

WHITE BOX APS:

Kombination von Optimierung und Erfahrungswissen

Dr. Jörg Thomas Dickersbach

APS-Systeme tragen seit Jahren dazu bei, beträchtliche Erfolge bei der Reduzierung von Lagerbeständen und der Erhöhung der Liefertreue zu erreichen. Trotz ihrer Leistungskraft sind sie meist nicht in der Lage, praxistauglich Optimierungsalgorithmen mit dem Erfahrungswissen des Planers zu kombinieren. Als „Black Box“ errechnen diese traditionellen Systeme ein Ergebnis, das dem Planer nicht transparent ist und nicht oder nur marginal geändert werden kann. Der WHITE BOX APS-Ansatz zeigt auf, wie die Vorteile einer Optimierung genutzt werden können und dem Planer zugleich Transparenz und flexible Eingriffsmöglichkeiten eröffnet werden.

Advanced Planning and Scheduling (APS)-Systeme unterstützen eine vorausschauende Planung über mehrere Wertschöpfungsstufen vom Lieferanten bis zum Kunden – oder auch darüber hinaus. Dazu ermitteln sie Abhängigkeiten zwischen Prozessen und deren Auswirkung auf Terminierung und Kapazitätsbedarf. Die Planung und Terminierung der Prozesse wird unterstützt durch Visualisierungen, Regeln und Optimierungsverfahren.

Wassermann gehörte in den 1980er Jahren zu den ersten Anbietern von APS-Systemen, wobei damals der Fokus auf der Visualisierung und der interaktiven Planung lag. Zu jenem Zeitpunkt wurde einzig das Prinzip der minimalen Verschwendung verfolgt und eine konsequente Rückwärtsterminierung ohne Berücksichtigung kapazitiver Grenzen ausgeführt. Diesem Ansatz liegt die Annahme zu Grunde, dass sich die Organisation der Auftragslage anpassen kann.

Existieren jedoch mehrere Engpässe, die bereits rund um die Uhr ausgelastet sind und nicht substituierbar sind, wird Kapazität zur harten Randbedingung. Ist gleichzeitig das Auftragsvolumen sehr hoch oder die Produktionsstruktur sehr komplex – z. B. wenn mehrere Vorgänge eines Auftrages am selben Engpass bearbeitet werden – erweist sich eine Optimierung oder Automatisierung als willkommene Unterstützung.

Die meisten APS-Systeme legen den Schwerpunkt auf eben diese Optimierung und überspringen dabei die Grundlagen zur interaktiven Planung ganz oder teilweise.

Wie optimal ist eine Optimierung?

Mathematisch gesehen liefert eine Optimierung stets das beste Ergebnis, allerdings nur entsprechend der definierten Zielsetzungen und Randbedingungen. Für die Kernaufgaben der APS-Systeme – Produktionsplanung und Terminierung – ist es aufgrund der kombinatorischen Möglichkeiten der Reihenfolgebildung jedoch nicht möglich, eine mathematische Optimierung durchzuführen. Stattdessen werden mathematische Heuristiken verwendet, die in absehbarer Zeit eine möglichst gute Lösung finden. Diese Heuristiken werden meist ebenfalls als Optimierung bezeichnet. Diesem Sprachgebrauch schließen wir uns an.

Aus der nachfolgenden Betrachtung sind Optimierer für eine vereinfachte, periodenbezogene Grobplanung ausgenommen, da diese aufgrund ihrer simplifizierten Aufgabenstellung andere Optimierungsalgorithmen erlauben. Diese Vereinfachungen führen aber dazu, dass viele Produktionsrandbedingungen nicht abbildbar sind und Mängel wie unkontrollierte Überlappungen der Bearbeitung und/oder unkontrollierte Dehnungen der Durchlaufzeit auftreten.

Eine Vergleichbarkeit von Optimierern fällt schwer, da die Optimierungsaufgaben je nach Datenmodell (also je APS-System), Unternehmen und Auftragslage unterschiedlich sind. Was aber für alle Optimierer gilt: Jede Optimierung hat ihre Grenzen und liefert in der Praxis – ganz anders als der Name vermuten lässt – i. a. nicht das betriebswirtschaftlich beste Ergebnis.

