

**Verfahren
zur
ressourcenbeschränkten Projektplanung**

Vorlesung vom 25.10.2005:

- Organisatorisches
- Einführung

C.-U. Fündeling, Ch. Mellentien

**LS Prof. Dr. K. Neumann
Institut für Wirtschaftstheorie und Operations Research**

Universität Karlsruhe (TH)

Organisation

- *Allgemeines*

- *Ablauf*

- *Gliederung*

- *Zeitplan*

- *Bewertung*

- *Literatur*

Einführung

- Cord-Ulrich Fündeling
Institut für Wirtschaftstheorie und OR (WiOR)
Telefon: 0721/608-3809
E-Mail: fuendeling@wior.uni-karlsruhe.de
Sprechstd.: dienstags, 10 – 11 Uhr
Bau IV, Zi. 102.2
- Christoph Mellentien
Institut für Wirtschaftstheorie und OR (WiOR)
Telefon: 0721/608-3787
E-Mail: mellentien@wior.uni-karlsruhe.de
Sprechstd.: dienstags, 10 – 11 Uhr
Bau IV, Zi. 102.3

Organisation

- *Allgemeines*

- *Ablauf*

- *Gliederung*

- *Zeitplan*

- *Bewertung*

- *Literatur*

Einführung

- Voraussetzungen:
 - Anmeldung + **Teilnahme im WS05/06 & SS06**
 - Gute Programmierkenntnisse (JAVA)
 - Einführung ins OR I+II bzw. PMS I+II (nach Möglichkeit)
- Praktikum SW-Entwicklung im OR 1/2:
 - Eine geschlossene Veranstaltung
 - OR-Teilgebiet 4.3 („blauer Schein“)
 - **kein Seminar**
 - **Sonderregelung für Aufbaustudenten!**

Organisation

- *Allgemeines*

- **Ablauf**

- *Gliederung*

- *Zeitplan*

- *Bewertung*

- *Literatur*

Einführung

- Ziel des Praktikums: Implementation und vergleichende Bewertung von Verfahren zur ress.beschränkten Projektplanung (RCPS)
 - Einheitliche „Bedienoberfläche“
 - Unterschiedliche Verfahren (Prio.regeln, B&B, Metaheuristiken)
 - Unterschiedliche Zielfunktionen (zeit-, ress.basiert)
- Arbeitsweise:
 - Zu Beginn: Einführende Vorlesungen
 - Später: Zwischenpräsentationen der Gruppen + Treffen nach Bedarf
 - „Anwesenheitspflicht“
 - Aktive Mitarbeit und Eigeninitiative erwartet (selbstständige Gruppenarbeit)

Organisation

- *Allgemeines*

- **Ablauf**

- *Gliederung*

- *Zeitplan*

- *Bewertung*

- *Literatur*

Einführung

- **Zentraler Termin:**
 - Dienstag, 11:30 – 13:00 Uhr, 20.14 – 103.2
(bei Bedarf auch 14:00 – 15:30 Uhr)
- **Homepage der Veranstaltung:**
<http://www.wior.uni-karlsruhe.de/orprakt>

Organisation

- *Allgemeines*
- *Ablauf*
- ***Gliederung***
- *Zeitplan*
- *Bewertung*
- *Literatur*


Einführung

- Wintersemester 2005/2006
 - Einführung in die ressourcenbeschränkte Projektplanung (RCPS): Grundlagen und Lösungsverfahren
 - Gruppenbildung + Themenvergabe
 - Zwischenpräsentationen der Gruppen: Detailliertere Vorstellung der Themenstellungen
 - Beginn Implementierungsphase
- Sommersemester 2006
 - Zwischenpräsentation bisheriger Ergebnisse
 - Einführung in das Text-Satzsystem LaTeX
 - Abschluss Implementierungsphase
 - Erstellung schriftliche Ausarbeitung
 - Abschlusspräsentation (mündliche Prüfung)
- Zentrale Treffen nach Bedarf

Organisation

*- Allgemeines**- Ablauf**- Gliederung**- **Zeitplan****- Bewertung**- Literatur*

Einführung

Abschlusspräsentation (mdl. Prüfung) Abgabe (Code + Ausarbeitung) Ausarbeitung Einführung in LaTeX Integration + Tests Zwischenpräsentationen  Implementation Zwischenpräsentationen Gruppenbildung + Themenvergabe Einführung (RCPS)

