

Strategisch-taktische Planung und Gestaltung von Produktionsnetzwerken für die schiffbauliche Fertigung mithilfe der Materialflusssimulation

Strategic-tactical Planning and Design of Production Networks in the Field of Ship Production Using Material Flow Simulation

Jan Sender, Benjamin Illgen, Fraunhofer-Einrichtung für Großstrukturen in der
Produktionstechnik IGP, Rostock (Germany), jan.sender@igp.fraunhofer.de,
benjamin.illgen@igp.fraunhofer.de

Abstract: The global seaborne transportation of goods is increasing continuously as well as the demand for cruises. Coincidentally, ordered ships become bigger without allowing a longer time-to-market. Therefore, dividing labour among different shipyards has turned into a common way to realise these large-scale projects. This practice leads to a wider range of manufacturing parameters compared to single factory production which stands in contrast to the shipyards comparatively low level of digitisation. On that account, a simulation platform has been developed to support the design and the strategic-tactical planning processes of production networks, fulfilling the branch-specific requirements. In this work the involved production sites were modelled separately, followed by the definition of interdependencies like capacity limits, strengths and weaknesses, the product hierarchy or delivery dates. Finally, the required spatial capacities for each site were defined, the division of labour was optimised, bought-in parts were determined and milestones were set.

1 Ausgangssituation

Der globale Handel nahm mit Ausnahme des Ausbruchs der Weltwirtschaftskrise im Jahre 2008 in den vergangenen Jahrzehnten stetig zu. Die OECD prognostiziert, dass sich dieser Trend auch zukünftig fortsetzen wird (Gurria und Mann 2016). Folgerichtig steigt auch der weltweite wassergebundene Warentransport – zu erkennen beispielsweise am anwachsenden Containerumschlag (RWI/ISL 2017) – und damit der Bedarf an Beförderungskapazität. Des Weiteren nimmt auch die Nachfrage an Kreuzfahrten jährlich zu (Deutscher Reiseverband 2014), sodass konstatiert werden kann, dass auch in Zukunft in Summe mit einer steigenden Zahl an Beauftragungen von Schiffneubauten zu rechnen ist, wobei hier auf Jahre bezogen von sehr starken Schwankungen auszugehen ist.

Da für viele Küstenstaaten der Schiffbau einen strategisch wichtigen Industriezweig darstellt, wird weltweit nach Maßnahmen gesucht, die eigene Position am umkämpften Markt zu finden, zu etablieren bzw. zu festigen. Dabei ist es besonders wichtig, ein hohes Maß an Flexibilität sicherzustellen, denn durch externe Faktoren wie Krisen, Technologieentwicklung in der Schiffstechnik, rechtliche Rahmenbedingungen oder die lange Lebensdauer heutiger Schiffe, lässt sich der Markt als sehr volatil charakterisieren.

Neben der klassischen Vergabe von Neubaufträgen an einzelne Werften erfolgt zunehmend eine Arbeitsteilung zwischen verschiedenen Werftstandorten, sodass hier von einer Auftragsbearbeitung in schiffbaulichen Produktionsnetzwerken gesprochen werden kann. Beispiele hierfür aus dem deutschen Raum sind die vier deutschen Fregatten F125 der Klasse „Baden-Württemberg“, welche durch ThyssenKrupp Marine Systems, die Friedrich Lürssen-Werft sowie durch Blohm+Voss Shipyards gefertigt werden. Repräsentant dieser Entwicklung ist auch die Werftengruppe MV-Werften, welche an insgesamt drei Standorten in Mecklenburg-Vorpommern Passagierschiffe unterschiedlicher Größenklassen arbeitsteilig bauen wird. Ein weiteres Beispiel bietet die Meyer Werft in Papenburg, welche zukünftig komplette schwimmfähige Maschinenraummodule in Rostock fertigen lassen will. Die Gründe hierfür liegen in dem Trend zur Beauftragung immer größerer Schiffe bei gleichbleibender Time-to-Market, sodass das Arbeitsvolumen aufgeteilt werden muss, um die vereinbarten Terminziele halten zu können. Weiterhin bietet die Arbeitsteilung die Möglichkeit für einzelne Standorte, sich auf Schiffsbereiche, z. B. das Maschinenraummodul, zu spezialisieren und somit weitere Produktivitätspotenziale zu erschließen.

