

Konzept eines simulationsbasierten Assistenzsystems zur Risikoabsicherung in Großprojekten – Am Beispiel des Großanlagenbaus und der Bauindustrie

***Using simulation-based assistance systems for risks-integrated
planning and control of large-scale projects e.g. in the fields of plant
engineering or construction industry***

Axel Wagenitz, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg
(Germany), Axel.Wagenitz@haw-hamburg.de

Jan Cirullies, Christian Schwede, Ulrike Beißert, Fraunhofer IML, Dortmund
(Germany), jan.cirullies@iml.fraunhofer.de, christian.schwede@iml.fraunhofer.de,
ulrike.beissert@iml.fraunhofer.de

Abstract: Execution of large-scale projects in plant engineering and construction industry is attended by a multitude of risk of unknown dimension. Whenever risks occur during execution of large-scale project they cause remarkable delay of processes as well as costs increase. Currently, no cost and time efficient approach exists, which allows a transparent evaluation of effects on the current project planning and its execution caused by changes of the project conditions. Within this paper the requirements of such an approach are specified and existing approaches analyzed. In the end a concept is presented that allows a risk-based evaluation of execution plans using discrete event simulation.

1 Problemstellung

Die Ausführung von Großprojekten geht einher mit einer Vielzahl von Risiken unbekanntes Ausmaßes, die im Projektablauf eintreten und zu erheblichen Verzögerungen bzw. Kostensteigerungen führen können: Der Aufbau des Mautsystems „Toll Collect“ dauerte das Dreifache der veranschlagten 14 Monate, die Oper von Sydney kostete 102 statt geplanter 7 Millionen australischer Dollar (Jakoby 2010, S. 4-5) – und für den Bau des Flughafens Berlin-Brandenburg (BER) ist bislang kein Ende absehbar. Bei Vorhaben dieser Größenordnung ist der erforderliche Aufwand bezüglich Zeit, Kosten, Personen und sonstigen Ressourcen im Vorfeld, aufgrund der vorhandenen Risiken, nur schwer kalkulierbar.

Demgegenüber finden sich Beispiele für eine sehr erfolgreiche Projektdurchführung, wie die Baumaßnahmen rund um die Olympischen Sommerspiele 2012 in London, mit über 600 „Baustellen“ (Grewe 2013, S. 33), die vier Monate vor dem Zeitplan und unter dem Budget abgeschlossen wurden. Ein nach außen hin sichtbarer Unterschied in der Projektplanung zwischen Olympia 2012 und BER ist, dass bei Olympia 2012 die Risiken vor Projektbeginn realistisch eingeschätzt und entsprechende Rückstellungen (2,8 Mrd £ bei einem „Ausführungsbudget“ von 6,3 Mrd. £, Grewe 2013, S. 19) gegen diese Risiken vorgehalten wurden. Die Projektpläne wurden im Rhythmus von vier Wochen aktualisiert und an die Projektbeteiligten kommuniziert. Die Planungsarbeit wurde hier durch eine marktgängige Projektplanungssoftware unterstützt.

Das Beispiel der Planung und Umsetzung der Olympischen Spiele 2012 zeigt, dass eine strikte Anwendung bekannter Prinzipien des Projektmanagements unter Verwendung von marktgängiger Software dazu beitragen kann, auch sehr große Projekte im Zeit- und Kostenbudget abzuwickeln. In der Regel ist hier jedoch ein hoher Personalaufwand erforderlich (Grewe 2012, S. 8), will man häufiger als bislang üblich die Planung in Großprojekten an veränderte Rahmenbedingungen anpassen. Aktuell fehlt es an einem geeigneten Ansatz, der die Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen der Projektplanung und -durchführung effizient transparent macht.

Im Anlagenbau finden wir eine dem Bauwesen ähnliche Produktionscharakteristik. Auch hier zeichnen sich die Produkte durch eine hohe Kundenindividualität aus, typische durchschnittliche Auftragsdurchlaufzeiten betragen 2-3 Jahre, i.d.R. sind während der Projektdurchführung viele Änderungswünsche der Kunden zu berücksichtigen, viele Prozesse laufen parallel bzw. phasenübergreifend ab und werden von vielen Faktoren beeinflusst.

Im Rahmen des vorliegenden Beitrags soll zu dieser skizzierten Problemstellung ein Assistenzsystem konzeptioniert werden, welches Planende und Ausführende von Großprojekten in einem risikoorientierten Projektmanagement unterstützt. Das Assistenzsystem soll im Rahmen der Projektplanung und Steuerung Planende zu einer schnellen Risikobewertung der aktuellen Projektplanung befähigen und eine fundierte Entscheidung für eine Planungsalternative unterstützen. Damit liegt der Fokus der angelegten Risikobetrachtung zunächst auf denjenigen Risiken, welche mit direkten Auswirkungen auf die Prozessausführung einhergehen, d.h. in einer zeitlichen Verschiebung von Prozessen, der Verkürzung bzw. Verlängerung der Prozessdauern resultieren. Nachfolgend werden die Anforderungen an ein geeignetes Planungskonzept entwickelt, existierende Ansätze und Werkzeuge gesichtet und unter Verwendung bestehender Forschungsbeiträge ein Konzept für ein solches System abgeleitet. Für die erste Stufe des Konzeptes wird die Umsetzung an einem Beispiel vorgestellt.