Organisation

- *Allgemeines*

- *Ablauf*

- *Gliederung*

- *Zeitplan*

- ***Bewertung***

- *Literatur*

Einführung

- Keine abschließende Klausur, sondern Bewertung der Gesamtleistung
- **Notenbestandteile:**
 - Zwischenpräsentation(en)
 - (Eigenständige) Gruppenarbeit
 - Implementierung
 - Schriftliche Ausarbeitung
 - Abschlusspräsentation (mdl. Prüfung)
- Bewertung der Gruppenleistung unter Berücksichtigung von „Ausreißern“ nach oben bzw. unten
- **Fragen? und „Anwesenheitskontrolle“**

Organisation

- *Allgemeines*
- *Ablauf*
- *Gliederung*
- *Zeitplan*
- *Bewertung*
- *Literatur*

Einführung

- **Operations Research allgemein:**
 - Neumann, Morlock (2002) *Operations Research*, Carl Hanser
- **Projektplanung:**
 - Neumann et al. (2002) *Project Scheduling with Time Windows and Scarce Resources*, Springer
 - Schwindt (2005) *Resource Allocation in Project Management*, Springer
- **Programmierung:**
 - Krüger (2003): *Handbuch der Java-Programmierung*, Addison Wesley
 - Sedgewick (2002): *Algorithmen in Java*, Pearson Studium
 - Cormen et al. (2001): *Introduction to Algorithms*, MIT Press
- **LaTeX:**
 - Kopka (2002): *LaTeX*; Pearson Studium

Organisation

Einführung

- **Übersicht**

- *Begriffe*

- *Definitionen*

- *Darstellung*

- *Problem*

- *Zielfunktionen*

- *Erweiterungen*

Ressourcenbeschränkte Projektplanung (RCPS)

- Grundlagen
 - Begriffe, Definitionen und Darstellung
 - Standardproblem
 - Zielfunktionen
 - Erweiterungen
 - Zeitplanung
- Planung unter Berücksichtigung von (knappen) Ressourcen
 - Prioritätsregelverfahren
 - Branch-and-Bound-Algorithmen
 - Metaheuristiken

Anschließend: Gruppenbildung und Themenvergabe

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- Definitionen

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Projekt
 - Einmaliges (bzw. seltenes) Vorhaben
 - Zerlegbar in einzelne Vorgänge/Aktivitäten (Zeit und Ressourcen zur Durchführung)
 - (Zeitliche) Beziehungen zwischen Vorgängen
 - Festes Zielkriterium (z.B. Projektdauer)
 - Spezifische Organisationsform (Projektteam)

- Beispiele für Projekte
 - Planung und Durchführung von Großbauvorhaben (Straßen, Flughäfen, Bahnhöfe etc.)
 - Entwicklung und Einführung von Produkten
 - Reorganisation bzw. Umstrukturierung von Firmen
 - Strategische (Langzeit-)Planung
 - Politische Kampagnen
 - Produktion
 - Auftragsfertigung (Flugzeuge, Schiffe etc.)
 - Chargenfertigung in der Prozessindustrie

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- Definitionen

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Projektmanagement: Koordination der
 - Planungs-,
 - Steuerungs- und
 - Entscheidungsprozesse
- Projektplanung: quantitative Aspekte
 - (Reine) Zeitplanung (Start- und Abschlusszeitpunkte für Vorgänge)
 - Ressourcenbeschränkte Planung (RCPS)
 - Steuerung der Kosten
- Hinweis: Englische Fachbegriffe

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- **Definitionen**

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Menge von
 - Aktivitäten $V := \{0, 1, \dots, n, n + 1\}$
 - Ressourcen \mathcal{R}

- Echte Aktivitäten $i = 1, \dots, n$
 - Nicht weiter (sinnvoll) zerlegbares „Arbeitspaket“
 - Fixe Dauer $p_i > 0$
 - Nichtunterbrechbarkeit, d.h. $C_i = S_i + p_i$
 - Ressourceninanspruchnahme $r_{ik} \geq 0$ ($k \in \mathcal{R}$) innerhalb $[S_i; C_i)$

- Fiktive Aktivitäten
 - Modellierungsgründe
 - Projektbeginn 0, Projektende $n + 1$ mit
 $p_0 = p_{n+1} = 0, r_{0k} = r_{n+1,k} = 0$ ($k \in \mathcal{R}$)
 - Theoretisch weitere definierbar (Meilensteine etc.)

