

IT-GRUNDLAGEN DER LOGISTIK 2020
Chancen der digitalen Transformation

Kapitel 7: Neue Ansätze zum Generieren von Innovationen - Anwendung und Technologien der Bereiche OR und KI

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas

Karlsruher Institut für Technologie

IFL

DR. THOMAS + PARTNER

TUP.COM

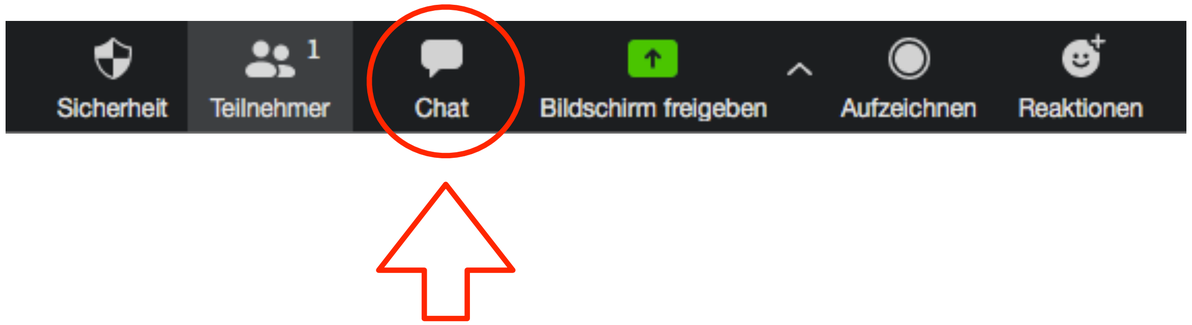
Juli 2020

Fragen?

Fragen können Sie am besten während und am Ende
der online-Vorlesung in den **Zoom-Chat** schreiben.

Zu Beginn der nächsten Vorlesung gehe ich auf Ihre Fragen ein.

Danke.





Mündliche / Schriftliche Prüfung (I)

Das Dekanat für Maschinenbau erwünscht ausdrücklich,
das aufgrund der Corona-Situation, die schriftlichen Prüfungen für
Wirtschaftsingenieure **einzelnd** und in **mündlicher Form** abgelegt werden sollen.

Diesbezüglich werden wir zwei Tage für die
Mündlichen Prüfungen (in der Kalenderwoche 37) einplanen:

Donnerstag, den 10.09.2020 zwischen 13.00 - 18.00 Uhr, und
Freitag, den 11.09.2020 zwischen 13.00 - 18.00 Uhr.

Lokation aller mündlichen Prüfungen ist der Sellmayr-Hörsaal im IFL.

Mündliche / Schriftliche Prüfung (II)

Studenten (Maschinenbauer) die den Vorlesungsstoff als Prüfung ablegen, werden sowieso mündlich geprüft.

Bitte melden Sie sich für die Prüfung wie gehabt über die Uni-Plattform an!

Terminabsprache und Vergabe für alle mündlichen Prüfungen (Hauptfach oder Nebenfach) bitte über infoka@tup.com.

Danke.

infoka@tup.com

Vorbesprechung/Fragestunde
(für die mündlichen Prüfungen)

TUP.COM

Am 04. September bieten wir noch eine Fragestunde vor den mündlichen Prüfungen an.

Lokation: Sellmayr-Hörsaal im IFL - 15.00 Uhr!

Bei mehr als 8 Personen: nochmals 16.00 Uhr!

Einleitung

IT-Grundlagen der Logistik - Chancen der digitalen Transformation

THEMENSCHWERPUNKTE

Kapitel 1:
Systemarchitektur für Intralogistiklösungen / Modularisierung von Förderanlagen

Kapitel 2:
Gestaltung und Einsatz innovativer Material-Flow-Control-Systeme (MFCS)

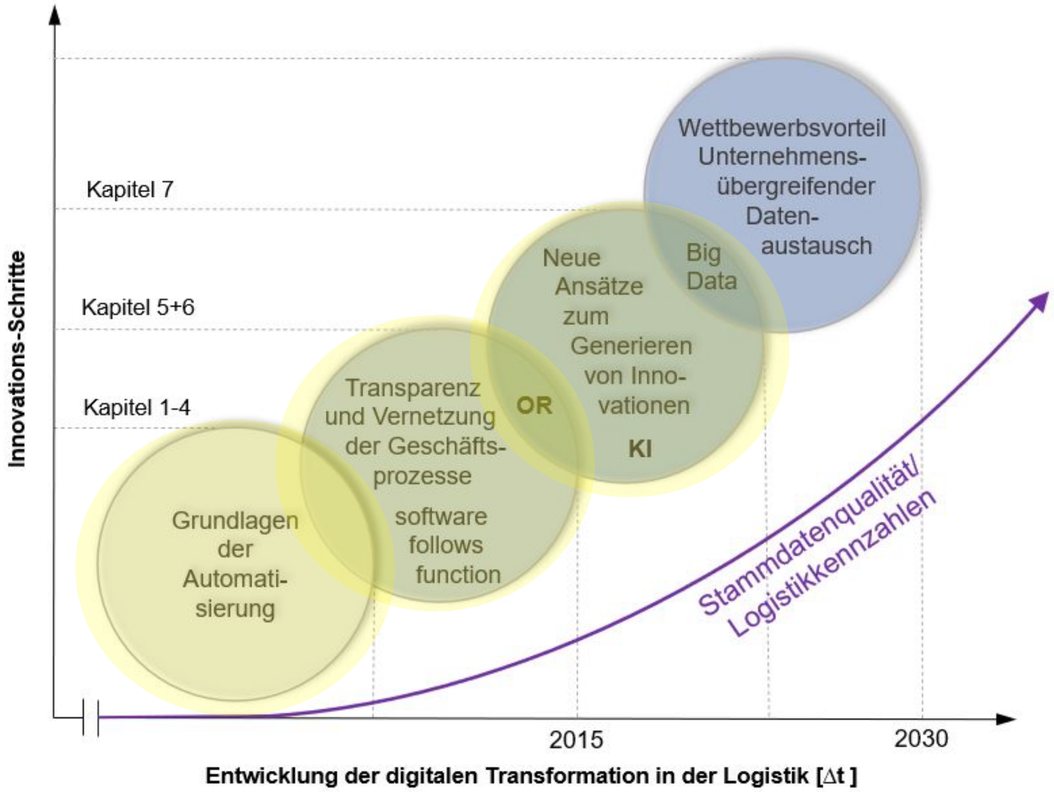
Kapitel 3:
Warenidentifikation – Anwendung in der Logistik

Kapitel 4:
Datenkommunikation in der Intralogistik

Kapitel 5:
Transparenz und Vernetzung der Geschäftsprozesse

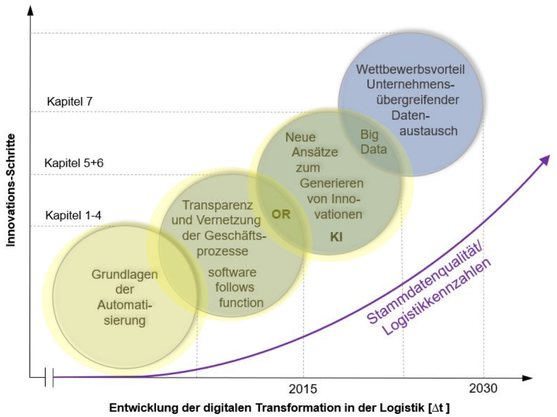
Kapitel 6:
software follows function - Softwareentwicklung nach industriellen Maßstäben

Kapitel 7:
Neue Ansätze zum Generieren von Innovationen



Digitaler Wandel ist ein fortlaufender Prozess

Wenn wir uns keine nützlichen Anwendungen und begründete Veränderungsprozesse in wirtschaftlicher Hinsicht vorstellen könnten,
gäbe es keinen Grund für die Anwendung und Technologie der Bereiche OR und KI



Kommissionierlager Liegeware Textilien



Kommissionierlager Liegeware Textilien



Didaktischer Ansatz für den Einsatz von OR und KI

Diskussion:

- Theoretische Möglichkeiten
- Anwendungen im Bereich Logistik, die zum Erfolg führen

Aussage VDI-Nachrichten

Logistik ist für den Einsatz **Künstlicher Intelligenz** “KI” prädestiniert.

(Rolf Müller-Wondorf, Verein Deutscher Ingenieure,10.05.2019)

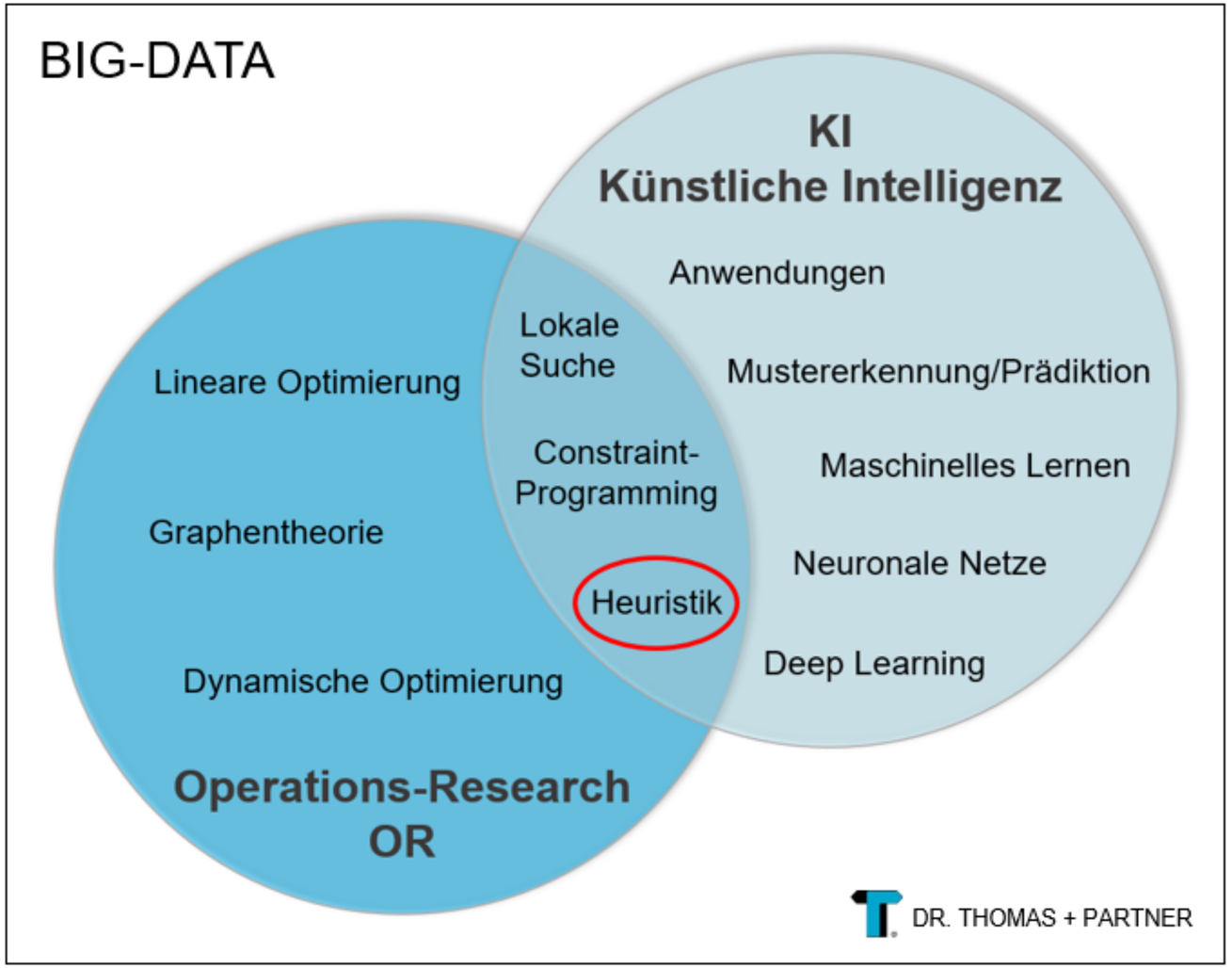
Was verbirgt sich hinter dem Begriff “KI” bzw. “AI” (Artificial Intelligence) ?