Auf internationaler Ebene lässt sich zudem eine weitere Entwicklung ausmachen, welche zur Arbeitsteilung unter verschiedenen Werftstandorten führt. Aufgrund geringer werdender staatlicher Nachfrage im Feld des Militärschiffbaus, bedingt durch neue Methoden der Verteidigungstechnik, verteilen die auftraggebenden Nationen in jüngster Vergangenheit Schiffsneubauten in Form von Arbeitspaketen an mehrere Standorte. Die Beweggründe dafür liegen in der fairen Verteilung öffentlicher Aufträge sowie in der Aufrechterhaltung der nationalen Schiffbaukapazitäten durch gezielte Auftragsvergabe. Durch die steigenden technologischen Anforderungen an solche Sonderschiffe kann so – trotz geringer werdender Stückzahlen – eine gute Auslastung mehrerer Werftstandorte erreicht werden. Beispiele für diese Praxis finden sich derzeit in Großbritannien beim Bau des Flugzeugträgers „Queen Elizabeth“, an dessen Entstehung insgesamt sieben verschiedene Standorte mitwirken. An drei dieser Standorte wird zudem der britische Zerstörer des Typs „45“ produziert. Weitere Beispiele finden sich in den USA mit den U-Booten der „Virginia“ Klasse (zwei Produktionsstandorte) sowie den Zerstörern der „Zumwalt“ Klasse (drei Produktionsstandorte). Auch Frankreich setzt bei seinen Hubschrauberträgern der „Mistral“ Klasse auf die Fertigung in einem Produktionsnetzwerk, wobei zwei französische Standorte und eine polnische Werft involviert sind (Kulkarni 2015).

Die beschriebene Tendenz führt dazu, dass Werften bzw. Werftengruppen vor neuen planerischen Herausforderungen stehen, denen es durch geeignete Verfahren und Methoden zu begegnen gilt. Dieser Beitrag behandelt dabei den Ansatz der Materialflusssimulation zur organisatorischen, kapazitiven sowie technologischen Planung von schiffbaulichen Produktionsnetzwerken mit besonderer Betrachtung der

Realisierbarkeit von Produktionsaufträgen sowie etwaiger Ableitung von notwendigen Investitionsbedarfen.

2 Entwicklung der simulationsgestützten Planung in der Schiffbauindustrie

Der Schiffbau hat im Vergleich zu anderen Branchen wie der Automobilindustrie einen geringeren Digitalisierungsgrad in Planung und Betrieb der Produktion. Grund dafür sind die Randbedingungen der Branche wie z. B. die Unikatfertigung sowie die sehr hohe Komplexität der zu fertigenden Produkte. In den vergangenen Jahren fand jedoch ein Umdenken statt, sodass immer mehr moderne Verfahren und Methoden insbesondere aus dem Gebiet der Digitalen Fabrik Einzug in den Schiffbau hielten, darunter auch die Simulationstechnik. Hier nehmen besonders deutsche Werften eine Vorreiterrolle am Weltmarkt ein.

Zunächst sei an dieser Stelle das Simulation Toolkit Shipbuilding (STS) der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft genannt. Dabei handelt es sich um einen Bausteinkasten auf Basis der Software Siemens Tecnomatix Plant Simulation. Dieser ermöglicht die Modellierung und Simulation von Stahlbau- und Ausrüstungsprozessen einschließlich der relevanten Abhängigkeiten (Steinhauer 2011). In dem Projekt SimCoMar wurde das STS um verschiedene funktionelle Aspekte erweitert (Steinhauer und Meyer-König 2006). Ebenfalls auf dem STS fußte das Forschungsprojekt SIMoFIT, das sich mit der detaillierten Simulation von Ausbauprozessen befasste (König et al. 2007). Die Forschungsprojekte SIMGO, GeneSim und HEPP erweiterten das STS um mathematische Optimierungsmethoden bzw. um ein generisches Datenmanagement (Steinhauer und Wagner 2008; Steinhauer et al. 2011; Steinhauer et al. 2017). Letzteres wurde ebenfalls von Burnett et al. (2008) untersucht und auf Basis einer alternativen Software umgesetzt.