- Schedule $S := (S_i)_{i \in V}$

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- **Definitionen**

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Zeitliche Beziehungen zwischen Aktivitäten $i, j \in V$

- Typen: Start-Start, (Start-Completion), Completion-Start, (Completion-Completion)
- Arten: zeitliche Mindest- und Höchstabstände
- Nichtunterbrechbarkeit \rightarrow eindeutige Transformation aller Art-Typ-Kombinationen

\rightarrow Allgemeine Zeitbeziehung

- $\langle i, j \rangle$ mit Gewicht δ_{ij}
- Start-Start-Beziehung: $S_j - S_i \geq \delta_{ij}$
- $\delta_{ij} > 0$: $S_j \geq S_i + \delta_{ij}$ (Mindestabstand zw. i und j)
- $\delta_{ij} < 0$: $S_i \leq S_j + (-\delta_{ij})$ (Höchstabstand zw. j und i)

- Menge aller Zeitbeziehungen E

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- **Definitionen**

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- **Ressource** $k \in \mathcal{R}$
 - Pool von einzelnen Ressourceneinheiten gleicher Art, d.h. 100% austauschbar
 - Kapazität R_k
 - Entspricht Anzahl Einheiten
 - fix über Zeit
 - Typ: Erneuerbar, d.h. kein Verbrauch oder Abnutzung
 - Beispiele: Maschinen, Arbeitskräfte
 - Ressourceninanspruchnahme $r_{ik} \geq 0$ ($i \in V, k \in \mathcal{R}$)

- **Aktive Menge eines Schedules zu einem Zeitpunkt**

$$\mathcal{A}(S, t) := \{i \in V \mid S_i \leq t < S_i + p_i\} \quad (t \geq 0)$$

- **Ressourcenbedarf eines Schedules zu einem Zeitpunkt**

$$r_k(S, t) := \sum_{i \in \mathcal{A}(S, t)} r_{ik} \quad (k \in \mathcal{R}, t \geq 0)$$

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- Definitionen

- **Darstellung**

- Problem

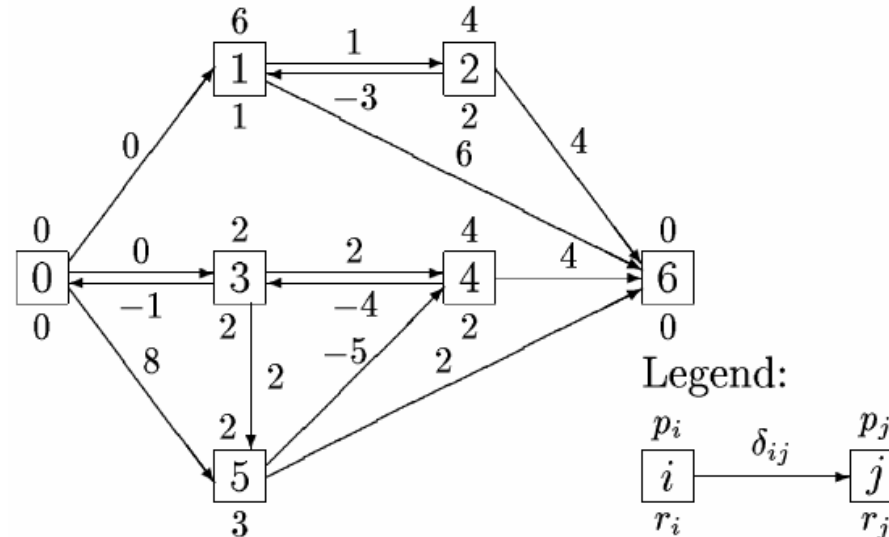
- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Projektnetzwerk $N := (V, E, \delta)$

- Knoten = Aktivitäten

- Pfeile + Bewertung = Zeitbeziehungen



- Eigenschaften

- Eindeutig bestimmt

- Keine parallelen Pfeile

- Länge eines längsten Weges d_{ij} ($i, j \in V$) entspricht (induzierter) Zeitbeziehung δ_{ij}
→ keine Zyklen positiver Länge

- 0 (n+1) ist Projektbeginn (-ende)

