



Erst der Facettenschliff macht aus einem unregelmäßig geformten Rohedelstein ein funkelnendes Juwel; allerdings nur dann, wenn die Geometrie jeder Facette stimmt und beim Schliff möglichst wenig des kostbaren Steins abgetragen wird. Der in der Abteilung Optimierung entwickelte Industrieprozess kann die Steine optimal schleifen und bis zu 30 Prozent mehr Edelstein aus dem Rohling herausarbeiten.

OPTIMIERUNG

▪ MEDIZINISCHE THERAPIEPLANUNG

Entwicklung neuer Methoden für die klinische Therapieplanung auf Basis mehrkriterieller Optimierung

▪ OPTIMIERUNG IM VIRTUAL ENGINEERING

Modellierung physikalischer Zusammenhänge und technischer Prozesse und ihre Abbildung in Computerprogrammen in den Ingenieursdisziplinen

▪ OPTIMIERUNG VON UNTERNEHMENSSTRUKTUREN UND -PROZESSEN

Modellierung logistischer und organisatorischer Planungssysteme sowie Entwicklung individueller Softwarekomponenten

▪ MODELLIERUNG, SIMULATION UND OPTIMIERUNG IN DER VERFAHRENSTECHNIK

Individuelle Entwicklung von Software-Komponenten vom konzeptionellen Verfahrensentwurf über Prozess- und Apparatedesign bis zu Steuerungs- und Regelungsfragen





Zentrale Aufgabe der Abteilung Optimierung ist die Entwicklung individueller Lösungen für Planungs- und Entscheidungsprobleme in Logistik, Ingenieur- und Lebenswissenschaften in enger Kooperation mit Partnern aus Forschung und Industrie. Methodisch ist die Arbeit durch ein Zusammenspiel von Simulation, Optimierung und Entscheidungsunterstützung geprägt. Unter Simulation wird dabei die Bildung mathematischer Modelle unter Einbeziehung von Design-Parametern, Restriktionen und zu optimierenden Qualitätsmaßen und Kosten verstanden. Die Entwicklung und Implementierung von anwendungs- und kundenspezifischen Optimierungsmethoden zur Berechnung bestmöglicher Lösungen für das Design von Prozessen und Produkten sind Kernkompetenzen der Abteilung. Alleinstellungsmerkmal ist die Integration von Simulations- und Optimierungsalgorithmen unter spezieller Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze sowie die Entwicklung und Implementierung interaktiver Entscheidungsunterstützungswerkzeuge. Insgesamt wird Optimierung weniger als mathematische Aufgabenstellung verstanden, sondern vielmehr als kontinuierlicher Prozess, welchen die Abteilung durch die Entwicklung adäquater Werkzeuge unterstützt. Die Forschungsschwerpunkte sind:

Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen

Das Portfolio umfasst Beratung und Unterstützung bei der Modellierung logistischer und organisatorischer Planungssysteme sowie die Entwicklung individueller Softwarekomponenten. Mit Optimierungsmethoden in eigenen Softwaretools werden Lösungsvorschläge zur Entscheidungsunterstützung erstellt, die den besten Kompromiss zwischen den konkurrierenden Planungszielen »Minimierung der Kosten« versus »Maximierung der Planqualität« bieten. Methodisch basiert auf ereignisdiskreter Simulation und kombinatorischer Optimierung beschäftigt sich dieser Schwerpunkt mit effizienten Strategien für die Transportlogistik, mit Layoutfragen, mit der Planung und Steuerung von Produktions- und FuE-Prozessen und mit Modellen und Algorithmen zur Planung und Disposition von Prozessabläufen im Krankenhaus und im Gesundheitswesen.

