

Hocheffiziente, digitale Produktionsplanung für Prototypenkompetenz

HEPP-Projekt Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Werften im Segment Spezialschiffbau zu erhalten, muss auch zukünftig die sichere Einhaltung von Lieferterminen bei Minimierung des Ressourcenaufwandes gewährleistet werden. Dabei fällt der Produktionsplanung eine entscheidende Rolle zu. Im Rahmen des Verbundvorhabens HEPP wurden Methoden zur Aufbereitung, Prüfung und Verbesserung von Planungsgrundlagen entwickelt, um eine durchgängige simulationsgestützte Produktionsplanung für Prototypen zu ermöglichen.

Dirk Steinhauer, Dr. Ilka Habenicht, Prof. Dr.-Ing. Markus König, Thomas Hilfert, Prof. Dr.-Ing. habil. Hermann Lödding, Dr.-Ing. Axel Friedewald, Jan Niklas Sikorra, Moritz Alexander Haux, Michael Hübler, Andreas Roppelt

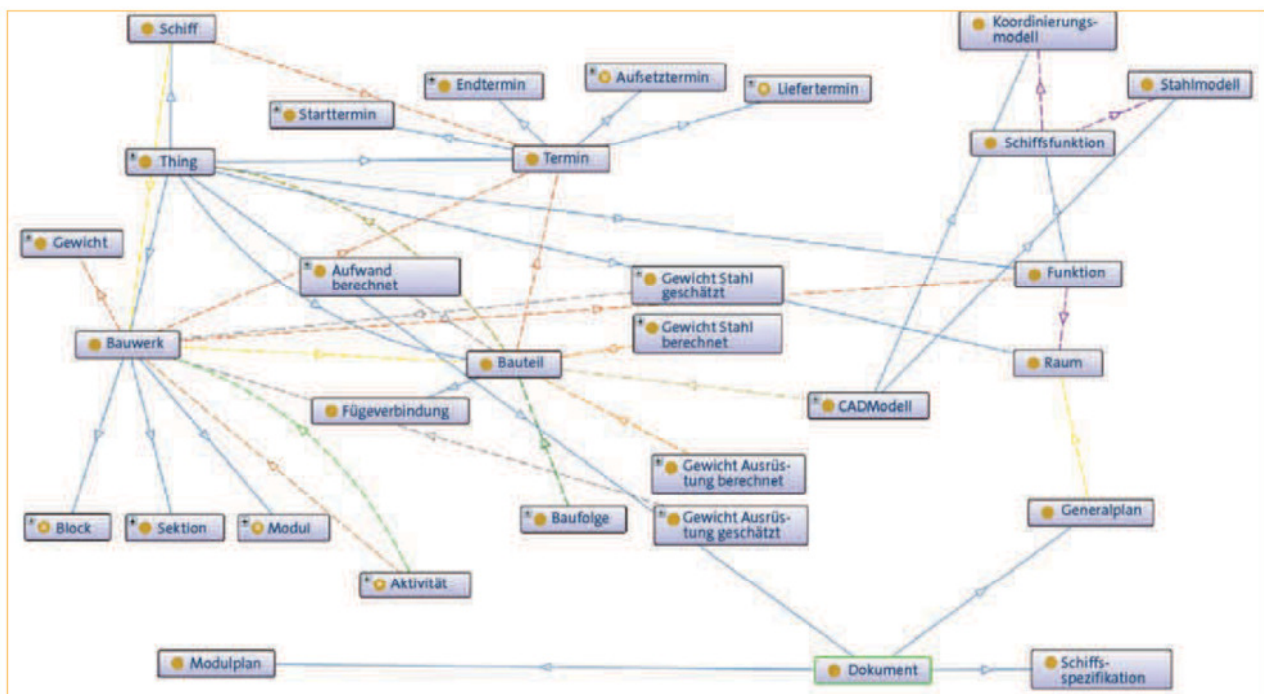


Abb. 1: HEPP-Ontologie für frühe Planungsphasen

Spezialschiffe dominieren seit einigen Jahren die Auftragsbücher der deutschen Werften. Aufgrund seiner technologisch führenden Rolle ist der deutsche Schiffbau in diesem Markt noch wettbewerbsfähig. Jedoch stoßen internationale Wettbewerber zunehmend in den Spezialschiffbau vor. Bei der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit nimmt die Produktionsplanung eine Schlüsselrolle ein.

Durch eine durchgängige, digitale Produktionsplanung wird die Planungssicherheit signifikant ausgebaut. Zentrale Bestandteile einer digitalen Produktionsplanung sind eine einheitliche Plattform

zur Vernetzung verschiedener Informationsquellen und die Simulation. [1]

Der Spezialschiffbau ist gekennzeichnet durch eine geringe Seriengröße, viele Schiffe werden als Unikat gebaut. Die Prototypkompetenz einer Werft spielt im Spezialschiffbau daher eine entscheidende Rolle. In der frühen Planungsphase der schiffbaulichen Unikatfertigung steht die Produktionsplanung vor den Herausforderungen einer unzureichenden Datengrundlage, -verfügbarkeit und -qualität. So sind notwendige Planungsdaten nicht vorhanden, unvollständig oder unzureichend detailliert. Aufgrund der Verwendung von Er-

fahrungs- und Schätzwerten sind Daten mit Unschärfen behaftet. Hierdurch wird die Planungssicherheit reduziert. Zudem sind Planungsdaten häufig nicht strukturiert und liegen verteilt über mehrere IT-Systeme vor. Dies verursacht Inkonsistenzen und führt somit zu zusätzlichen Arbeiten. Dadurch existiert ein Zielkonflikt zwischen der Minimierung des Planungsaufwands bei gleichzeitiger Steigerung der Aussagekraft der Planung und der Wahl eines günstigen Detaillierungsgrades.

