

Projekt Trassenbörse

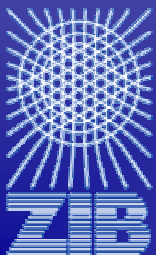
Thomas Schlechte

Ralf Borndörfer

Martin Grötschel

Vorlesung "Ganzzahlige Optimierung im öffentliche Verkehr"

23.01.07 TU Berlin



Thomas Schlechte

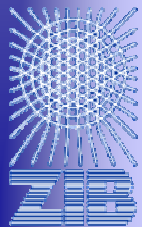
Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (ZIB)

schlechte@zib.de

<http://www.zib.de/schlechte>

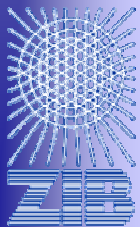
Plan für heute

- **Idee der Trassenbörse**
- **Problemformulierung**
- **Modelle**
- **Lösungsmethoden**
- **Ergebnisse**



Curriculum Vitae

- Geb. 10.03.1979 in Halle/Saale
- 1991-1998 Descartes Gymnasium Berlin
- 1998-2004 Studium der Wirtschaftsmathematik an der TU Berlin
- 2004- Promotionsstudium an der TU Berlin/ ZIB Optimierung



Homepage www.zib.de/schlechte

Thomas Schlechte

» General Information
» Collaborations and Cooperations
» News and Miscellaneous
» Teaching
» Research
 Research Areas and Applications
 Publications
 Research Projects
 Talks/Presentations

Research Areas and Applications

Combinatorial Optimization

- ♦ Linear Programming
- ♦ Integer Programming
- ♦ Applications in Traffic

top

Publications

Conference Proceedings/Preprints

- ♦ Ralf Borndörfer, Uwe Schelten, Thomas Schlechte, Steffen Weider. **A Column Generation Approach to Airline Crew Scheduling**. *OR 2005, Bremen, Germany, 2005*.

top

Miscellaneous

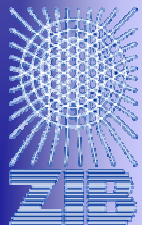
- ♦ Thomas Schlechte. **Das Resource Constrained Shortest Path Problem und seine Anwendung in der ÖPNV-Dienstplanung** *Master's thesis (german diploma), Technische University Berlin, 2004*.

top
top

Research Projects

 Airline Crew Scheduling

 Slot Allocation for Railways



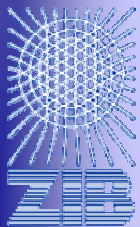
Was ist die „Trassenbörse“ ?

**Liberalisierung des
Schienenverkehrmarktes**

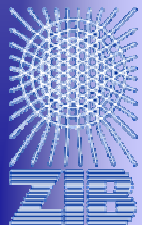
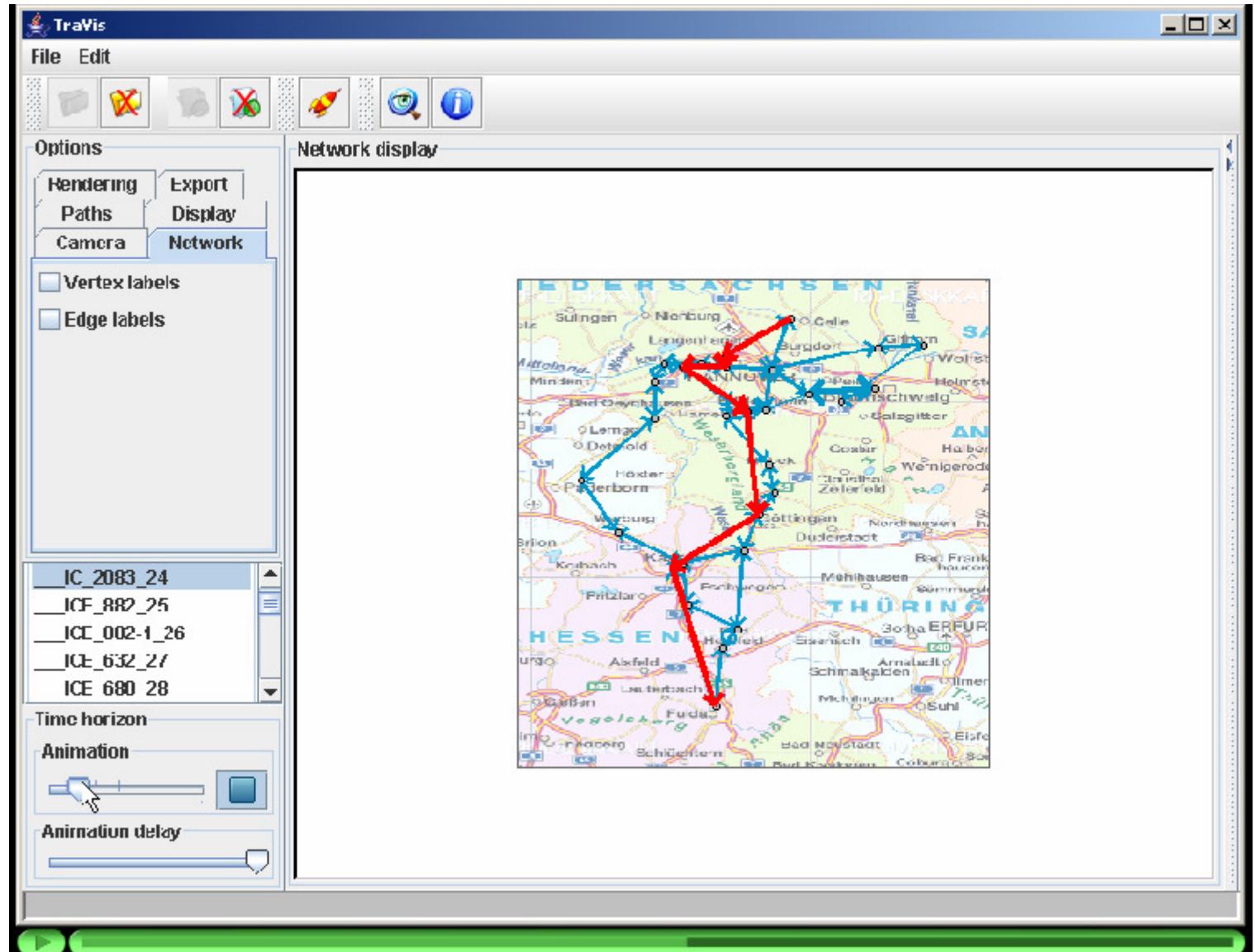
–

**Einführung eines freien und
fairen Marktes !**

Kann man die Trassenvergabe im
Schienenverkehr durch
Auktionsmechanismen „besser“ koordinieren ?



Was ist eine Trasse ?



Aktuelle Vorgehensweise !

Mobility Networks Logistics



Geschäfte mit der Bahn | Reisen | Logistik | Unternehmen

[Startseite](#) | [Kontakt](#) | [Sitemap](#) | [FAQ](#) | [Hilfe](#)

Suche

[Neue Inhalte](#)

- **Einkauf & Verkauf**
- **Fahrzeuge Straße/Schiene**
- **Immobilien**
- **Infrastruktur & Energie**
 - Energie
 - Fahrweg
 - Netzzugang
 - **Trassen**
 - Leistungen
 - Trassen Güterverkehr
 - Trassen Personenverkehr
 - Trassenpreise
 - Trassenpreisauskunft
 - Besonderheiten & Fristen
 - Formulare
 - Anlagen
 - Nebenleistungen
 - Ansprechpartner
 - Internationale Verkehre
 - Baustelleninformationen
 - NetzNachrichten
 - Abgabe Infrastruktur
- Station
- **IT/TK Infrastruktur**
- **Personaldienstleistungen**
- **Weitere Serviceleistungen**

[Geschäfte](#) → [Infrastruktur & Energie](#) → [Fahrweg](#) → **Trassen**

Trassennutzung für den Personen- und Güterverkehr

Hier finden Sie detaillierte Angebote und Preisinformationen zur Nutzung von Trassen der DB Netz AG für den Personen- und Gütertransport. Die zusätzlich angebotene Software unterstützt Sie bei der Kalkulation der Preise für Ihre gewünschte Trasse.



[Besonderheiten & Fristen](#)

Leistungen



Leistungsangebot der DB Netz AG zur Bereitstellung von Bahninfrastruktur

Aufgabe der DB Netz ist es leistungsfähige Eisenbahninfrastrukturen sowie technische Anlagen und Einrichtungen marktgerecht zur Verfügung zu stellen. Das Leistungsangebot setzt sich aus den Produktfeldern Trassen, Anlagen und Infrastrukturanschlüsse zusammen.

[mehr](#) ➔

Grundsätzliches zur Trassen-Anmeldung

Bei der Anmeldung von Trassen gibt es Besonderheiten und Fristen, die Sie unbedingt beachten müssen. Alle Informationen zu diesem Thema finden Sie hier.

[mehr](#) ➔

Trassen Güterverkehr



Trassen für den Güterverkehr

Als Kunde im Güterverkehr haben Sie die Wahl zwischen mehreren Produkten. Je nach Nutzung wird zwischen Güterverkehrs-Express-Trassen, Güterverkehr-Standard-Trassen, Güterverkehr-Zubringer-Trassen und Güterverkehrs-LZ-Trassen unterschieden.

[mehr](#) ➔

Formulare

Formulare als PDF-Download

Wenn Sie als Eisenbahnverkehrsunternehmen Trassen anmelden möchten, müssen Sie für Ihre Anmeldung bestimmte Formulare verwenden. Diese Formulare nebst Erläuterung finden Sie hier.

[mehr](#) ➔

Trassen Personenverkehr



Trassen für den Personenverkehr

Die Personenverkehrs-Trassen lassen sich in vier verschiedene Kategorien einteilen. Als Kunde haben Sie die Wahl zwischen Personenverkehrs-Express-Trassen, Personenverkehrs-Takt-Trassen, Personenverkehrs-Economy-Trassen und Personenverkehrs-LZ-Trassen.