Für den Begriff existiert keine offizielle Definition!

Damit ist die Grenze zwischen OR und KI

<u>nicht klar</u> zu definieren!

Anwendung und Technologie der Bereiche KI und OR. Neue Ansätze zum Generieren von Innovationen.



Diskussion: Die Logistik sei für den Einsatz KI prädestiniert?

Entscheidend für die digitale Transformation in der Logistik ist, die Unterscheidung zwischen …

… den mathematischen Methoden (Meta-Heuristiken) des “OR”

… und des Begriffs “KI”

Anmerkung:

In der Literatur: keine klare Abgrenzung KI zum Bereich OR

Operations Research (OR)

OR beschreibt die “Anwendungsbezogene Optimierung” von Situationen bei wirtschaftlichen Prozessen und Planungen



besteht Handlungsbedarf,
werden werden Optimierungsprobleme mit Hilfe von mathematischen Modellen gelöst

Was man so alles liest?
Zukunftsvisionen schon 1990!

In 10 bis 15 Jahren …

→ intelligente Roboter und Transportsysteme
und KI-unterstützte Lagersysteme

Heute: Veröffentlichungen (Walmart Inc. 2018)

→ über den Einsatz von genetischen Algorithmen und
Maschinen-Learning in der Kommissionierung…

Es gibt keine konkrete Umsetzung!

© DR. THOMAS + PARTNER GmbH & Co. KG | Kapitel 7 | Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas | 15.07.2020

Modulierung von Planungsproblemen

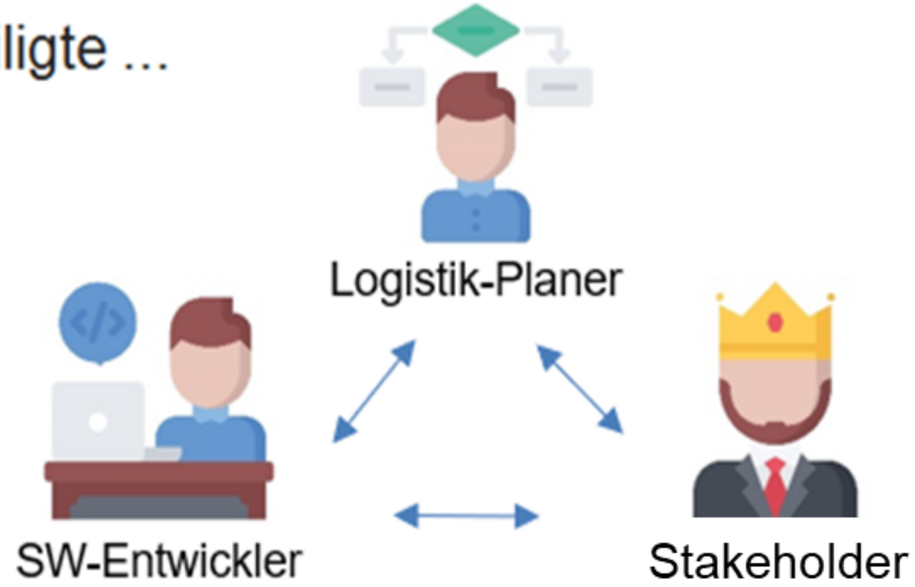
Interdisziplinäres Team

Es ist wichtig, schon früh alle beteiligte ...

- ... Stakeholder
- ... Logistik-Planer
- ... und Softwareentwickler

als Team mit einzubeziehen.

DR. THOMAS + PARTNER



Die Implementierung der Warehouse Management Solutions erfolgt immer in interdisziplinären Teams aus Logistik-Experten, Software-Spezialisten und Stakeholdern.

Stakeholder (engl. Teilhaber): Personengruppen / Kunde / Anwender / Nutzer,
die ein besonderes Interesse am Innovationsprozess und am wirtschaftlichen Erfolg haben.

Im Skript Abbildung 5.4:
Interdisziplinäres Team

Modulierung von Planungsproblemen

TUP.COM

Interdisziplinäres Team

Die Erfahrungen aus den Praxisabwicklungen machen deutlich:
Bevor die IT zielgerichtet ihre SW-Entwicklung beginnen kann,
müssen die spezifischen Projektanforderungen ausgearbeitet vorliegen.

Aus IT-Sicht gilt dabei natürlich, dass in der Planungsphase alle Projektanforderungen dokumentiert und gemeinsam im interdisziplinären Team mit dem Implementierungsleiter (IL) unterschrieben wird.

siehe Kapitel 5

Modulierung von Planungsproblemen

TUP.COM

A warehouse is not a warehouse

Die Informatik sorgt nicht für das Verständnis des Problems, sondern gibt Methoden an,
auf die dann jedoch die Logistiker angewiesen sind,
um ihre Kerngeschäftsprozesse eines WMS einer Lösung zuzuführen.

siehe Kapitel 5

Modulierung von Planungsproblemen

Die anwendungsbezogenen Optimierungen in der digitalen Transformation sind von einem stark interdisziplinären Charakter geprägt.

↘ In der Praxis herrscht Einheit:
In Zukunft werden die Stakeholder an Bedeutung gewinnen!

Modulierung von Planungsproblemen

TUP.COM

A warehouse is not a warehouse

Jedes Unternehmen verfügt über eigene Strukturen und Prozesse, die dessen Charakter beschreiben, und somit die Grundlagen

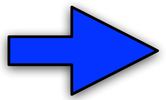
des unternehmerischen Erfolgs

zementieren!

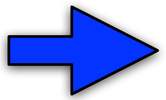
siehe Kapitel 5

Modulierung von Planungsproblemen

Bevor wir über Lösungen reden, müssen die Stakeholder die Herausforderungen verstanden haben



Die *“Analyse-Arbeit”* kann einem Kunden zeigen:
aktuell sind die Geschäftsprozesse fragmentiert (zergliedert)



Lösung:
Einsatz adaptiver Prozessbausteine *(Kapitel 2 und Kapitel 5)*

Optimierung der Geschäftsprozesse

Unterschiede zwischen Theorie und Praxis:

- In der Literatur fällt eine zu statische Betrachtung auf. Einzelne Geschäftsprozesse werden gekapselt und unabhängig voneinander untersucht.

- Aus der Sicht der Praxis wird die Auftragsabwicklung so kostengünstig wie möglich gestaltet.
  Den obersten Zielen *“Effizienz und Kostenminimierung”* sind sämtliche Geschäftsprozesse untergeordnet.

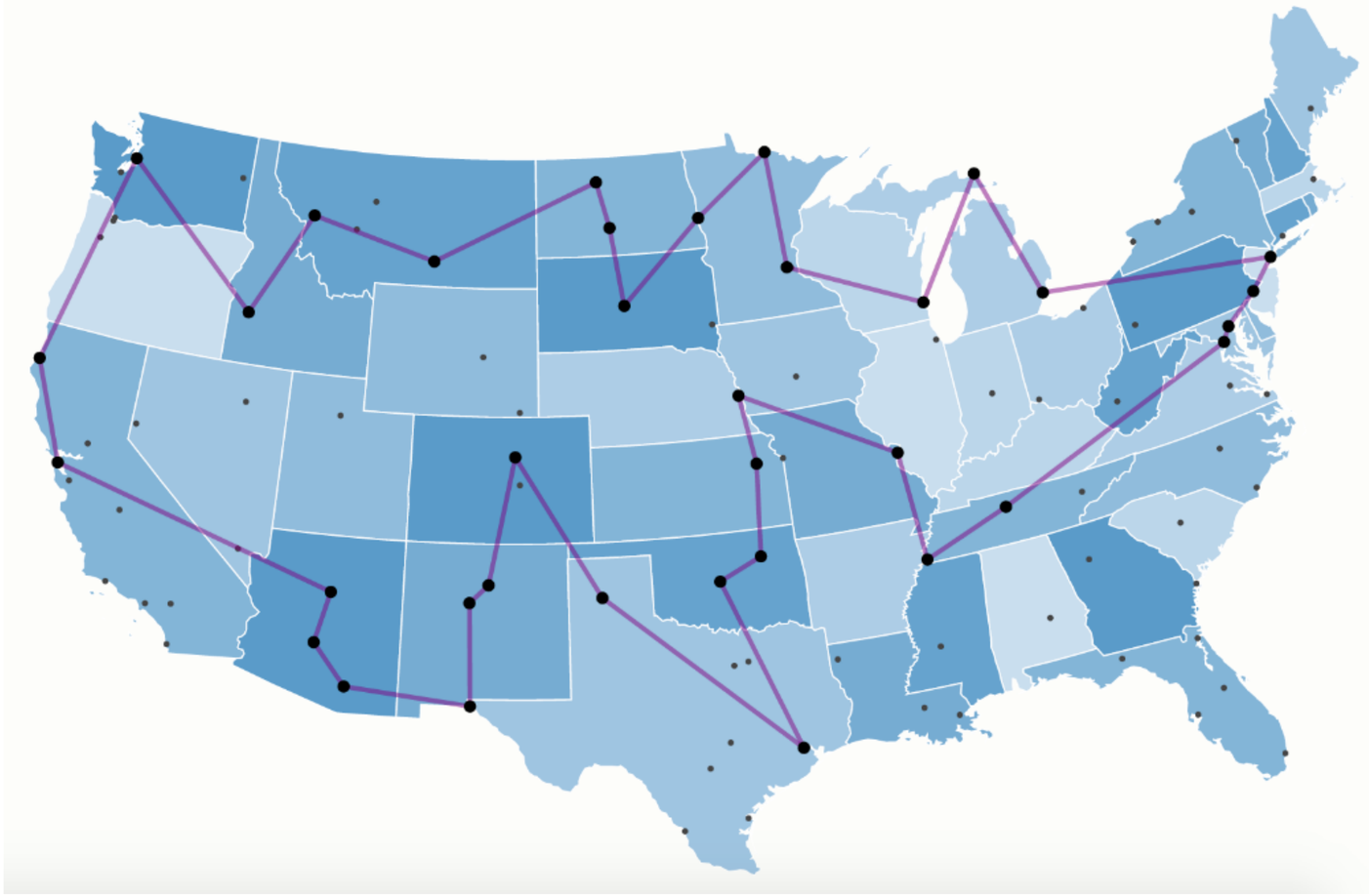
Ansätze zur kombinatorischen Optimierung