Insbesondere die simulationsgestützte Produktionsplanung ist geeignet, Lieferzeiten abzusichern sowie potenzielle Ressour-

cenengpässe zu identifizieren und zu überwinden. Um jedoch die Leistungsfähigkeit der Simulation voll nutzen zu können, werden umfangreiche Eingangsdaten zum Produkt, den Produktionsprozessen, den Ressourcen und weiteren Randbedingungen benötigt. Aus diesem Grund wird die Simulation bisher in der frühen Phase nur partiell genutzt.

Ziel des Verbundvorhabens HEPP war die Entwicklung von Methoden zur Aufbereitung, Prüfung und Verbesserung von Planungsgrundlagen, um eine durchgängige simulationsgestützte Produktionsplanung für Prototypen zu ermöglichen. Dafür wurden folgende Methoden und Werkzeuge entwickelt:

- › digitale Plattform zum vernetzten Informationsaustausch,
- › Werkzeug zur Aufbereitung von Planungsdaten für die Simulation,
- › Generatoren zur Erzeugung von Bauteildaten und Produktionsplänen,
- › Konzept zur Integration von Unsicherheiten in die Simulation.

Folgende Partner bildeten das Konsortium des Verbundvorhabens HEPP:

- › Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH & Co. KG (Koordinator),
- › Meyer Werft GmbH,
- › Center of Maritime Technologies e.V.,
- › SimPlan AG,
- › Ruhr-Universität Bochum (Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen),
- › Technische Universität Hamburg (Institut für Produktionsmanagement und -technik).

Im Rahmen dieses Beitrags werden zunächst die entwickelten Demonstratoren beschrieben und nachfolgend deren Anwendung und Zusammenwirken anhand von zwei exemplarischen Planungsszenarien erläutert.

Digitale Plattform zum vernetzten Informationsaustausch

Komplexe Systeme mit tief verschachtelten Zusammenhängen in ein Datenformat zu

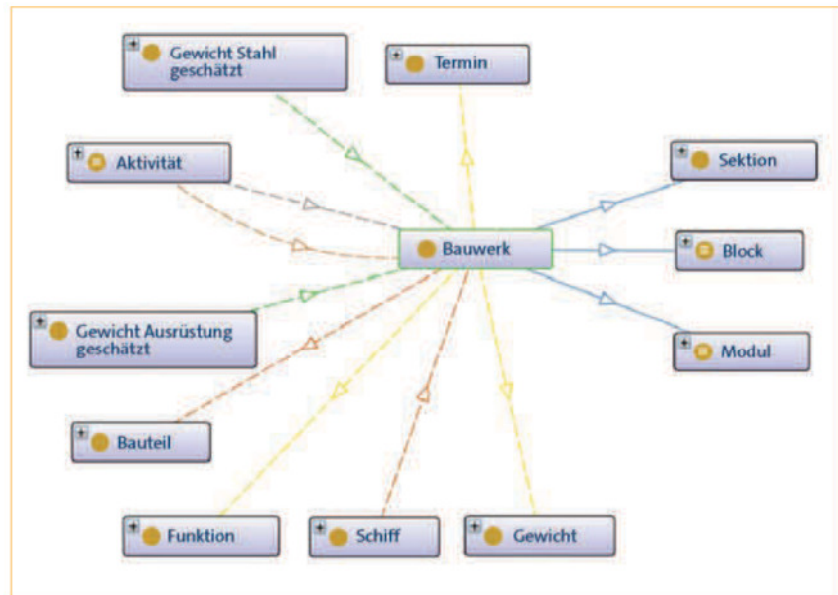


Abb. 2: Ausschnitt aus der HEPP-Ontologie

konvertieren, das gleichweg dynamisch und dennoch strukturiert ist, stellt eine große Herausforderung dar. Im ersten Schritt des HEPP-Projektes wurden hierzu alle verfügbaren und notwendigen Planungsdaten, die in verschiedenen Planungsphasen verfügbar sind, analysiert. Die resultierenden Planungsdaten wurden anhand ihrer Bedeutung für die Produktionsplanung klassifiziert.

Komplexe Abhängigkeiten zwischen heterogenen Informationen können mithilfe einer Ontologie beschrieben werden. Eine Ontologie beschreibt die Zusammenhänge zwischen einzelnen Komponenten unter Verwendung einer Graphenstruktur [1]. Abbildung 1 zeigt die komplexen Zusammenhänge der Ontologie, der relevanten Planungsdaten einer frühen Entwurfsphase. Jedes Rechteck bezeichnet eine Entitätsklasse, während uni- und bidirektionale Verknüpfungen zwischen den Klassen mit verschiedenfarbigen Linien kenntlich gemacht sind.