Ljubenkov et al. (2008) setzen mit ihrem Simulationsmodell auf der Plattform Enterprise Dynamics auf. Sie beschreiben den schiffbaulichen Produktionsplanungsprozess auf Ebene der Teilefertigung in Bezug auf Ressourcenbelegung und Auslastung sowie die Bereitstellung von Daten zur Entscheidungsfindung. Dahingegen wurde im Rahmen des Projekts SimYard ein Simulationstool entwickelt, das bei auftretenden Problemen in der schiffbaulichen Produktion, wie z. B. Terminverzug, die kostenoptimale Gegenmaßnahme mithilfe von Regressionsmethoden generiert (Dain et al. 2006). Im Gegensatz zu diesem globalen schiffbaulichen Ansatz steht bei der ereignisdiskreten Simulation des Projektes DESTINY speziell die Optimierung der Plattenbearbeitungsprozesse im Fokus. Das Modell wird dabei webbasiert durch eine überschaubare Zahl an Schritten zusammengestellt. Es werden Modernisierungsstrategien untersucht, Empfehlungen abgeleitet und die Vorzugsvariante abschließend visualisiert (Medeiros et al. 2000).

In jüngster Vergangenheit wurde im Rahmen des bereits erwähnten Verbundvorhabens HEPP eine simulationsgestützte Planungsplattform entworfen, die besonders in der Unikatfertigung, also auch und gerade im Bereich des Schiffbaus, einen Benefit bezüglich unzureichender Eingangsdaten erzielen soll. So wurde das Werkzeug AnteSim entwickelt, welches es ermöglicht, in frühen Phasen der Planung die noch unvollständigen Datensätze mit zusätzlichen Informationen anzureichern, bevor eine Simulation durchgeführt wird. Zudem wurde ein Algorithmus zur

Quantifizierung von Unschärfen konzipiert, sodass Korridorszenarien je nach Datengüte erstellt werden können (Steinhauer et al. 2017).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die wissenschaftlichen Publikationen sich ausschließlich auf die Planung der Produktion an einem Standort konzentrieren. Verteilte Produktionssysteme im Bereich der schiffbaulichen Fertigung sind in den wissenschaftlichen Untersuchungen bisher noch nicht behandelt worden.

Außerhalb des Themenfeldes Schiffbau lassen sich einzelne wissenschaftliche Ansätze zur Simulation von Produktionsnetzwerken finden. Diese beziehen sich jedoch auf die Idee eines Großkonzerns, also auf hierarchisch aufgebaute Produktionssysteme, wobei jeder Standort eine feste Aufgabe hat bzw. ein Zulieferprodukt einer unteren Ordnung als Output generiert. Dabei wurden Auswirkungen von Entscheidungs-Wirkungs-Beziehungen innerhalb der internen Lieferketten untersucht, sodass keine Materialflusssimulation zur Anwendung kam (Lanza und Book 2010; Nayabi 2005).

Das hier im Fokus stehende Simulationswerkzeug bildet ein ganzheitliches Konzept für die Schiffsfertigung innerhalb von Produktionsnetzwerken ab. Dies bringt z. B. mit sich, dass Produktkomponenten gleicher Ordnung auf verschiedene Standorte gleicher Hierarchieebene aufgeteilt werden müssen. Somit potenziert sich der Parameterraum, da nicht nur Abhängigkeiten innerhalb der Fertigungsstufen einer Werft, sondern auch zwischen den betrachteten Standorten bestehen. So ist beispielsweise das Produktionsprogramm, welches ein einzelner Standort abzuarbeiten hat, im Vorfeld nicht fest definiert, da der Material Break Down – also die Einteilung des zu fertigenden Schiffes in einzelne Baugruppen – und dessen Standortverteilung Teil der Simulationsoptimierung ist.

3 Simulation von Produktionsnetzwerken in der schiffbaulichen Fertigung

Das durch die Fraunhofer-Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik (IGP) entwickelte Simulationswerkzeug basiert auf der Siemens PLM Software Tecnomatix Plant Simulation und wurde bereits mehrfach bei Werftplanungsprojekten im internationalen Umfeld eingesetzt. Auf Basis der zunehmenden Anzahl von Projekten mit dem Charakter von Produktionsnetzwerken wurde mithilfe der ereignisdiskreten Simulation ein Ablaufmodell zum Zwecke der Planungsoptimierung abgeleitet, um den damit verbundenen Anforderungen gerecht zu werden. Den strukturellen Aufbau des Simulationswerkzeuges zeigt Abbildung 1 schematisch.