Betrachten wir das Ziel jeder Batchbildung:

- Minimierung der Wegstrecke
- Minimierung der Gangwechsel

Rückblick Kapitel 5

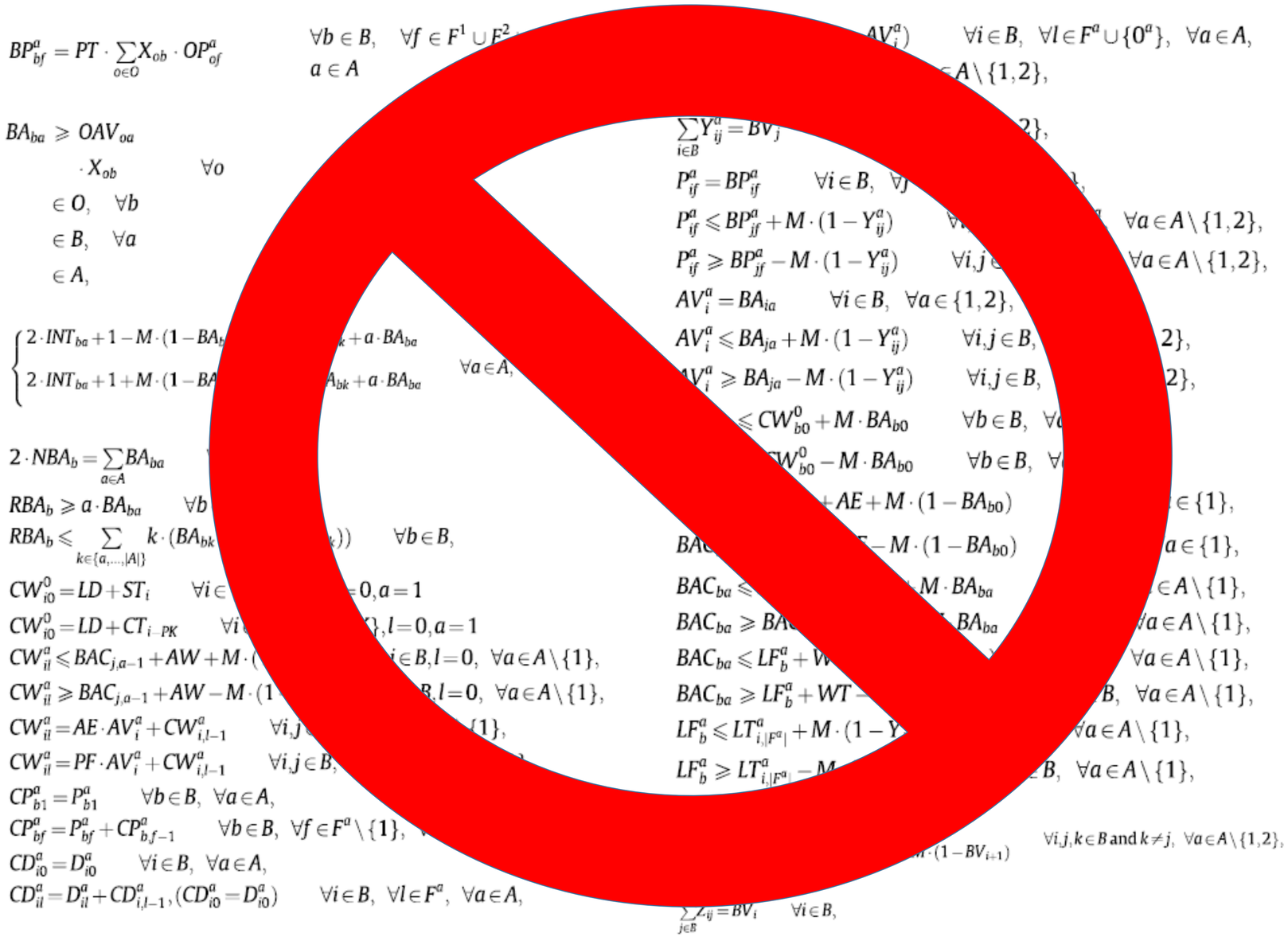
Traveling Salesman Problem (TSP)



Exakte Lösung durch vollständige Enumeration von n-Städten -

Symmetrische Verbindung $\frac{(n-1)!}{2}$ ↘ 35 Städte = 1,48 x 10^{38} mögliche Routen!

Mathematisches Modell



Metaheuristiken

Heuristik für spezielle Systeme
Metaheuristiken vermeiden lokale Minima und Zyklen

- Ein Bergsteiger versucht im dichten Nebel den höchsten Gipfel zu erreichen:

- globales Maximum
- Nebengipfel (lokales Maximum)



MSK

Manuelle Sorter-Kommissionierung mit Hochregal-Wannenpuffer und Sortier-Packmodul (MSK)

Die Idee des MSK-Prozess wurde aus den Marktanforderungen geboren:

- weniger Technik

- Flexibilität der Versandabwicklung E-Commerce-Handel beeinflusst die Ganglinie des Bestelleingangs

Batchbildung - Zielstellungen

Batchbildung - Zielstellungen:

- Mehrfachzugriff auf Artikel entlang des Pick-Rundgangs
- Hohe Pickdichte, geringe Kommissionier-Wegzeiten

Voraussetzungen Organisationsform:

- Poolbildung mit ausreichenden Aufträgen in Abhängigkeit des Personaleinsatzes
- Es werden Lösungsverfahren mit der Zielfunktion eingesetzt:

Wie findet man das globale Minimum?*

*__Globales Minimum:__ Auftragseinlastung und Arbeitszeit entlang einer Sägezahnkurve

Komm.
MSK

Geschäftsprozessmodell Kommissionierung (MSK)

TUP.COM

- Kundenauftrag besteht durchschnittlich aus 3 Teilen
- Batch-Sortiermodul verarbeitet 60-100 Kundenaufträge
- Annahme: 80 Kundenaufträge pro Sortiermodul/Packmodule (240 Teile pro Batch)

1) Annahme: Bestellvolumen resultiert aus heterogener Sortimentsbreite ...
(z.B. Stiefel bis Textilien, Kaffee-Automat bis Bobby-Car)

... groß dimensionierte Kommissionier-Wanne (800mm x 600mm x 500mm)



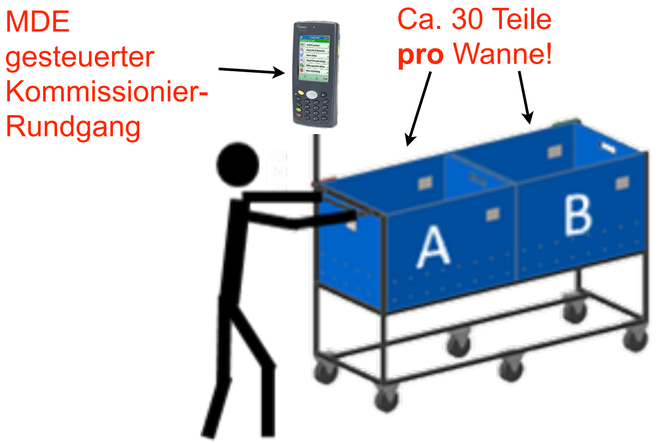
Geschäftsprozessmodell Kommissionierung (MSK)

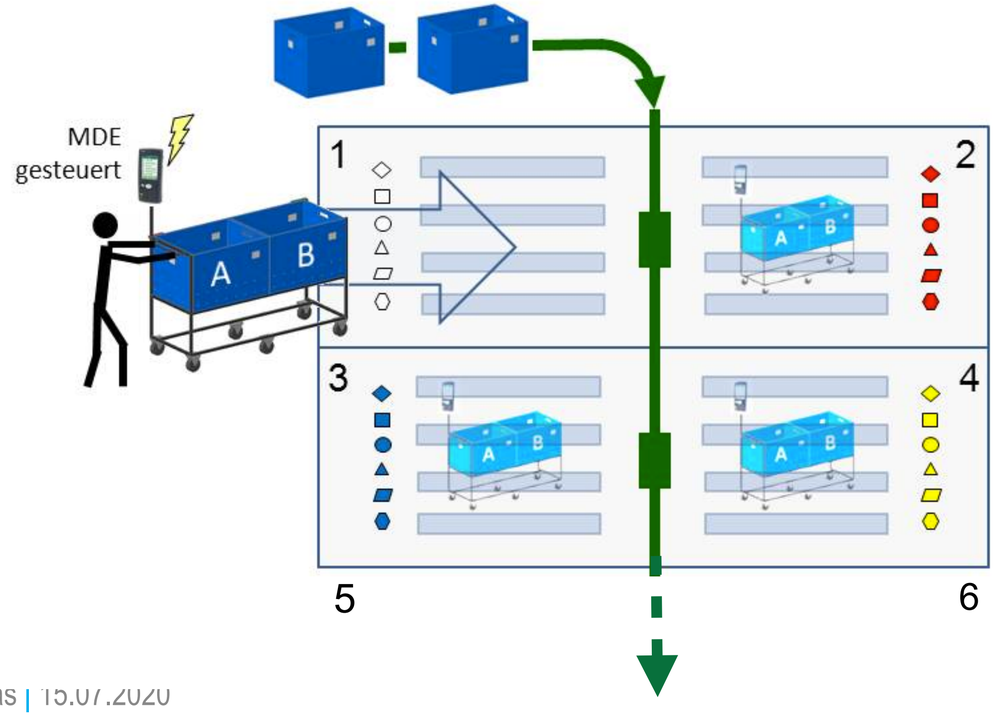
- Kundenauftrag besteht durchschnittlich aus 3 Teilen
- Batch-Sortiermodul verarbeitet 60-100 Kundenaufträge
- Annahme: 80 Kundenaufträge pro Sortiermodul/Packmodule (240 Teile pro Batch)

2) Annahme: Durchschnittlich 30 Teile pro Kommissionierwanne ...

