



---

# Computational Logistics

Von der klassischen Tourenplanung  
zur Entscheidungsunterstützung  
für komplexe Supply Chain Services

Karl F. Dörner



Institut für Produktions-  
und Logistikmanagement  
Karl Dörner



## Inhalt

---

- 1. Computational Logistics**
- 2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung**
- 3. Komplexe Supply Chain Services**
- 4. Stand der Technik**



Institut für Produktions-  
und Logistikmanagement  
Karl Dörner



## Inhalt

---

1. Computational Logistics
2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung
3. Komplexe Supply Chain Services
4. Stand der Technik



### 1. Computational Logistics

## Computational Logistics

---

- Aufgabenstellung:
  - Entscheidungssituation in der Logistik (Planung von Auslieferungstouren)
- Mensch-Maschine-Interaktion:
  - Entscheidungsunterstützungssysteme
  - formale Modellierungssprache
- Computationale Lösungsmethoden:
  - exakte Optimierungsverfahren (kommerzielle Werkzeuge)
  - näherungsweise (heuristische) Optimierungsverfahren
- Hardware:
  - Computer
- Maschine-Mensch Interaktion:
  - Entscheidungsunterstützungssysteme, graphische Benutzeroberfläche (z. B. Tourenpläne)

1. Computational Logistics

**Aufgabenstellung**



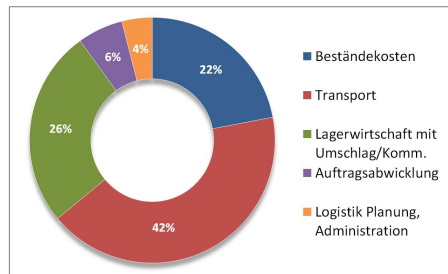
Folie 5

1. Computational Logistics

**Aufgabenstellung**

- **Logistikkosten**
  - in der Industrie 4,7 Mrd. €
  - im Handel 28 Mrd. €
- **in der Logistik beschäftigte Personen absolut**
  - rund 37.000 Personen in Oberösterreich
  - rund 180.000 Personen in Österreich

- **Zusammenfassung**  
Logistikkosten in Europa 930 Mrd. €



Studie: PRAMMER, Petra (2006): „Logistikkosten und logistische Personalstruktur in Oberösterreich“. VNL, auf Basis von Daten aus 2006.

Quelle: KLAUS, Peter et al. (2011): Top 100 in European Transport and Logistics Services. Issue 2011/2012. BVL Verlag.

Folie 6



## Mensch-Maschine-Interaktion: Modellierung

---

- Bei all diesen Planungsaufgaben geht es darum, gewisse **Ziele** zu verfolgen:
  - Kosten minimieren (Arbeitereinsatzzeiten, Transportkilometer, ...)
  - Liefertermine mit möglichst wenig Abweichung einhalten
- Dabei sind **Rahmen- oder Nebenbedingungen** einzuhalten:
  - maximale Fahrereinsatzzeit
  - maximale Arbeitszeit im Lager
- unter Verwendung von **Daten**:
  - Distanzmatrizen
  - Nachfragen
  - Angebote
- Das **Ergebnis** sind optimierte Pläne ...
  - Tourenpläne, Beladepläne, Ein/Auslagerungspläne, Produktionspläne, ...

## Computationale Lösungsmethoden

---

- Exakte Optimierungsverfahren  
  - stoßen an die Grenzen der Probleme für die Praxis
- sehr häufig maßgeschneiderte Ansätze
  - **Heuristiken** (altgriechisch: „ich finde“):
    - Konstruktion von Lösungen
  - **Lokale Suche**:
    - Ausgehend von einer heuristischen Lösung
    - werden leicht veränderte Lösungen generiert.
  - **Metaheuristiken**:
    - Integration von Heuristiken und Lokaler Suche
    - Erweiterung um die Komponente künstliches Lernen!
  - **Matheuristiken**:
    - Kombination von Metaheuristiken und exakten Optimierungsverfahren
    - Dafür brauchen wir schnelle Computer!