Die Abbildung 2 zeigt einen Teilausschnitt der Ontologie. Die Planung orientiert sich anhand Fertigung einzelner

Bauwerke, wie z.B. Blöcke, Module und Sektionen. In frühen Phasen erfolgt die Produktionsplanung unter anderem anhand der geschätzten Gewichte für den Stahlbau und die Ausrüstung sowie der Funktion des Bauwerks. Darauf sind einzelne Aktivitäten zu definieren, für die mithilfe der Simulation Termine berechnet werden können. Die Ontologie beschreibt nur alle möglichen Verknüpfungen zwischen wesentlichen Informationen. Für jedes Bauwerk sind dann einzelne Instanzen zu bilden und die Verknüpfungen zu konkreten Informationen, wie z.B. Gewichten, aufzubauen. Auf Basis der Verknüpfungen kann zum Beispiel die Konsistenz und Vollständigkeit der vorhandenen Planungsdaten geprüft werden.

Auf Basis der Ontologie werden die Planungsdaten aus den vorhandenen Systemen der Werften extrahiert, verknüpft und in einer relationalen Datenbank gespeichert. Die Verknüpfung und Verwaltung der relevanten Planungsdaten basiert ausschließlich auf der zuvor definierten Ontologie. Mithilfe von verfügbaren >

SHIP DESIGN & CONSULT GMBH, HAMBURG
NAVAL ARCHITECTURAL CONSULTANT AND CALCULATION SERVICES

Services › Efficiency optimisation › Draught increase calculation › Lightship surveys › Stability calculation	Design › Custom made concept designs › Feasibility studies › LNG driven vessels › Scrubber refit	Construction › FEM strength calculation › Steel construction › Sea fastening › Conversions
--	---	---

www.shipdesign.de > info@shipdesign.de

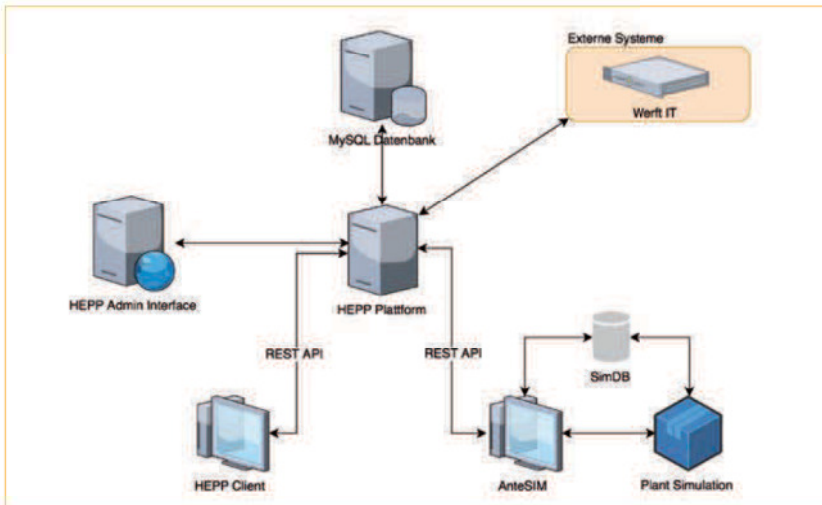


Abb. 3: Übersicht HEPP-Plattform

Softwarewerkzeugen kann die Ontologie auf die speziellen Bedürfnisse der Werften angepasst werden [2]. Die Ontologie bildet ebenfalls die Regelbasis für die weitere Bewertung der Planungsdaten.

Zur Anbindung der vorhandenen Informationssysteme der Werften, zur Verknüpfung der Planungsdaten und zur Bereitstellung der verknüpften Planungsdaten für Systeme der Produktionsplanung wurde die HEPP-Plattform konzeptioniert und prototypisch evaluiert. Die Abbildung 3 zeigt den Aufbau der gesamten HEPP-Plattform mit allen derzeit integrierten Softwarekomponenten und Datenbanken.

Die zentrale HEPP-Plattform stellt eine REST-konforme API zur Verfügung, welche mit vielen Bibliotheken und System standardisiert angesprochen werden kann. Mit dem HEPP-Client können neue Projekte und Planungsstände gelegt, Importe und Exporte durchgeführt sowie bereits beste-

hende Daten modifiziert werden. Zusätzlich wird den Planern über das HEPP-Admin Interface eine einfache Webanwendung bereitgestellt, mit der bestimmte Kennzahlen und Performanceindikatoren, wie z.B. der Status von Terminen für Bauwerke, schnell abgefragt werden können.

Integration von Unschärfen

Unschärfen sind ein charakteristisches Merkmal der Produktionsplanung in der Unikatfertigung [4]. Sie reduzieren die Planungsgenauigkeit und beeinflussen die Qualität und Robustheit der Produktionsplanung signifikant [5]. Ein Teilziel des Forschungsprojekts war es daher, Transparenz über die Unschärfen, ihre Auswirkungen und Ursachen zu schaffen, damit diesen gezielt begegnet werden kann.