... 2 Wannen pro Kommissionier-Rundgang

... <u>Optimierungsansatz</u>:
Gleichzeitige Befüllung der Wannen A und B in nur <u>einem</u> Kommissionier-Bereich!





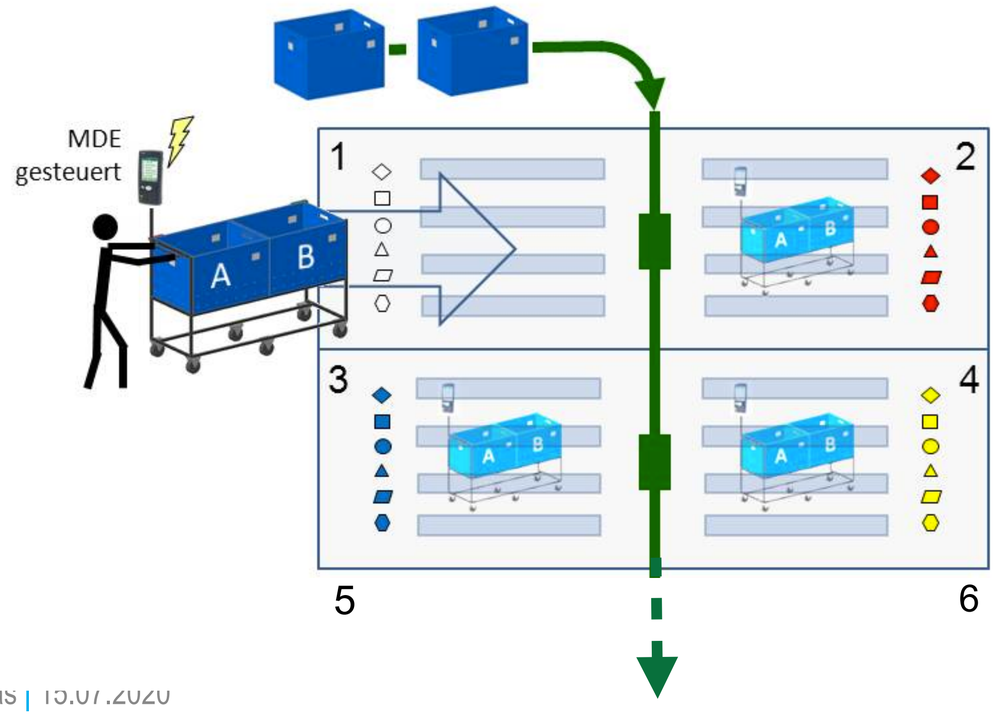
Geschäftsprozessmodell Kommissionierung (MSK)

- Kundenauftrag besteht durchschnittlich aus 3 Teilen
- Batch-Sortiermodul verarbeitet 60-100 Kundenaufträge
- Annahme: 80 Kundenaufträge pro Sortiermodul/Packmodule (240 Teile pro Batch)

3) Annahme: Rundgangsoptimierung, Wegeanteil, Trefferquote (Pickdichte) ...

... welche Wanne bedient welches Sortiermodul?

... verbunden mit dem Ziel die Kundenaufträge pro Zelle zu synchronisieren, um somit sogenannte "cut-off"-Zeiten einhalten zu können.



Komm.
MSK

Geschäftsprozessmodell Kommissionierung (MSK)

TUP.COM

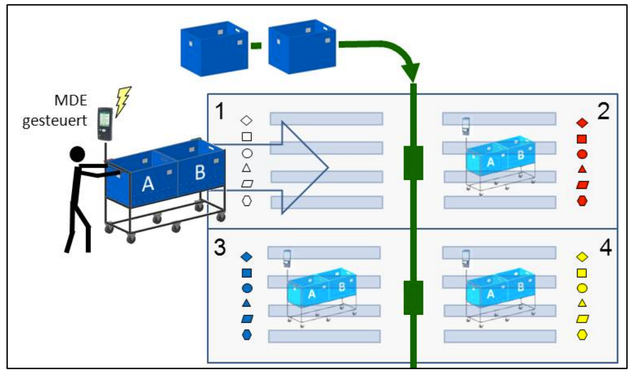
Kommissionier-Rundgang Start:

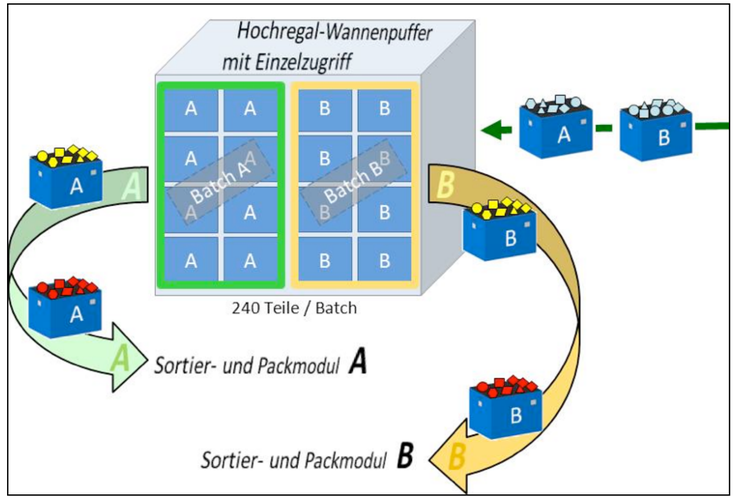
- *Mitarbeiter in der Kommissionierung schiebt 2 Wannen auf den Kommissionierwagen*
- *MDE führt den Mitarbeiter auf einen wegeoptimierten Rundgang innerhalb **eines** Kommissionierbereichs*
- *Ziel: hohe Pickdichte (kurze Wege) und Einhaltung der "cut-off"-Zeiten, da die Wannen nicht die anderen Kommissionier-Bereiche durchlaufen, **sondern direkt** den Wannenpuffer ansteuern.*

... siehe Gesamtprozess auf Folie 34!

Kommissionier-Rundgang Ende:

- *Übergabe auf Fördertechnik (gleiches Niveau)*
- *Transport zum Wannenpuffer mit Einzelzugriff pro Wanne (Konsolidierung)*
- *Abruf der Wannen zum freien Batch-Sortiermodul (Vorgaberichtlinie ist immer die "cut-off"-Zeit)*

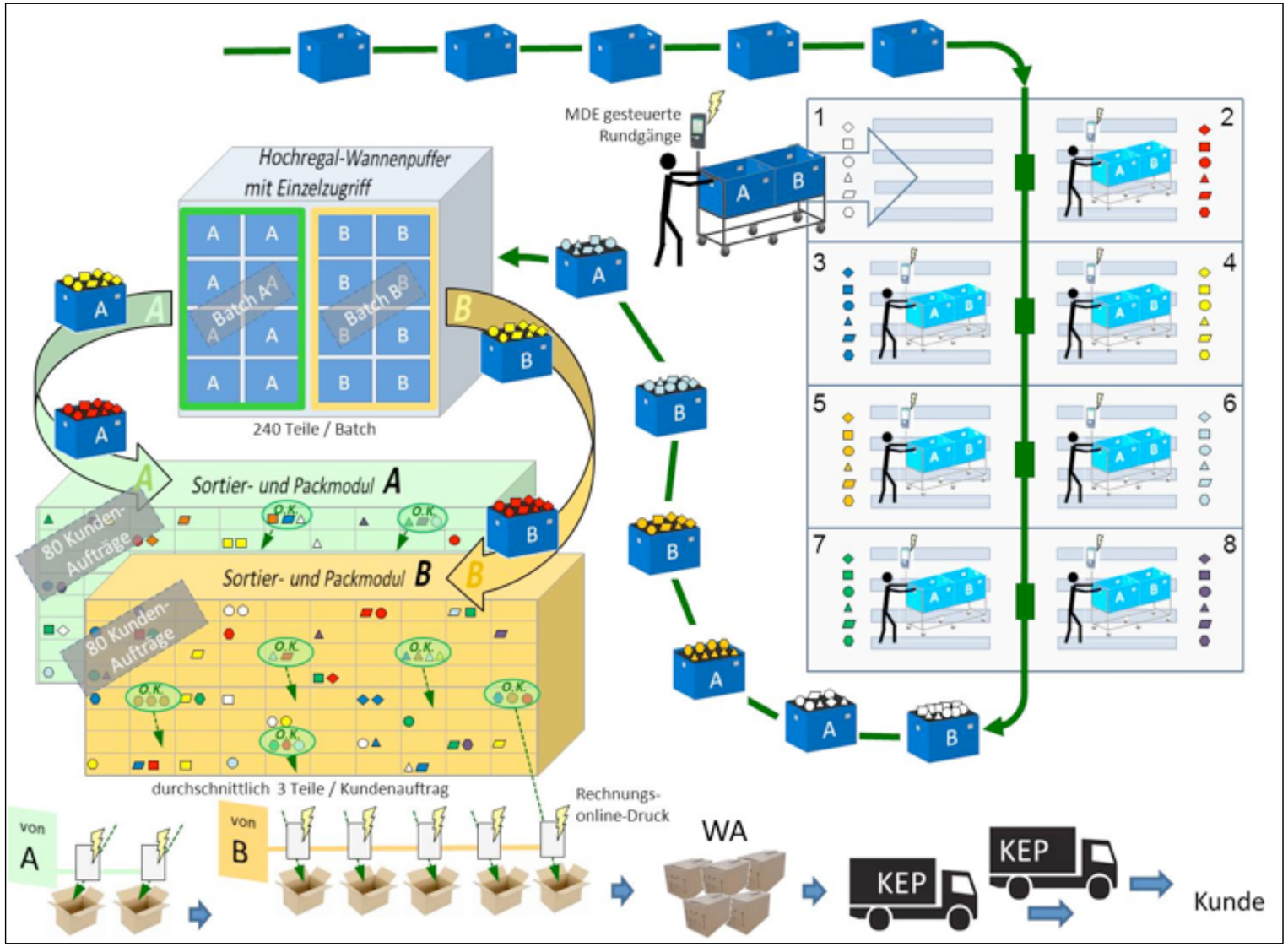




Komm.
MSK

Gesamt-Geschäftsprozessmodell MSK

TUP.COM



Ausgangssituation

Alle Aufträge sind nach der Cut-Off-Zeit eingereiht

Batchbildung durch Tauschen der Aufträge

Ziel: Anzahl der Gangwechsel optimieren

↘ Minimierung der Wegstrecke, Pickdichte erhöhen!