## Computer Hardware

- Lochkartensysteme
  - kleine Probleme, simple Verfahren
    - Heuristiken (Savings, 1954–~1975)
    - Zuse Z4, 1945
- Minirechner
  - kleine Probleme, verbesserte Verfahren
    - Lokale Suche (Lin-Kernighan, 1973–~1990)
    - PDP-11 von DEC, 1970

Lochkarten



Minirechner



Folie 9

## Computer Hardware

- PC
  - normale reale Probleme,  
komplexe Verfahren
    - Metaheuristiken, Generation 1  
(Ants, 1993– ~2004)
    - Intel 386, 1985
  - größere reale Probleme, verbesserte komplexe Verfahren
    - Metaheuristiken, Generation 2  
(Variable Nachbarschaftssuche, 1997– ~2010)
    - Pentium II, 1997
- Supercomputer
  - große reale Probleme mit Echtweltkomplikationen
    - Matheuristiken, 2006–...
    - VSC-1, 2009; MACH, 2011

Personal Computer, PC



Supercomputer



Folie 10

1. Computational Logistics

## Maschine-Mensch-Interaktion

---

- Entscheidungsunterstützungssysteme
- graphische Benutzerschnittstellen
- für die Tourenplanung: geographische Informationssysteme



Folie 11

## Inhalt

---

1. Computational Logistics
- 2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung**
3. Komplexe Supply Chain Services
4. Stand der Technik

## Das Tourenplanungsproblem 1/3

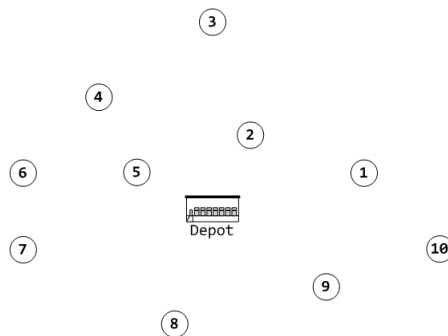


- Ziele
  - minimiere gefahrene Distanzen
- Nebenbedingungen
  - Zeitfenster
  - maximale Arbeitszeit
  - maximale Fahrzeugkapazität
- Daten
  - 1000–2000 Kunden/Tag
  - 140 Fahrzeuge
  - Kunden erhalten Sendungen
- Ergebnis
  - Kundenzuordnung zu Fahrzeugen
  - Reihenfolge

Folie 13

## Das Tourenplanungsproblem 2/3

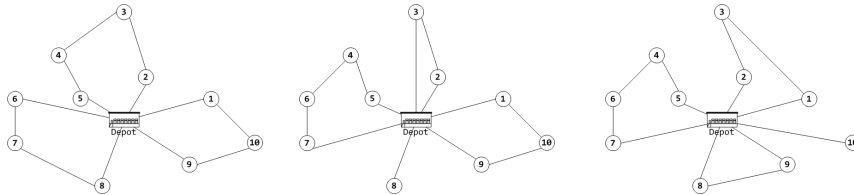
- Ziel:
  - Minimierung der Tourlänge
- Nebenbedingungen:
  - Tourlängenbeschränkung
  - Kapazitätsrestriktion
- Daten:
  - Kunden und Nachfragen
  - Distanzmatrix
- Entscheidungen:
  - auf welchem Fahrzeug?
  - in welcher Reihenfolge?



Folie 14

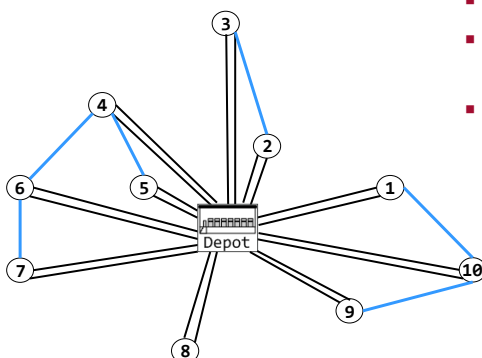
## Das Tourenplanungsproblem 3/3

- Was ist der optimale Auslieferungsplan?