Die Grenzen der Optimierung

Der Extremfall für den Einsatz der Optimierung besteht darin, dass der Optimierer des APS-Systems die Fertigung steuert und dabei den Planer ersetzt. Dies funktioniert in der Praxis nur in Ausnahmefällen. So hilfreich und aufwandssparend eine Optimierung sein kann, so problematisch sind die Versuche, den Planer zu übergehen. In vielen Fällen scheitern diese Ansätze einfach an den schlechten Ergebnissen. In anderen Fällen – falls das Verbesserungspotenzial zur vorherigen Planung groß genug ist – bleibt das Resultat hinter den Möglichkeiten zurück.

Die häufigsten Mängel eines Optimierungsergebnisses sind unnötig hohe Verspätungen zum Kunden, hohe Umlaufbestände und inkonsistente Planungsergebnisse. Hierdurch ergibt sich eine Verlagerung des Aufwandes von der Planung zur Stammdatenpflege und zur Problembehebung auf der Ausführungsebene. Letzteres ist problematisch, weil sich damit eine informelle Parallelorganisation etabliert, die die Planungsvorgaben immer häufiger ignoriert.

Die Mängel in den Optimierungsergebnissen haben im Wesentlichen vier Gründe:

1. Mangelnde Stammdatenqualität

In den seltensten Fällen sind die Stammdaten eines ERP-Systems in der für ein APS-System erforderlichen Qualität gepflegt. Unzutreffende Einstellungen zur Durchlaufzeit, zur Planlieferzeit und zum Kapazitätsangebot, deren Auswirkungen im ERP-System als Rauschen untergehen, schlagen in einem APS-System voll zu.

Üblicherweise liefern Optimierer einen rückstandsfreien, kapazitiv machbaren Plan. Hierdurch wirken sich Stammdatenfehler direkt auf den planerisch machbaren Kundentermin aus. Die Ursachensuche gestaltet sich in diesen Fällen als äußerst schwierig, da es bei einem Optimierungsergebnis i. a. nicht nachvollziehbar ist, warum ein bestimmter Auftrag auf ein bestimmtes Datum terminiert wurde. Somit ist neben ungünstigen Ergebnissen auch mit einem beträchtlichen Aufwand zur Stammdatenanalyse und -bereinigung zu rechnen.

2. Schlechte Ausgangsbasis für die Optimierung

Optimierer für die Produktionsplanung und Terminierung verwenden in der Regel Graphen, welche die Materialflussbeziehungen in einem Auftragsnetz repräsentie-

ren¹. Die eigentliche Optimierung erfolgt anhand dieses Materialflussnetzes. Daher ist es für das Ergebnis sehr bedeutsam, dass der Optimierer mit dem korrekten Materialflussnetz rechnet.

Häufig erfolgt die Optimierung basierend auf einem mehr oder weniger vollständigen MRP-Lauf. So enthält die Ausgangssituation bereits Verletzungen des Materialflusses und Unterdeckungen. Die Konsequenz hieraus ist, dass das Materialflussnetz für den Optimierer falsch erstellt wird – z. B. indem Baugruppen-Aufträge zu Endprodukt-Aufträgen zugeordnet werden, die zeitlich ungünstig liegen und durch nicht abgestimmte Mengenverhältnisse zu komplexen m:n Beziehungen führen. Dadurch berücksichtigt der Optimierer Randbedingungen, die eigentlich keine sind. Dies führt zu schlechteren und zu schlechter nachvollziehbaren Ergebnissen.