Praxis-Beispiel pro Batch: 5.000 Teile = ca. 1.700 Aufträge



Manuelle Sorter-Kommissionierung

TUP.COM

Optimierung der Batchbildung:

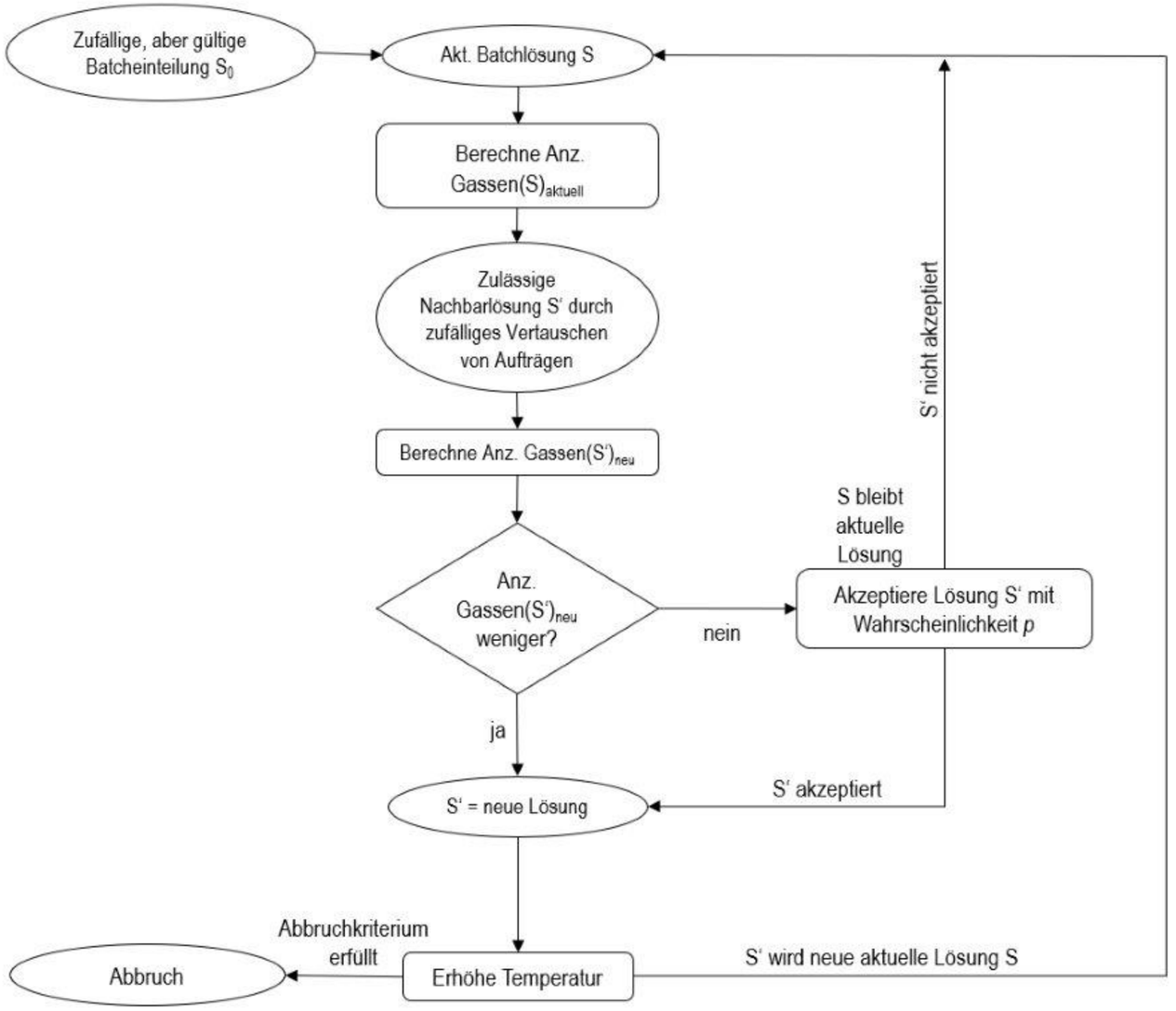
- Startlösung:
  Gebildete Batches nach Priorität und Berücksichtigung des maximalen Volumens pro Wanne
- Ziel:
  Aufträge (Kundenaufträge) zwischen den Batches tauschen
- Volumenbegrenzung einhalten
- Minimierung der Gangwechsel bei den Rundgängen, gegenüber der Startlösung

Die Annahme lautet:

Je seltener der Kommissionierer den Gang wechseln muss, desto geringer ist sein Laufweg.

Vergleiche Kapitel 5.4

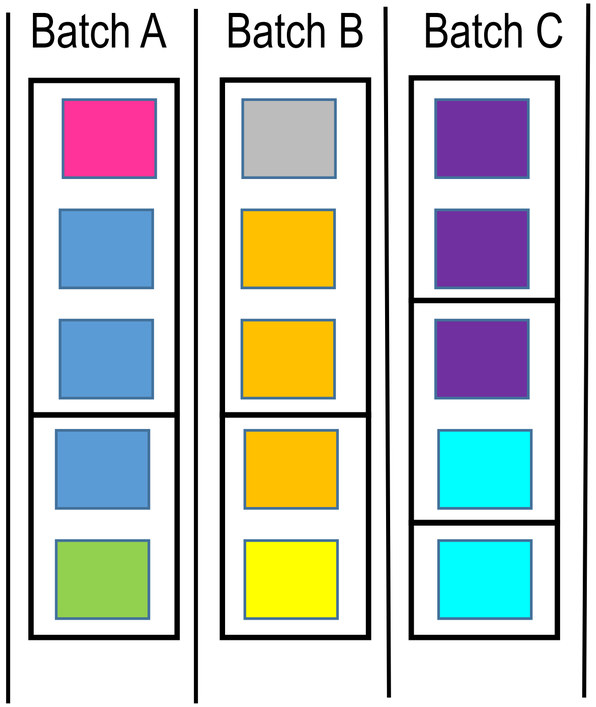
Ablaufdiagramm: Metaheuristik Simulated Annealing bei der Anwendung MSK

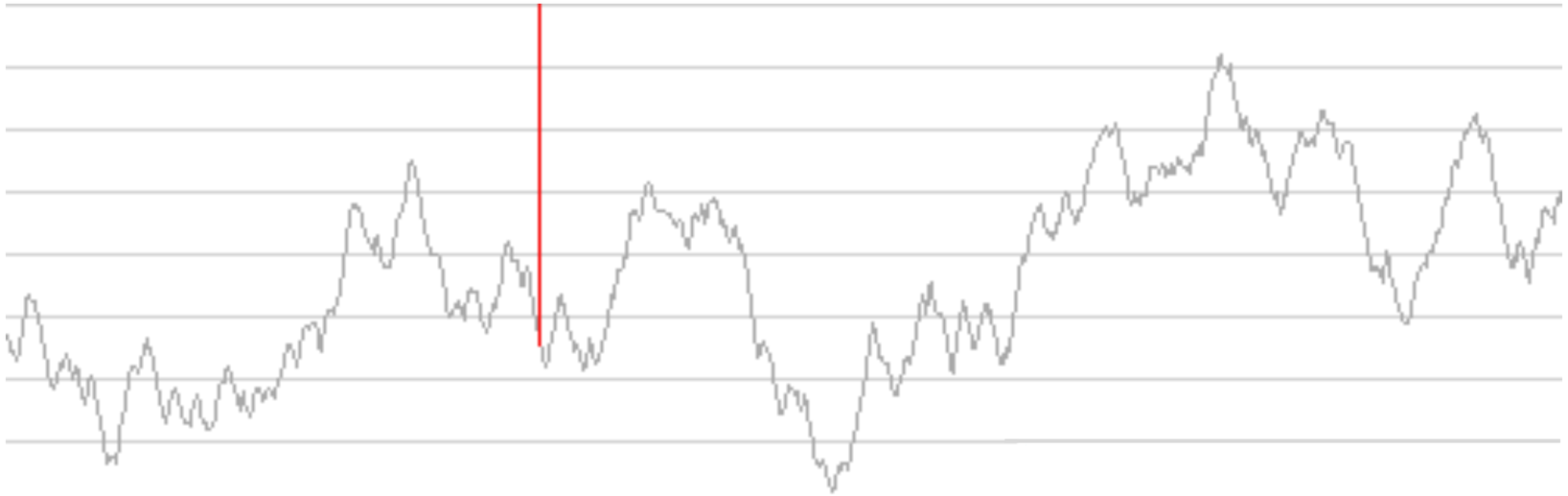


nach Osman I. H.:
Metastrategy simulated annealing and tabu search algorithms for the vehicle routing problem