2 Anforderungsableitung und Stand der Forschung

2.1 Begriffsdefinition im Projektmanagement

Großprojekte: Im Betrachtungsraum dieses Beitrags stehen Großprojekte insbesondere in den Bereichen Großanlagenbau und Bauindustrie. Während für den

Begriff „Projekt“ vielfältige Definitionen existieren, siehe PMBOK (2013), gibt es für den Begriff „Großprojekt“ hingegen keine allgemein anerkannte Definition. Als Charakteristika sollen daher hier eine Projektdauer von über einem Jahr, mehrere beteiligte Unternehmen und über 5.000 geplante Einzeltätigkeiten angenommen werden.

Risiko: Der Risikobegriff wird international standardisiert und ohne spezielle Einordnung in eine Branche oder einen Kontext durch die ISO-Norm 31000 festgelegt und als „Effekt der Unsicherheit auf die Ziele“ verstanden. Dieser Effekt, d.h. die „Abweichung vom Erwarteten“, kann positiv und/oder negativ ausfallen. „Unsicherheit“ beschreibt einen Informationsmangel, aufgrund dessen es an Verständnis oder an Wissen zu einem Ereignis, dessen Konsequenz oder Wahrscheinlichkeit fehlt. In Bezug auf das Projektmanagement kann die Definition der ISO-Norm adaptiert werden (Gareis 2006, S. 91). Nach Gareis (2006) lassen sich die Abweichungen beispielsweise an der Projektleistung, den -terminen, den -kosten oder den -erträgen festmachen.

Risikoaggregation: Um die Bedeutung einzelner Risiken nicht unabhängig von anderen Risiken zu beurteilen und so zu einem in der Gesamtheit adäquaten Ergebnis zu kommen, ist die Aggregation von Risiken erforderlich (Hempel und Offerhaus 2008, S. 12). Den Begriff der Risikoaggregation definiert ebenfalls die ISO Norm 31000, nämlich als „Zusammenführung einer Vielzahl von Risiken zu einem Risiko zur Entwicklung eines vollständigeren Verständnisses des Gesamtrisikos“ (ISO 2009, S. 9).

2.2 Anforderungen an die Methodik

Folgt man dem Beispiel von Olympia 2012 und der Empfehlung von Scholl und Domschke (2005, S. VI), die Planungen „komplexer realer Systeme“ anhand eines Modells vorzunehmen, stehen Planende von Großprojekten vor beachtlichen Herausforderungen hinsichtlich des Aufwands zur Abbildung von Prozessen und ihrer Interdependenzen, der Speicherung und Verarbeitung der anfallenden Datenmenge sowie der Notwendigkeit zur regelmäßigen Plananpassung bei Planänderungen oder Störereignissen (Grewe 2012, S. 9).

In der Literatur aus der Bauindustrie sowie dem Anlagenbau finden sich bereits unterschiedliche Ansätze zur modellbasierten Planung von Projekten, die hinsichtlich der Herausforderungen bei Großprojekten evaluiert und zu Anforderungen an die Planungsmethodik zusammengefasst wurden. Für die modellbasierte Ablaufplanung und das Controlling von Bauprojekten leitet Beißert (2011, S. 6) nachfolgende Anforderungen an eine Methodik ab. Diese sollte

- A1. Möglichkeit zur intensiven Untersuchung des Lösungsraumes für Planungsvarianten bieten, da es sich um ein kombinatorisches Problem mit einer Vielzahl an gültigen Lösungen handelt,
- A2. Planungen auf einem hohen Detaillierungsgrad zulassen, um die vielfältigen Abhängigkeiten abzubilden und damit den Lösungsraum weitestgehend aufzuspannen sowie
- A3. schnelle Modellanpassung an neue Bedingungen ermöglichen, um die Vielzahl an Planänderungen im Projektverlauf zeitnah in die Planung zu integrieren.

Aus den Erfahrungen des BMWi-geförderten Verbundprojektes InKoRISK (<http://inkorisk.research4.eu/>) zum kollaborativen Risikomanagement und einem

internen Forschungsprojekt des Fraunhofer IML zur Projektplanung im Großanlagenbau (Yüzgülec et al. 2010) konnten als weitere Anforderungen

- A4. eine speichereffiziente Modellierung ermöglichen aufgrund der Vielzahl von Prozessen und ihrer Abhängigkeiten untereinander sowie
- A5. Frühzeitiges Erkennen und (monteäre) Quantifizierung des Umfangs und der Auswirkungen erkannter Risiken, für eine transparente Bewertung der Projektplanung
- A6. Unterstützung der Planer bei der Generierung von Alternativszenarien zur schnellen Identifikation und Untersuchung geeigneter Maßnahmen bei Risikoeintritt

abgeleitet werden. Den Anforderungen A3 und A5 schließt sich Medgenberg und Nemuth (2011, S. 158) im Hinblick auf die Implementierung eines Risikomanagements in Unternehmen an. Einen Schritt weiter gehen Wagner und Scherer (2008, S. 163) mit ihrer Forderung nach einem integrierten System zur Überwachung, Simulation, Steuerung, Controlling und dem Risikomanagement bei einem stetigem Übergang zwischen den horizontalen Anwendungsdimensionen sowie den vertikalen Granularitätsebenen.

Im Folgenden wird ein Modellierungsansatz gesucht, der die erarbeiteten Anforderungen A1-A6 möglichst umfassend erfüllt.

2.3 Modelle und Methoden zur Prozessplanung

Für das Management von Projekten existieren verschiedene Methoden und Planungsmodelle z. B. zur Strukturanalyse und der zeitlichen Ablaufplanung (Rinza 1998), deren gemeinsames Ziel darin besteht, die Komplexität der Planung schrittweise zu zerlegen und diese so handhabbar zu machen.