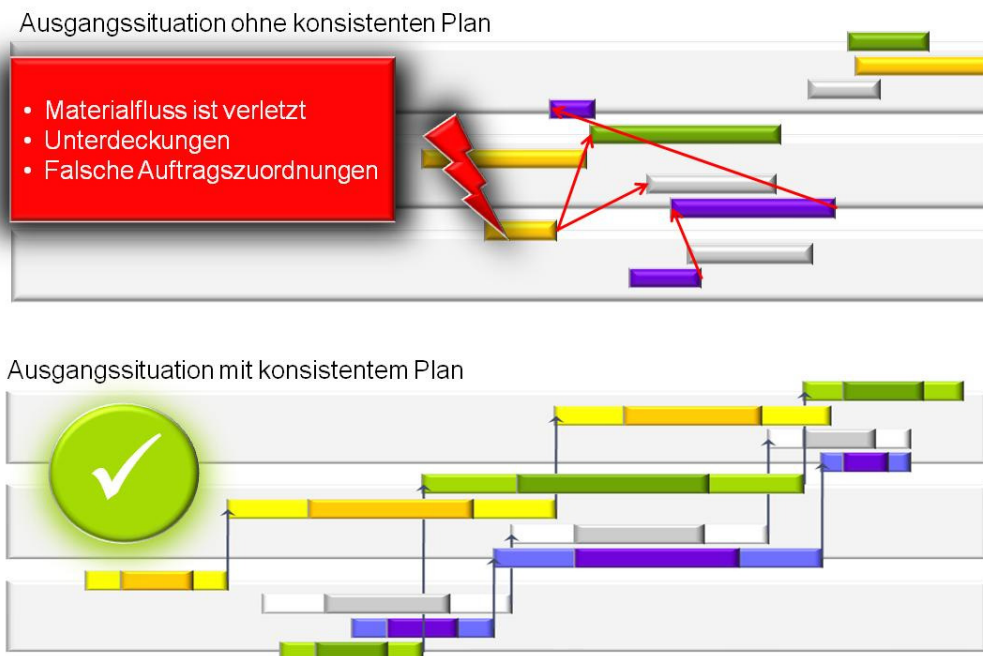


Abbildung 1: Einfluß der Ausgangsbasis für die Optimierung

3. Flexibilität der Organisation wird nicht hinreichend berücksichtigt

Ein Plan enthält eine Reihe von Aufträgen, deren Machbarkeit durch den Tag heute und die verfügbare Kapazität begrenzt wird. Eine weitere Grenze besteht durch die Termine, zu denen die Aufträge fällig sind.

Optimierer versuchen, durch Ausnutzen der planerischen Freiheitsgrade – z. B. durch Verschieben einzelner Vorgänge – die Aufträge so einzuplanen, dass sie innerhalb dieser Grenzen bleiben. Unabhängig vom verwendeten Optimierungsverfahren ist dies nicht immer möglich – wenn die Anzahl der Aufträge groß und die Grenzen eng sind, gibt es keinen machbaren Plan, der die Bedarfstermine einhält. Daher ist es erforderlich, Ventile für die Planung anzubieten. Mögliche Ventile sind Verspätung zum Bedarfstermin, Rückstand (Planung in die Vergangenheit) und Überlast.

¹ Optimierer für eine vereinfachte, periodenbezogene Grobplanung mit ihren o. g. gravierenden Mängeln sind hier ausgenommen.

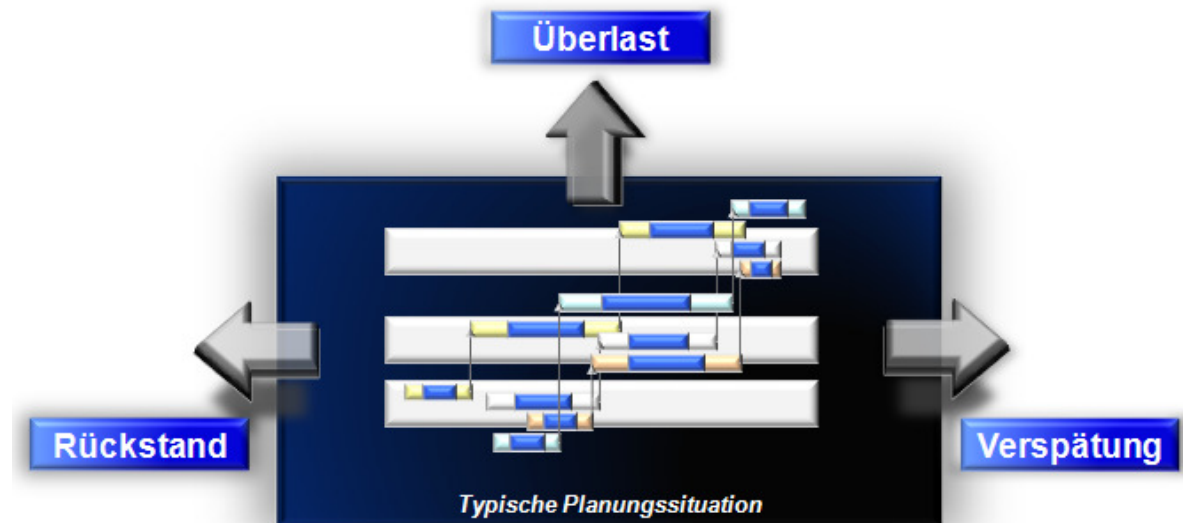


Abbildung 2: Planungsventile

Üblicherweise verwenden Optimierer einzig die Verspätung als Ventil. Entweder Verspätung oder Rückstand muss als Ventil verfügbar sein, um verfälschte Ergebnisse zu verhindern. Wie stark jedoch bspw. das Ventil „Verspätung“ in Anspruch genommen wird, hängt i. a. von der zulässigen Überlast ab.