Solver und Meta-/Heuristiken

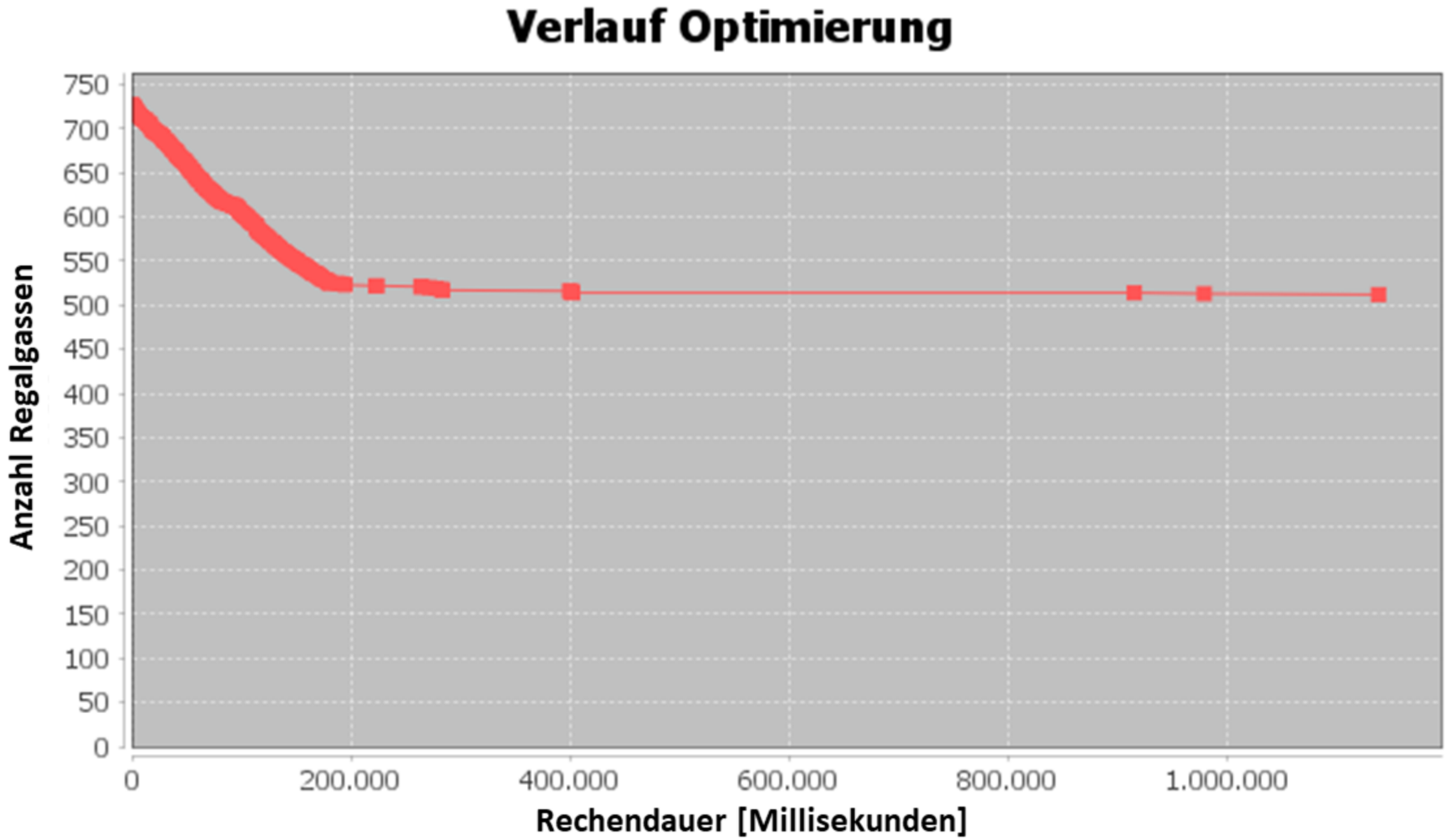
Beispiel für den Einsatz von Simulated Annealing für die Batchbildung





2	+	2	+	1	=	5	Gangwechsel

Optimierungstechnik am Praxisbeispiel MSK



Verbesserung des Ziel-Funktionswerts über der Zeit (TUP-Solver)

Solverlösungen

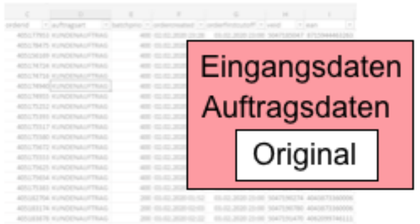
- Durch universalen Einsatz von Metaheuristiken kann Programmieraufwand gespart werden

- Software-Komponenten (z.B. Opta-Planer) unterstützen die Möglichkeit entstandene Optimierungsschritte zu automatisieren



Solverlösungen innerhalb WMS integriert als weiterer Baustein!

Einordnung des Solver in die Systemlandschaft (Innovativer Ansatz)



Eingangsdaten
Auftragsdaten
Original

Batchbildung: min. Anz. Gassen

Zielfunktion

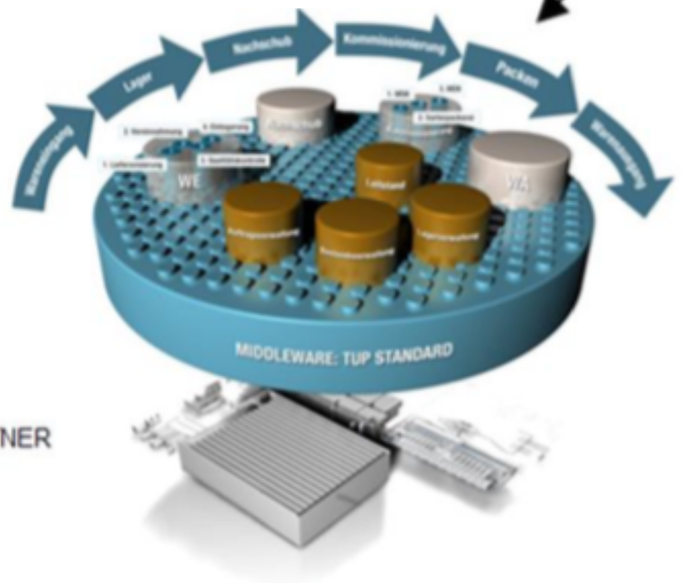
Solver

Nebenbedingungen/
Parameter

Nebenbedingungen/Parameter:
- max. Batchgröße
- Cut-Off-Zeit

LÖSUNG
Optimiert

Solver



DR. THOMAS + PARTNER

Solver-Framework

- Opta-Planer: ein auf JAVA basiertes Open-Source-Framework
- stellt JAVA-Klassen für den Einsatz von Metaheuristiken bereit
- zentraler Bestandteil des Frameworks ist der Solver

Solver-Lösungen und Constraint-Programmierung

- Solver basieren auf dem Konzept der Constraint-Programmierung



im Vordergrund steht die Modellierung von Bedingungen und Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten

Solver-Lösungen und Constraint-Programmierung

- Nebenbedingungen eines allgemeinen Optimierungsproblems werden als Constraint aufgefasst



Integration von Methoden des Operations-Research in die Constraint-Programmierung

Solver-Lösungen und Constraint-Programmierung

- Ziel besteht darin, eine automatische Problemlösung zu generieren
- Vom Anwender wird lediglich das vorliegende Problem spezifiziert
- Das Problem wird dann vom Programm selbständig gelöst

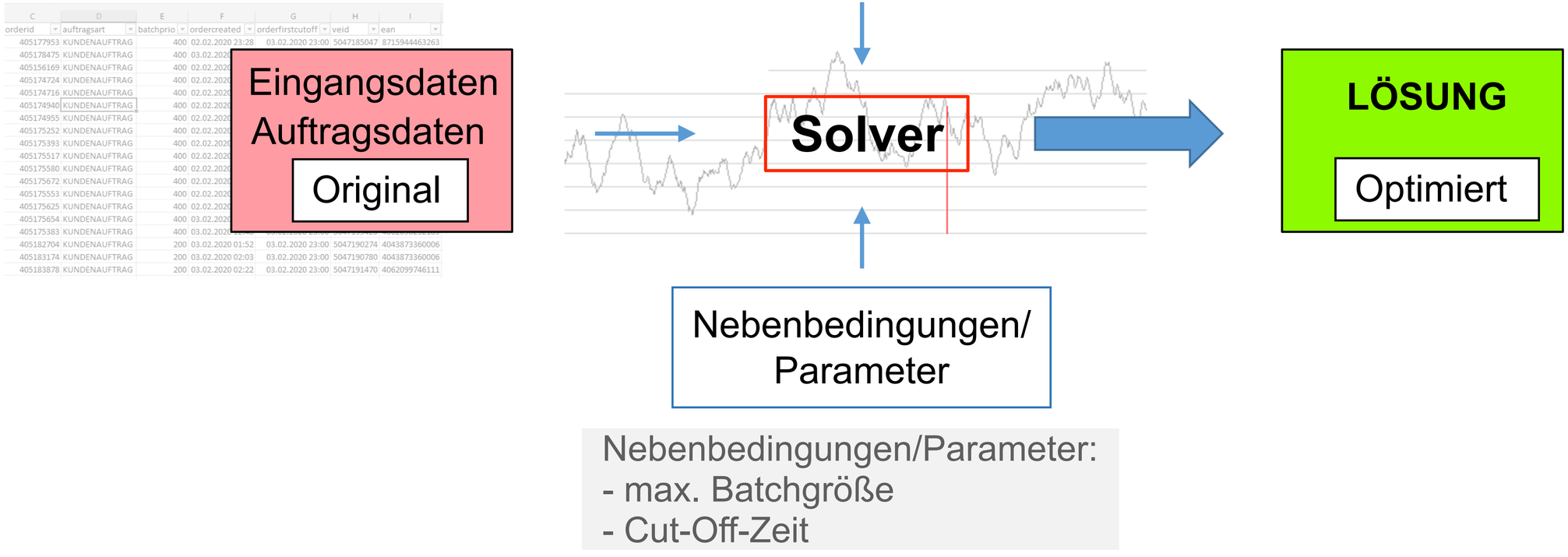
Solver-Lösung Kommissionierung / Batchbildung

- Die Nebenbedingungen “Constraints”

- Zielfindung Funktionen
  - Batchbildung: minimale Anzahl Gassen

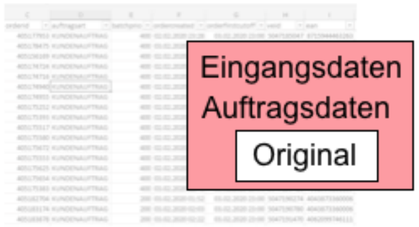
- Alles bestimmende Nebenbedingungen
  - Maximale Batchgröße
  - Cut-Off-Zeit

Einordnung der Solver-Lösung in die Systemlandschaft



C	D	E	F	G	H	I
orderid	auftragsart	batchprio	ordercreated	orderfirstcutoff	veid	ean
405177953	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020 23:28	03.02.2020 23:00	5047185047	8715944463263
405178475	KUNDENAUFTRAG	400	03.02.2020			
405156169	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405174724	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405174716	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405174940	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405174955	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175252	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175393	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175517	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175580	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175672	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175553	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175625	KUNDENAUFTRAG	400	02.02.2020			
405175654	KUNDENAUFTRAG	400	03.02.2020			
405175383	KUNDENAUFTRAG	400	03.02.2020			
405182704	KUNDENAUFTRAG	200	03.02.2020 01:52	03.02.2020 23:00	5047190274	4043873360006
405183174	KUNDENAUFTRAG	200	03.02.2020 02:03	03.02.2020 23:00	5047190780	4043873360006
405183878	KUNDENAUFTRAG	200	03.02.2020 02:22	03.02.2020 23:00	5047191470	4062099746111

Einordnung des MFCS in die Systemlandschaft (Innovativer Ansatz)