In Experteninterviews wurde zunächst analysiert, in welchem Umfang die Produkt-, Prozess- und Ressourcendaten mit

Unschärfen behaftet sind und wie deren Ausprägung je nach Planungsphase und -fortschritt variiert. Die Planungsdaten streuen dabei innerhalb bestimmter Wertebereiche. Als Beispiel wurden die geschätzten Gewichte für Stahlbau und Ausrüstung sowie die davon abhängigen Auftragszeiten für die Montage einzelner Produktkomponenten als unscharfe Planungsdaten identifiziert. Weiterhin wurde die Korrelation zwischen der Qualität der Eingangsdaten und der Ausprägung der Unschärfen untersucht. Als Ergebnis wurde die Datenqualität als Kennzahl zur Bewertung der Unschärfen ausgewählt. Die Datenqualität erfasst, inwieweit die Planungsdaten die Anforderungen der Planung hinsichtlich ausgewählter Merkmale erfüllen (vgl. [6]). Die Fachabteilungen bewerten die Eingangsdaten anhand der Qualitätsmerkmale Genauigkeit, Vollständigkeit, Glaubwürdigkeit und Objektivität.

Um Expertenwissen abbilden und in Kennzahlen übertragen zu können, wurde ein Fuzzy Modellierungsansatz gewählt. Zur Beschreibung der unscharfen Planungsdaten wurden Zugehörigkeitsfunktionen verwendet. Eine Zugehörigkeitsfunktion wird durch den vorgegebenen Wertebereich der unscharfen Planungszahl und den durch den Planer angenommenen Wert definiert.

Die Auswirkungen der Unschärfen wurden mit Simulationsstudien untersucht. Die Simulation kann allerdings nur auf Basis konkreter Werte erfolgen. Die unscharfen Planungsdaten müssen somit wieder in Eingangsdaten umgewandelt werden, die in der Simulation verwendet werden können. Im Rahmen des Vorhabens HEPP wurde dafür ein Fuzzy-Simulationsbaustein konzipiert, der diese Funktion erfüllt.

Bei der Bestimmung der konkreten Werte werden der angenommene Planwert, der Wertebereich und die Datenqualität des Bausteins berücksichtigt. Der Wertebereich, in dem der konkrete Wert liegen kann, wurde als Funktion der Datenqualität und des in der Zugehörigkeitsfunktion vorgegebenen Bereiches berechnet. Dazu wird die Zugehörigkeitsfunktion durch eine Gerade parallel zur x-Achse auf Höhe der Datenqualität geschnitten (Alpha-cut). Für die Datenqualität 1 liegt die Gerade auf Höhe des Maximums der Zugehörigkeitsfunktion und für Datenqualität 0 auf Höhe der x-Achse. Die Schnittpunkte der Zugehörigkeitsfunktion mit dieser Geraden bestimmen den Wertebereich. Der Wert wird auf Basis einer Verteilungsfunktion ermit-

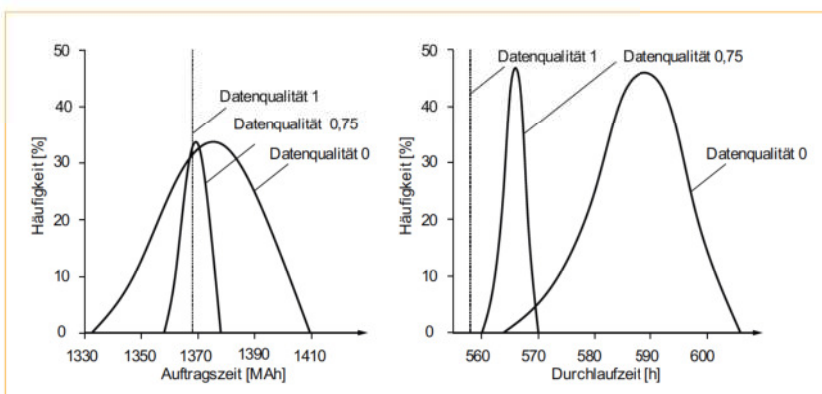


Abb. 4: Exemplarische Darstellung der Auswirkung von Datenqualität auf die Auftragszeit und die Durchlaufzeit eines Auftrags [7]

telt. Es können eine Gleichverteilung oder eine Verteilung, deren Dichtefunktion aus der Zugehörigkeitsfunktion abgeleitet wurde, verwendet werden. Durch die Durchführung mehrerer Simulationsläufe kann ermittelt werden, welche Auswirkungen unscharfe Planungsdaten mit einer gegebenen Datenqualität haben.

Die Auswirkungen der Unschärfen werden anhand auftrags- und ressourcenbezogener Kennzahlen evaluiert. Zentrale Kennzahlen sind die Termintreue, die Terminabweichung, die Auftragszeit, die Durchlaufzeit sowie die Mitarbeiter- und Maschinenauslastung. Diese Kennzahlen werden mittels geeigneter Diagramme (Säulendiagramm, Histogramm, Durchlaufdiagramm) visualisiert. Für ein Simulationsszenario einer bestimmten Datenqualität können die Worst- und Best-Case-Szenarien dargestellt werden. Zudem besteht die Möglichkeit mehrere Simulationsszenarien mit verschiedener Datenqualität einander gegenüberzustellen (Abb. 4).

Der Planer sieht, in welchen Planungsprozessen die Datenqualität die Einhaltung der logistischen Zielgrößen gefährdet und kann, darauf aufbauend, Maßnahmen zur Verbesserung der Datenqualität oder zur Erhöhung der Robustheit der Planung anstoßen.