Optimierung in der medizinischen Therapieplanung

Die Abwägung zwischen der Aussicht auf Heilung von schwerer Krankheit und der Vermeidung von Nebenwirkungen bei der Therapieplanung stellt Mediziner im Alltag vor schwere Planungsaufgaben. Der Forschungsschwerpunkt Interaktive Therapieplanung entwickelt für die klinische Therapieplanung neue Methoden auf Basis mehrkriterieller Optimierung. Die Gruppe entwickelt innovative Planungskomponenten für die ionisierende Strahlentherapie, die Ultraschalltherapie, die Radiofrequenzablation und die systemische Therapie in der Senologie, welche medizinischen Physikern bzw. den behandelnden Ärzten in einer besonders einfachen Weise die Abwägung zwischen Chancen und Risiken der Behandlung gestattet.

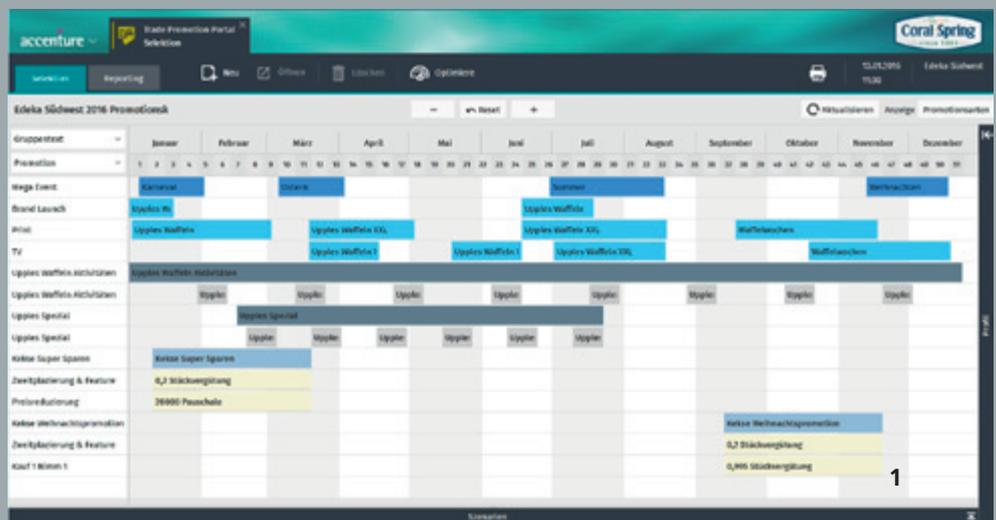
Optimierung im Virtual Engineering sowie Modellierung, Optimierung und Simulation in der Verfahrenstechnik

Der Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden in den Ingenieursdisziplinen setzt auf einer Modellierung von physikalischen Zusammenhängen und technischen Prozessen und ihrer Abbildung in Computerprogrammen auf. Optimierung unterstützt Ingenieure dabei, Produkte und Prozesse so auszulegen, dass sie Zielvorstellungen bezüglich Qualität und Kosten bestmöglich erfüllen. In den Projekten entstehen jeweils Softwarekomponenten zur simulationsgestützten Optimierung, welche die hochdimensionalen Aufgabenstellungen unter Nutzung speziell entwickelter Integrationstechniken von Simulations- und Optimierungsalgorithmen lösen. Mehrkriteriell optimierte Produkt- bzw. Prozesslayouts werden den Entscheidern in interaktiven Entscheidungsunterstützungswerkzeugen zur Begutachtung und Auswahl vorgestellt.

Das Jahr 2015 war für die Abteilung von herausragendem wirtschaftlichen Erfolg geprägt; besonders hervorzuheben sind

