

## 1.6 Schiffsentwurf<sup>1</sup>

### 1.6.1 Allgemeines

Schiffsentwurf ist das Verfahren, die wesentlichen Eigenschaften eines Schiffes so weit im Einzelnen festzulegen und zu entwickeln, dass man es bauen kann, und dabei sicherzustellen, dass die geforderten Leistungsdaten und Kostenziele eingehalten werden.

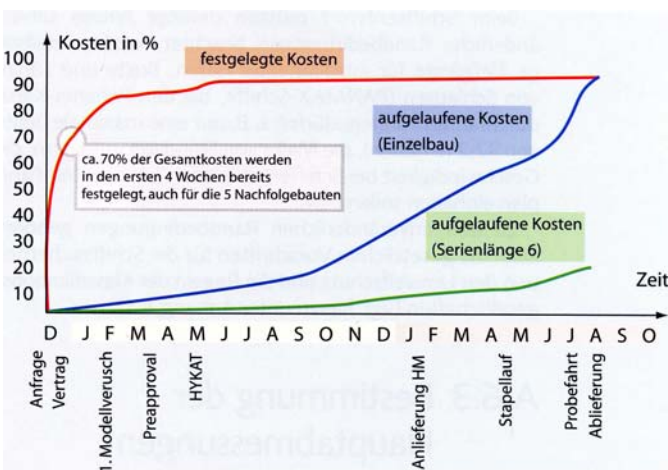
Es handelt sich um eine integrierende Planung, in deren Verlauf bei allen Entscheidungen eine große Zahl von Randbedingungen zu beachten ist.

„Schiffbau ist eine Kunst“, sagt man manchmal scherzhaft. Das ist natürlich nicht richtig. Der Schiffsentwurf ist ein rationaler Prozess und die Schiffsfertigung eine industrielle Technik. Gemeint ist etwas anderes: Der Entwurfsingenieur im Schiffbau muss häufig auf Erfahrungswissen zurückgreifen, er muss Entscheidungen zwischen verschiedenen Entwurfszielen treffen und Kompromisse schließen. Bei Optimierungen muss er von Erwartungen überzukünftige wirtschaftliche Entwicklungen ausgehen. Er muss viele Gesichtspunkte berücksichtigen. Seine Arbeit ist niemals eindimensional.

Schiffe gehören zu den kompliziertesten und teuersten technischen Systemen. Bei ihrem Entwurf kommen viele verschiedene Technikbereiche zur Anwendung. Deshalb ist die Gesamtintegration sehr anspruchsvoll. Die Schwierigkeit der Aufgabe wird im Vergleich zu Anlagen an Land noch dadurch erhöht, dass es Entwurfsbedingungen und Beschränkungen gibt, die nur beim Schiffsentwurf vorkommen. Hierzu gehören die Umweltgefahren der See und die Notwendigkeit, dass ein Schiff in dieser feindlichen Umwelt eventuell monatelang auf sich selbst gestellt seine Aufgabe erfüllen muss. Außerdem werden, abgesehen von seltenen Ausnahmefällen, wegen der hohen Kosten und kleinen Serien keine Prototypen gebaut. Schiffe müssen gleich funktionieren.

Der Schiffsentwurfsprozess wird häufig mit einer Spirale verglichen, die sich von den ersten Überlegungen bis zum fertigen vertragsreifen Entwurf bewegt. An diesem Vergleich ist richtig, dass der Prozess „vom Groben zum Feinen“ läuft, das heißt von der ersten groben Festlegung der Verdrängung in Richtung Ausarbeitung der Schiffsform, Raumaufteilung und Entwurf der Untersysteme. Typisch ist auch der iterative (schrittweise) Charakter des Prozesses. Mit fortschreitender Detaillierung des Entwurfes muss immer wieder geprüft werden, ob er noch die grundlegenden Anforderungen an Stabilität, Gewichtsverteilung, Kosten usw. erfüllt.