Geht man von einer flexiblen Organisation aus, ist eine beliebige Überlast erlaubt – die Organisation passt ihre Kapazität der Auftragslage an. Dies hat den Vorteil, dass die erforderliche Verspätung minimal sein wird. Wird andererseits keine Überlast zugelassen, entspricht dies einer völlig starren Organisation – das Kapazitätsangebot stellt eine harte Randbedingung dar – mit der Konsequenz, dass die Summe der Verspätungen deutlich höher sein wird.

Die meisten Optimierer denken „schwarz-weiß“: Sie lassen (arbeitsplatzbezogen) die Wahl zwischen Überlast (völlig flexible Organisation) und keiner Überlast (völlig starre Organisation) zu. Häufig liegt die Wahrheit jedoch in der Mitte – je nach Dringlichkeit (d. h. nach potenzieller Verspätung des Kundentermins) kann, zumindest bis zu einem bestimmten Grad, Überlast akzeptiert werden. Um dieses Verhalten der Organisation abzubilden, ist eine Einbeziehung der Überlast in die Zielfunktion des Optimierers erforderlich – was die Optimierer in aller Regel aber nicht leisten.

4. Unzureichender Informationsgehalt

Ein Optimierer liefert zwar ein optimales Ergebnis², aber nur hinsichtlich der ihm bekannten Randbedingungen. Da dem Optimierer immer nur ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit zur Verfügung steht, stehen ihm manche Lösungswege nicht zur Verfügung. Ein Planer kann hingegen mit seinem situativen Erfahrungswissen Entscheidungen treffen, welche die Randbedingungen des Optimierers verletzen:

² entsprechend o. g. Einschränkungen

- Beschleunigung der Beschaffung durch Rücksprache mit dem Lieferanten oder Wechsel des Lieferanten
- Beschleunigung der Produktion in Absprache mit dem Meister oder Fertigungsleiter
- Substitution von Komponenten oder Baugruppen
- Verschieben von unkritischen Bedarfsterminen
- Beschaffung von Komponenten oder Baugruppen über Gefälligkeitsbeziehungen oder aus verborgenen Beständen (z. B. Teile, die einer Überarbeitung bedürfen)

Somit hinkt das Optimierungsergebnis, zumindest was diese Punkte betrifft, der Planung seitens des Planers hinterher. Versuche, die Komplexität der Wirklichkeit systemtechnisch abzubilden, haben sich als Irrweg erwiesen. Häufig führt bereits eine moderate Erweiterung des Detaillierungsgrades dazu, dass APS-Systeme aufgrund ihrer Komplexität nicht mehr bedienbar sind – was wiederum zu anderen Fehlern führt.

Aus dieser reduzierten „Wahrnehmungsfähigkeit“ des Optimierers und den drei zuvor genannten Gründen folgt: Um das betriebswirtschaftliche Potenzial der Planung auszuschöpfen, ist es dringend erforderlich, dass dem Planer hinreichende Analyse- und Eingriffsmöglichkeiten geboten werden. Fehlen diese interaktiven Eingriffsmöglichkeiten, können weder die häufigen Mängel der unnötigen Verspätungen behoben werden, noch existieren Reaktionsmöglichkeiten für Aufträge mit besonderer Priorität.

Verlassen sich Unternehmen allein auf die – wie gezeigt mangelhafte – Optimierung durch das APS-System, so zeigt sich ein weiterer problematischer Aspekt: Die Frage der Verantwortung für den Plan. Wenn der Planer nicht mehr planen kann, wer ist dann verantwortlich für geringe Liefertreue und hohe Bestände?

Welcher Grad an Automatisierung ist wünschenswert?

Aus den o. g. Gründen schöpft eine Optimierung ohne hinreichende Eingriffsmöglichkeiten nur in den seltensten Fällen das betriebswirtschaftliche Potenzial voll aus. Andererseits bietet die Optimierung unzweifelhafte Vorteile, wenn es um die Automatisierung von Routineaufgaben geht (z. B. eine kapazitive Glättung über einen oder mehrere Arbeitsplätze), bei einer kurzfristigen Umplanung wegen eines Ressourcenausfalls oder bei der Verbesserung von Plänen mit einem starren Kapazitätsangebot und sehr komplexen Produktionsrandbedingungen. Leistungsfähige Optimierungsalgorithmen können Vorschläge generieren, auf die ein Mensch nur nach sehr viel Nachdenken kommt.

