schiffes den grössten Widerstandsanteil aus. Ein Rumpf in Knickspantform hat im Vergleich zu einer runden Form, bei gleicher Verdrängung, die grössere benetzte Unterwasserfläche. Darum müsste eine runde Form in diesen Geschwindigkeitsbereichen weniger Widerstand erzeugen. Die Schlepptankversuche zeigten, dass bei den getesteten Geschwindigkeiten die besseren Werte der Knickspantrümpfe mit dem spezifischen Wellensystem, das sich zwischen den beiden Rümpfen ergab, zu tun hatten.