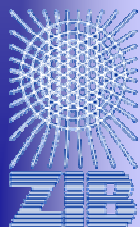
[mehr](#) ➔

Trassenpreise



Gültige Preise ab dem 12.12.2004 und 11.12.2005

Hier finden Sie das seit dem 12.12.2004 gültige und ab dem 11.12.2005



Anmeldeformular



Trassenanmeldung / Trassenstudie / Fahrzeitrechnung / Preisanfrage / Fahrplananpassung
(Zutreffendes bitte ankreuzen)

für Güterzugtrassen

Zugart	Zugnummer	Nutzungsdauer	bestehende Vergleichstrasse	Innere Bearbeitungs-D. Kunde	Kunden-Nr.	Eingang der Anmeldung
Kunde, Bevollmächtigter laut ABN	Telefon	Fax	E-Mail			

Gewünschtes Trassenprodukt

<input type="checkbox"/> Express-Trasse	<input type="checkbox"/> Standard-Trasse gewünschte Systemtrasse:	<input type="checkbox"/> Zubringer-Trasse	Zur Zubringer-Trasse gehörende Standard-Trasse:
---	--	---	--

Verkehrszeitraum

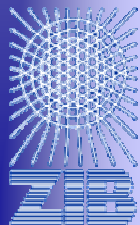
ab Ort	Zuggattung	Verkehrszeitraum	Zusatztage	Ausfalltage	Konstruktionspielraum

Betrieblich-technische Angaben (Zugcharakteristik)

ab Ort	Vmax	Tfz 1	Tfz 2	Schiebel	gekuppelt	Last	Bremsstellung	BrH	Länge	EBuLa	Besonderheiten, LU, KIV, Gefahrgut

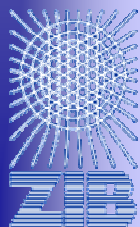
Trassenzeiten

Kundenanmeldung							Konstruktionsergebnisse			
Ort	Gleis	Ank	Hal	Art	Abf	Vorgaben/ Änderungen der Zugcharakteristik	1		2	
							Ank	Abf	Ank	Abf



Angebot eines Fahrplans

Fahrplan		Bestellung EVU			Angebot GB Netz		
Abk.	Bahnhof	an	Min.-halt	ab	an	ab	Bemerkungen
	120-60 Min nach Ankunft 84079 in RLB						
	Zwischen Lu-BASF und Lu-Oggersheim--						
	nächstmögliche Trasse rd 3-Std nach-						
	Ankunft 84979. We 14.01.2001						
RLB	Ludwigshafen-BASF					16.42	
RLB	Ludwigshafen-BASF					14.47	
RLO	Lu-hafen-Oggersheim				18.53	17.15	Kopfmachen
RLO	Lu-hafen-Oggersheim				14.58	15.21	Kopfmachen
FWGR	Worms-Hbf					17.29	We 14.01.2002
FWOR	Worms-Hbf					15.35	We 06.02.02
FMZ	Mainz-Hbf					18.28	
Bible					15.45.6	15.47.4	Fr 07.02.02
FKBWG	Kaiserbrücke-Gst					18.33.3	Fr 17.01.02
ROBWG	Kaiserbrücke-Ost						
	Oberlahnstein-Gbf					20.02	
KDL G	Oberlahnstein-Gbf						
	Linz (Rh)					20.35	Mo 17.01.02
KLI	Linz (Rh)						
FMB	18.56/17.12						
FKOS	Abzw Kostheim					17.20	
KOL G	Oberlahnstein-Gbf					18.57	
KLI	Linz (Rh)					19.35	Mo 11.02.02
KUN	Unkel				19.42	19.48	
KG-G	Gremberg-Gnf					20.27	An 19.2.02
KDO	Dormagen	19:00					
Bemerkungen Kunde		BR 185 mit 5.6 MW					
		Preisgünstigster Weg gewünscht.					



Trassenbörse ↔ Netztrennung ?

Thomas Schlechte: Research | Berliner Morgenpost: Neues Bahn-Gutacht...

Berliner Morgenpost.de NEWS per Mail

ABOSERVICE | ANZEIGENMÄRKTE | ANgebote

Suche: news RADAR

Di, 17. Januar 2006

Startseite

ZEITUNG

- Politik
- Wirtschaft
- Börse
- Wissen
- Panorama
- Berlin
- Bezirke
- Brandenburg
- Kultur
- Stadtmenschen
- Sport

JOURNAL

- Magazin
- BIZ
- Jugend
- Beruf
- Immobilien
- Auto
- Wassersport
- Reise

PROGRAMM

WIRTSCHAFT

Neues Bahn-Gutachten favorisiert offenbar Abtrennung des Netzes

Experten: Börsengang des kompletten Konzerns ist keine Ideallösung - Neuer Netzeigner soll aber eng mit der DB AG kooperieren

Berlin - Das Regierungsgutachten zum Börsengang der Deutschen Bahn wird nach Angaben aus dem Umfeld der Experten eine Abspaltung des Schienennetzes nahelegen. Die Trennung werde auch in der Endfassung des Gutachtens favorisiert, hieß es im Kreis der Gutachter. Es habe zwar in den vergangenen Wochen noch Änderungen bei den Berechnungen gegeben, am Ergebnis habe sich aber nichts Wesentliches geändert. Zwischen den Gutachtern unter Führung der Beratungsgesellschaft Booz Allen Hamilton hatte es Ende 2005 Streit gegeben. Ursprünglich war dem von Bahnchef Hartmut Mehdorn verlangten Modell einer Privatisierung in der bestehenden Form der Vorzug gegeben worden. Das Gutachten soll in Kürze freigegeben werden.

Anzeige

Online LOTTO spielen

SERVICE

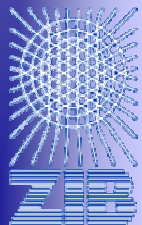
Das Berliner Handelsregister

Die größten deutschen Unternehmen als **Download! TOP500**

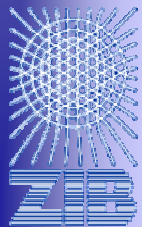
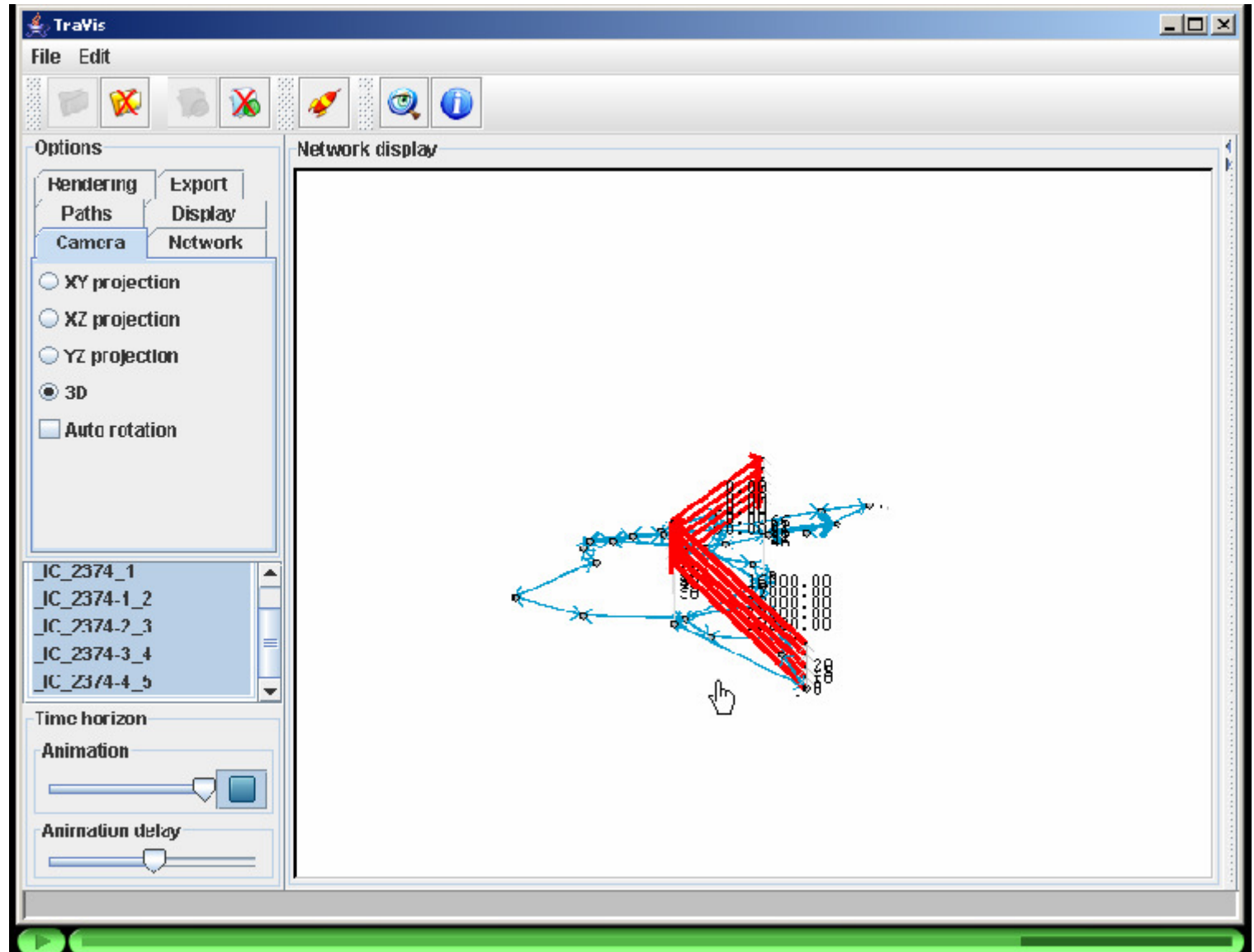
ANZEIGENMÄRKTE