- Start einer mehrjährigen Kooperation mit der Goldbeck Solar GmbH zur mehrkriteriellen Optimierung hybrider Energiesysteme für gewerbliche und Industriebauten
- Abschluss des BMBF-Softwareclusters mit einem Demonstrator »HI-P« für horizontal integrierte Produktionsplanungsdienste mit den Partnern proALPHA, mineway, SIEDA und Insiders.
- Im BMBF-Projekt »H2OPT« wird im Feldversuch beim Trinkwasserversorger EWR der Stadt Worms durch eine verbesserte Fahrweise der Förderpumpen im Wasserwerk eine Energieersparnis von knapp zehn Prozent realisiert.
- Lizenzierung von Patenten und Start einer Forschungs- und Entwicklungskooperation mit dem Weltmarktführer Varian Medical Systems, Palo Alto (CA), auf dem Gebiet der Radiotherapieplanung. Das Projekt ist von der gesellschaftlichen Bedeutung eines der relevantesten im ITWM: mehr als 65 % der Krebspatienten weltweit werden in den Genuss der innovativen ITWM-Planungsmethoden kommen.

Im wissenschaftlichen Bereich zählt neben dem Start eines Fraunhofer-Leitprojektes »ESource« zur Elektrochemie, der Genehmigung eines DFG-Projektes auf dem Gebiet der Tribologie, der Genehmigung der BMBF-Skizze »GamOR« zur kooperativen, spielorientierten Personalplanung, der »1.Tag der Verfahrenstechnik Kaiserslautern«, bei welchem sich über 70 Wissenschaftler des Standortes über Nutzung mathematischer Methoden in der Mechanischen und in der Fluid-Verfahrenstechnik austauschten, zu den wesentlichen Erfolgen. Innerhalb des neu gegründeten Leistungszentrums »Simulations- und Software-basierte Innovation« wird die Kooperation von Lehrstühlen der Verfahrenstechnik mit dem Fraunhofer ITWM eine wesentliche Rolle spielen.



OPTIMIERUNG VON HANDELPROMOTIONEN

1 Demoansicht eines Promotionskalenders

»Zwei zum Preis von einem«, »30 % mehr Inhalt«, »Valentinstag Special Edition« – es ist ein bekanntes Bild in Supermärkten: Preissenkungen (Rabatte), Sonderverpackungen, Aufsteller, Zugaben und andere Aktionen, die ein Produkt bewerben. Zusammengefasst bezeichnet man sie als konsumentengerichtete Handelspromotionen.

Der Hersteller muss entscheiden, wann welche Produkte mit welchen dieser verkaufsfördernden Maßnahmen bedacht werden, um sein Budget möglichst gewinnbringend einzusetzen. Die Produktverantwortlichen müssen nicht nur ein einzelnes Produkt mit passenden Taktiken bestücken; vielmehr muss ein Portfolio an Maßnahmen für unterschiedliche Produkte konstruiert werden. Wichtige Zielgrößen sind die Kosten, der Gesamtumsatz und die Marge. Jede Maßnahme erzeugt nicht nur ein Plus an Abverkäufen, sondern kann auch den Absatz eigener anderer Marken negativ beeinflussen. Dieser Effekt wird als Kannibalisierung bezeichnet. Beispielsweise bedeutet ein Mehrverkauf der preisreduzierten Nusschokolade weniger Verkäufe der regulär verkauften Vollmilchschokolade.

Ein Produkt wird typischerweise nicht nur einmal im Jahr, sondern in unregelmäßigen Abständen das ganze Jahr über beworben. Die Key Account Manager auf Herstellerseite pflegen daher für ihre Produkte einen Promotionskalender, in dem auch saisonale Trends berücksichtigt werden; schließlich werden Kaltgetränke besser im Sommer und Lebkuchen besser im Winter verkauft. Bei der Erstellung müssen stets das Gesamtbudget, eine gleichmäßige Promotionsabdeckung und Vorratskauffeffekte im Auge behalten werden.