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- Definitionen

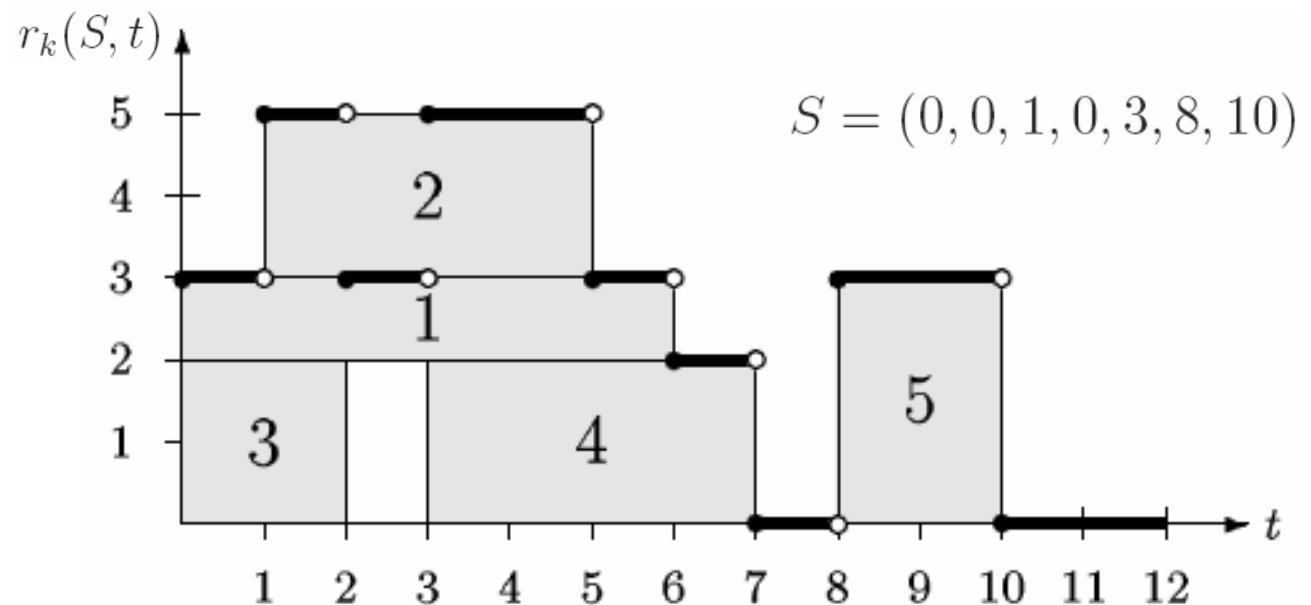
- **Darstellung**

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Projekthöchstdauer $\bar{d} \Rightarrow \langle n + 1, 0 \rangle$, $\delta_{n+1,0} = -\bar{d}$
- Ressourcenprofil $r_k(S, \cdot)$:



Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- Definitionen

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

$$\begin{array}{l}
 \text{Min.} \quad f(S) \\
 \text{u.d.N.} \quad r_k(S, t) \leq R_k \quad (k \in \mathcal{R}, 0 \leq t \leq \bar{d}) \\
 \quad \quad S_j - S_i \geq \delta_{ij} \quad (\langle i, j \rangle \in E) \\
 \quad \quad S_i \geq 0 \quad (i \in V) \\
 \quad \quad S_0 = 0
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Min.} \\ \text{u.d.N.} \end{array}} \right\} (PS|temp, \bar{d}|f)$$

- Zeitplanungsproblem (Ressourcenrelaxation)

$$\begin{array}{l}
 \text{Min.} \quad f(S) \\
 \text{u.d.N.} \quad S_j - S_i \geq \delta_{ij} \quad (\langle i, j \rangle \in E) \\
 \quad \quad S_i \geq 0 \quad (i \in V) \\
 \quad \quad S_0 = 0
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Min.} \\ \text{u.d.N.} \end{array}} \right\} (PS_\infty|temp, \bar{d}|f)$$

- Problemschwere

- $PS|temp, \bar{d}|f$: NP-schwer

- $PS_\infty|temp, \bar{d}|f$: Abhängig von $f(S)$

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- Definitionen

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Zeitbasiert

- Project Duration $C_{\max} : S_{n+1}$

- Maximum Lateness $L_{\max} : \max_{i \in V} (S_i + p_i - d_i)$

- **Weighted Earliness-Tardiness**

$$\text{WET} : \sum_{i \in V} w_i^E (d_i - S_i - p_i)^+ + w_i^T (S_i + p_i - d_i)^+$$

- Net Present Value NPV : $-\sum_{i \in V} c_i^F \beta^{S_i + p_i}$

- Ressourcenbasiert

- Resource Investment Cost RIC : $\sum_{k \in \mathcal{R}} c_k \max_{0 \leq t \leq \bar{d}} r_k(S, t)$

- **Resource Adjustment Cost**

$$\text{RAC} : \sum \sum c_k^+ (\Delta r_{kt})^+ + c_k^- (-\Delta r_{kt})^+$$

Organisation

Einführung

- Übersicht

- Begriffe

- Definitionen

- Darstellung

- Problem

- Zielfunktionen

- Erweiterungen

- Ressourcenarten
 - Nicht erneuerbar, d.h. sich verbrauchend (Geld, Rohstoffe etc.)
 - Kumulativ (Läger, chem. Prozesse), d.h.
 $r_{ik} < 0$ möglich
- Alternative Ausführungsmodi für Aktivitäten
 - Time-Resource-Trade-Off
 - Resource-Resource-Trade-Off
- (Reihenfolgeabhängige) Umrüstzeiten
- Pausenkalender (Unterbrechbarkeit)