- Stellen
- über 400.000 Immobilien
- 748.761 Autos
- 876 Reisen

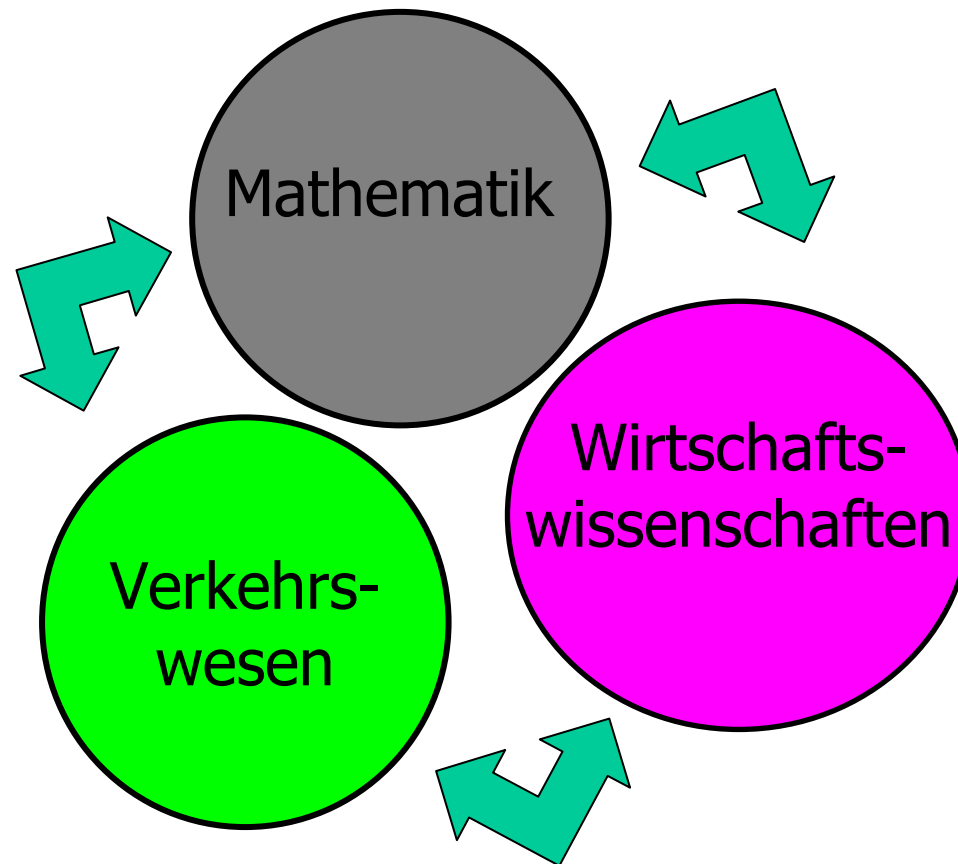
Das neue Reiseportal: www.mop



Was ist ein Trassenbündel ?

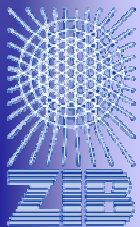


Interdisziplinäres Projekt „Trassenbörse“



Auktionsdesign ?

- Güter/Gebote
 - Unabhängige Güter/
Güterbündel
(kombinatorische
Auktion)
 - Kombinatorische
Gebote (und/oder/xor)
- Bieter
 - Kooperation verboten/
erlaubt
- Zahlung
 - Gewinner zahlt
höchsten oder
zweithöchsten Preis ...
- Information
 - Zahlungsbereitschaften
 - offen oder geheime
Gebote
- Verfahren
 - Mindestinkrement
 - feste Rundenzahl
 - Aktivitätsregeln
 - Zurücknehmen
erlauben
 - Direktes Bieten o.
Bietagenten



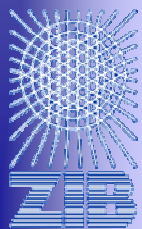
Kombinatorische Gebote

UND-Gebote:
„Alle für einen und
Einer für alle“



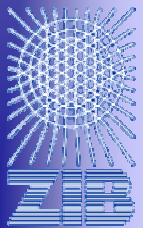
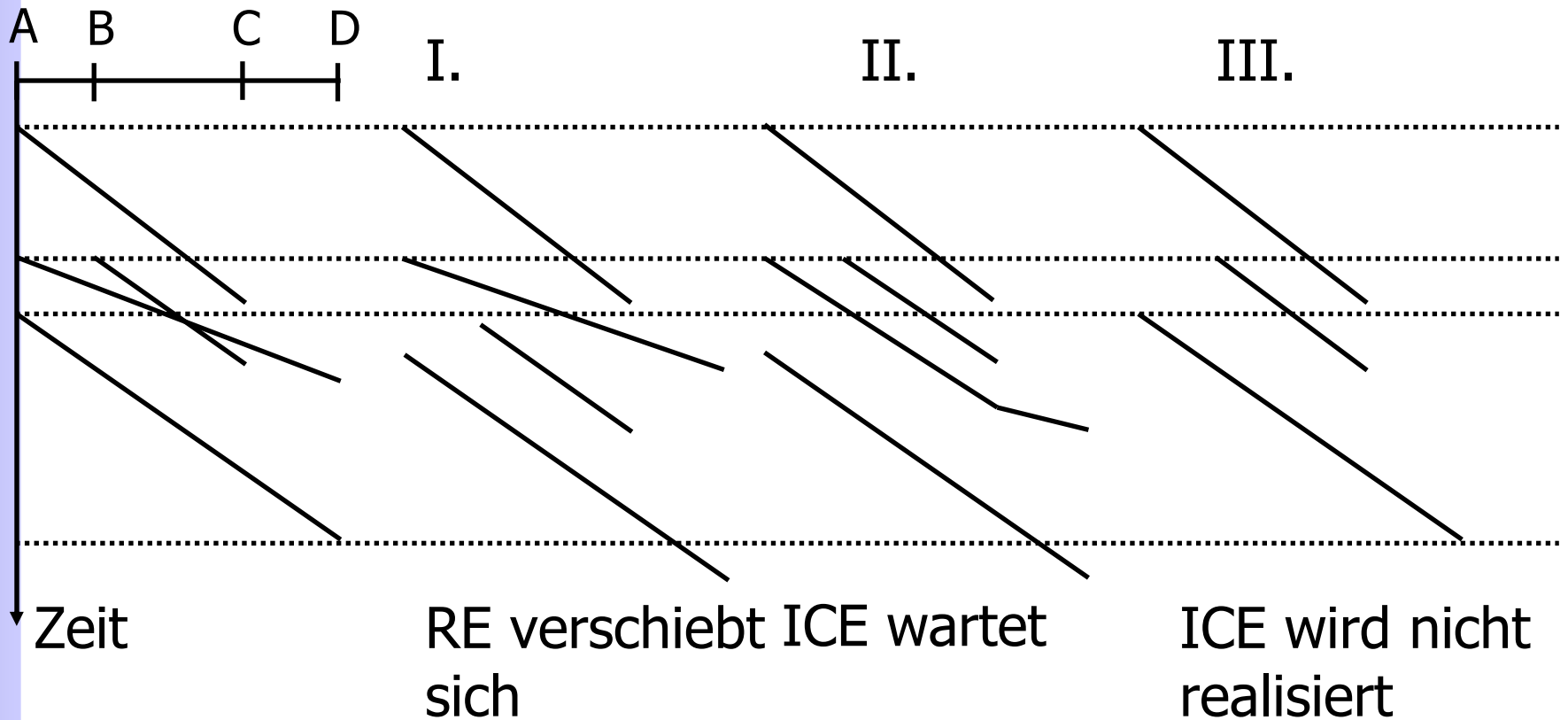
Exklusive ODER-Gebote:
"Es kann nur einen
geben"

© 20th
Century Fox

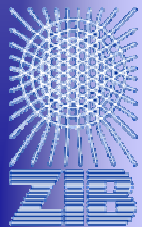
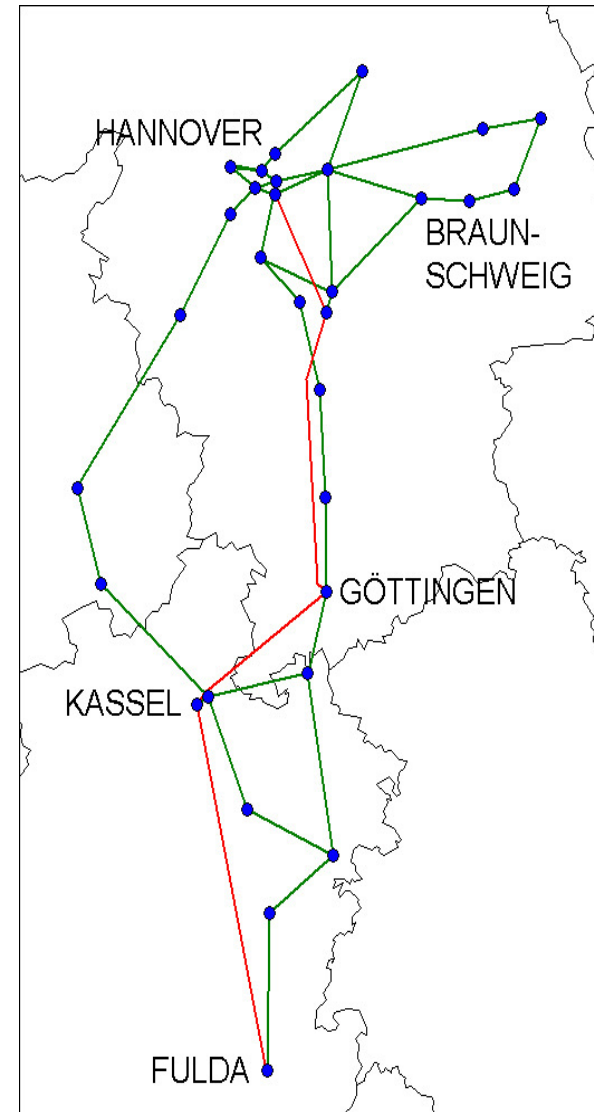
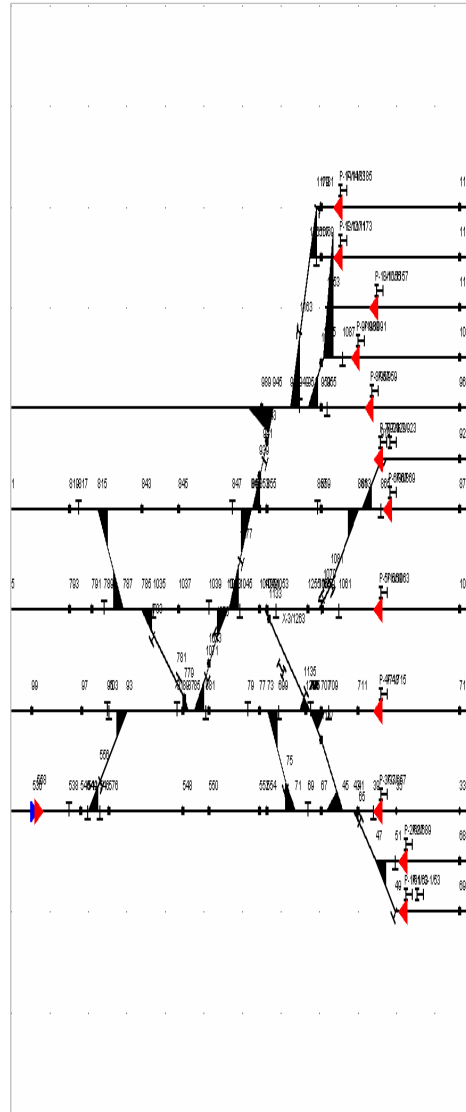