Die Spirale ist jedoch nur ein Bild, das den unzutreffenden Eindruck eines stetigen Prozesses vermittelt. Tatsächlich kommen -



vor allem in der Konzeptphase - intuitive Sprünge vor und es gibt auch Lösungsvorschläge, die sich als nicht realisierbar erweisen. Größere Diskontinuitäten kann es bei der Festlegung der Schiffsabmessungen und der Schiffsform geben, wenn die Schiffsgröße so weit gewachsen ist, dass eine größere Antriebsanlage vorgesehen werden muss.

In der Konzeptphase (Vorentwurf) werden in einem sehr engen Zeitraum Entscheidungen getroffen, die einen Großteil der Baukosten des Schiffes (oder der

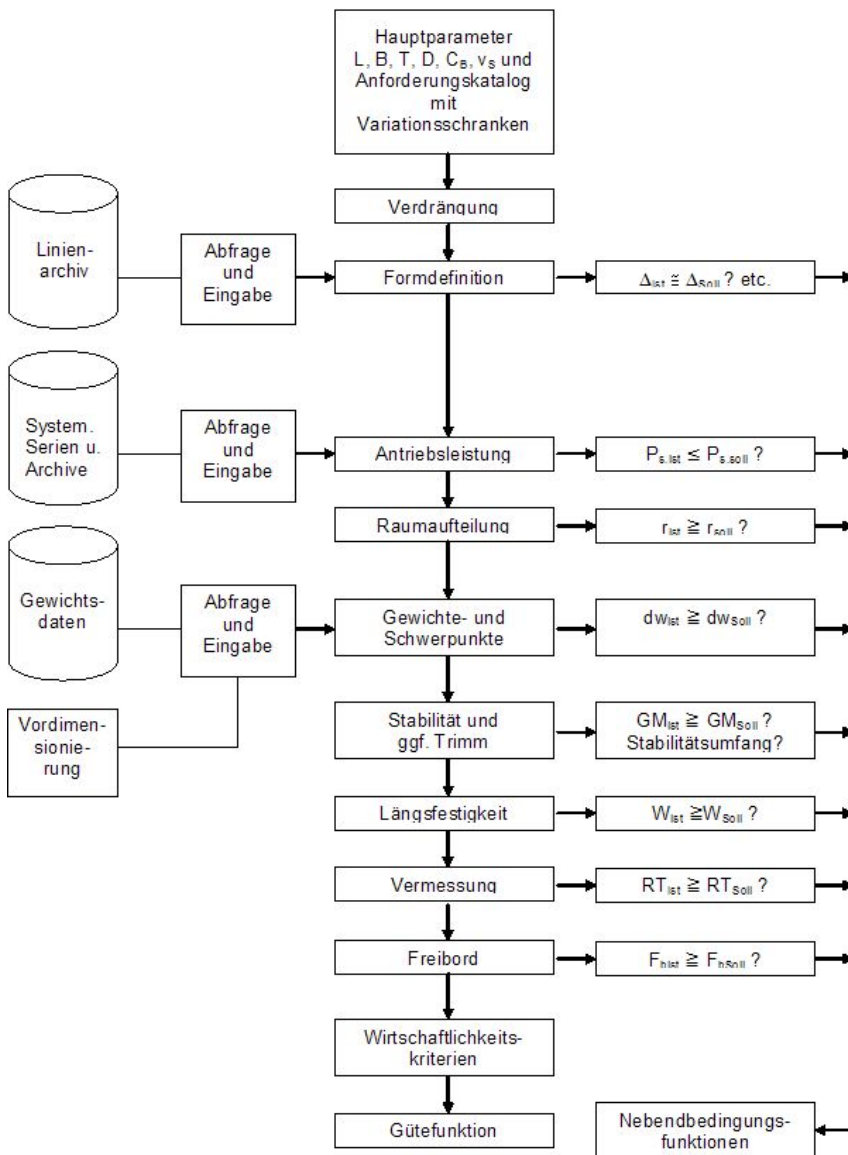
**Vergleich festgelegte und anfallende Kosten für eine Serie von sechs Schiffen**