Teiledaten- und Plangenerierung

Bereits vor Vertragsabschluss, in der frühen Phase eines Neubauprojekts, müssen Planer den Durchlauf des Schiffes durch die Fertigung unter gegebenen Randbedingungen bestimmen. Zu diesem frühen Zeitpunkt der Planung schätzen die Planer Durchführungszeiten und interne Liefertermine auf Basis bereits gebauter Schiffe. Die geschätzten Durchführungszeiten für die einzelnen Bauwerke und deren Abgangstermine bilden die Basis für eine Bauplatzbelegungsplanung. Diese frühe Planung erfolgt ohne exakte Kenntnis über die Detailkonstruktion des Schiffes. Für die Planung wird daher eine Schätzung der Durchführungszeit abgegeben, die auf der Annahme des Planers über die in einem Bauwerk enthaltenen Teile basiert. Aufgrund der vielen getroffenen Annahmen und großen Datenunsicherheiten ist die Planung ungenau (vgl. [8]).

Damit die Pläne in der frühen Planungsphase die spätere Realität in der Fertigung besser abbilden können, müssen Schätzfehler reduziert werden. Dies kann durch die Ableitung von Schiffskomponenten aus ähnlichen Entwürfen erfolgen.

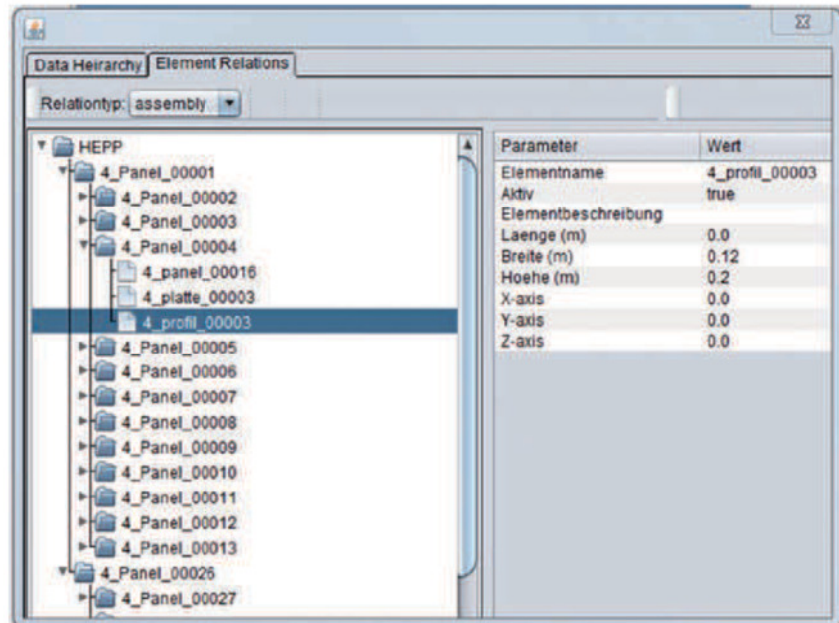


Abb. 5: Generierte Teile [9]

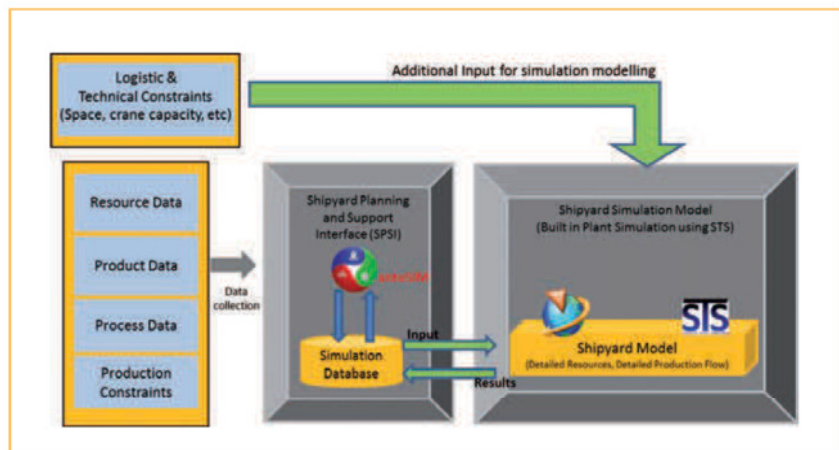


Abb. 6: Das Assistenzsystem AnteSim

Hierfür wurde im Projekt HEPP ein Tool entwickelt, das die Erzeugung von Konstruktionsdetails für die Produktionsplanung auf Basis parametrisierbarer Vorlagen ableitet [9]. Das Tool ermöglicht es, bestehende Konstruktionsdaten mit Parametern eines neuen Schiffes zu versehen und sich somit für die beschriebenen Bauwerke eine Stückliste erzeugen zu lassen, anhand derer Durchführungszeiten in der Fertigung ermittelt werden können. Im Nachhinein kann die erzeugte Stückliste mit der realen Stückliste abgeglichen werden, um die Fehlerrate der Schätzung für die Zukunft zu verringern.

Mithilfe der berechneten Durchführungszeiten kann eine Bauplatzbelegungs-

planung durchgeführt werden. In HEPP wurde ein lineares Optimierungsmodell entwickelt, das Aufträge, unter Berücksichtigung bestimmter Restriktionen, geeigneten Bauplätzen zuordnet [10].

Der entwickelte Algorithmus berücksichtigt dabei nur die wichtigsten Randbedingungen der Fertigung und liefert dem Planer eine valide Startlösung. Der Planer kann auf Basis der Startlösung einen optimalen Produktionsplan erarbeiten.