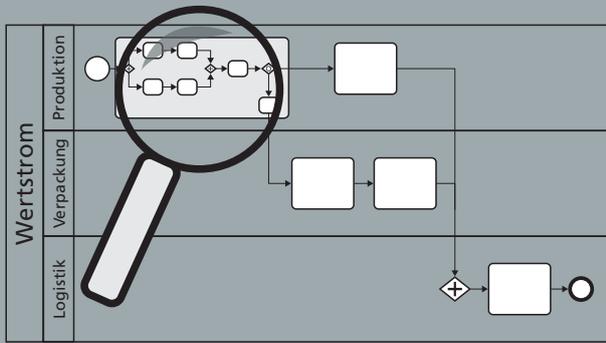
Da es für einen Menschen sehr schwer ist, sowohl die individuellen Reaktionen auf verkaufsfördernde Maßnahmen abzuschätzen als auch gleichzeitig deren Wechselwirkungen zu kalkulieren, werden Entscheidungen häufig nur nach persönlichen Erfahrungswerten getroffen, ohne die Auswirkungen in ihrer Gänze zu überblicken. Deshalb wird ein großer Teil des Budgets oft nicht nachhaltig investiert. Konsumgüterhersteller geben statt dessen immer mehr Geld für konsumentengerichtete Handelspromotionen aus, ohne tatsächlich eine Steigerung der Marktanteile zu erreichen. Sie suchen daher neue Wege, um die Promotionsplanung effektiver zu gestalten.

Ziel der Zusammenarbeit des Softwareunternehmens Accenture CAS und des ITWM ist deshalb ein Entscheidungsunterstützungstool für die Erstellung eines Promotionskalenders. Dabei sollen optimierte Vorschläge generiert werden, die nach mehreren Zielgrößen bewertet werden. Die dafür nötigen Prognosealgorithmen auf Einzelproduktbasis wurden bereits in vergangenen Projekten gemeinsam entwickelt. Methodisch hat sich eine Mischung aus daten- und

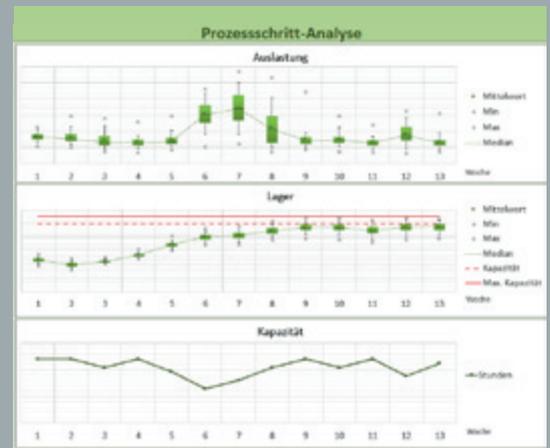
modellgetriebenen Algorithmen bewährt. Es gibt also einerseits erklärende Modellannahmen («Einer Promotionsmaßnahme folgt ein Mehrverkauf») und andererseits historische Kassenbon- und Marktforschungsdaten, die diese Modellannahmen kalibrieren.

Die Absatzprognose von Handelspromotionen ist eines von vielen Projektbeispielen, in dem sich der Smart Data-Ansatz, also die Kopplung von Rahmenmodellen mit Kalibrierungsdaten, gegenüber einem rein datengetriebenen Big Data-Modell bewährt hat. Dies ist insbesondere darin begründet, dass verfügbare Absatzdaten aus verschiedenen Quellen nicht immer die nötige Qualität aufweisen, als dass sowohl das Basismodell als auch die Ausnahme (Reaktion auf Promotionsmaßnahmen) solide gelernt werden könnten. Durch das unterliegende Modell behält man außerdem die Kontrolle darüber, dass Prognosen stets plausibel sind, beziehungsweise andernfalls Datenqualitätsprobleme offengelegt werden können.

Die einzelnen Prognosen sollen nun unter der Berücksichtigung von Seiteneffekten – wie etwa der Kannibalisierung – verknüpft werden, um optimierte Bündel von Produkten und Maßnahmen zu berechnen. Diese Promotionen werden dann wiederum passend in den Promotionskalender eingebettet. In der Praxis wird ein solcher Kalender nicht jedes Jahr von Null aufgebaut. Stattdessen gibt es bewährte Promotionen, die aus den Vorjahren übernommen werden. Das Optimierungstool muss solche Vorgaben berücksichtigen, aber gegebenenfalls auch Vorschläge für leichte Modifizierungen (etwa zeitliche Verschiebungen, Taktikwechsel, Änderung des Produktportfolios) machen, um weiteres Optimierungspotenzial aufzuzeigen.