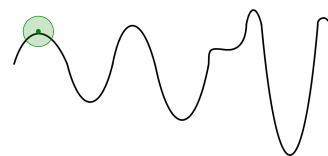


- schwer zu sagen ...

## Savings

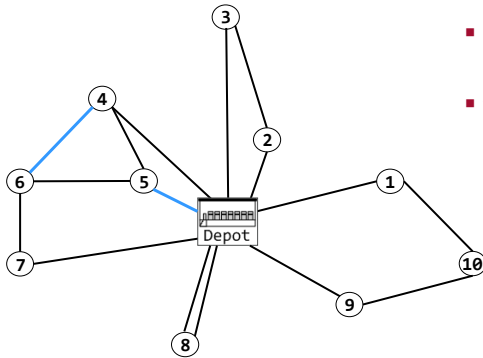


- Clarke and Wright, 1954
- + 5–7 % vom Optimum für Standardinstanzen
- wurde zu Zeiten der Zuse Z4 erfunden

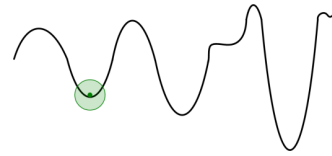


2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung

**Lokale Suche**



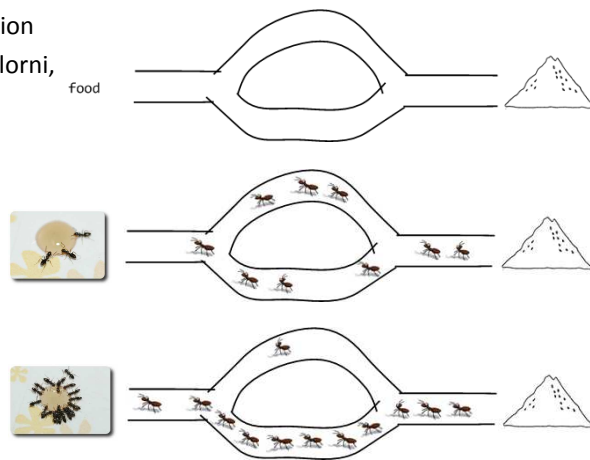
- Lin und Kernighan, 1973
- + 1–2 % vom Optimum für Standardinstanzen
- wurde zu Zeiten der Minirechner erfunden



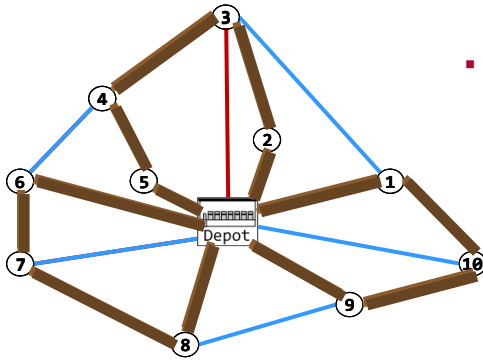
2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung

**Metaheuristiken – Generation 1**

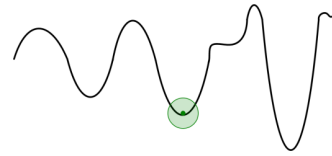
- Ant Colony Optimization
- Dorigo, Maniezzo, Colorni, 1993