Mögliche Effekte

3 x  + 1 x  = 



Mikro-/Makroskopisches Modell

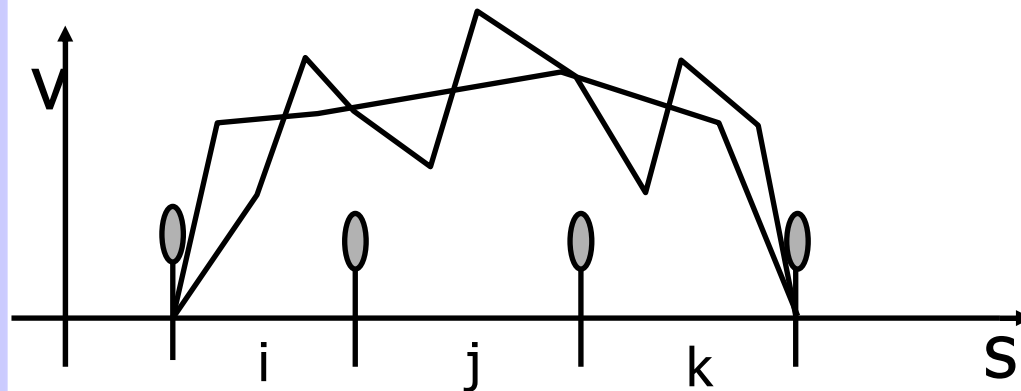


Blöcke, Standard Fahrverhalten und Standard Zugtypen

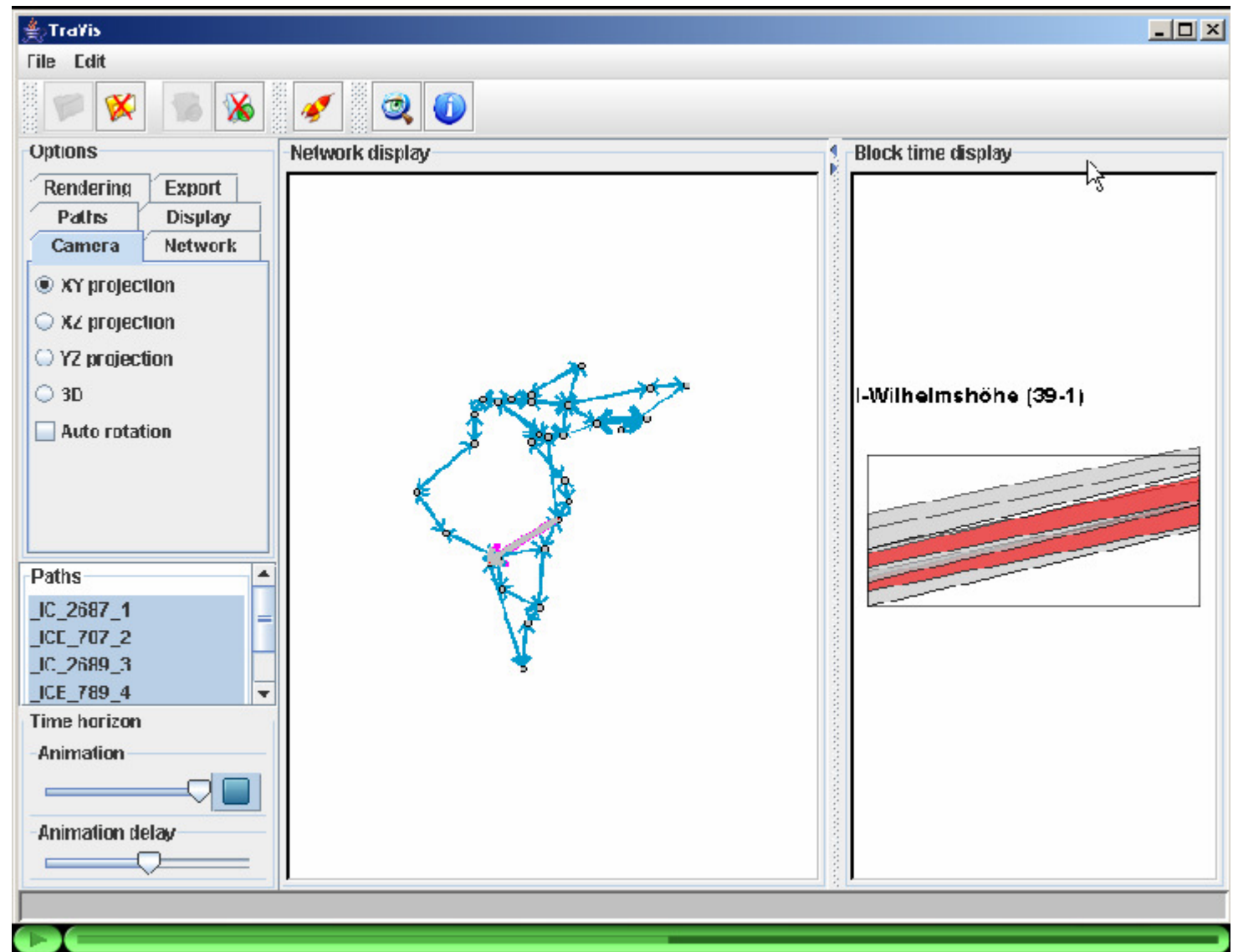
Zustand (i, T, t, v)

- Block i
- Zugtyp y
- Startzeit t
- Geschwindigkeit v

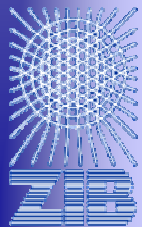
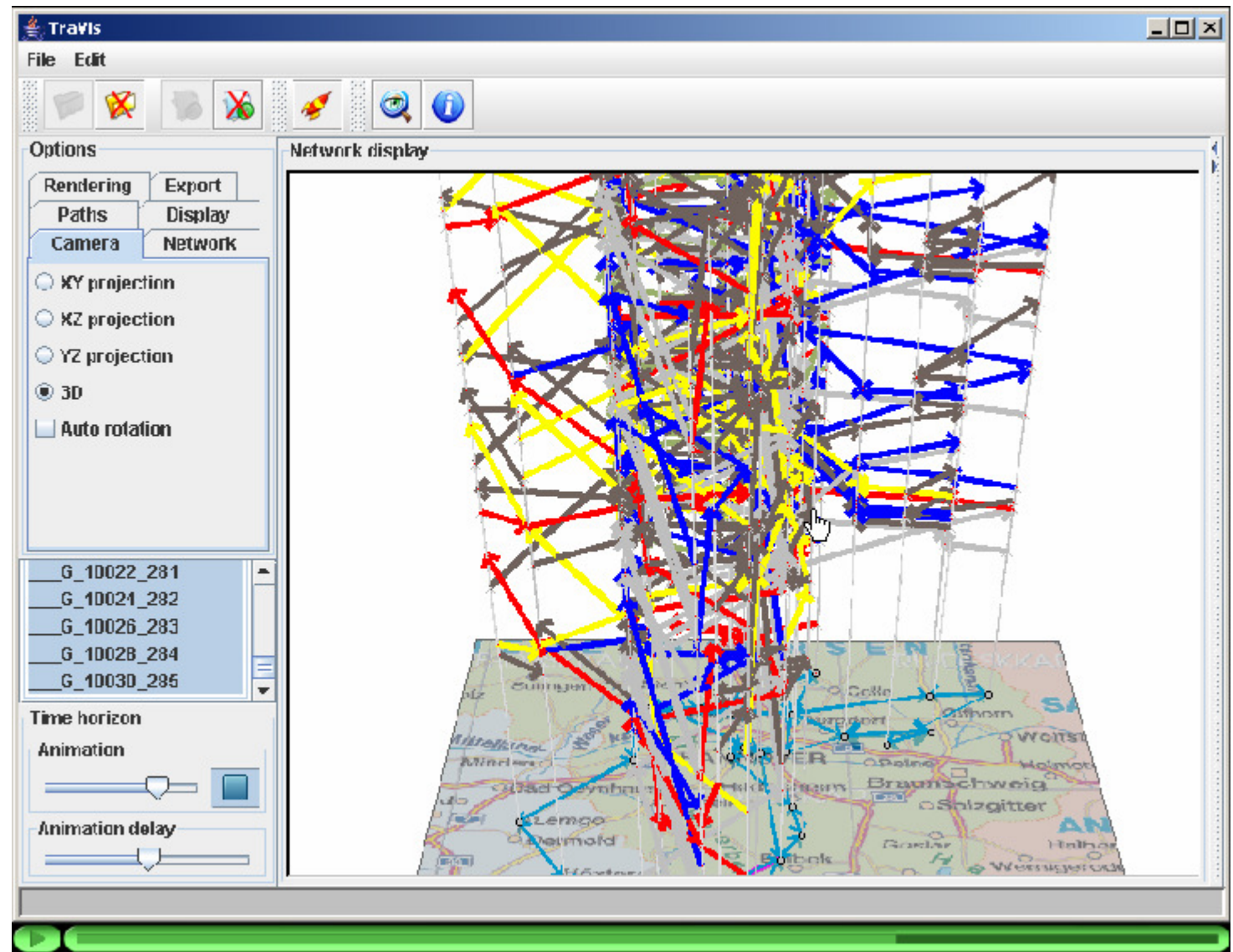
Zugtypen	Höchstgeschwindigkeit in [km/h]	Zuglänge in m
ICE	250	410
IC	200	400
RE	160	225