1



2

KAPAZITÄTSPLANUNG KOMPLEXER WERTSTRÖME

1 Wertstrom mit komplexer Ablauflogik einzelner Prozessschritte

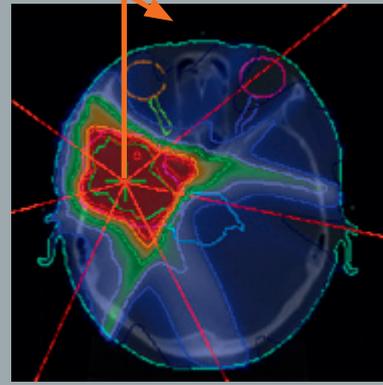
2 Exemplarische Auslastungsprognose mittels Wertstromsimulation

Menschen und Maschinen sind in Unternehmen im Einsatz, um Produkte zu erzeugen und Aufträge zu bearbeiten. Von der Fertigung bis zum Versand werden dabei verschiedene Prozessschritte in einem Wertstrom durchlaufen. Diese Schritte müssen wie Zahnräder ineinandergreifen. Wenn nur ein Zahnrad hakt, können Aufträge nicht rechtzeitig bearbeitet werden und es kommt an anderen Stellen zu Überlast oder Rückstaus. Der unvorhergesehene Eintritt von Engpässen kann zu großen wirtschaftlichen Schäden führen.

Entscheidend für reibungslose Abläufe im Wertstrom sind ausreichende Kapazitäten. Es genügt nicht, diese getrennt für einzelne Prozessschritte zu planen: So ist vielleicht die Produktion mit effizienten Maschinen bestückt und erreicht Spitzendurchsätze; dies bringt aber wenig, wenn am Ende in der Logistik zu wenig Personal für die Kommissionierung zur Verfügung steht. Alle Prozessschritte und ihre Wechselwirkungen müssen betrachtet werden, um aufeinander abgestimmte Kapazitäten zu erreichen. Ein weiteres Problem stellt eine zu kurzfristige Kapazitätsplanung dar. Diese kann Engpässe oft nur teilweise oder mit hohen Kosten beheben, wie zum Beispiel durch Anmietung teurer Lagerflächen. Wichtig ist deshalb eine Vorausschau, damit Gegenmaßnahmen frühzeitig umgesetzt werden können. Eine vorausschauende Kapazitätsplanung bringt aber natürlich Unsicherheiten mit sich, wie ein ungewisses zukünftiges Auftragsportfolio.

Die Abteilung Optimierung hat ein Tool zur proaktiven Kapazitätsplanung entwickelt, das diesen Herausforderungen durch eine praxisnahe Modellierung gerecht wird. Die Kunst dabei ist ein angemessener Detailgrad in der Abbildung einzelner Prozessschritte. Eine Feinsimulation aller Arbeitsvorgänge ist nicht sinnvoll, da zu viele Annahmen über interne Entscheidungsprozesse die Ergebnisse beeinflussen. Eine überschlägige Abschätzung der Auslastung anhand von Mittelwerten liefert dagegen ein zu ungenaues Bild. Jeder Prozessschritt wird stattdessen mit kapazitätsrelevanten Faktoren parametrisiert. Prozessbedingte interne Schwankungen werden durch stochastische Verteilungsfunktionen berücksichtigt. Der richtige Mix aus datengetriebener und fachlicher Modellierung ist dabei entscheidend, um zum Beispiel hochkomplexe Produktionsabläufe oder schwer fassbare menschliche Ressourcen sinnvoll abzubilden.