Die zeitliche Ablaufplanung steht im Vordergrund vorliegender Betrachtung. Dafür geeignete Methoden stellen Anordnungsbeziehungen zwischen den einzelnen Teilprozessen her, d. h. sie beschreiben eine „quantifizierbare Abhängigkeit zwischen Ereignissen und Vorgängen“ (DIN 69900 2009). Zu den am weitest verbreiteten Methoden zählt die Netzplantechnik, der die Methoden Critical Path Method, die Metra-Potenzial-Methode oder die Program Evaluation and Review Technique (PERT) zugeordnet werden können (Corsten et al. 2008; Jakoby 2010). Im vorliegenden Kontext bietet PERT als einzige der genannten die Möglichkeit zur Berücksichtigung der Planungsunsicherheit im Projekt, indem wahrscheinlichkeitsverteilte Durchlaufzeiten, Kapazitäten und Ressourcen für einzelne Prozesse im Projekt hinterlegt werden können. Die PERT-Methode wurde bereits 1968 bei der Planung der Olympischen Spiele in Grenoble eingesetzt (Grenoble 1968, S. 26). Die Anforderung hinsichtlich einer intensiven Untersuchung des Lösungsraumes nach adäquaten Planungsvarianten sowie eine schnelle Modellanpassung an neue Bedingungen und Unterstützung bei der Bewertung der Auswirkungen werden durch PERT ähnlich zu den anderen Netzplantechniken nicht abgedeckt.

Der Einsatz von Simulationsmodellen zur Untersuchung komplexer Probleme mit einer Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender Parameter hat sich in der Theorie bewährt (AbouRizk 2010; Beißert 2011; Medgenberg und Nemuth 2011; VDI 3633 2010).

Unter den verschiedenen Ausprägungen von Simulationsmodellen ist die ereignisdiskrete Simulation (discrete-event simulation, DES) besonders für planerische als auch logistische Prozesse geeignet (Hlupic und Robinson 1998; AbouRizk 2010; Jahangirian et al. 2010). Aufbauend auf den Techniken zur zeitlichen Ablaufplanung (s.o.) ermöglicht diese Methode die Handhabung hoher Komplexitätsgrade einschließlich der damit einhergehenden großen Datenmengen sowohl bei der Modellierung als auch während der Berechnung. Zudem berücksichtigt DES dynamische Effekte, sodass sich zeitlich begrenzte Störungen wie Ressourcenengpässe identifizieren und Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge erkennen lassen (Cho und Eppinger 2005).

Scherer und Ismail (2011, S. 1) weisen jedoch darauf hin, dass die Simulation heutzutage in der Praxis nur wenig Anwendung findet. Als Gründe werden zu große Komplexität („lack of simplicity“), zu hoher Zeit- und Kostenaufwand sowie zu hoher Qualifikationsbedarf beim Personal angegeben. Der Anforderung A3 wird aufbauend hierauf eine besonders hohe Bedeutung zur Erreichung der Akzeptanz von Lösungen in der Praxis eingeräumt.

Zur simulationsgestützten Bewertung von Planungen werden in PMBOK (2013), beispielhaft, „What-if Senario Analysis“ und „Simulation“ benannt. Im Bereich der Simulation benennt das PMBOK die „Monte-Carlo-Simulation“ als am weitesten verbreitete Methode zur Bewertung von Projektablaufplänen.

2.4 Tools zur Bewertung von Projektplänen

Simulation wird in unterschiedlichen Fachdisziplinen zur Untersuchung komplexer Fragestellungen genutzt. Beißert (2011, S. 28) und Dori und Borrmann (2010, Forschungsprojekt ForBau) wählen einen constraint-basierten Simulationsansatz mit dem Ziel der rechnergestützten Berechnung gültiger Pläne unter Berücksichtigung der relevanten Randbedingungen (Constraints) von Prozessen. Obwohl dieser Ansatz für überschaubare Problemgrößen sehr gute Ergebnisse zeigt, wird insbesondere für Großprojekte nicht die geforderte kurze Anpassungszeit an neue Randbedingungen erreicht – die Modellanpassung ist sehr aufwändig (vgl. Anforderung A3). Dori und Baumann setzen im Forschungsprojekt ForBau (www.forbau.de) ebenfalls Simulation zur Absicherung von Baumaßnahmen speziell im Tiefbau ein, um verschiedene Szenarien vor der Bauausführung durchzuspielen und zu bewerten. Die Berücksichtigung von Risiken ist in beiden Konzepten nicht vorgesehen (vgl. Anforderung A5).

Hienz und Flemming (2010) entwickeln im Rahmen des Mefisto-Projektes (www.mefisto-bau.de) einen Ansatz zum Multimodell-basierten Risikomanagement, welcher die simulationsgestützte Evaluation von Risikozuständen ermöglicht. Im Fokus der Entwicklung liegen die Evaluation der Projekteinzelsrisiken zur Ermittlung der wahrscheinlichen Projektkosten und ihre Überprüfung im Projektverlauf. Im Rahmen von Mefisto konnte eine umfassende Methodik zum Risikomanagement von Bauprojekten entwickelt werden. Diese stellt jedoch eine branchenspezifische Lösung dar, zugeschnitten auf die spezifischen (Teil-)Modelle des Bauwesens. Der hier vorliegende Ansatz verfolgt die Entwicklung einer branchenunabhängigen, effizienten Lösung zur verbesserten Planung von Risiken bei Großprojekten, so dass die vorliegende Lösung nicht übertragbar ist. Darüber hinaus soll in vorliegender Arbeit ein Ansatz entwickelt werden, der Planer im Rahmen der Projektsteuerung in

der Entwicklung von Alternativszenarien aktiv unterstützt (A6), eine Forderung, welche mit Mefisto nicht adressiert ist. Weitere Arbeiten zum simulationsgestützten Risikomanagement fokussierten auf die Umsetzung und Analyse von Risiken in einem Simulator und sind daher im Hinblick auf die systemtechnische Umsetzung von Softwarelösungen nur bedingt aufschlussreich (Medgenberg und Neumuth 2011; Werner 2003).