## Metaheuristiken – Generation 1: Ants

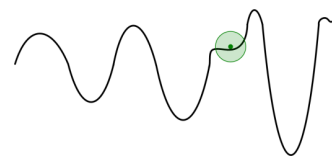
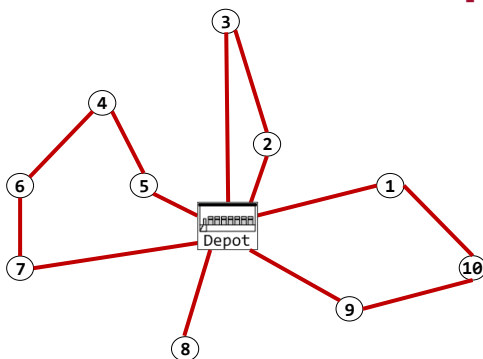


- 0,8–1 % vom Optimum für Standardinstanzen
- wurde zu Zeiten der langsamen PCs erfunden



## Metaheuristiken – Generation 2: Variable Neighborhood Search (VNS)

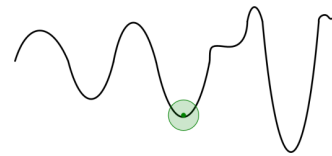
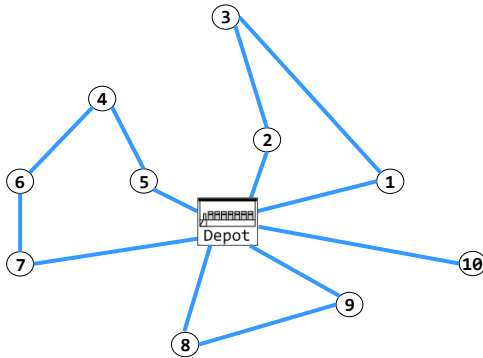
- Mladenovic und Hansen, 1997



2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung

## Metaheuristiken – Generation 2: Variable Neighborhood Search (VNS)

- Mladenovic und Hansen, 1997

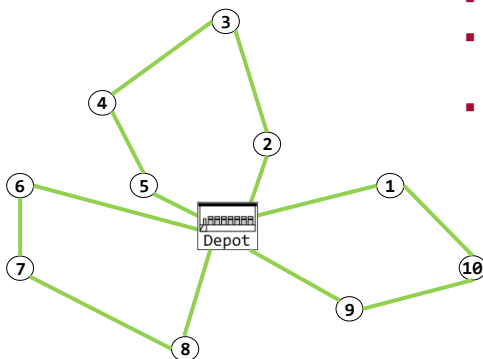


Folie 21

2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung

## Metaheuristiken – Generation 2: Variable Neighborhood Search (VNS)

- Mladenovic und Hansen, 1997
- 0,5–0,8 % vom Optimum für Standardinstanzen
- wurde zu Zeiten der schnellen PCs erfunden

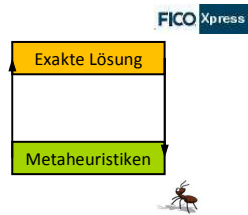


Folie 22

## 2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung

### Matheuristiken, 2010

---



- Hybridverfahren
- 0,1–0,2 % vom Optimum für Standardinstanzen
- wurden zu Zeiten der Supercomputer erfunden z. B. Maniezzo, Raidl, ...
- derzeit noch zu teuer für den Praxiseinsatz