AnteSim

AnteSim wurde als Assistenzsystem zur Bearbeitung, Generierung und Visualisierung der Simulationsdaten entwickelt. Es bildet dabei einen Teil der SPSI-Architektur.

tektur (Shipyard Planning and Support Interface), bestehend aus GUI, Datenbank und Simulationswerkzeug (Abb. 6). Die Struktur der Datenbank baut auf den Ergebnissen des Verbundvorhabens GeneSim (FKZ 03SX274) auf [11].

Mittels AnteSim können Daten zum Produkt, zur Planung, zum Prozess und zu den Ressourcen aufwandsarm aufbereitet und in die Simulationssoftware Plant Simulation übertragen werden. Die Simulationsergebnisse können anschließend in AnteSim importiert und visualisiert werden. Damit erlaubt AnteSim Anwendern ohne Simulationsexpertise, die Vorteile der ereignisdiskreten Simulation zu nutzen und die komplexen Planungsaufgaben, wie diese im Schiffbau sowie der Unikatfertigung allgemein vorzufinden sind, bewältigen zu können.

Szenarien

Im Rahmen des Projektes wurden die entwickelten Demonstratoren an vier verschiedenen Szenarien evaluiert. Stellvertretend werden hier die Szenarien Projektierung und Auftragserteilung vorgestellt.

Szenario 1 – Projektierung

In diesem Szenario wird die frühe Planungsphase der Auftragsabwicklung „Projektierung“ betrachtet. Zu diesem Zeitpunkt sind nur sehr wenige, grobe Informationen vorhanden. Es wird angenommen, dass basierend auf dem Generalplan zunächst die Blockteilung des Schiffes erfolgt ist. Trotz der wenigen Informationen wird die Schiffskörpermontage, unter Berücksichtigung des einzuhaltenden Liefertermins des Schiffes, unter Einsatz der entwickelten Prototypen geplant. Dabei werden die Aufsetztermine der einzelnen Blöcke ermittelt, die anschließend Grundlage für die weitere Planung vorgelagerter Bereiche

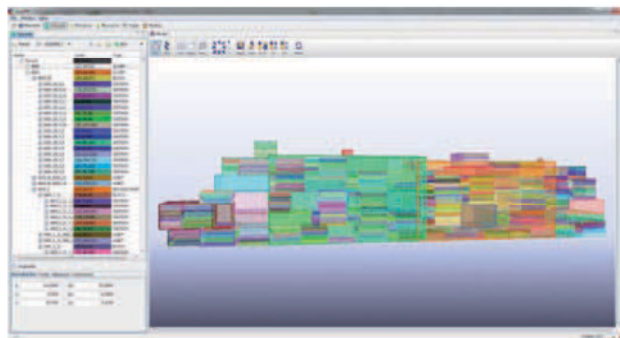


Abb. 7: Volumenansicht eines Kreuzfahrtschiffes in AnteSim

sind, so z.B. der Blockmontage und der Sektionsmontage.

Zur Ermittlung der Aufsetztermine einzelner Blöcke im Dock werden zunächst die Produktdaten des aktuellen und des Vorgängerschiffes über die HEPP-Plattform in die Simulationsdatenbank importiert. Die Informationen des Vorgängerschiffes werden ebenfalls importiert, um die tatsächliche Auslastung im Dock zu berücksichtigen. In Abbildung 7 ist beispielhaft ein Kreuzfahrtschiff, bestehend aus einzelnen Blöcken, im 3D-Viewer in AnteSim dargestellt.

Nach Import der Produktdaten erfolgt in AnteSim die Zuweisung der Prozessmuster. Die Prozessmuster umfassen dabei sämtliche Prozesse der Schiffskörpermontage inklusive standardisierter Abhängigkeiten. Dazu gehören das Positionieren, Heften und das

Verschweißen der Blöcke sowie Ausrüstungsarbeiten an Bord des Schiffes. Anschließend werden die Aufsetzreihenfolgebedingungen für die Blöcke und der zugehörigen Schweißverbindungen unter Vorgabe eines Startblocks automatisch erzeugt. Dabei beruht der Algorithmus zur Erzeugung der Reihenfolgebedingungen auf einer Strategie, bei der ausgehend vom Startblock die Nachfolger zu allen Seiten hin expandieren. Insgesamt wurden für dieses Beispielszenario 546 Bedingungen erzeugt und auf Zirkelbezüge hin automatisch überprüft.

Zur Ermittlung der Aufsetztermine der einzelnen Blöcke unter Berücksichtigung des mit dem Kunden vereinbarten Liefertermins für das Schiff wurde das Simulationsmodell für die Schiffskörpermontage herangezogen. Dort sind die festen Ressourcen und

die damit zusammenhängende Logistik im Dock modelliert. Das Schiff ist in zwei sogenannte Bauabschnitte eingeteilt, die jeweils ungefähr die Hälfte aller Schiffsböcke umfassen. Die untersuchte Baustrategie lässt sich in den folgenden Schritten beschreiben:

› Beginn des Baus des ersten Bauabschnittes parallel zum Vorgängerschiff, um Zeit zu sparen.

› Sobald der erste Bauabschnitt aus den einzelnen Blöcken zusammengesetzt und schwimmfähig ist, wird er aus dem Dock herausgeschwommen und der Bau des zweiten Bauabschnittes beginnt (Abb. 8).