Zur aktiven Unterstützung von Planenden werden im Umfeld der Logistik erfolgreich Logistische Assistenzsysteme (LAS) genutzt (Liebler et al. 2013; Klingebiel et al. 2010). LAS sollen die planenden Experten durch geeignete Hilfestellungen in dem Entscheidungsprozess unterstützen. Hierfür werden die Systemfunktionen und Bedienabläufe auf konkrete Aufgaben zugeschnitten und präsentieren dem Benutzer transparente, verständliche und bewertbare Informationen. Den Kern der LAS und damit das Werkzeug zu Untersuchung bildet der Simulator OTD-NET, wobei vor allem die Prozessmodellierungskomponente OTD-InSite verwendet wird. Die vorliegenden Erfahrungen der Autoren mit dem Werkzeug OTD-NET (Wagenitz 2007) zeigen eine sehr gute Abdeckung der genannten Anforderungen. OTD-NET wurde in Projekten zum Risikomanagement sowie zur Projektplanung im Großanlagenbau und in Bauvorhaben eingesetzt: Zur Vorbereitung der für die Olympischen Winterspiele 2014 in Sochi erforderlichen Baumaßnahmen wurde OTD-NET verwendet, um bei der Entwicklung einer Logistikstrategie in Form eines integrierten Vorgehensplans zur rechtzeitigen Fertigstellung des Bauvorhabens zu unterstützen (Klingebiel et al. 2010). Der Fokus der Analysen lag auf dem Ausbau von Straßen, um die nur mithilfe dynamischer Simulation ermittelbaren Risiken etwaiger Engpässe während der Bauphase zu identifizieren.

Zudem steht den Autoren für dieses Werkzeug der Quellcode zur Verfügung, so dass bei Problemen mit zu langen Laufzeiten auch im Werkzeug nach Lösungsmöglichkeiten gesucht werden kann. Die mit diesem Werkzeug gemachten Erfahrungen zeigen aber, dass Modelle mit vielen Millionen Objekten und einem Speicherbedarf von über 30GB (trotz hoher Speichereffizienz) sicher beherrscht werden.

Im folgenden Abschnitt wird ein simulationsbasiertes Konzept vorgestellt, welches zu einer effizienteren Planung von Großprojekten beitragen kann.

3 Simulationsbasierter Ansatz zur risikoorientierten Planung in Großprojekten

3.1 Konzept

Unter den oben genannten Anforderungen beeinflusst, nach Meinung der Autoren, insbesondere die mehr oder weniger ausgeprägte Fähigkeit, geänderte Rahmenbedingungen in eine Projektplanung und damit hier auch in ein Simulationsmodell zu integrieren (Anforderung A2) die praktische Verwendbarkeit eines Planungsansatzes. Um dieser Anforderung zu begegnen, konnte auf Vorarbeiten zurückgegriffen werden, die eine verwandte Aufgabenstellung im Kontext der operativen Planungsunterstützung für Lieferketten der Automobilindustrie löst.

„Logistische Assistenzsysteme“ (LAS) unterstützen Planungsprozesse in drei Schritten (Klingebiel et al. 2010; Bockholt 2012). Im Rahmen der (1) Zustandserfassung wird der aktuelle Zustand der Prozesse des Systems erfasst. Hierbei können unterschiedliche Informationsquellen (vorhandene operative IT-Systeme, manuell erfasste Informationen) integriert werden. Innerhalb der (2) Zustandsbewertung wird der Systemzustand im Hinblick auf im Vorhinein definierte Kennzahlen bewertet, z. B. mittels ereignisdiskreter Simulation. Die (3) Umsetzungsunterstützung ermöglicht die Beobachtung der Ausführung einer getroffenen Entscheidung. Unerwartete Entwicklungen können wiederum bewertet und analysiert werden.

Der im Folgenden dokumentierte erste Schritt zur Umsetzung eines Assistenzsystems zur Unterstützung der Projektplanung von Großprojekten (PMAS – Projektmanagement-Assistenzsystem) leistet die Festlegung von geeigneten Modellelementen, um einerseits eine verbesserte Projektplanung unter Berücksichtigung dynamischer Abhängigkeiten zu erhalten und andererseits die Festlegung eines Datenmodells, welches als Grundlage für ein PMAS dienen und die Daten aus den verschiedenen vorliegenden Informationsquellen integrieren kann. Damit gleicht es einem logistischen Assistenzsystem bezüglich des Zwecks (operative Planungsunterstützung), des konzeptionellen Aufbaus und der benötigten Softwarekomponenten, unterscheidet sich aber durch die zugrundeliegenden Fragestellungen (Projektverlauf gegenüber Lieferkette), die Eingangsdaten und das Datenmodell.