Eine Monte-Carlo-Simulation liefert darauf aufbauend eine ausreichend genaue, möglichst realistische Prognose von Auslastung, Durchlaufzeiten und Durchsatz des Wertstroms. Diese Zielgrößen kann der Anwender explorativ in Parameterstudien kalibrieren oder What-if-Szenarien durchspielen. Die Kapazitäten und ihre Effekte entlang des Wertstroms werden dadurch transparent und proaktiv planbar.



1

SOFTWAREPLATTFORM FÜR DIE ADAPTIVE STRAHLENTHERAPIE

Das vom BMBF geförderte Projekt SPARTA hat zum Ziel, neue und nachhaltige Entwicklungen für medizinische IT-Systeme in der Strahlentherapieplanung zu entwickeln. Dabei wird für den gesamten Therapieverlauf, der sich in der Regel über mehrere Wochen erstreckt, ein System für die Klinik erschaffen, das Abweichungen vom ursprünglichen Therapieplan zeitnah registriert, medizinischen Handlungsbedarf selbstständig identifiziert und den behandelnden Ärzten sinnvolle Korrekturmaßnahmen zur Auswahl anbietet. Das Ziel ist eine maximal mögliche Therapie und damit verbundene Heilungschancen für den Patienten über den gesamten Behandlungsverlauf zu gewährleisten.

Die Strahlentherapie ist dank der technisch immer besser werdenden Methoden in den medizinischen Bildgebungsverfahren wie Computertomografie oder Magnetresonanztomografie in den letzten Jahren zu einer Hochpräzisionstechnik entwickelt worden, mit der man millimetergenau die Dosis im Körper des Patienten vorhersagen und planen kann. Dies hat jedoch zur Folge, dass eine präzise eingestellte Dosis selbst bei kleinen Veränderungen im Körper (z. B. bei Gewichtsverlust über den Therapieverlauf) angepasst werden muss, weil nun vielleicht ein ehemals hoher Dosisbereich für den Tumor benachbarte gesunde Organe trifft. Das Projektkonsortium besteht neben dem ITWM aus mehreren Kliniken, die auf dem Gebiet der Strahlentherapie führend sind, Forschungseinrichtungen wie das Deutsche Krebsforschungszentrum DKFZ und das Fraunhofer MEVIS, und einigen mittelständischen Unternehmen sowie dem weltweit größten Bildgebungsgerätehersteller SIEMENS. Die Mitglieder decken somit alle fachlich wichtigen Bereiche für das geplante System ab: von der medizinischen Kompetenz über moderne Bildverarbeitung und Medizin-Informatik sowie über die mathematische Kompetenz und Erfahrung in der Entwicklung von Algorithmen für die interaktive Strahlentherapieplanung. Die Arbeitsgruppe Medizinische Therapieplanung greift auf Erfahrungen in der Entscheidungsunterstützung in der Strahlentherapieplanung von über zehn Jahren zurück.

Die besondere Herausforderung für das ITWM in SPARTA ist die Entwicklung neuer softwarebasierter Planwerkzeuge für die behandelnden Ärzte, um in der hochdynamischen Situation einer Strahlentherapie über mehrere Wochen zu jeder Zeit mit gewohnt hoher Präzision auf eine Planabweichung reagieren zu können. Unter anderem werden innovative Lösungen geschaffen wie eine auf mehreren Kriterien basierende interaktive Lagekorrektur innerhalb weniger Zentimeter des Patienten oder Feinadjustierungen der Maschinenparameter der Behandlungsgeräte, um einen größtmöglichen Handlungsspielraum für die Planadaption zu ermöglichen, welche aber keine sonst anfallende zeitaufwändige Qualitätssicherung erfordern und den Behandlungsverlauf nicht beeinträchtigen.

1 *Interaktive Lagekorrektur des Patienten: Um auf die veränderte Patienten-geometrie zu reagieren, kann der Planer mittels der Regler Wünsche an die Qualitätsmaße des Behandlungsplans stellen und das System berechnet automatisch die dafür beste Umlagerung des Patienten.*