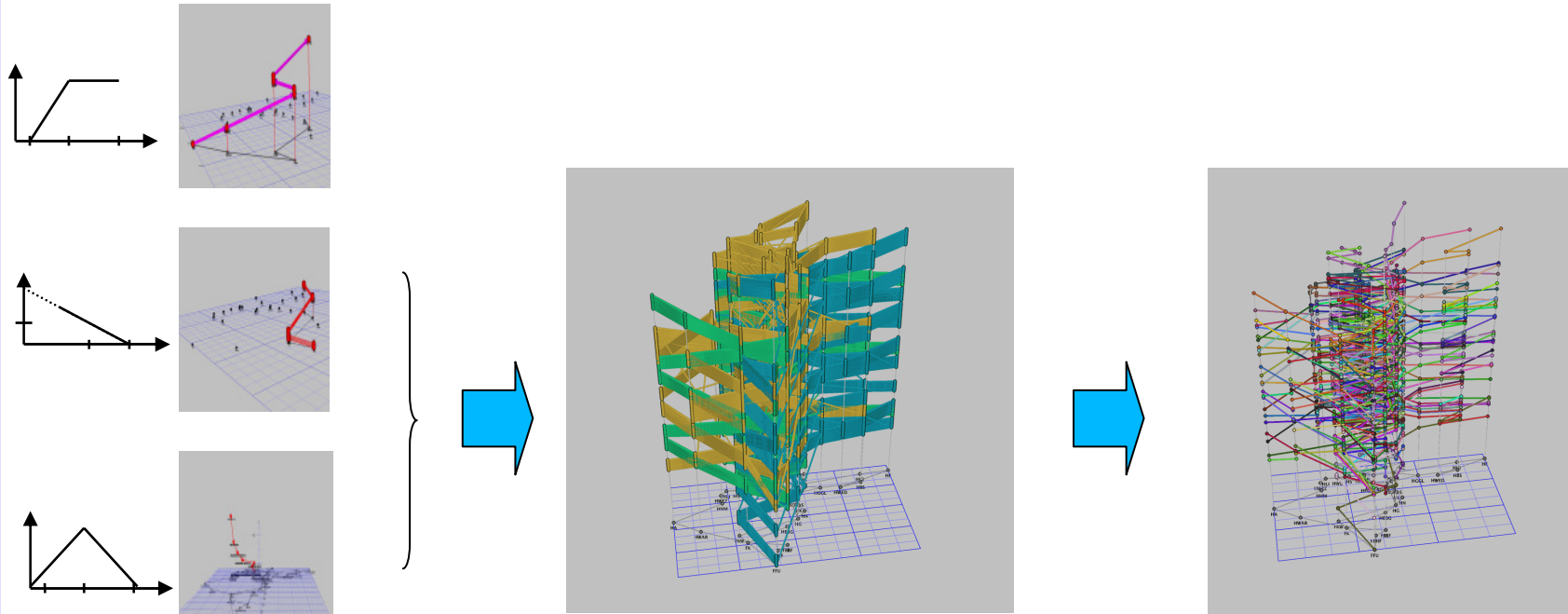
Trassen- Konflikt



Trassenallokation

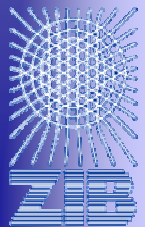


Trassenallokationsproblem



Plan für heute

- **Idee der Trassenbörse**
- **Problemformulierung**
- **Modelle**
- **Lösungsmethoden**
- **Ergebnisse**



Trassenallokationsproblem - Graphentheoretische Notation

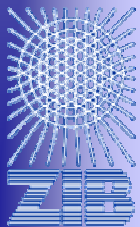
$N = (V, J)$
 $I = \{1, 2, \dots, |I|\}$
 $D_i = (V_i, A_i), \forall i \in I$
 $s_i \in V_i, \forall i \in I$
 $t_i \in V_i, \forall i \in I$
 $p_a, \forall a \in A_i, \forall i \in I$
 $C = \{1, 2, \dots, |C|\}$
 $c = (A_c \subseteq \bigcup_{i \in I} A_i, \kappa_c)$

Infrastrukturdigraph
Menge der Zugwünsche
Trassenbündeldigraphen
Quelle für Zugwunsch i
Senke für Zugwunsch i
Profit für Bogen a
Menge aller Konflikte
Konflikt

Fahrzeiten,
Wendezeiten,
Zugtypen

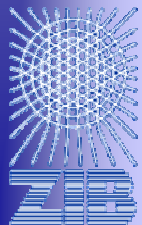
Abfahrtszeiten,
Ankunftszeiten,
Reisezeiten,
Haltezeiten

Zugfolgezeiten,
Stationskapazitäten,
Zugtypen



Trassenallokationsproblem

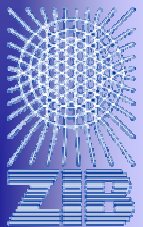
- Charnes Miller (1956), Szpigel (1973), Jovanovic and Harker (1991),
 Cai and Goh (1994), Schrijver and Steenbeck (1994), Carey and Lockwood (1995)
 Nachtigall and Voget (1996), Odijk (1996) Higgings, Kozan and Ferreira (1997)
 Brannlund, Lindberg, Nou, Nilsson (1998) Lindner (2000), Oliveira and Smith (2000)
 Caprara, Fischetti and T. (2002), Peeters (2003)
 Kroon and Peeters (2003), Mistry and Kwan (2004)
 Barber, Salido, Ingolotti, Abril, Lova, Tormas (2004)
 Semet and Schoenauer (2005),
 Caprara, Monaci, T. and Guida (2005)
 Kroon, Dekker and Vromans (2005),
 Vansteenwegen and Van Oudheusden (2006),
 Cacchiani, Caprara, T. (2006)
 Caprara, Kroon, Monaci, Peeters, T. (2006)**



Komplexität

Preposition [Caprara, Fischetti, Toth (02)]:
TTP/OPTRA ist *NP*-schwer.

Beweis:
Reduktion vom Stabile-Menge-Problem.

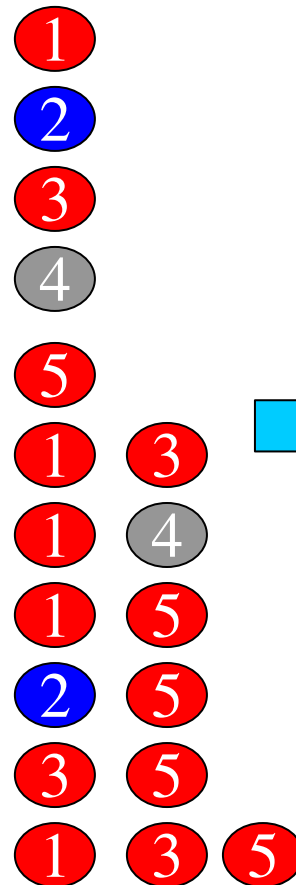
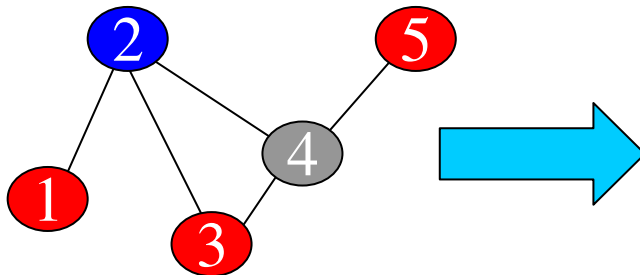