Um die zu definierenden Modellelemente möglichst universell einsetzbar zu gestalten, wurde das weit verbreitete Werkzeug Microsoft Project (unterstützt die Critical-Path-Method, zur Verbreitung vgl. Eastman et al. 2013) analysiert, mit dem Ziel sicherzustellen, dass aus einem MS-Project-Projekt stets ein Simulationsmodell abgeleitet werden kann. So wurde eine minimale Detaillierungsstufe festgelegt, die jedenfalls nicht unterschritten werden darf. Weiterhin liegen auf dieser Detaillierungsstufe bereits wichtige Parameter für das Simulationsmodell vor (z. B. Durchlaufzeiten, Vorgänger-, Nachfolgerbeziehungen und etwaige Ressourcenzuordnungen). Über diese Parameter hinaus werden zur Abdeckung der Anforderung A5 Stücklisten als Modellbestandteil umgesetzt, um die Aggregation von Risiken gut abbilden zu können. So kann bei einem Risikoeintritt (Ausfall eines Vormaterials) genau bestimmt werden, welche Prozesse dieses Material benötigen und durch den Risikoeintritt beeinflusst werden.

3.2 Technischer Lösungsansatz

Um das für das PMAS erforderliche Simulationsmodell möglichst einfach erzeugen zu können, wurde die Menge der Simulationsbausteine im verwendeten Werkzeug OTD-NET um zwei Bausteine erweitert: „Prozesse“ und „Ressourcenpool“.

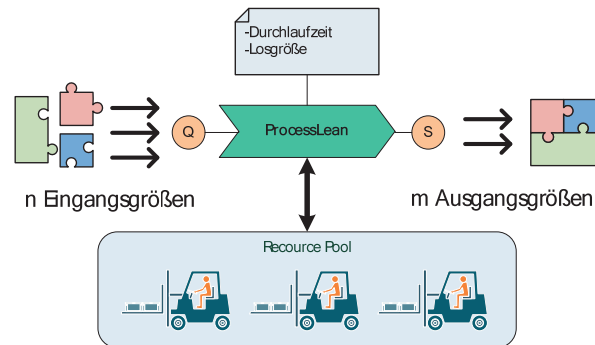


Abbildung 1: Technisches Konzept

Die beiden neuen Bausteine „Prozess“ (ProcessLean) und „Ressourcenpool“ (ResourcePool) enthalten genau die oben genannten Parameter: Nachfolger, Durchlaufzeiten (Arbeits- bzw. Betriebszeitmodelle können spezifiziert werden), Ressourcenzuordnungen und Stücklisten. Prozesse transformieren „Entitäten“ unter Verbrauch von Zeit. In „Quellen“ werden Entitäten erzeugt, in „Senken“ „vernichtet“ (Abb. 1). Prozesselemente können untereinander sowie mit Ressourcenpools beliebig verknüpft werden.

In den Stücklisten werden erforderliche Entitäten „Vormaterialien“ und auch Ressourcen spezifiziert. Ein Prozess beginnt, wenn alle erforderlichen Entitäten vorhanden sind und erzeugt wiederum Entitäten. Konkret werden Stücklisten als „Transformationen“ abgebildet. Das Vormaterial kann dabei in einem spezifizierten quantitativen Verhältnis in das Ergebnis der Prozessinformation integriert (als Sub-Entität) werden oder aber verbraucht werden.

Ist eine für die Prozessausführung erforderliche Ressource nicht vorhanden, wird eine Ressourcenanforderung erzeugt (wiederum eine Entität) und an einen der spezifizierten Ressourcenpools verschickt. Hält der Ressourcenpool die angefragte Ressource grundsätzlich vor (Typ des Pools), wird die Anforderung in eine Warteschlange gestellt. Diese Warteschlange wird nach dem Muster first-in-first-out abgearbeitet. Das Ergebnis der Prozessbearbeitung wird an einen Nachfolger weitergereicht. Hier werden als Nachfolger nur Prozesse oder sog. „Routingtabellen“ verwendet, die Entitäten auf mehr als einen Nachfolger nach bestimmten Regeln verteilen. In den PMAS Modellen werden insgesamt lediglich fünf Typen von Bausteinen eingesetzt. Ressourcen unterscheiden sich nur insoweit von anderen Entitäten, dass diese auch dann in den Ressourcenpool zurückgesandt werden, wenn kein Weg in diesen Pool spezifiziert wurde.

4 Überprüfung des Konzeptes

Um festzustellen, ob die Unterstützung von Projektplanungsarbeiten durch ein PMAS auf Basis eines OTD-NET-Simulationsmodells sinnvoll ist, wurde zunächst eine einfache Projektplanung auf der Basis von MS Project implementiert und für dasselbe Planungsszenario schließlich ein Simulationsmodell erstellt.