Batchbildung: min. Anz. Gassen

Zielfunktion

Eingangsdaten
Auftragsdaten
Original

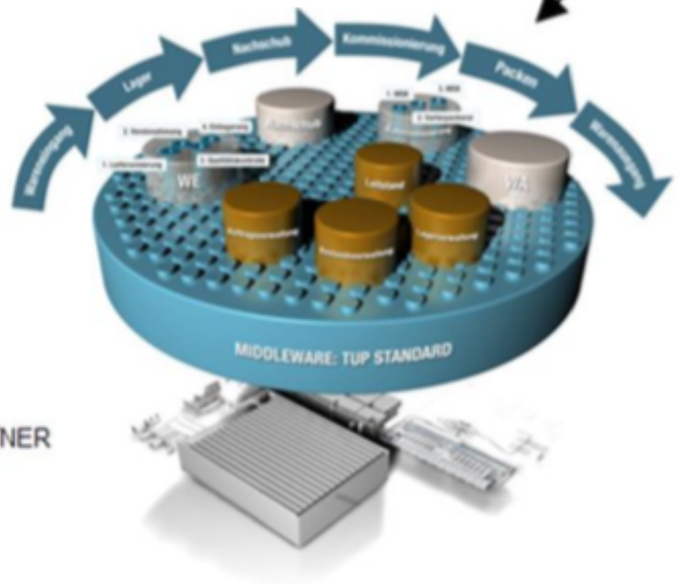
Solver

LÖSUNG
Optimiert

Nebenbedingungen/
Parameter

Nebenbedingungen/Parameter:
- max. Batchgröße
- Cut-Off-Zeit

Solver



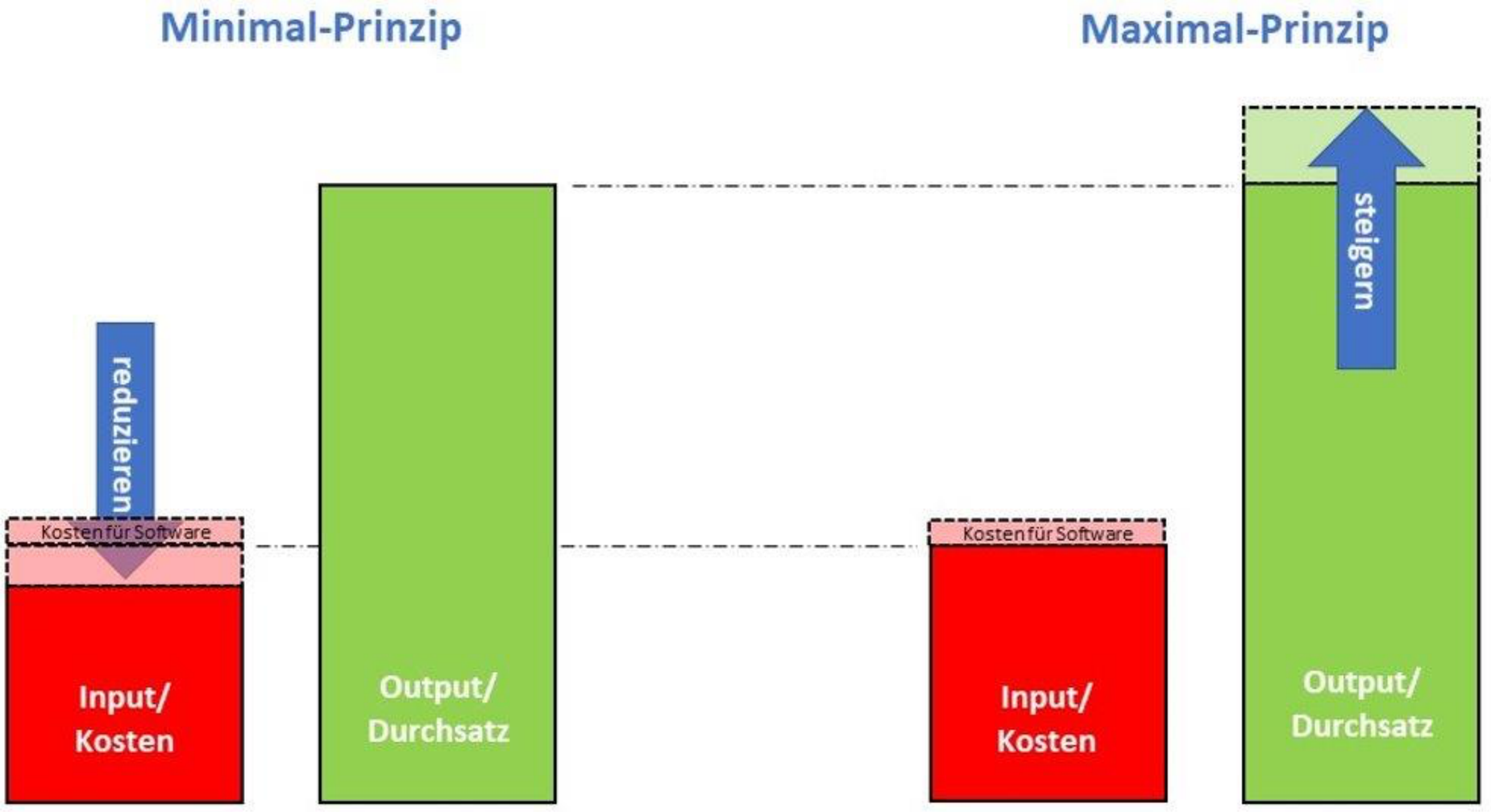
DR. THOMAS + PARTNER

Minimal- und Maximal-Prinzip

- **Minimal-Prinzip:**
  - Ein festgelegtes Output-Ziel soll mit möglichst wenig Input erreicht werden
  - Erreichen einer festgelegten Durchsatzleistung mit möglichst wenig Personalaufwand

- **Maximal-Prinzip:**
  - Mit gegebenen Input soll der Output maximiert werden
  - Maximierung des Durchsatzes mit gegebenem Personal

Minimal- und Maximal-Prinzip



Das Bauchgefühl hat ausgedient

- bis dato rein auf Erfahrungswerte basierte Prozesse

- werden auf datengetriebenes Arbeiten umgestellt

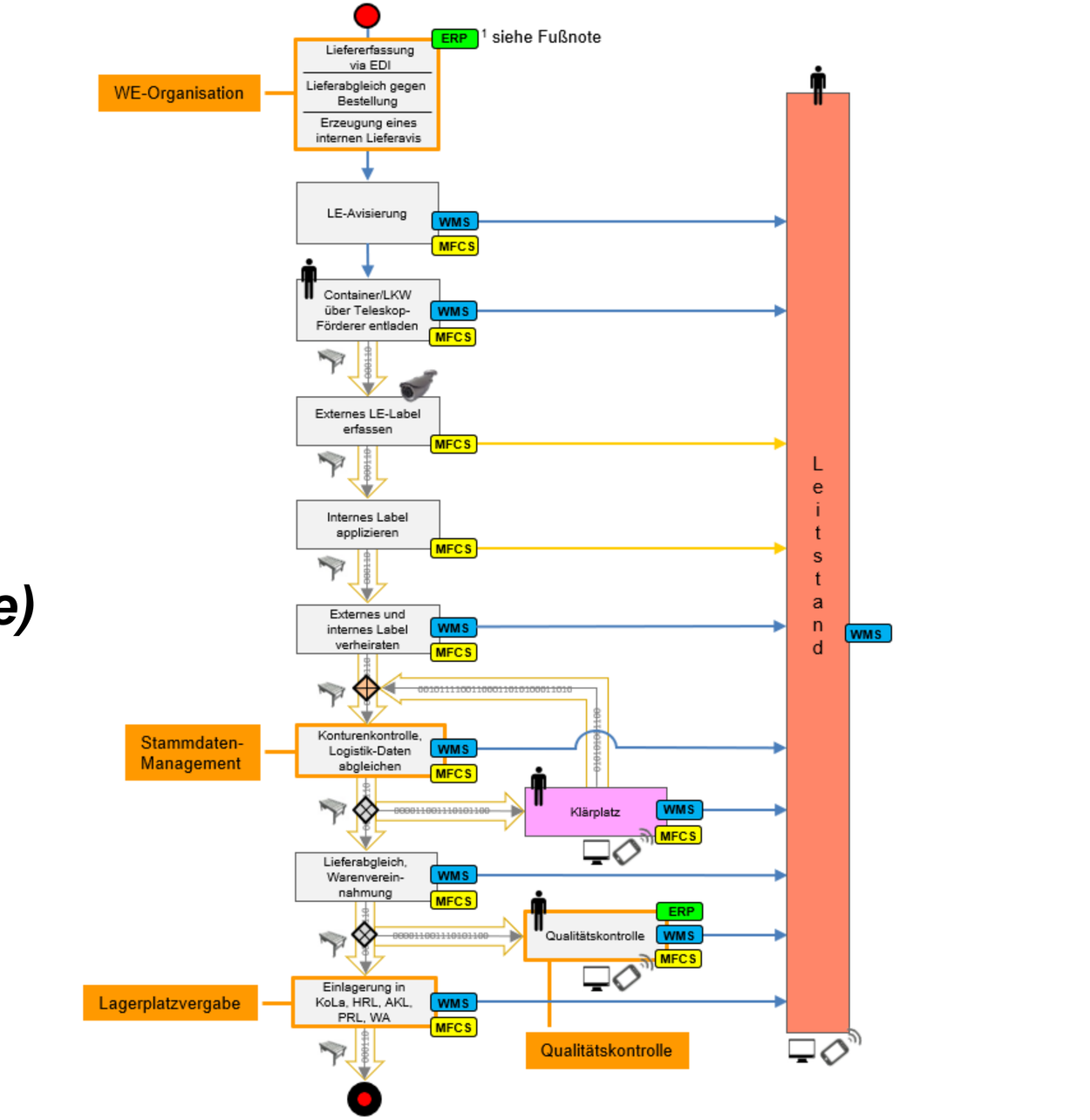
  → dies ermöglicht eine schnellere Reaktion auf kurzfristige Änderungen