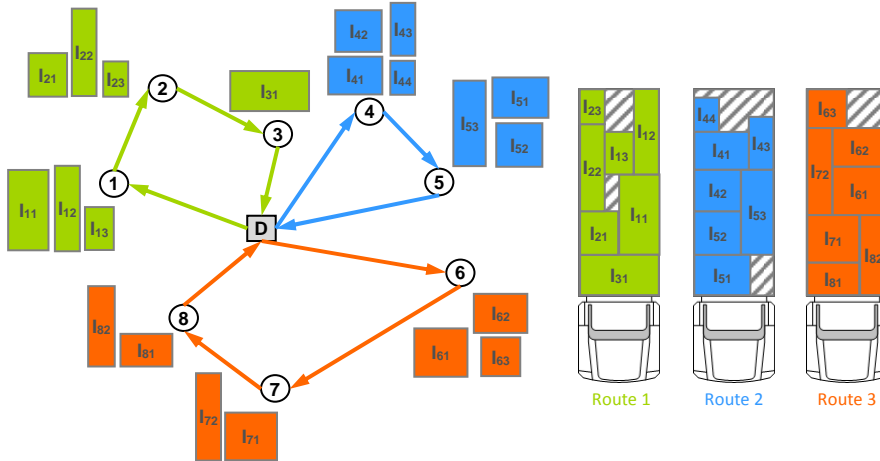
Folie 23

## Inhalt

---

1. Computational Logistics
2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung
- 3. Komplexe Supply Chain Services**
4. Stand der Technik

### Supply Chain Services – 2 Stufen: Containerbeladung und Tourenplanung



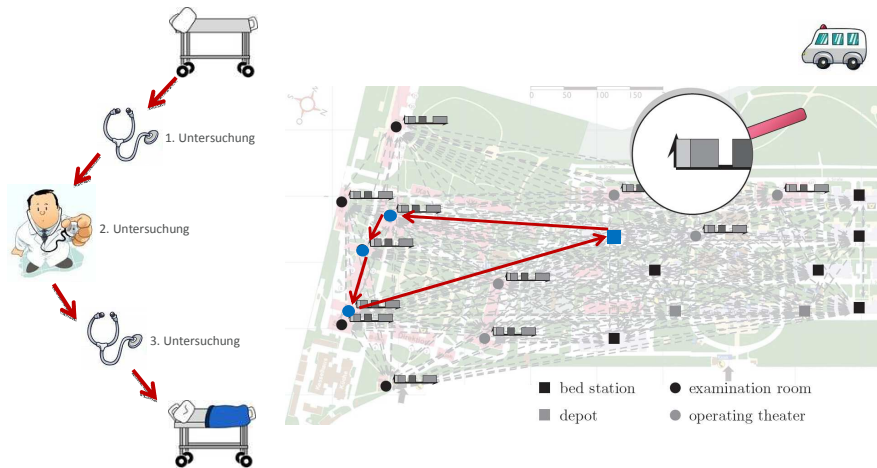
### Supply Chain Services – 2 Stufen

- Containerbeladung und Tourenplanung
  - Auslieferung von Holz und Möbel
  - Tricoire, Doerner, Hartl, Iori, 2011 (~3 % Reduktion der Tourlänge)



3. Komplexe Supply Chain Services

## Supply Chain Services – 2 Stufen: Reihenfolgeplanung und Transport

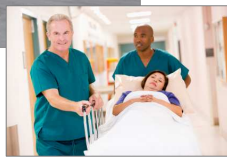


Folie 27

3. Komplexe Supply Chain Services

## Supply Chain Services – 2 Stufen

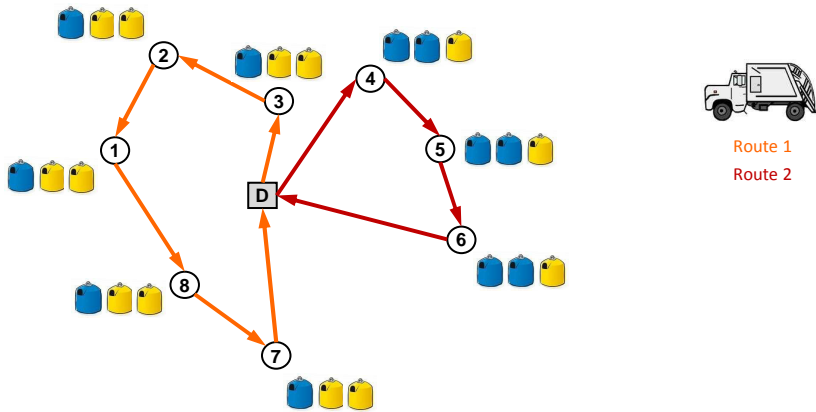
- Reihenfolgeplanung und Transport
  - Untersuchungsreihenfolge und Transport von Patienten
  - Schmid, Doerner, 2011  
(~ 20 % Reduktion der Zykluszeit und der Transportkosten)