<sup>1</sup> Verband für Schiffbau und Meerestechnik e. V. (Hrsg.): Schiffstechnik und Schiffbautechnologie; Hamburg: Seehafen Verlag GmbH, 2006, 2. Aufl., ISBN 10: 3-87743-817-2, S. 23ff

gesamten Serie von Schwesterschiffen) festlegen.

Daher sind schon im Vorentwurf stets die wirtschaftlichen Folgen für den gesamten Bauauftrag zu berücksichtigen.

### 1.6.2 Wirtschaftlichkeitsstudien und Rahmenbedingungen



Der Ausgangspunkt jedes Projektes ist das Transportproblem des Reeder: Pro Jahr soll zum Beispiel auf einer bestimmten Route eine bestimmte Menge Ladung mit spezifischen Eigenschaften befördert werden. Naturgemäß hat die Ladungsart von vornherein den entscheidenden Einfluss auf den Schiffstyp.

Der Entwurf eines Handelsschiffes beginnt immer mit Wirtschaftlichkeitsüberlegungen, häufig nachdem der Reeder eine Marktstudie durchgeführt hat. Es werden Investitionsrechnungen für verschiedene Konzepte angestellt, um herauszufinden, welches von ihnen wirtschaftlich am vorteilhaftesten ist. Hierfür gibt es verschiedene Verfahren, wie die Errechnung des Nettobarwertes der Investition oder die Ermittlung der benötigten Frachtrate.

**Ablaufplan des Methodenbank-Systems (nach Bühr, Keil, Krüger im Jahrbuch der STG 1988, s. 358)<sup>2</sup>**

Zur Errechnung des Nettobarwertes schätzt man die zukünftigen jährlichen Nettoerträge des Schiffes und zinst diese auf den Zeitpunkt der Investition ab. Hiervon werden dann die Inves-

<sup>2</sup> vgl.: Verband für Schiffbau und Meerestechnik e. V. (Hrsg.): Schiffstechnik und Schiffbautechnologie; Hamburg: Seehafen Verlag GmbH, 1998, ISBN 10: 3-87743-800-8, S. 23

tionskosten abgezogen. Die Differenz ist der Nettobarwert der Investition. Das beste Schiffskonzept ist das mit dem höchsten Nettobarwert.

Für die Ermittlung der benötigten Frachtrate werden die gesamten Jahreskosten des Schiffes kalkuliert. Dieser Betrag wird der Transportleistung gegenübergestellt. Hieraus ergibt sich die Frachtrate, die der Reeder einem Kunden in Rechnung stellen müsste. Das beste Schiffskonzept für einen bestimmten Fahrtbereich ist dann das, welches dem Reeder ermöglicht, die niedrigsten Raten anzubieten, die noch die Kosten decken.

Die Wirtschaftlichkeitsstudien entscheiden nicht nur darüber, ob der Reeder ein Schiff bestellt, sondern beeinflussen auch, welche Leistungsdaten das Schiff erhalten soll. Ein schnelleres Schiff wird beispielsweise eine höhere Transportleistung erbringen als ein langsames, aber auch einen höheren Treibstoffverbrauch und höhere Anschaffungskosten haben. Die unter den angenommenen Bedingungen (für Treibstoffkosten, Kapitalkosten usw.) theoretisch optimale Lösung (z.B. für die Dienstgeschwindigkeit eines Schiffes) kann man errechnen; häufig entscheiden aber auch die Anforderungen des Chartermarktes oder das „feeling“ des Reeders, welche Geschwindigkeit erreicht werden soll.