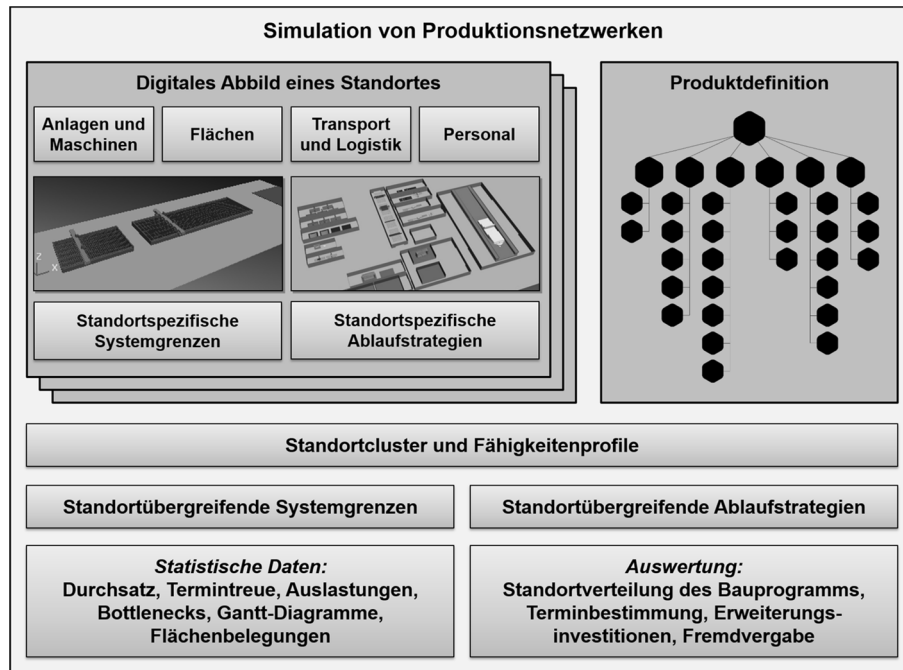


Abbildung 1: Struktureller Aufbau des Simulationswerkzeugs

In der ersten Phase der Modellbildung werden die Produktionsstandorte mit ihren jeweiligen Kapazitäten erzeugt. Dabei muss die Produktionsstruktur in das Simulationsmodell übersetzt werden. Diese umfasst den Maschinen- und Anlagenpark, Montageflächen sowie Puffer und Lagerflächen. Die zugrunde liegende Software stellt hierfür spezielle Bausteine wie Einzelstationen oder Montagestationen zur Verfügung. Diese werden über verschiedene Materialflusselemente und quelltextbasierte Steuerungen miteinander verbunden, sodass ein realitätsnaher Materialfluss erstellt werden kann. Da die Entwicklung der Basissoftware vor allem durch die Automobilindustrie getrieben ist, ergibt sich allerdings die Notwendigkeit, zusätzlich schiffbauspezifische Bausteine zu entwickeln, da die branchenspezifischen Gegebenheiten mit den Standardelementen nicht hinreichend abgebildet werden können. So wurde zum Beispiel eine Montagefläche implementiert, auf der Sektionen und Module je nach Verfügbarkeit der Fläche angeordnet werden. Dementsprechend muss keine absolute Bauplatzanzahl definiert werden. Die jeweilig zur Verfügung stehende Kapazität wird vielmehr durch die Abmaße der Bearbeitungsobjekte determiniert. Des Weiteren wurde die Software um schiffbautypische Produktionsstrategien erweitert. So beginnt im Schiffbau ein Montageprozess nicht erst bei der Verfügbarkeit von den ersten beiden Montageobjekten, sondern die Bearbeitung beginnt schon mit dem Ausrichten der ersten bereitgestellten Baugruppe, sodass der Prozess ohne das Vorhandensein des zweiten Montageobjektes beginnt. Ein weiteres Beispiel für diese Strategien bilden die Montageparallelitäten. So erfolgt beispielsweise die Bearbeitung in der Dockmontage nicht sequentiell, sondern – abhängig vom jeweiligen Baufortschritt – überlappend. Auch beschränkende Parameter wie Torgrößen oder maximal verarbeitbare Materialstärken werden den Fertigungsentitäten hinterlegt.