› Nach der Fertigstellung des zweiten Bauabschnittes und des Vorgängerschiffes verlassen beide zunächst das Dock.

› Anschließend werden beide Bauabschnitte wieder in das Dock eingeschwommen und miteinander verschweißt. Die restlichen Blöcke werden aufgesetzt.

Neben der Fläche im Dock wurden weitere zur Verfügung stehenden Ressourcen, wie Kran und Personal, unter Beachtung von Schichtmodellen und Betriebskalender im Simulationsmodell berücksichtigt. Die Aufsetztermine der Blöcke und der Fertigstellungstermin des Schiffes wurden während des Simulationslaufs automatisch protokolliert und anschließend in die Simulationsdatenbank übertragen, sodass diese in AnteSim sowie in der HEPP-Plattform zur Verfügung stehen.

Szenario 2 – Auftragserteilung

Nach der Auftragserteilung durch den Kunden liegen folgende Informationen vor: Blockteilung, Reihenfolge und Aufsetztermine der Blöcke sowie Datenqualität dieser Bauwerke. Zusätzlich ist bekannt, dass einer der Blöcke eine geringe Datenqualität aufweist. In dieser Planungsphase gilt

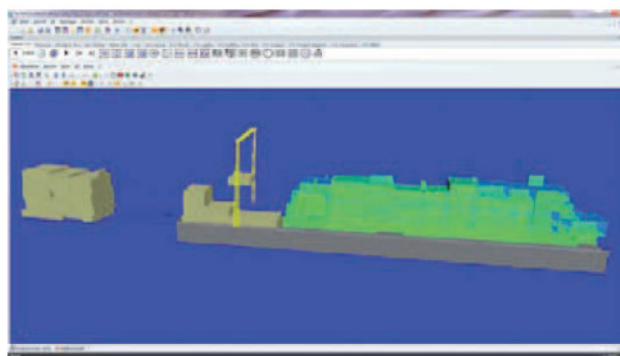


Abb. 8: Bauabschnitte eines Kreuzfahrtschiffes im Simulationsmodell

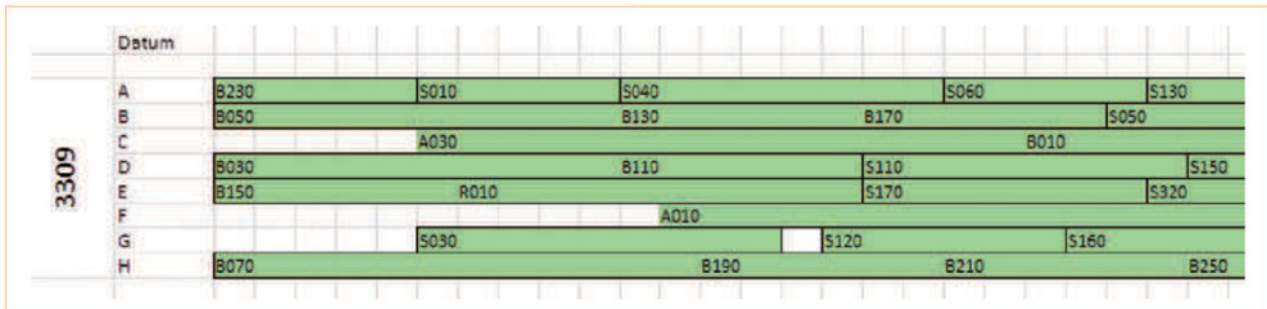


Abb. 9: Exemplarische Bauplatzbelegungsplanung

es, die Bauplatzbelegungsplanung für die Blockmontage durchzuführen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die drei Schritte „Datenaufbereitung“, „Simulation der Blockmontage“ und „Plan generieren“ ausgeführt. Folgende Demonstratoren wurden dabei eingesetzt: AnteSim, HEPP-Plattform, Simulationsdatenbank, Simulationsmodell, Fuzzy-Baustein und Plangenerator.

Zuerst wurden die Blockbezeichnungen, Blockmaße und Blockteilungsregeln aus der HEPP-Plattform in AnteSim importiert. Aus diesen Daten wurden mit dem Teilegenerator Sektionsbezeichnungen, Sektionsmaße, Schweißstöße und Baufolgen erzeugt. Den Sektionen wurde ein Prozessmuster zugewiesen. Außerdem wurden benutzerdefinierte Attribute für den Block mit der geringen Datenqualität ergänzt, um diese Unschärfe bei der Kalkulation der Durchführungszeit berücksichtigen zu können. Anschließend wurden mit einem Simulationsmodell, das die Montage der Sektionen zu einem Block abbildet, die Durchführungszeiten der Blöcke ermittelt und die Ergebnisse in die Simulationsdatenbank übertragen. In diesem Modell war der Fuzzy-Baustein integriert, der für den Block mit der geringen Datenqualität drei Durchführungszeiten (Mittelwert, Minimum, Maximum) ermittelte. Im letzten Schritt wurde der Plangenerator gestartet. Dieser bestimmte

aus den Durchführungszeiten und den Aufsetzterminen der Blöcke eine optimale Bauplatzbelegung und exportierte diese in die HEPP-Plattform. Anschließend wird die Bauplatzbelegung in einem Wertföol visualisiert (Abb. 9).

Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Durchführungszeiten des Blocks mit geringer Datenqualität auf die Bauplatzbelegung zu untersuchen, wurde der Plangenerator mehrfach ausgeführt. Drei Vorteile ergeben sich gegenüber dem klassischen Vorgehen: der Plangenerator reduziert den Aufwand zur Erzeugung einer Bauplatzbelegungsplanung signifikant, die mittels Simulation erzeugten Durchführungszeiten sind präziser und durch die Integration der Unschärfen können frühzeitig die Auswirkungen der unvollständigen Information abgeschätzt werden.

Fazit

Das Verbundvorhaben HEPP hatte zum Ziel, durch die Entwicklung von Methoden und Konzepten, eine durchgängige simulationsgestützte Produktionsplanung von Prototypen im Schiffbau zu ermöglichen.

Die entwickelte HEPP-Plattform vernetzt unterschiedliche Datenquellen miteinander. Zudem wird die Qualität der Daten bewertet und der Planungsfortschritt erfasst. Hierdurch werden Inkonsistenzen reduziert und die Datengrundlage für den Pla-

nungsprozess wird insgesamt verbessert. Die entwickelten Datengeneratoren gestatten es, in der frühen Phase der Planung Produktdaten bzw. Prozessdaten zu erzeugen und diese für weitere Planungsschritte zu benutzen. Das entwickelte Werkzeug AnteSim befähigt den Anwender Planungsdaten mit zusätzlichen Informationen für die Simulation aufzubereiten, verschiedene Simulationsstudien durchzuführen und diese anschließend auszuwerten. Durch das entwickelte Konzept zur Integration der Unschärfen in die Simulation ist es nun möglich, die Auswirkungen der Unschärfen im Planungsprozess zu quantifizieren. Außerdem können gezielt Maßnahmen zur Handhabung von Unschärfen ergriffen werden. Die in HEPP entwickelten Konzepte und Demonstratoren wurden bei den beteiligten Werften mit Realdaten validiert. Gemeinsam ermöglichen die Konzepte eine simulationsgestützte Produktionsplanung in der frühen Phase der Unikatfertigung. Hierdurch wird die Basis für die Einhaltung der logistischen Zielgrößen geschaffen. Um die logistische Zielerreichung anschließend in der Produktion zu gewährleisten, muss auch die Fertigungssteuerung den besonderen Ansprüchen der schiffbaulichen Unikatfertigung Rechnung tragen. Dafür gilt es, in zukünftigen Forschungsprojekten Konzepte zu entwickeln.

Literatur

- [1] BMWi-Förderprogramm: Maritime Technologien der nächsten Generation – Das Forschungsprogramm für Schiffbau, Schifffahrt und Meerestechnik. www.BMWi.de, Berlin, 2011.
- [2] Maedche, A.: Ontology Learning for the Semantic Web. The Kluwer International Series in Engineering and Computer Science, Volume 665, 2003.
- [3] Protégé: The Protege Project. <http://protege.stanford.edu>, letzter Zugriff am 29.09.2016.
- [4] Grub, R.: Schlanke Unikatfertigung – Zweistufiges Taktphasenmodell zur Steigerung der Prozesseffizienz in der Unikatfertigung auf Basis der Lean Production. Wiesbaden: Gabler Verlag 2010.
- [5] Werners, B.; Thorn, J.: Supply Chain Planning bei Nachfrageunsicherheit. In: PPS Management 7 (2002) 2, S. 51–54.
- [6] Hinrichs, H.: Datenqualitätsmanagement in Data Warehouse-Systemen. Dissertation Universität Oldenburg, 2002.
- [7] Steinhauer, D.; Sikorra, J. N.; Haux, M. A.; Friedewald, A.; Lödging, H.: Processing incomplete data for Simulation-based Production Planning in Shipbuilding. Journal of Simulation special issue (erscheint demnächst).
- [8] R. Lee Storch, C. P. Hammon, H. M. Bunch, R. C. Moore, Ship Production. (1995)
- [9] Sikorra, J. N.; Friedewald, A.; Lödging, H.: Early estimation of work contents for planning the one-of-a-kind-production by the example of shipbuilding in 2016 International Conference on Computer and Digital Manufacturing (ICCDM); Proceedings, Chiang Mai 2016
- [10] Sikorra, J. N.; Glöckner, R.; Friedewald, A.; Lödging, H.: Scheduling for Assembly Sites in Shipyards Using Linear Optimization in: RINA (Hrsg.): International Conference on Computer Applications in Shipbuilding 2015 (ICCAS 2015) Papers Volume 1. Bremen 2015, S. 117–125, ISBN 978-1-909024-33-5
- [11] Steinhauer, D.; Soyka, M.; Duchêne, B.: „GeneSim – Generisches Daten- und Modellmanagement für die schiffbauliche Produktionssimulation“, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben GeneSim 2009–2011, gefördert vom BMWi mit dem Förderkennzeichen 03SX274

Die Autoren:

Dirk Steinhauer, Dr. Ilka Habenicht (SimPlan AG), Prof. Dr.-Ing. Markus König, Thomas Hilfert (Ruhr-Universität Bochum), Prof. Dr.-Ing. habil. Hermann Lödging, Dr.-Ing. Axel Friedewald, Jan Niklas Sikorra, Moritz Alexander Haux (Institut für Produktionsmanagement und -technik, Technische Universität Hamburg), Michael Hübler, Andreas Roppelt (Center of Maritime Technologies e.V.)