Szenario (Risikoereignis)				Risikofolge (Verzögerung/ Kosten)
Nr.	Betroffener Prozess	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	
Szenario 1	Anlieferung Motor	schlechte Qualität	25%	5 Werktage
Szenario 2	Anlieferung Exzenterwelle 4	verzögerter Liefertermin	45%	15 Werktage
Szenario 3	Bodenaushuben	schwankende Prozessdurchlaufzeit	5%	13 Werktage
Szenario 4	Säge 1 umrüsten	schwankende Prozessdurchlaufzeit	45%	10 Werktage
Szenario 5	Schmiede auf Funktion testen	Ressourcenausfall (Betriebsingenieur A)	55%	3 Werktage
Szenario 6	Szenario 1 - Szenario 5	s.o.	45%	46 Werktage
Szenario 7	Anlieferung Gehäuse	verzögerter Liefertermin	30%	12 Werktage
Szenario 8	Anlieferung Getriebe	schlechte Qualität	45%	17 Werktage
Szenario 9	Abstimmung Schmiede und Schlitten 2	Ressourcenausfall (Elektro-Techniker A)	60%	5 Werktage
Szenario 10	Szenario 6 - Szenario 9	s.o.	55%	80 Werktage

Abbildung 2: Untersuchte Szenarien

Als Projektbeispiel soll exemplarisch der Aufbau einer neuen Schmiedeanlage, für die Produktion gewalzter Rohre in einem Rohrwerk, herangezogen werden. Da in der Praxis das größte Interesse hinsichtlich eines möglichen, testweisen Einsatzes des Anlagenanlaufintegrators zur Planung und Durchführung der Phasen „Montage“ und „Inbetriebnahme“ zu verzeichnen war, fokussierte sich das Anwendungsmodell ebenfalls auf die letzten Phasen des Anlagenanlaufs.

Betrachtet wurde eine Radialschmiede, die mit vier Hämmern zum Umformen von Stahlrohren dient. Die Stückliste der aufzubauenden Schmiedeanlage besteht aus folgenden Komponenten: ein Motor, ein Getriebe, vier Exzenterwellen, ein Gehäuse, zwei Schlitten (am Ein- und Ausgang) und ein Führerhaus. Ferner waren zum Aufbau der Schmiedeanlage verschiedene Vorarbeiten notwendig. Neben dem Montageprozess werden im Rahmen der Untersuchung auch vorgelagerte Prozesse berücksichtigt wie Genehmigung eingeholt, Erstellung Anlagenfundament mit einem Volumen von ca. 9500 m³. Des Weiteren musste eine Säge für den Zuschnitt des Vormaterials angepasst werden sowie bei der Inbetriebnahme der Anlage verschiedene Schnittstellen- und Funktionstests durchlaufen und Mitarbeiter geschult werden.

Um die für die Planung von Großprojekten wichtige Abbildung von Risiken zu untersuchen, wurden in zehn Szenarien (s. Abb. 2) Risiken der Kategorien Prozess, Ressourcen, Qualität und Beschaffung betrachtet.

Die Vorteile des Simulationseinsatzes sind bereits bei solch kleinen Modellen erkennbar. Unter Verwendung des beschriebenen Modells wurden verschiedenen Szenarien mit Hilfe einer Monte-Carlo Simulation mit 10.000 Simulationsläufen untersucht. Im Rahmen der Untersuchung traten die Risiken mit ihrer definierten Eintrittswahrscheinlichkeit auf. Die Auswirkungen der Risiken auf die Durchlaufzeiten der Teilprozesse wurden ermittelt und für jeden Simulationslauf die Gesamtdurchlaufzeit des Projektes berechnet. Diese Ergebnisse lassen die

Wahrscheinlichkeit für das Erreichen eines bestimmten Terminzieles berechnen (Abbildung 3) und bieten den Planenden eine höhere Sicherheit hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit der Einhaltung zugesicherter Termine und auch Kosten eines Projekts.

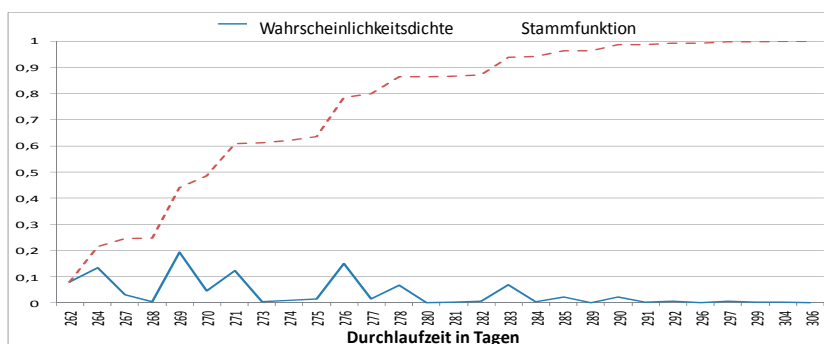


Abbildung 3: Durchlaufzeiten Prozesse

Es konnte im Anwendungsbeispiel gezeigt werden, dass die Verwendung eines Simulationsmodells einer einfachen Handhabung eines Projektplanungswerkzeugs nicht im Wege steht und somit eine Grundlage schafft, schnell risikoorientierte Untersuchungen durchzuführen. Die Abbildung von Risiken in der Simulationsumgebung ist ohne Schwierigkeiten umsetzbar. Durch Veränderung der Verteilungsfunktion zur Ermittlung der Durchlaufzeit eines Vorprozesses kann ein Einzelrisiko in Bezug auf Vormaterialverfügbarkeit spezifiziert werden. Die Verwendung von Stücklisten erlaubt nach Anwendung der Monte-Carlo-Simulation eine deutlich verbesserte Analyse der Korrelation der Einzelrisiken. Neben den leicht erkennbaren potenziellen Auswirkungen einer verzögerten Lieferung von Vormaterial (z.B. „Exzenterwelle 3“) werden auch indirekte Folgen wie eine verzögerte Beanspruchung von Personalressourcen und deren Auswirkungen erkennbar.