Folie 28

3. Komplexe Supply Chain Services

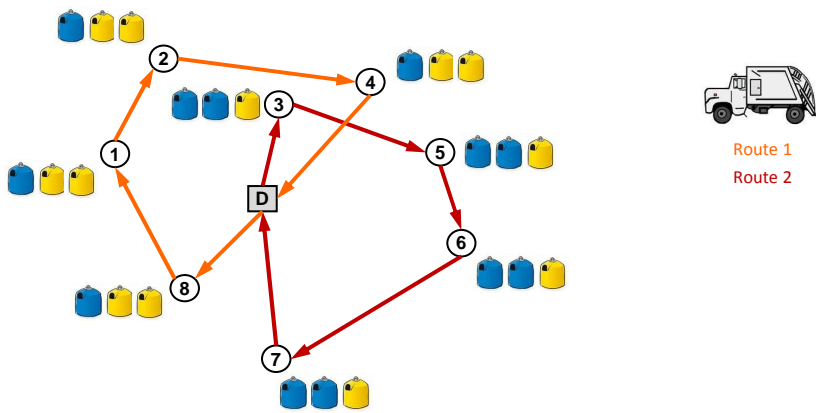
### Supply Chain Services – 2 Stufen: Konfiguration Müllsammelstellen und Tourenplanung



Folie 29

3. Komplexe Supply Chain Services

### Supply Chain Services – 2 Stufen: Konfiguration Müllsammelstellen und Tourenplanung



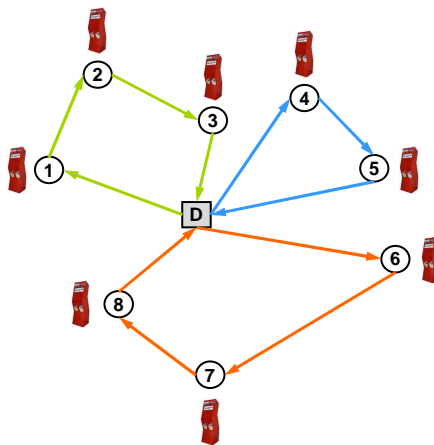
Folie 30

## Supply Chain Services – 2 Stufen

- Konfigurierung Müllsammelstellen und Tourenplanung
  - Hemmelmayer, Doerner, Hartl, Vigo, 2011 (~ 17 % Kostenreduktion)



## Supply Chain Services – 2 Stufen: Lagerhaltung und Tourenplanung



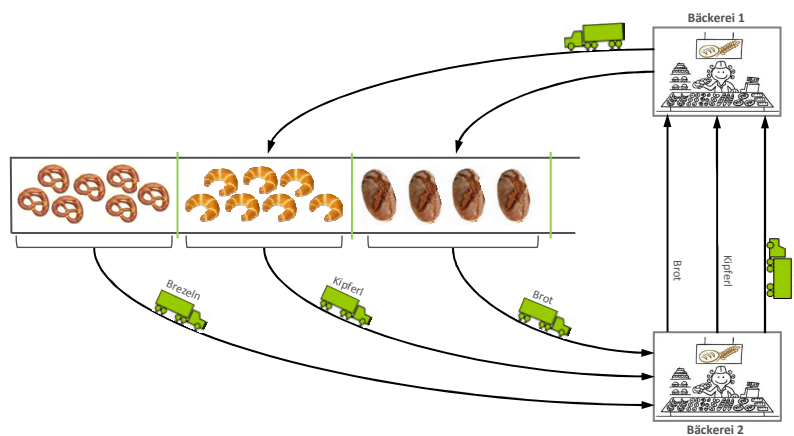
## Supply Chain Services – 2 Stufen

- Lagerhaltung und Tourenplanung
  - Auslieferung von Gratiszeitungen
  - Archetti, Doerner, Tricoire, 2011 (~ 20 % Reduktion der Tourenanzahl)