  → statische Analysen gehören der Vergangenheit an

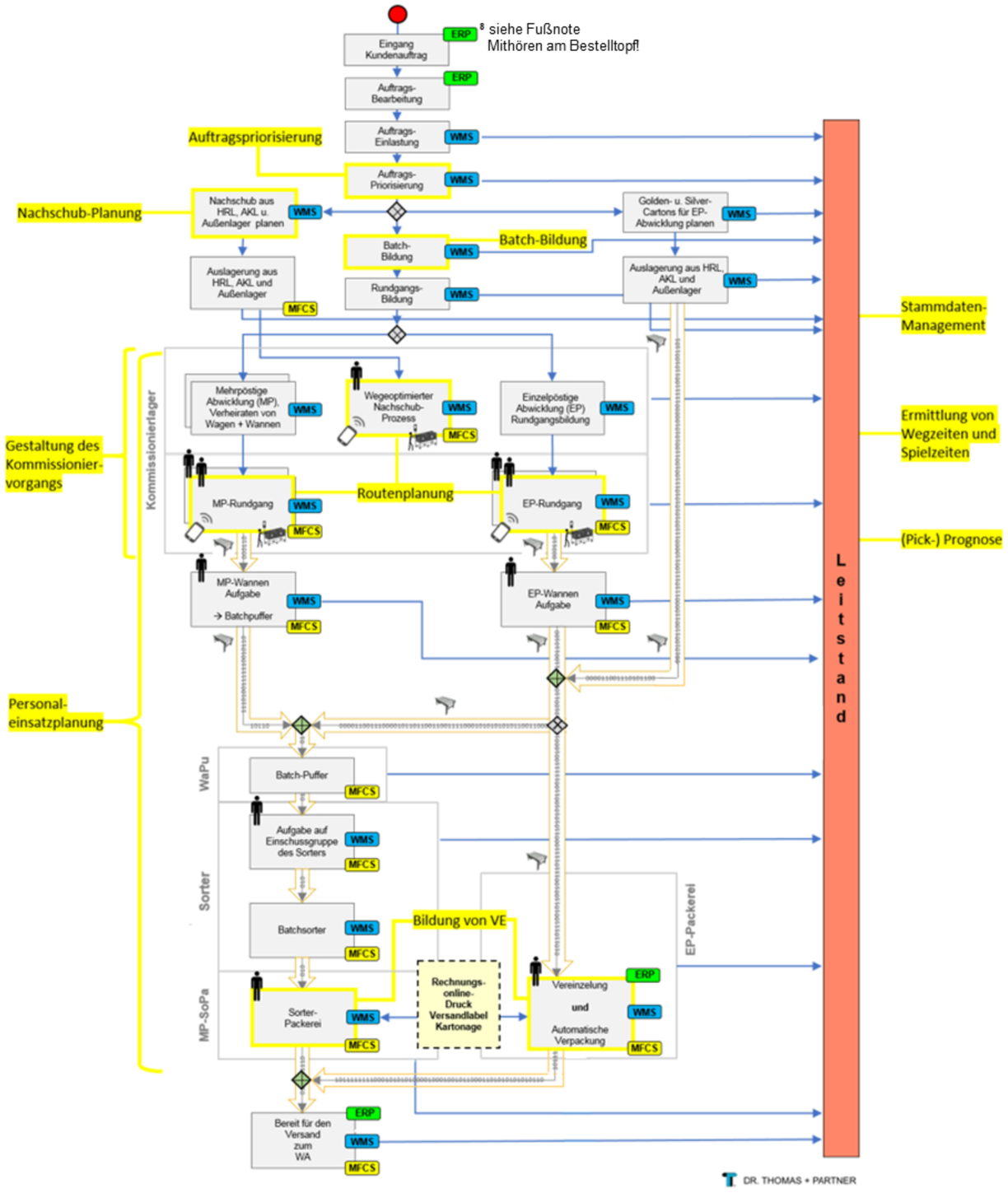
Big Data

- Unternehmen sammeln Daten sehr häufig zum Selbstzweck
- Daten schaffen jedoch nur einen Mehrwert, wenn sie analysiert werden

Teilautonomes Geschäftsprozessmodul *“Wareneingang” (Best-Practice-Komponente)*



Geschäftsprozessmodul *„Zweistufige Kommissionierung mit Batchpuffer, Sorter, Rechnungsonline-Druck und Sorterpackerei”*



Einflussgrössen/Parameter (I)

Aufgrund der sehr großen Anzahl an **Einflussgrößen** wie

- ❑ Auftragsstrukturen
- ❑ Saisonalitäten
- ❑ Mitarbeiterleistung

und verschiedenen **Parametern** wie

- ❑ Schichtplan
- ❑ Batchbildung
- ❑ Lastverteilung
- ❑ Periodisierung

und **Messwerten** wie

- ❑ Auslastung
- ❑ Füllgrad
- ❑ Pickzeiten … ⟶ weiter nächste Seite!

Einflussgrössen/Parameter (II)

… und **Kennzahlen** wie

- ❑ Durchlaufzeit
- ❑ Kosten
- ❑ Servicegrad

sind die Zusammenhänge nur **schwer** herzustellen.

Möchte man jedoch die Performance verbessern, müssen die Zusammenhänge bekannt sein, um an den richtigen Stellschrauben wirksame Verbesserungen erzielen zu können. Aktuell steuert der Leitstand die Vergabe von Auftragskapazitäten für Auftragsgruppen manuell.

Einleitung

IT-Grundlagen der Logistik - Chancen der digitalen Transformation

THEMENSCHWERPUNKTE

Kapitel 1:
Systemarchitektur für Intralogistiklösungen / Modularisierung von Förderanlagen

Kapitel 2:
Gestaltung und Einsatz innovativer Material-Flow-Control-Systeme (MFCS)

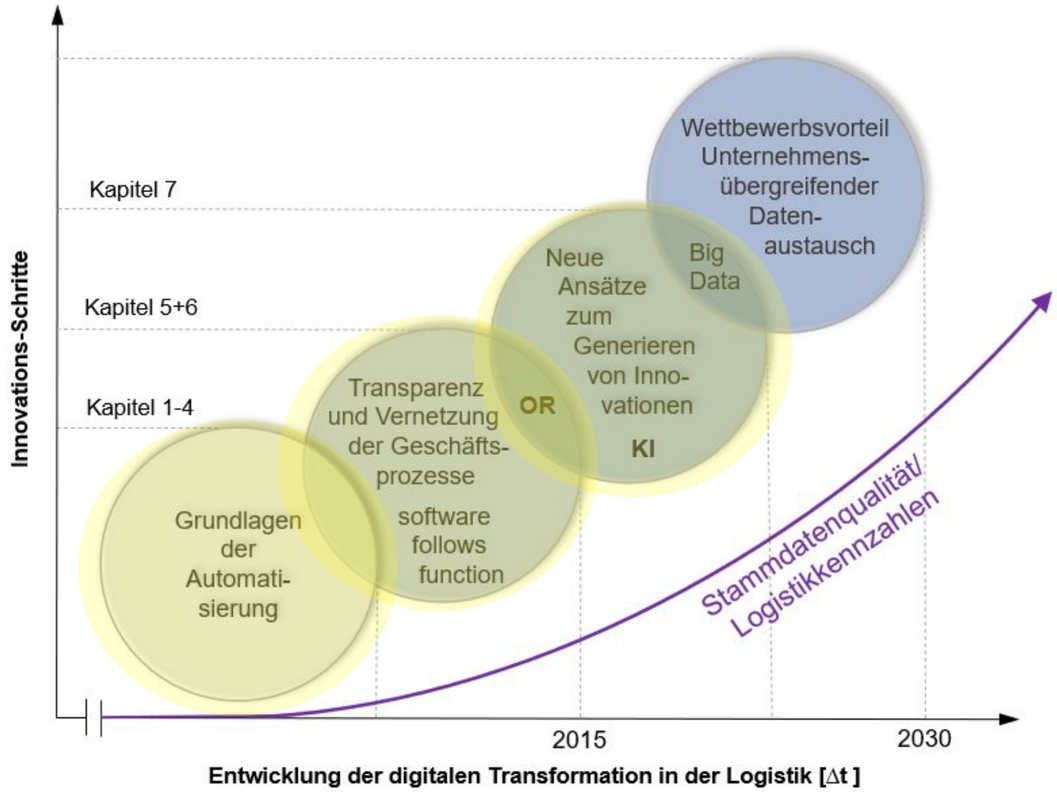
Kapitel 3:
Warenidentifikation – Anwendung in der Logistik

Kapitel 4:
Datenkommunikation in der Intralogistik

Kapitel 5:
Transparenz und Vernetzung der Geschäftsprozesse

Kapitel 6:
software follows function - Softwareentwicklung nach industriellen Maßstäben

Kapitel 7:
Neue Ansätze zum Generieren von Innovationen



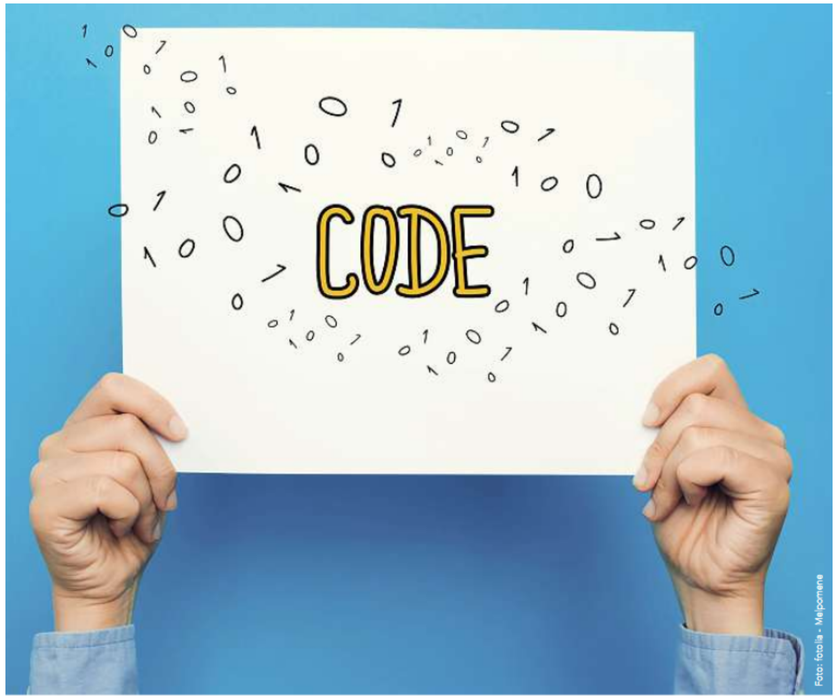
Chancen der digitalen Transformation - Ausblick!

TUP.COM

Die nachfolgenden Kapitel werden weitergeführt, wenn die laufenden Praxisbeispiele verwendbare Ergebnisse liefern.

Beitrag: An den richtigen Stellschrauben drehen

https://www.tup.com/wp-content/uploads/2020/01/54_57_MFL_05_2017_SuI-SP-LS-TUP.pdf



An den **richtigen** **Stellschrauben** drehen

Das Schlagwort „Softwareoptimierung" verursacht häufig und nicht zu Unrecht negative Assoziationen: Man denkt zuerst an Betriebsunterbrechung, Logistikstopp oder Kostenfalle. Dass es auch anders geht, nämlich problembezogen, mit geringem Zeitaufwand und zu moderaten Kosten, zeigt die praxis-erprobte Optimierungsmethode der Softwaremanufaktur Dr. Thomas + Partner (TUP).