Beim Schiffsentwurf müssen darüber hinaus unveränderliche Randbedingungen beachtet werden: zulässige Tiefgänge für anzulaufende Häfen, Breite und Länge von Schleusen (PANMAX-Schiffe, die den Panama-Kanal durchfahren können, dürfen z. B. nur eine maximale Breite von 32,2 m haben), die Maße von Standardcontainern, die Geschwindigkeit bei Schiffen, die einen bestimmten Fahrplan einhalten sollen usw.

Zu den unveränderlichen Randbedingungen gehören auch die gesetzlichen Vorschriften für die Schiffssicherheit und den Umweltschutz und die Regeln der Klassifikationsgesellschaften (vgl. Anhang).

*Beispiele für Randbedingungen aufgrund von Kanalgrößen:*



<http://de.wikipedia.org/wiki/Suezmax>

Suezmax ist eine Größenangabe für Schiffe. Sie ist definiert durch die Durchfahrt durch den Sueskanal in beladenem Zustand. Der Sueskanal erlaubt im Tiefgang 18,9 m (62 ft), er wird bis 2010 auf 20,1 m (66 ft) vertieft. Daneben gibt es Begrenzungen für die Höhe (68 m) und Breite (70,1 m = 230 ft). Da es dort keine Schleusen gibt, existiert keine formale Begrenzung der Länge.

Sowohl bei Tankern als auch bei Containerschiffen ist in der Regel der Tiefgang der begrenzende Faktor. Bei Tankern entspricht *Suezmax* etwa 120.000 bis 200.000 tdw, bei Containerschiffen 12.000-13.000 TEU.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Panamax>

Panamax (gebräuchlich ist auch die Bezeichnung PanMax) ist ein Begriff aus der Schifffahrt und bezeichnet Schiffe, insbesondere Containerschiffe, die anhand ihrer Abmessung gerade noch durch die Schleusen des Panamakanals passen, die jeweils 1.000 ft (305 m) lang, 110 ft (33,5 m) breit und 85 ft (26 m) tief sind. Den Begriff Panamax gibt es nicht nur in der Containerschifffahrt. Es gibt z.B. auch Panamax-Bulker.

Ein Panamax-Schiff ist typischerweise um die 965 ft (294 m) lang, 106 ft (32,3 m) breit bei einem Tiefgang von 39,5 ft (12,04 m). Dies ist dann sehr eng bemessen und lässt kaum Spielraum für Fehler bei der Steuerung.



[http://www.rendsburg.de/touristik/nok\\_infomation.html](http://www.rendsburg.de/touristik/nok_infomation.html) (Nord-Ostsee-Kanal):

Tiefgang 9,5 m für Schiffe bis L = 160 m und B = 27 m bzw. bis L = 193 m und B = 20 m, darüber gestaffelte Beschränkung bis auf 7,0 m für max. L = 235 m und B = 32,5 m;

Höhe über dem Wasserspiegel 40,0 m;

Höchstgeschwindigkeit für Schiffe der Verkehrsgruppe 6 oder mit einem Tief-

gang von mehr als 8,5 m = 12 km/h (6,5 kn); für alle übrigen Schiffe = 15 km/h (8,1 kn)

### 1.6.3 Bestimmung der Hauptabmessungen

Für den allerersten Entwurf eines Handelsschiffes verwendet man Kennzahlen, die auf statistischer Grundlage gewonnen worden sind, oder greift auf die Werte bereits gebauter Schiffe zurück. Eine solche Kennzahl kann das für verschiedene Schiffstypen und Schiffsgößen annähernd bekannte Verhältnis zwischen Tragfähigkeit und Verdrängung sein. Aus der geforderten Tragfähigkeit kann man auf die benötigte Verdrängung schließen. Die Verdrängung kann benutzt werden, um unter Berücksichtigung von Schiffstyp und Geschwindigkeit die Hauptabmessungen Länge, Breite, Höhe und Tiefgang und den Blockkoeffizienten vorläufig festzulegen.