Folie 33

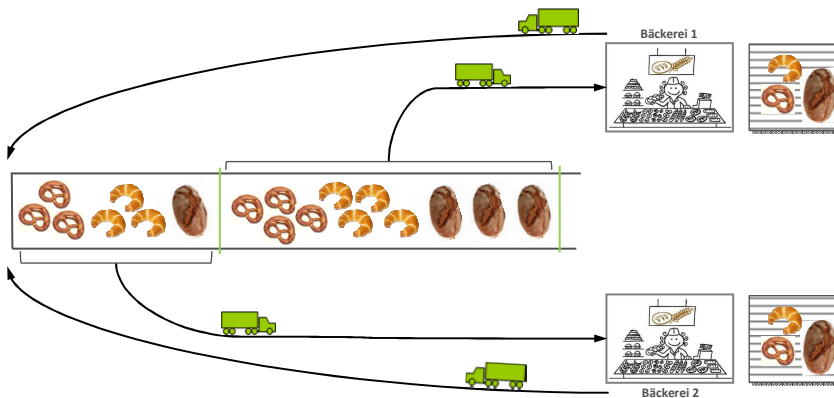
## Komplexe Supply Chain Services (SCS)



Folie 34

3. Komplexe Supply Chain Services

## Komplexe Supply Chain Services (SCS)



Folie 35

## Inhalt

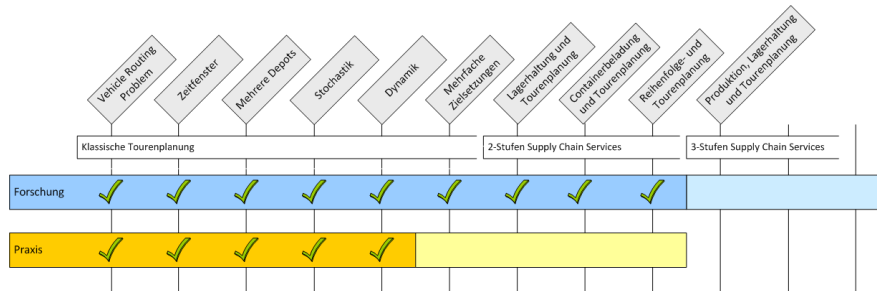
1. Computational Logistics
2. Lösungsverfahren für die Tourenplanung
3. Komplexe Supply Chain Services
4. Stand der Technik

4. Stand der Technik

## Wo stehen wir heute?

Von der klassischen Tourenplanung

zu komplexen Supply Chain Services



Folie 37

4. Stand der Technik

## Abschluss und Ausblick

- Entscheidungsunterstützungssysteme im Praxiseinsatz:
  - Aussendienstmitarbeiterplanung
  - Müllentsorgungslogistik
  - Leuchtturmprojekt: Briefträgerrouutenplanung neu (Echteinsatz: Beginn 2012)
- Weitere Schwerpunkte:
  - Green Logistics – Elektromobilität
  - Humanitarian/International Logistics
  - intermodaler Transport
  - öffentlicher Verkehr
  - Produktionslogistik

Folie 38



---

## Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

KARL F. DÖRNER  
Produktions- und Logistikmanagement

**Johannes Kepler Universität**  
Altenberger Straße 69, 4040 Linz, Austria  
Phone: +43 732 2468-9464  
Fax: +43 732 2468-9422  
karl.doerner@jku.at  
<http://www.plm.jku.at>



Institut für Produktions-  
und Logistikmanagement  
Karl Dörner



---

## Computational Logistics

Von der klassischen Tourenplanung  
zur Entscheidungsunterstützung  
für komplexe Supply Chain Services

Karl F. Dörner



Institut für Produktions-  
und Logistikmanagement  
Karl Dörner