Im Vergleich hierzu zeigten sich bei der Abbildung der Risiken und der Berechnung der Gesamtdurchlaufzeit in MS Project deutliche Nachteile ggü. der betrachteten Methodik. So werden Eintrittswahrscheinlichkeiten für Risiken nicht sinnvoll unterstützt, ebenso die Betrachtung der Korrelation der Einzelrisiken. Darüber hinaus sind die Ableitung von Szenarien und der Vergleich der Ergebnisse vergleichsweise aufwändig. In der Simulationsumgebung ist die Abbildung von Risiken hingegen ohne Schwierigkeiten umsetzbar. Der Zeitbedarf für die Modellanpassungen zur Spezifikation der Szenarien 1-10 lag jeweils bei bis zu fünf Minuten. Es kann also festgestellt werden, dass der in dieser Arbeit vorgestellte Ansatz schnelle Modellanpassung und Szenarienuntersuchung ermöglicht.

5 Fazit

Die Planung von Großprojekten ist sehr herausfordernd. Das Beispiel der Planung und Umsetzung der Olympischen Spiele 2012 zeigt jedoch, dass eine strikte Anwendung bekannter Prinzipien des Projektmanagements unter Verwendung von

marktgängiger Software personalintensiv aber hinreichend sein kann, um auch sehr große Projekte im Zeit- und Kostenbudget abzuwickeln.

In der hier vorgestellten Arbeit wurde untersucht, ob das Konzept der logistischen Assistenzsysteme (LAS) auf die Projektplanung von Großprojekten übertragen werden kann, um Planende ein Projektmanagement Assistenzsystem (PMAS) zur Verfügung zu stellen. Das PMAS soll einerseits eine Senkung des Aufwands für die regelmäßige Aktualisierung des Projektplans und andererseits eine Erhöhung der Qualität der Bewertung der Planung hinsichtlich Prozessrisiken zu ermöglichen.

Die Abdeckung der dargestellten Anforderungen durch das PMAS soll abschließend diskutiert werden. Anforderung A2 kann durch die Verwendung von Simulation, welche in der Bewertung komplexer Modelle anderen Verfahren überlegen ist, als erfüllt angesehen werden. Der verwendete Simulator OTD-NET liefert eine parametrierbare Bausteinbibliothek, damit ist die Anforderung A3 nach einer schnellen strukturellen Modellanpassung an neue Bedingungen bereits jetzt möglich. Eine vereinfachte Integration von bereits elektronisch vorliegenden Informationen soll zukünftig durch die vollständige Umsetzung des LAS-Konzeptes im diskutierten Einsatzbereich abgedeckt werden. Auch die Anforderung A4 an eine speichereffiziente Modellierung wird vom Werkzeug OTD-NET erfüllt. Die Speicherstrukturen sind für die Simulation von Produktionsnetzwerken von Automobilkonzernen mit der vollständigen Abbildung der Produktstruktur über das gesamte Produktspektrum ausgelegt. Auch sehr große Modelle im Großanlagenbau können daher mit hoher Wahrscheinlichkeit im Hauptspeicher abgelegt werden. Die Anforderung A5 wurde bereits durch Vorarbeiten der Autoren im Forschungsprojekt InKoRISK in die Modellelemente des Werkzeugs OTD-NET integriert.

Die verbleibende Anforderung A1, für deren Erfüllung eine intensive Untersuchung des Lösungsraums erforderlich ist, lässt sich gerade in Anbetracht des großen Lösungsraums bei der Planung von Großprojekten als nicht überzeugend abgedeckt bewerten. Bei komplexen Problemstellungen scheiden alternative Methoden zur Simulation (z. B. Optimierungsansätze) aber oft aus, so dass die Anforderung als „relativ gut erfüllt“ angenommen wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Konzept der automatisierten Zusammenführung von projektablaufrelevanten Informationen zusammen mit der simulationsbasierten Bewertung großes Potenzial für die verbesserte Projektplanung in Großprojekten aufweist, da neben einer hohen Ergebnisqualität eine Vereinfachung der Planung erreicht wird.

Danksagung

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Projektes „InKoRISK – Integrierte Terminierung und Transportplanung unterstützt durch kollaboratives Risikomanagement in der Automobilindustrie“, das von dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie unter dem Kennzeichen 19 G 11003D gefördert wird.