Sind die einzelnen Produktionskapazitäten definiert, werden zudem Transportmittel und Mitarbeiter quantitativ und qualitativ bestimmt. Auch auf diesem Feld wurden schiffbauliche Besonderheiten in das Modell implementiert. Ein Beispiel hierfür ist die Haltezeit. Ist ein Transport üblicherweise abgeschlossen und ist das Transportmittel somit wieder frei, bevor mit der Bearbeitung eines Bauteils begonnen wird, so halten Krane im Schiffbau Baugruppen auch noch während der eigentlichen Montage in Position, bis die Verbindung eine ausreichende Stabilität aufweist. Das Transportmittel wird also erst nach Bearbeitungsbeginn wieder freigegeben. Als Ergebnis der zuvor beschriebenen Modellierungsphase liegen die Produktionsstandorte mit ihrem jeweiligen Kompetenzprofil in digitaler Form vor.

Den nächsten Schritt stellt die Definition des Produktionsprogramms dar. Hierfür wird aus Konstruktionsdaten eine Produktstruktur abgeleitet. Aus Gründen der Simulationsperformanz und der verfügbaren Datengranularität bilden zumeist Platten und Profile die unterste Ebene in dieser Hierarchie. Dem sich daraus ergebenden Strukturbaum müssen darauffolgend Arbeitspläne zugewiesen werden. Dazu zählen anfallende Bearbeitungsschritte, den dafür erforderlichen Anlagentyp sowie Bearbeitungs- und Liegezeiten. Diese resultieren entweder aus Projektplänen oder werden produktparameterabhängig bestimmt, sofern geeignete Produktivitätskennzahlen vorliegen.

Nach Abschluss der produkt- und produktionsseitigen Definition des Modells erfolgt dann die eigentliche Verknüpfung des Produktionsnetzwerkes. Hierbei werden gleichartige Anlagen bestimmt und gegebenenfalls mit einem Produktivitätsfaktor gewichtet. Die Produkteigenschaften der Erzeugnisstruktur werden mit den Produktparametergrenzen der jeweiligen Fertigungskapazität abgeglichen und so nötige fixe Zuordnungen von Baugruppen zu Standorten vorgenommen. Gleiches geschieht auch durch Analyse der Arbeitspläne nach notwendigen Anlagentypen. Anschließend können Präferenzen festgelegt werden, sodass Stärken von einzelnen Standorten gezielt genutzt werden können. Beispielsweise kann – abhängig von vergangenen Aufträgen und Erfahrungen des Personals – ein Standort deutlich mehr Kompetenzen auf bestimmten Themengebieten vorweisen, ohne dass sich dies in der Produktionsstruktur niederschlägt. Der Bau gekrümmter Schiffsstrukturen ist hierfür ein typisches Beispiel. Aus diesen Vorbetrachtungen ergibt sich eine erste Material- bzw. Baugruppenverteilung auf die jeweiligen Standorte und bildet somit die Ausgangsbasis für den eigentlichen Simulationsvorgang.

Für eine optimale Aufteilung des Produktionsprogrammes auf die Standorte müssten alle möglichen Baugruppe-Standort-Kombinationen simuliert werden. Da die Bauteilanzahl eines Schiffes, selbst wenn bis auf die Ebene der Platten und Profile abstrahiert wird, nicht selten fünfstellig ist, wird auf diese Vorgehensweise in den meisten Fällen verzichtet, da die nötige Rechenzeit nicht vertretbar erscheint. Daher wird sich in der Regel impliziten Expertenwissens bedient, um eine sinnvolle Verteilung der nicht fix zugeteilten Baugruppen vorzunehmen. Hierbei fließen Aspekte wie die Überführung von Sektionen über Land oder Wasser in die Überlegungen ein. Erste Ansätze zur programmseitigen Unterstützung sind bereits implementiert. So findet vor Simulationsbeginn z. B. eine Plausibilitätsprüfung dahingehend statt, ob eine über Wasser zu transportierende Einheit schwimmfähig ist (Lückenlosigkeit, Vollständigkeit des Rumpfteils). Im Regelfall werden für die Standortverteilung verschiedene Szenarien aufgestellt, die anschließend nacheinander simuliert werden, indem die einzelnen Kapazitäten entsprechend der definierten Rahmenbedingungen belastet werden. Hierbei werden die besonderen Potenziale der Simulation deutlich.

So werden die reihenfolgebedingten Abhängigkeiten, die zu unerwünschten Liegezeiten führen können, realitätsgetreu abgebildet. Auch die Auswirkungen von Engpässen eines Standortes auf einen anderen werden durch die Simulation beachtet. Diese Interdependenzen lassen sich mit statischen Kalkulationsverfahren nicht abbilden.