Stabile Menge Problem

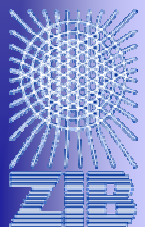
$$S \subseteq 2^V$$

$$s \in S \Leftrightarrow \forall u, v \in s : (u, v) \notin E$$

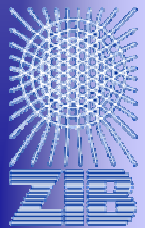
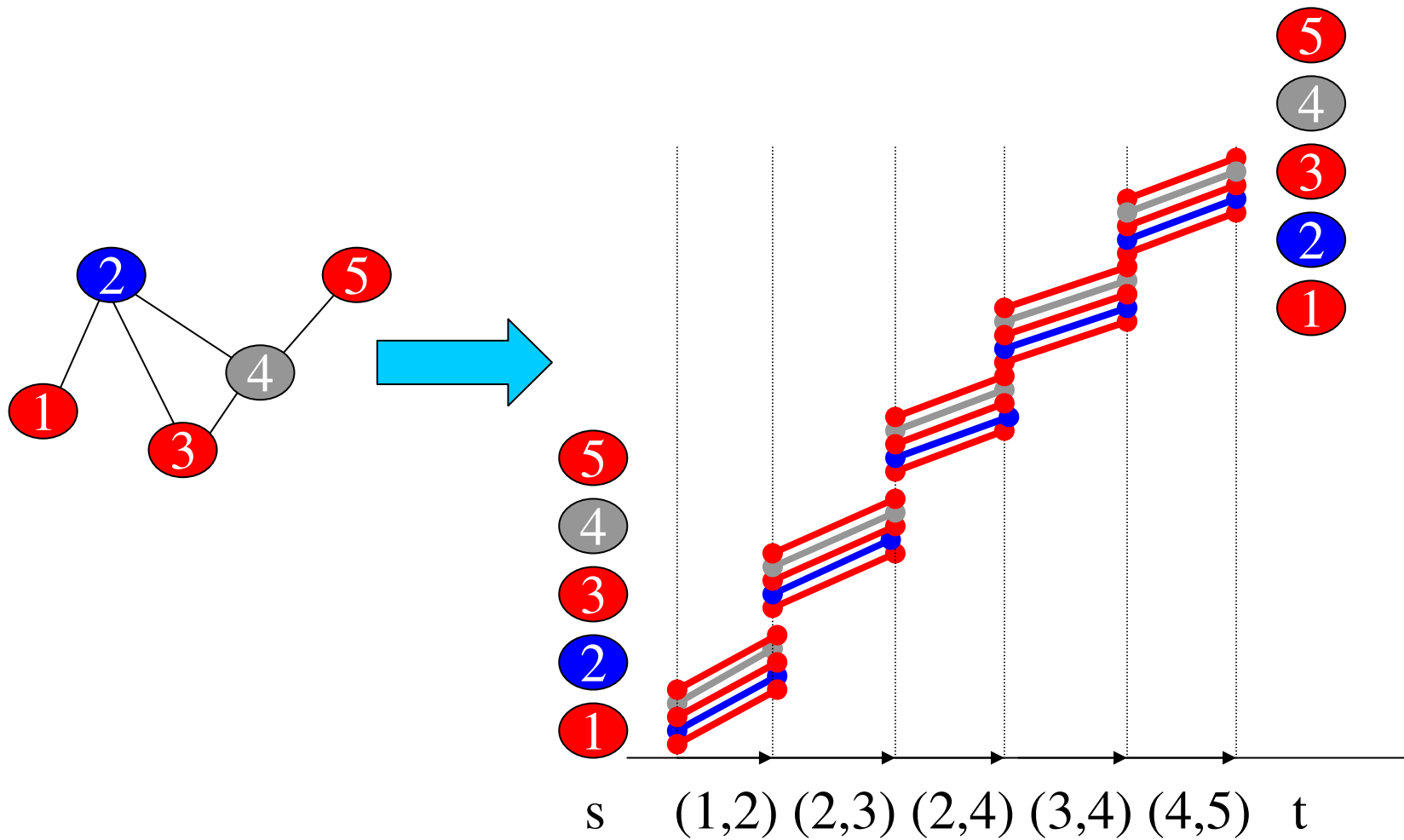
$G = (V, E)$



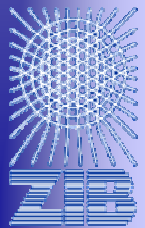
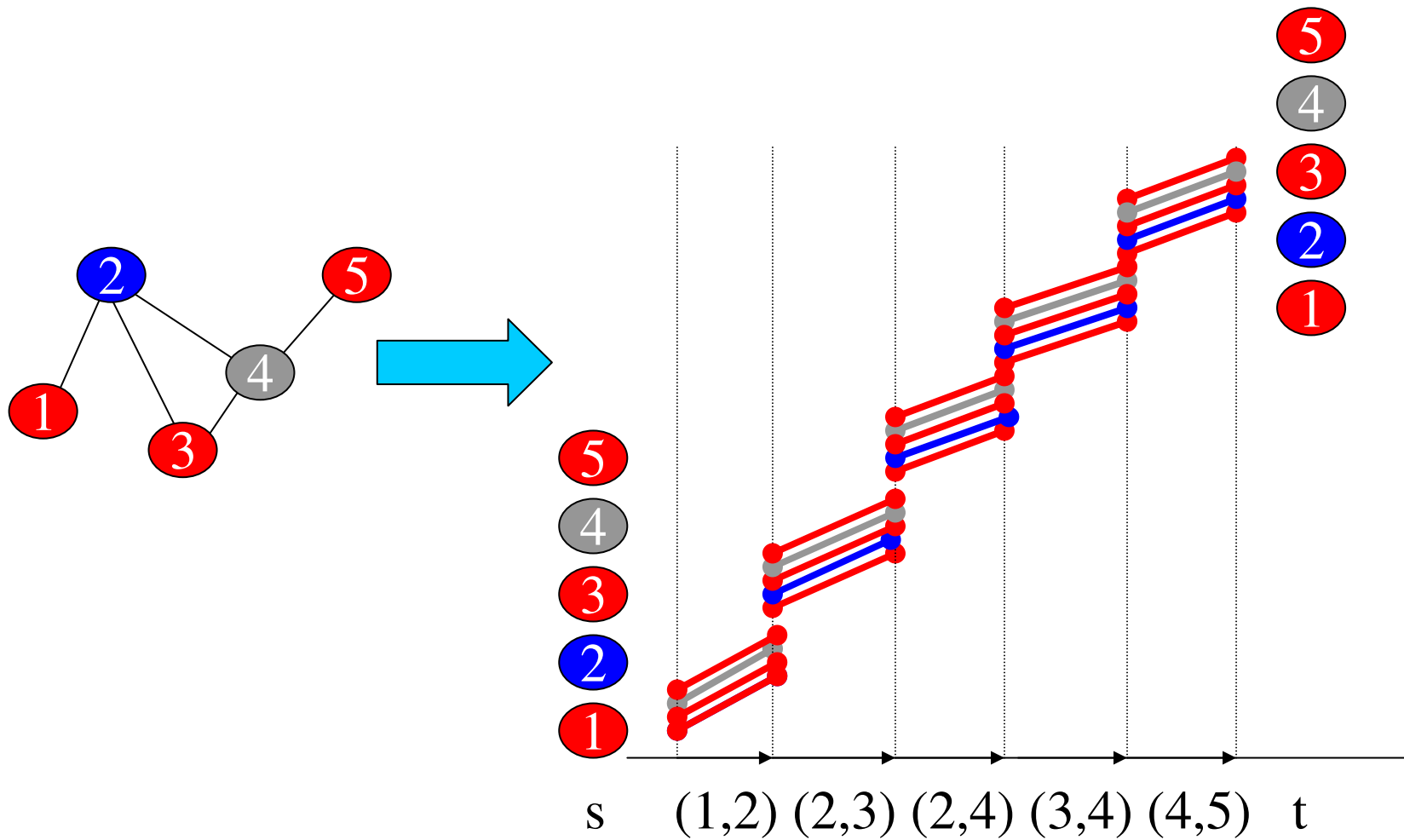
$$\max_{s \in S} |s|$$



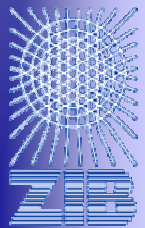
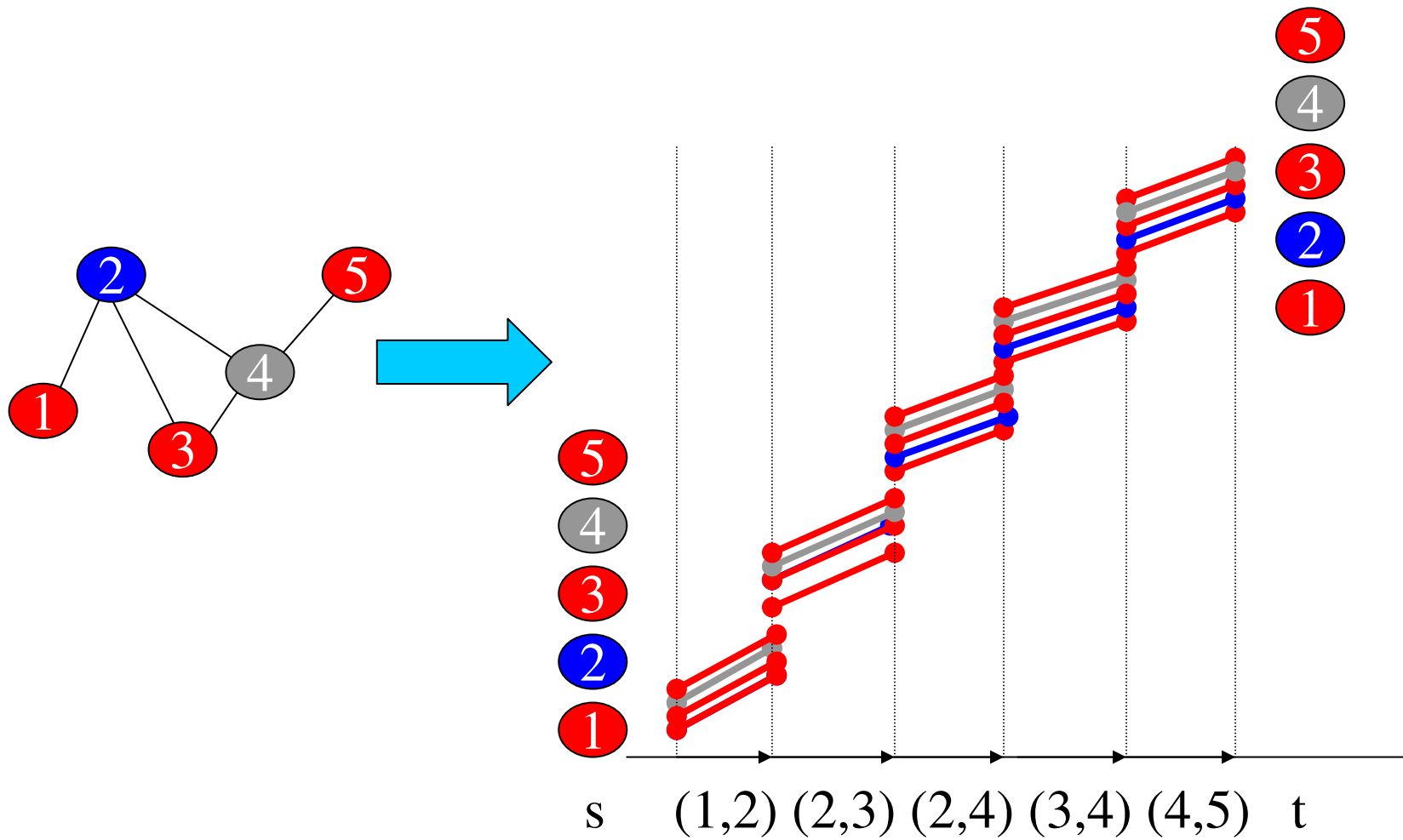
Transformation