Literatur

- AbouRizk, S.: Role of Simulation in Construction Engineering and Management. *Journal of Construction Engineering and Management* 136 (2010) 10, S. 1140-1153.
- Beißert, U.: Constraint-basierte Simulation zur Terminplanung von Ausfhrungsprozessen – Repräsentation baubetrieblichen Wissens mittels Soft Constraints. Dissertation, Bauhaus-Universität Weimar, Fachgebiet Bauingenieurwesen 2011.
- Bockholt, F.: Operatives Störungsmanagement für globale Logistiknetzwerke – Ökonomie- und kologieorientiertes Referenzmodell für den Einsatz in der Automobilindustrie. Dissertation, Praxiswissen Dortmund, Fachgebiet Maschinenbau 2012.
- Cho, S.-H.; Eppinger, S. D.: A simulation-based process model for managing complex design projects. *IEEE Transactions on Engineering Management* 52 (2005) 3, S. 316-328.
- Corsten, H.; Corsten, H.; Gssinger, R.: Projektmanagement. Einführung. München, Oldenbourg 2008.
- DIN 69900, 2009: Projektmanagement. Netzplantechnik. 2009.
- Domschke, W.; Scholl, A.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht, 3. Auflage. Berlin, Heidelberg; New York: Springer 2005.
- Dori, G.; Borrmann, A.: Bauablaufsimulation und -animation für die Planung von Brckenbauvorhaben. Tagungsband des 22. Forum Bauinformatik. Berlin 2010.
- Eastman, C; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K.: BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. New Jersey, Wiley Publishing 2013.
- Gareis, R.: Risikomanagement in Projekten. *Wirtschaft und Management*, Jahrgang 3 (2006) 3, S. 89-100.
- Grenoble: Xeme Jeux Olympiques d'Hiver: Grenoble 1968. Official Report Grenoble 1968.
- Grewe, K.: Das Projektmanagement der Olympischen Spiele 2012 in London. Angenommen zur Veröffentlichung von ProjektMagazin, 01.2012.
- Grewe, K.: Internationale Grossprojekte in Time and Budget: Das Beispiel Olympiade London 2012, PRINCE2®-Tag Deutschland - Experten-Tagung für Projektmanagement, Köln (Deutschland), 25. April 2013.
- Hempel, M.; Offerhaus, J.: Risikoaggregation als wichtiger Aspekt des Risikomanagements. In: Deutsche Gesellschaft für Risikomanagement (Hrsg.): Risikoaggregation in der Praxis. Beispiele und Verfahren aus dem Risikomanagement von Unternehmen. Berlin, Heidelberg: Springer 2008, S. 3-13.
- Hlupic, V.; Robinson, S.: Business process modelling and analysis using discrete-event simulation. In: Medeiros D. J.; Watson E. F.; Carson J. S.; Manivannan M. S. (Hrsg.): Winter Simulation Conference proceedings, Washington, D.C. Omnipress, New York: Association for Computing Machinery, 13-16. December, 1998, .
- Hienz, R.; Flemming, C.: Modellbasiertes Projektcontrolling und Risikomanagement. In: Scherer, R. J.; Schapke, S.-E. (Hrsg.): MEFISTO:

- Management – Führung – Information – Simulation im Bauwesen 2010
Tagungsband 1. Mefisto Kongress, Dresden (Deutschland), 21. Oktober 2010.
- ISO 31000:2009, Riskmanagement – Principles and guidelines, 2009.
- Jahangirian, M.; Eldabi, T.; Naseer, A.; Stergioulas, L. K.; Young, T.: Simulation in manufacturing and business. A review. *European Journal of Operational Research* 203 (2010) 1, S. 1-13.
- Jakoby, W.: Projektmanagement für Ingenieure. Gestaltung technischer Innovationen als systemische Problemlösung in strukturierten Projekten. Wiesbaden: Vieweg+Teubner 2010.
- Klingebiel, K.; Toth, M.; Wagenitz, A.: Logistische Assistenzsysteme. In: *Praxishandbuch Logistik in Industrie, Handel und Dienstleistungsunternehmen*, Abschnitt 2.2.10, Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst, 2010a.
- Klingebiel, K.; Gavrylenko, Y.; Wagenitz, A.: Adoption of Simulation Techniques for Mastering Logistic Complexity of Major Construction and Engineering Projects. In: Bargiela, A.; Crowley S.A.A.D.; Kerckhoffs E.J.H. (Hrsg.): *Proceedings of the 24th European Conference on Modelling and Simulation*, Kuala Lumpur (Malaysia), 1.-4. Juni 2010b, S. 160-168.
- Liebler, K.; Motta, M; Beißert, U.; Wagenitz, A.: Introduction OTD-NET and LAS: Order-to-delivery network simulation and decision support systems in complex production and logistics networks. *Proceedings of Winter Simulation Conference*, Washington, D.C., (USA), 8.-11. Dezember 2013 (accepted paper).
- Medgenberg, J.; Nemuth, T.: Potential der Monte-Carlo-Simulation für Risikoanalyse im Projektmanagement. 1. Internationaler BBB-Kongress, Dresden (Deutschland), 12. September 2011, S. 153-171.
- PMBOK: A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 5. Auflage, Project Management Institute, 2013.
- Rinza, P.: Projektmanagement – Planung, Überwachung und Steuerung von technischen und nichttechnischen Vorhaben. Berlin, Heidelberg: Springer 1998.
- Scherer, R.; Ismail, A.: Process-based simulation library for construction project planning. In: Jain, S.; Creasey, R.R.; Himmelspach, J.; White, K.P., Fu, M. (Hrsg.): *Proceeding of the Winter Simulation Conference (WSC)*, Phoenix, Arizona (USA), 11.- 14. December 2011.
- Yüzgülec, G.; Wagenitz, A.; Heller, T.: Risikomanagement-Tool für einen erfolgreichen Anlagenanlauf. *Productivity Management* 3 2010, S. 27-30.
- VDI 3633 Blatt 1: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen, Grundlagen (Entwurf), 2010.
- Wagenitz, A.: Modellierungsmethode zur Auftragsabwicklung in der Automobilindustrie. *Dissertationsschrift TU Dortmund, Fachgebiet Maschinenbau*, 2007.
- Wagner, U.; Scherer, R.: Konzeption eines Werkzeugs für schnell zu erstellende Simulationen von Baustellenabläufen. In: Rabe, M. (Hrsg.): *Advances in Simulation for Production and Logistics Applications*. Stuttgart: Fraunhofer IBR Verlag, 2008, S. 161-168.
- Werner, A.: Datenbankgestützte Risikoanalyse von Bauprojekten – Eine Methode zur rechnergestützten Monte-Carlo-Simulation des Bauablaufs für die Risikoanalyse im Bauunternehmen. *Dissertationsschrift Universität Rostock, Fachgebiet Ingenieurwissenschaften*, 2003.