Im Anschluss an jeden Simulationslauf werden die Ergebnisse der Simulation wie Durchlaufzeit, Termintreue, Anlagen- und Flächenauslastungen oder Bestände im Microsoft Excel Format exportiert. Durch die entwickelte Software wird dabei schon mithilfe einer farblichen Kennzeichnung eine vergleichende Auswertung der Szenarien vorgenommen, obgleich die endgültige Auswahl eines Vorzugsszenarios dem Planer obliegt. Sollten die Terminziele in keinem Szenario erreicht werden, bedarf es weiterführender Betrachtungen. Sind beispielsweise verschiedene Anlagen des gleichen Typs ungleichmäßig ausgelastet, weist die Software darauf hin und schlägt eine Standortumverteilung vor, die vom Planer angenommen, modifiziert oder abgelehnt werden kann. Des Weiteren kann der Planer Erweiterungsinvestitionen in das Modell einpflegen und mit diesen erneute Simulationsläufe durchführen oder aber das Schichtregime anpassen, um die Zielvorgaben zu erreichen. In letzter Instanz kann die Simulationsoption der Fremdvergabe gewählt werden. Hierbei führt die Software automatisch Iterationsschleifen durch, bei denen schrittweise Baugruppen einer zuvor gewählten Hierarchieebene aus dem Produktionsprogramm entfernt werden, bis die gesetzten Terminziele erreicht werden. Diese Baugruppen werden dann als Fremdvergaben markiert.

4 Anwendung des entwickelten Simulationsansatzes

Die Ausgangsbasis des in der Folge betrachteten Beispielprojektes bildeten zwei Werftstandorte mit bestimmtem Ressourcen- bzw. Kompetenzprofil, in dem jedoch auch bereits ausgelöste Erweiterungsinvestitionen Berücksichtigung gefunden haben. Außerdem wurde durch den Auftraggeber ein Bauprogramm zur Verfügung gestellt, welches zum Planungszeitpunkt noch nicht vollends auskonstruiert war. Demzufolge standen nicht alle Eingangsdaten für die Simulation initial zur Verfügung. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden Typenvertretersektionen an denjenigen Stellen bestimmt, an denen mit großer Sicherheit eine Vorhersage zu treffen war. Dies ist besonders bei geraden, wenig verformten Volumenkörpern der Fall. Dahingegen wurden im Bereich der gekrümmten Strukturen Daten von in der Vergangenheit gefertigten Schiffen verwendet. Die Aufteilung der Arbeitsinhalte auf die Produktionsstandorte wurde von einer Gruppe von erfahrenen Mitarbeitern erarbeitet. Dabei wurde ein Szenario erarbeitet, welches simulativ bewertet werden sollte. Von den Wissensträgern wurden dabei die zeitintensiven, gekrümmten Strukturen, welche sich besonders im Vor- und Achterschiffsbereich befinden, als elementarer Erfolgsfaktor ausgemacht. So wurde die Krümmung der Baugruppen als erstes Verteilungskriterium der Sektionen angewandt.

Auf Grundlage dessen wurden mehrere Simulationsläufe mit jeweils kleineren Anpassungen durchgeführt (Variation des Schichtsystems, Erhöhung der Transport- und Mitarbeiterverfügbarkeiten oder jahreszeitbedingten Produktivitätsschwankungen). Als Resultat jeder Iterationsschleife ergab sich, dass das Terminziel mit den gegebenen Ressourcen und Kapazitäten deutlich verfehlt werden würde, da die Konservierungskapazitäten beider Standorte in Summe nicht ausreichend dimensioniert sind. Um diesen Engpass aufzulösen wurde – wiederum in einem iterativen