All diese Aspekte reduzieren den Planungsaufwand. Gleichzeitig erfordert eine Optimierung eine Analyse des Planungsergebnisses mit ggf. nachgelagerten Eingriffen, und sie führt tendenziell zu höheren Verspätungen und höheren Umlaufbeständen. Aus diesen Gründe sollte so viel Optimierung verwendet werden, wie nötig – und nicht so viel, wie möglich. Daraus leitet sich auch eine Beschränkung auf die erforderlichen Arbeitsplätze ab. Wie hoch letztlich der geeignete Grad an Automatisierung ist, hängt von der Branche und dem betroffenen Unternehmen ab.

Zur Vermeidung von unpassenden Ergebnissen muss der Flexibilität der Organisation Rechnung getragen werden können, indem beispielsweise Überlast – zumindest in einem bestimmten Rahmen – Eingang in die Zielfunktion erhält. Für den betriebswirtschaftlich sinnvollen Einsatz in der Praxis ist es darüber hinaus erforderlich, dass das APS-System Analysemöglichkeiten zur notwendigen Transparenz sowie Möglichkeiten zum einfachen, unkomplizierten Eingriff in das Optimierungsergebnis bietet.

Transparenz – die Königsdisziplin

Das herausragende Merkmal von APS-Systemen ist die übergreifende Planung von Wertschöpfungsketten. In den vorangegangenen Abschnitten haben wir dargelegt, warum eine Steuerung der Fertigung mit einem Optimierer als Black Box ohne hinreichende Eingriffsmöglichkeiten nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt. Die Grundvoraussetzung für interaktive Eingriffe ist zugleich die Königsdisziplin für APS-Systeme: Die transparente Darstellung der Planungssituation.

Hierfür ist es erforderlich, die Information richtig zu portionieren. Sie muss leicht verständlich dargestellt werden – möglichst grafisch – und es dürfen weder zu viele noch zu wenige Informationen sein. Dabei sind dynamische Filtermöglichkeiten (z. B. auf den kritischen Pfad) sowie kontextsensitive Skalierungen von großer Bedeutung. Um dennoch jedes Detail in Erfahrung bringen zu können, ist eine Aggregation über mehrere Ebenen empfehlenswert, wobei die oberste Ebene die wesentlichen Kenngrößen – logistische und betriebswirtschaftliche – des Planes enthalten sollte.

Grundlage der Planungstransparenz ist eine dem Wertschöpfungsprozess angemessene Datenstruktur. Hierzu zählen u. a.:

- Integration von Konstruktions- und Qualitätssicherungsprozessen
- Realitätsnahe Modellierung von Produktionsprozessen (z. B. Parallelvorgänge) und Branchenspezifika (z. B. Haltbarkeiten)
- Praxisgerechte Modellierung der Durchlaufzeit

Der Ansatz, dass sich Durchlaufzeiten aus der Terminierung der Belastung ergeben und dank detaillierterer Planung und komplexerer Planungsalgorithmen auf Terminpuffer verzichtet werden kann, erweist sich in der Regel als nicht tragfähig. Da nur die wenigsten Planer auf Terminpuffer verzichten, wird dieser Ansatz beispielsweise durch einen verminderten Nutzungsgrad der Ressource unterlaufen – mit dem Nachteil, dass der Terminpuffer nicht mehr transparent ist und auch nicht mehr auftragsindividuell reduziert werden kann.

Nachvollziehbarkeit wird häufig in einem Atemzug mit Transparenz genannt. Für eine kapazitätsunabhängige Terminierung gilt diese Forderung auch uneingeschränkt. Sobald jedoch Kapazitätsgrenzen berücksichtigt werden – sei es durch eine Optimierung, durch eine CTP-Prüfung oder durch Einplanungsregeln (mit mehr als einem Auftrag) – wird es für einen beliebig ausgewählten Auftrag i. a. nicht möglich sein, nachzuhalten, warum welcher Vorgang wie geplant wurde. Besonders in diesen Fällen ist es erforderlich, von der Einzelbetrachtung der Aufträge abzurücken und den Plan als Ganzes hinsichtlich seiner Plausibilität und seiner Problemfälle zu betrachten. Um die Transparenz über den gesamten Plan zu erhalten, ihn bei Bedarf bis ins geringste Detail zu analysieren und schnell die Ursache für Abweichungen zu

finden, sind besonders hohe Anforderungen an die Visualisierung und Informationsaufbereitung zu stellen.