Der nächste Schritt ist die Ermittlung der annähernden Gewichte der Schiffsstruktur und aller Subsysteme. Ferner ist der Raumbedarf für die Subsysteme zu schätzen. Unter Berücksichtigung des für die Ladung vorgesehenen Gewichtes und Raumbedarfes kann man dann überprüfen, ob die Gewichts- und Raumbilanz für das Schiff mit der zuvor festgelegten Verdrängung und dem Gesamtvolumen noch übereinstimmt. Eventuell muss das Konzept korrigiert werden, bis ein Gleichgewicht hergestellt ist.

Nachdem man annehmbare Schätzwerte für Verdrängung, Volumen und Antriebsleistung ermittelt hat, ist es möglich, die Hauptabmessungen einschließlich ihrer Verhältnismerte sowie die Völligkeitsgrade zu überprüfen und eine geeignete Schiffsform zu wählen. In diesem Stadium des Entwurfes werden verschiedene mögliche Varianten von Hauptabmessungen und Formparametern überprüft und miteinander verglichen. Die Wahl unter diesen Varianten wird meist unter Kostengesichtspunkten getroffen, sei es nach der geringsten erforderlichen Antriebsleistung und damit den niedrigsten Treibstoffkosten, sei es nach den niedrigsten Baukosten. Aus den Hauptabmessungen und Formparametern wird unter Verwendung von Standardserien dann die erste Rumpfform abgeleitet. Hierfür gibt es geeignete Computerprogramme. Diese erste Rumpfform ist der Ausgangspunkt für die weitere hydrodynamische Feinarbeit.

### 1.6.4 Konzeptionelle Weiterentwicklung des Entwurfes

Gleichzeitig mit den ersten Schätzungen von Volumen und Verdrängung und der Ermittlung der erforderlichen Antriebsleistung muss die Wahl des Antriebssystems erfolgen, da dieses ein großer Posten in der Raum- und Gewichtsbilanz ist, andere Subsysteme beeinflusst und Auswirkungen für die Raumaufteilung hat. Bei der weiteren Raumaufteilung müssen für die Schottstellung Schiffsicherheitsanforderungen (Kollisionsschott, Leckstabilität) berücksichtigt werden. Die Notwendigkeit, Längsverbände im Decksbereich von vorne nach hinten fortlaufend durchzuführen zu können, muss beachtet werden.

Die Weiterentwicklung des Entwurfes erfolgt jetzt in der Weise, dass die Schiffsstruktur, die Raumaufteilung und die Subsysteme immer genauer ausgearbeitet werden. Alle diese Arbeiten müssen in den Gesamtentwurf integriert werden.

Durch die Detaillierung des Entwurfes werden die Gewichte und Volumina immer besser erfasst. In gewissen Abständen muss geprüft werden, ob sie noch mit dem Gesamtentwurf übereinstimmen. Ebenso müssen die Gewichtsschwerpunkte der einzelnen Komponenten und Bauteile ermittelt werden, damit man die Lage des Gewichtsschwerpunktes für das ganze Schiff feststellen kann. Da die Schiffsform inzwischen bekannt ist, können Stabilität und Trim des Schiffes errechnet werden. Möglicherweise muss der Entwurf dann verändert werden, um zu den notwendigen Werten zu gelangen.



### 1.6.5 Fertigungsgerechter Entwurf

Ein fertigungsgerechter Entwurf und eine fertigungsgerechte Konstruktion vermindern die Baukosten und erhöhen damit die Wettbewerbsfähigkeit der Werft. Insoweit kommen beispielsweise folgende Maßnahmen in Betracht:

**Berücksichtigung der Fertigungsmöglichkeiten der Werft:** Optimierung des Entwurfes in der Weise, dass so häufig wie möglich maximale Plattengrößen, die die Werft noch bearbeiten kann, verwendet werden. Schaffung der Voraussetzungen für Sektionsteilungen, die den Transportmöglichkeiten der Werft entsprechen.