Prozess – die Strategie der Standortkonservierung eingeführt. Dabei werden zu beschichtende Baugruppen am Errichtungsplatz eingehaust und vor Ort konserviert. Dieses Vorgehen führte dazu, dass sich der Engpass auf die Montageflächen für Volumenkörper verschoben hat. Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten der Werften sollten weitere als die bereits inkludierten Erweiterungsinvestitionen in Form von Hallenneubauten nicht in Betracht gezogen werden. So ist es grundsätzlich die Prämisse, auftragspezifische Investitionen zu vermeiden, da sich die zu fertigenden Schiffstypen im Zeitverlauf stark unterscheiden. Um dennoch die angestrebten Zielstellungen zu erreichen, mussten dementsprechend gewisse Teile des Produktionsprogramms fremdvergeben werden. Dafür wurden in der Folge wiederholt Simulationsläufe durchgeführt, wobei schrittweise Sektionen aus der Produktion ausgelagert wurden, bis der Engpass aufgelöst und das Terminziel erreicht werden konnte. Die ermittelte Standortverteilung des Produktionsprogramms ist in Abbildung 2 dargestellt. Es wird deutlich, dass dem Standort A die gekrümmten Strukturen des Vor- und Achterschiffes zugeordnet wurden, während die Sektionen des Mittschiffes am Standort B verortet sind. Da das betrachtete Produktionsnetzwerk nicht die kapazitive Beschaffenheit aufweist, um die gegebenen Zielgrößen zu erreichen, wurden darüber hinaus Teile des Mittschiffes sowie das Deckshaus als zuzukaufende Baugruppen gekennzeichnet.

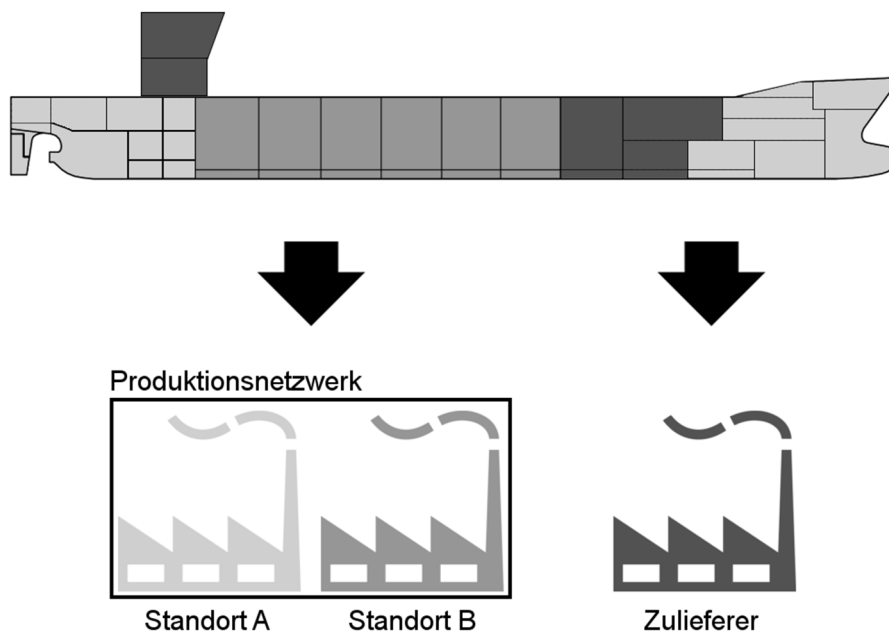


Abbildung 2: Standortverteilung des zu fertigenden Schiffes

5 Zusammenfassung

Das beschriebene Simulationswerkzeug wendet die klassischen Elemente der Materialflusssimulation auf den Sonderfall der schiffbaulichen Unikatfertigung

innerhalb eines Produktionsnetzwerkes an. Hierbei ist es die Herausforderung, den mit steigender Anzahl von Standorten exponentiell anwachsenden Parameterraum zu beherrschen. Hier versagen sowohl statische Kalkulationen als auch die üblichen Materialflusssimulationen. Das entwickelte Werkzeug strukturiert genau diese Parameter, verknüpft sie logisch und bereitet Planungsentscheidungen vor und optisch auf. Als Benefit kann die Simulationssoftware einen Beitrag zur Meilensteinplanung sowie zur durchlaufzeitoptimierten Verteilung der Produktkomponenten auf die verschiedenen Standorte unter Berücksichtigung verschiedener Baumethodiken bzw. Fertigungsstrategien sowie in letzter Instanz unterschiedlicher Investitionsszenarien leisten. Auch bei der Bestimmung fremd zu vergebender Baugruppen und deren Lieferzeitpunkten kann die Simulation den Planer unterstützen. Darüber hinaus hilft sie dabei, vorherrschende Interessenskonflikte, die häufig zwischen Standorten innerhalb eines Produktionsnetzwerkes existieren, mit objektiven Daten zu unterlegen.