Eingriffsmöglichkeiten

Transparenz schafft die Voraussetzung dafür, dass der Planer mit seinem situativen Erfahrungswissen adäquate Lösungen für Planungsprobleme finden kann. Zur Umsetzung muss das APS-System aber darüber hinaus auch die Eingriffsmöglichkeiten zur Verfügung stellen.

Möchte ein Planer beispielsweise einen Kundentermin, der vom Optimierer in die Zukunft verschoben wurde, dennoch halten, könnte er folgende Eingriffe vornehmen:

- Kundenauftrag vorziehen
- Fertigungsauftrag für Fertigprodukt vorziehen
- Kapazität erhöhen
- Losgrößensplit bei Fertigungsauftrag für Baugruppe
- Änderung der Zuordnung einer Engpasskomponente

Wichtig ist, dass die Auswirkungen direkt berechnet werden und auch in allen Auswertungen sichtbar sind. Ein anderer wesentlicher Aspekt ist, dass diese Schritte einfach handhabbar sind. Es ist beispielsweise nicht in allen APS-Systemen möglich, auf einfache Weise eine Kapazitätsanpassung vorzunehmen, Engpasskomponenten einfach nach betriebswirtschaftlichen Kriterien des verursachenden Kundenauftrages zuzuordnen oder Termin- und Mengenänderungen von Fertigungsaufträgen an das ERP-System zu übergeben. Sind aber Eingriffe nur kompliziert und mit hohem Aufwand durchführbar, besteht die Gefahr, dass am System vorbei geplant wird. In der Folge entfernt sich das Abbild im System immer weiter von der Wirklichkeit, mit der Konsequenz, dass das APS-System irgendwann nicht mehr verwendet wird oder dessen Planungsvorgaben nicht mehr beachtet werden.

Idealerweise wird der Planer durch Szenarien unterstützt, in denen er Eingriffe ausprobieren kann, ohne dass sie operativ wirksam werden. Es sollte möglich sein, das Szenario mit der operativen Planung zu vergleichen und – falls erwünscht – die Planungsschritte des Szenarios auf Knopfdruck in die operative Planung zu übernehmen.

Ein Paradigmenwechsel: Der WHITE BOX APS-Ansatz

Die Zielsetzung des WHITE BOX APS-Ansatzes besteht darin, die Vorteile einer Optimierung zu nutzen, und diese mit dem situativen Erfahrungswissen des Planers zu verbinden. Während in den traditionellen Black-Box-Planungssystemen das Ergebnis der Optimierung als Vorgabe für die Fertigung gesehen wird, behandelt ein WHITE BOX APS das Optimierungsergebnis als Vorschlag, der vom Planer anschließend analysiert und ggf. korrigiert werden kann. Idealerweise wird das Optimierungsergebnis als Szenario gespeichert, das erst nach Freigabe aktiviert und somit operativ wirksam wird.

Um jedoch die Optimierung nutzen zu können, ohne die erforderliche Transparenz und Eingriffsmöglichkeiten einzuschränken, müssen APS-Systeme der neuen Generation entsprechenden Eigenschaften besitzen:

- Hervorragende Visualisierungs- und Analysefunktionen mit hierarchischer Informationsaufbereitung und Filterfunktionen bis zur Erfassung der Planungssituation auf einen Blick
- Einfache und komfortable Werkzeuge zur interaktiven Planung (inklusive unmittelbarer Berechnung der Auswirkungen)
- Optimierungsalgorithmen, die die Flexibilität der Organisation berücksichtigen
- Bereitstellung eines konsistenten Planes als Ausgangssituation für die Optimierung
- Hinreichend mächtiges Datenmodell zur Abbildung aller Wertschöpfungsprozesse sowie aller erforderlichen Produktions- und Branchenbesonderheiten
- Idealerweise eine Szenariotechnik, um risikolos Eingriffe ausprobieren und optimieren zu können, und bei Gefallen die Änderungen des Szenarios in die operative Planung übernehmen zu können

Entscheidend ist, daß das letzte Wort der Planer hat.