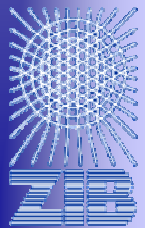
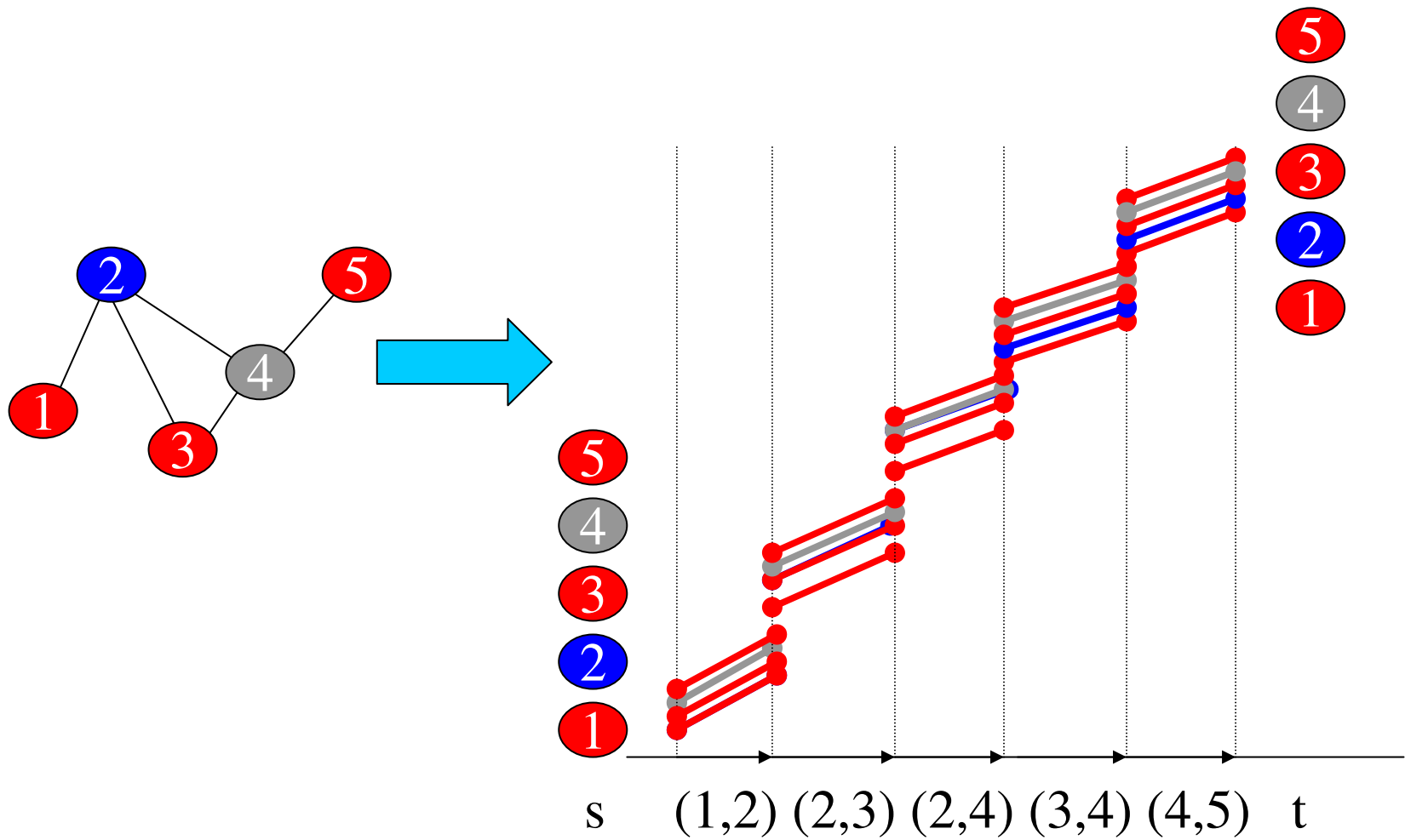
Transformation



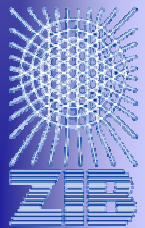
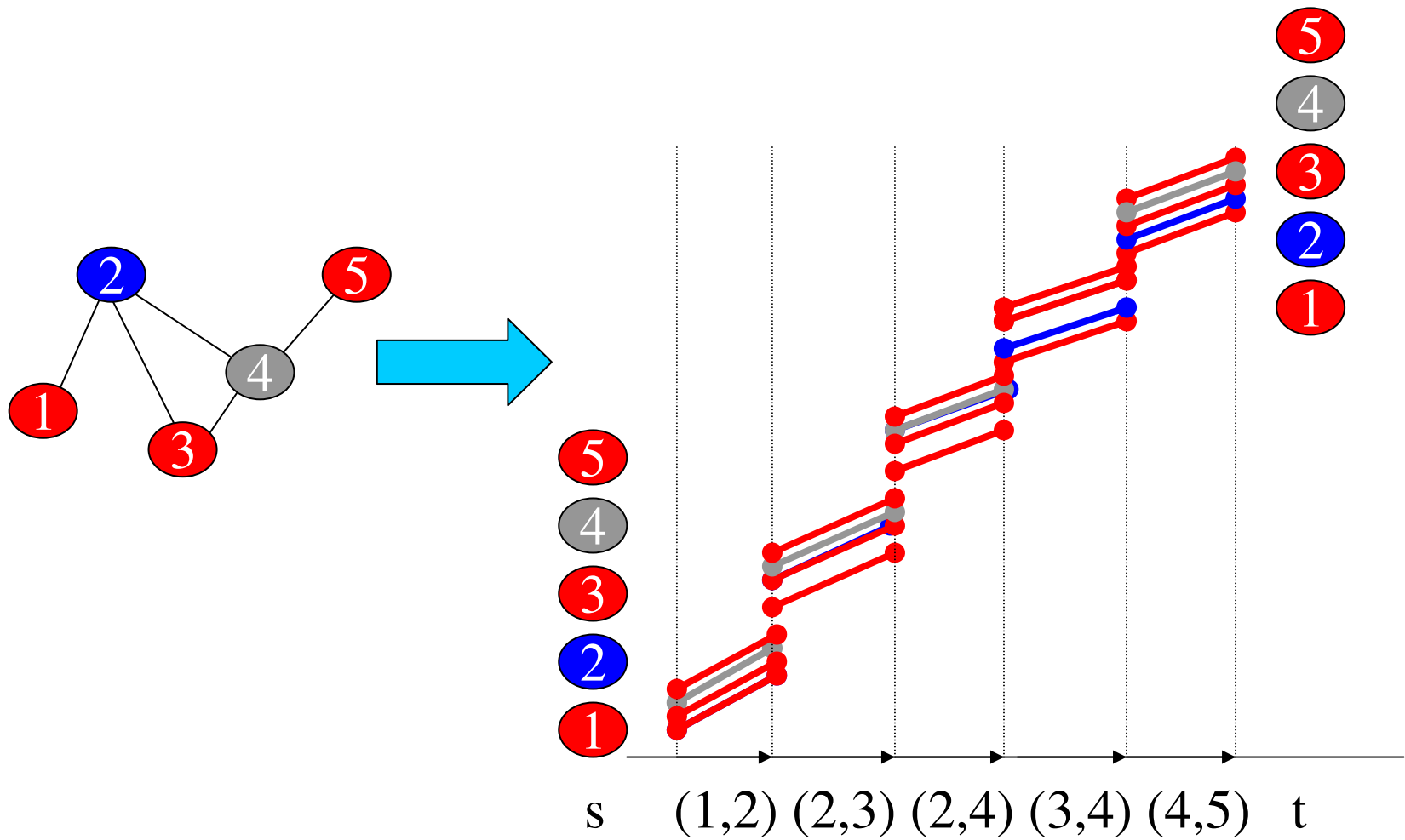
Transformation