Literatur

- Burnett, G.A.; Medeiros, D.J.; Finke, D.A.; Traband, M.T.: Automating the development of shipyard manufacturing models. In: Mason, S.J.; Hill, R.; Moench, L.; Rose, O.; Jefferson, T.; Fowler, J.W. (Hrsg.): Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference (WSC), Miami (USA). 2008, S. 1761-1767.
- Dain, O.; Ginsberg, M.; Keenan, E.; Pyle, J.; Smith, T.; Stoneman, A.; Pardoe, I.: Stochastic Shipyard Simulation with SimYard. In: Perrone, L.F.; Wieland, F.P.; Liu, J.; Lawson, B.G.; Nicol, D.M.; Fujimoto, R.M. (Hrsg.): Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference (WSC), Monterey (USA). 2006, S. 1770-1778.
- Deutscher Reiseverband (DRV) – CLIA Global Report 2014. <https://www.driv.de/fachthemen/schiff/detail/mehr-als-22-millionen-kreuzfahrtpassagiere-weltweit.html>. Letzter Zugriff am 09.07.2017.
- Gurria, A.; Mann C.L.: Escaping the Low-Growth Trap? Effective Fiscal Initiatives, Avoiding Trade Pitfalls. OECD Economic Outlook No. 100, 2016.
- König, M.; Beißert, U.; Steinhauer, D.; Bargstädt, H.J.: Constraint-based simulation of outfitting processes in shipbuilding and civil engineering. In: Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation, Ljubljana (SVN). 2007, S. 1-11.
- Kulkarni, P.R.: Review of Global Naval Shipbuilding Trends and Lessons for Indian Shipbuilding Industry. Maritime Affairs: Journal of the National Maritime Foundation of India 11 (2015) 1, S. 116-132.
- Lanza, G.; Book, J.: Modellierung und Simulation von Wertschöpfungsnetzwerken unter Berücksichtigung realer Entscheidungsstrukturen durch die Verwendung von Software-Agenten. In: Zülch, G.; Stock, P. (Hrsg.): Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 389-396.
- Ljubenkov, B.; Dukic, G.; Kuzmanic, M.: Simulation Methods in Shipbuilding Process Design. Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering 54 (2008) 2, S. 131-139.
- Medeiros, D.J.; Traband, M.; Tribble, A.; Lepro, R.; Fast, K.; Williams, D.: Simulation based design for a shipyard manufacturing process. In: Joines, J.A.; Barton, R.R.; Kang, K.; Fishwick P.A. (Hrsg.): Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference (WSC), Orlando (USA). 2000, S. 1411-1414 vol. 2.

- Nayabi, K.: Gestaltung und Optimierung von Produktions- und Logistiknetzwerken mit Hilfe von IT-unterstützter Simulation. Conference Paper, Internationale Fachmesse für Distribution, Material- und Informationsfluss (LogiMAT), Stuttgart, 2005.
- RWI/ISL – Containerumschlag-Index. <http://www.rwi-essen.de/containerindex>.
Letzter Zugriff am 09.7.2017.
- Steinhauer, D.: The Simulation Toolkit Shipbuilding (STS) – 10 years of cooperative development and interbranch applications. In: Proceedings of the 10th Euro-Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries (COMPIT), Berlin, 2011, S. 453-465.
- Steinhauer, D.; Meyer-König, S.: Simulation Aided Production Planning in Block Assembly, In: Proceedings of the 5th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries (COMPIT), Oegstgeest, 2006, S. 96-102.
- Steinhauer, D.; Wagner, L.: Simulationsgestützte Optimierung in der schiffbaulichen Produktionsplanung. In: Rabe, M. (Hrsg.): Advances in Simulation for Production and Logistics Applications. Stuttgart: Fraunhofer IRB 2008, S. 459-467.
- Steinhauer, D.; Hübler, M.; Wagner, L.; Esins, E.; Pester, P.; Friedewald, A.; Wandt, R.: GeneSim - Generisches Daten- und Modellmanagement für die schiffbauliche Produktionssimulation. Statustagung Schifffahrt und Meerestechnik, Rostock, 2011, S. 7-23.
- Steinhauer, D.; Habenicht, I.; König, M.; Hilfert, T.; Lödding, H.; Friedewald, A.; Sikorra, J.N.; Haux, M.A.; Hübler, M.; Roppelt, A.: Hocheffiziente, digitale Produktionsplanung für Prototypenkompetenz. Schiff & Hafen 4 (2017), S. 32-37.