**Verwendung von genormtem Material und standardisierten Bauteilen:** Standardisiertes Material erleichtert und verbilligt die Bezugsmöglichkeiten. Evtl. Schaffung von eigenen Normauswahlreihen zur Vereinfachung der Lagerhaltung. Standardisierung von Wiederholteilen. Erhöhung der Zahl der Wiederholteile, die für die Schiffsstruktur und den Rohrleitungsbau verwendet werden. Die beste Form der Standardisierung ist der Bau von Schiffen in Serien.

#### **Einfache Konstruktion:**

**Ungewöhnliche Materialien**, die schwer zu verarbeiten sind, sollten vermieden werden.

**Einfache geometrische Formen** sind leichter herzustellen. Deshalb ist ebenen Platten der Vorzug zu geben vor gekrümmten und einfach gekrümmten der Vorzug vor dreidimensional verformten Platten.

**Verminderung der Schweißnähte**, z. B. Verwendung von gekanteten Blechen für Schotte anstelle von mit Profilen versteiften Blechen.

**Erleichterung des Schweißens**, durch sorgfältige Detailkonstruktion können Schweißnähte so gelegt werden, dass Überkopfschweißen vermindert und automatisches Schweißen ermöglicht wird.

**Sorgfältige Gestaltung der Rohrleitungssysteme**, um möglichst kurze Leitungen mit wenigen Bögen zu erhalten.

**Einsatz modularer Systeme** für den Innenausbau, Modularisierung von Aggregaten (Pumpen usw.) im Maschinenraum.

**Unkompliziertes und übersichtliches Layout**, das guten Zugang für den Einbau, die Überwachung und den Ausbau von Aggregaten und Systemen ermöglicht.

### 1.6.6 Einsatz der Informationstechnik im Schiffsentwurf

Für den Schiffsentwurf stehen eine Reihe von Rechenprogrammen und Datenbasen zur Verfügung. Durch neuere Entwicklungen wurde es möglich, diese Programme so einzusetzen, dass sie miteinander kommunizieren können und Rechenergebnisse eines Programmes von einem anderen übernommen werden können.

Bis vor einigen Jahren waren die Computersysteme, die für den Schiffsentwurf eingesetzt wurden, von den Computersystemen, mit denen die Konstruktion „gezeichnet“ wurde (CAD), getrennt. Die CAD-Systeme lieferten zwar die Informationen für die Brennschneidemaschinen, stellten jedoch im Übrigen noch nicht alle Informationen zur Verfügung, die für die eigentliche Fertigung und ihre Planung und Steuerung notwendig sind. Moderne Entwicklungen zeigen ein immer stärkeres Zusammenwachsen aller Systeme, d. h. die Informationen, die beim Schiffsentwurf gewonnen werden, können im CAD-System weiterverarbeitet werden. Das CAD-System wird mit Informationen für die Fertigung angereichert. Seine Informationen werden für Zwecke der Arbeitsvorbereitung und Planung genutzt.

Für alle Teilschritte des Schiffsentwurfes können auf der Grundlage von zentralen Datenbanken und kompatibler Software Zulieferer und Dienstleister in den Entwurfsprozess mit einbezogen werden (verteilte Produktentwicklung).

Schiffe wurden nach überlieferter Handwerkskunst schon gebaut, als es noch keine gesetzlichen, behördlichen oder sonstigen Vorschriften über einzuhaltende Anforderungen im Hinblick auf ihre Beschaffenheit und Ausrüstung gab. In der Gegenwart ist beim Bau eines Schiffes eine Vielzahl von Vorschriften zu beachten, die aus verschiedenen Quellen stammen. Nachfolgend werden die wichtigsten Vorschriften, gegliedert nach ihrem Ursprung, genannt.