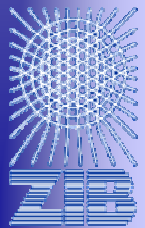
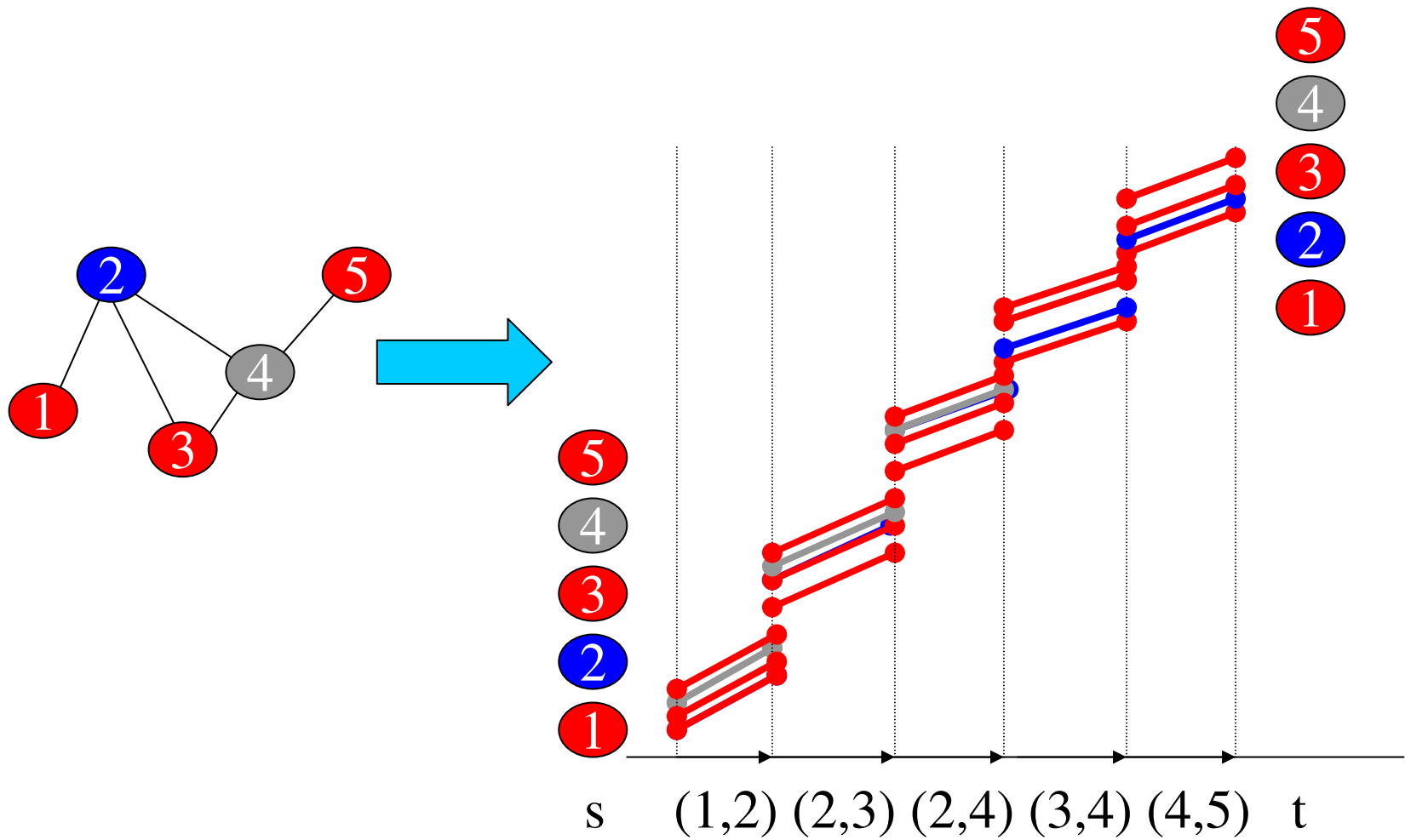
Transformation



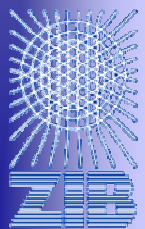
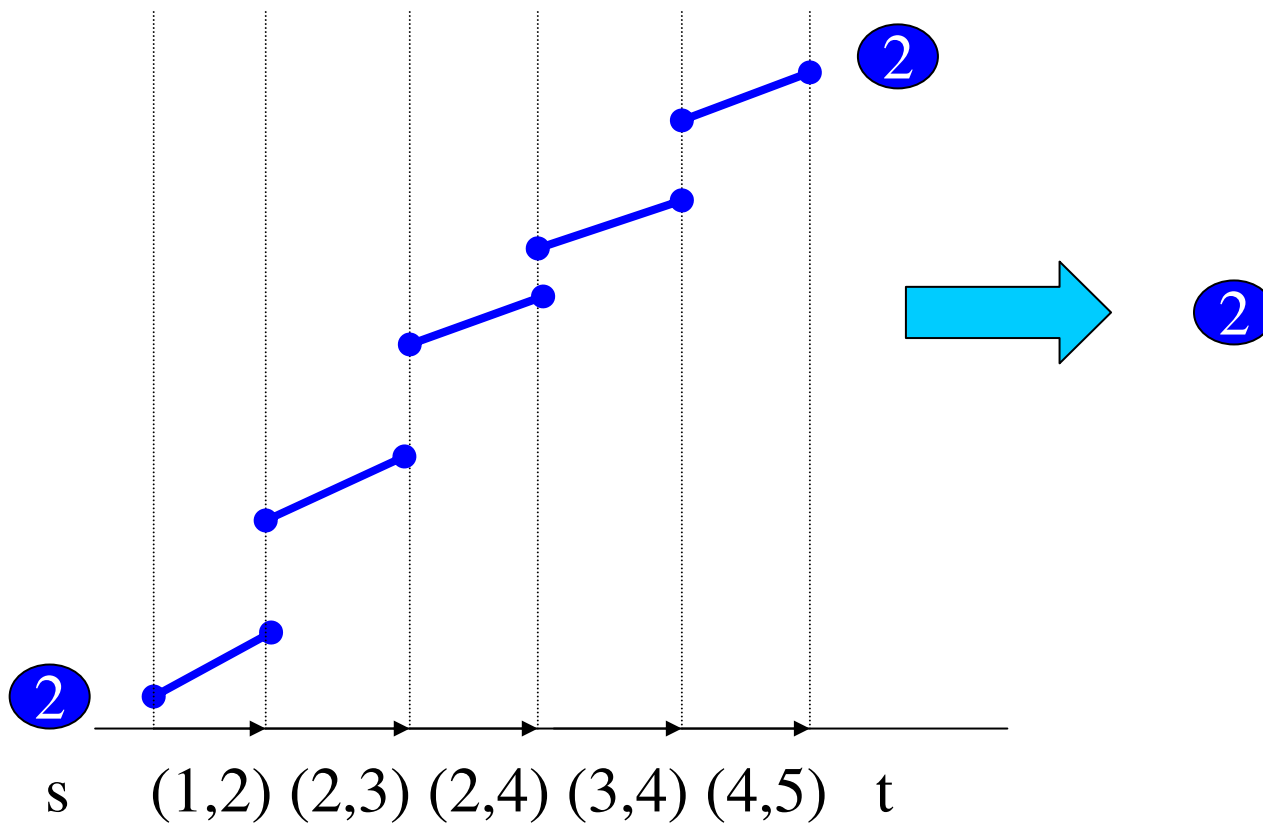
Transformation



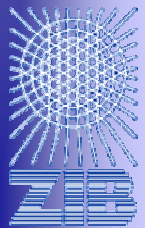
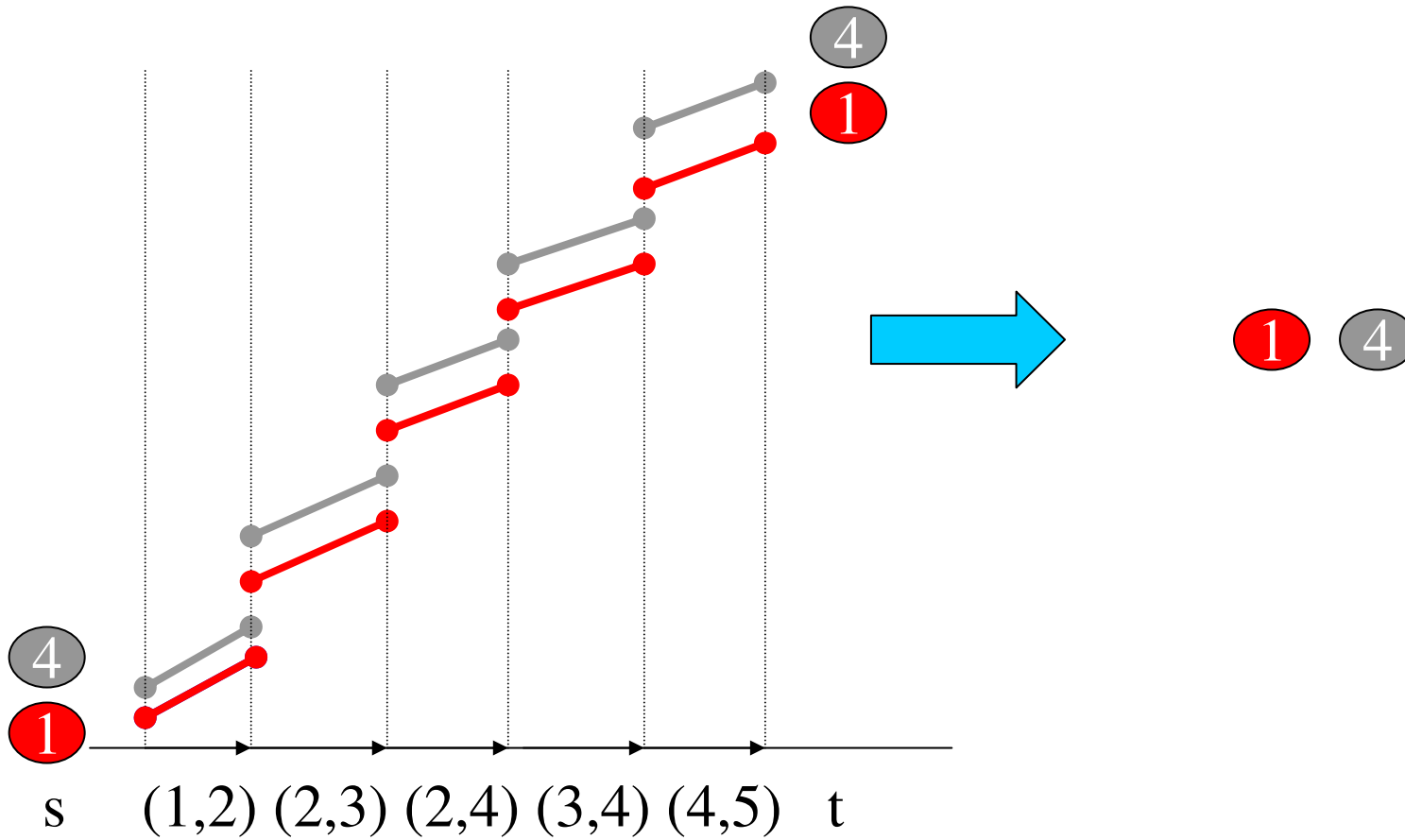
Transformation



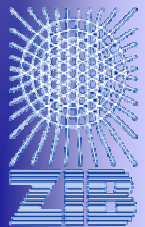
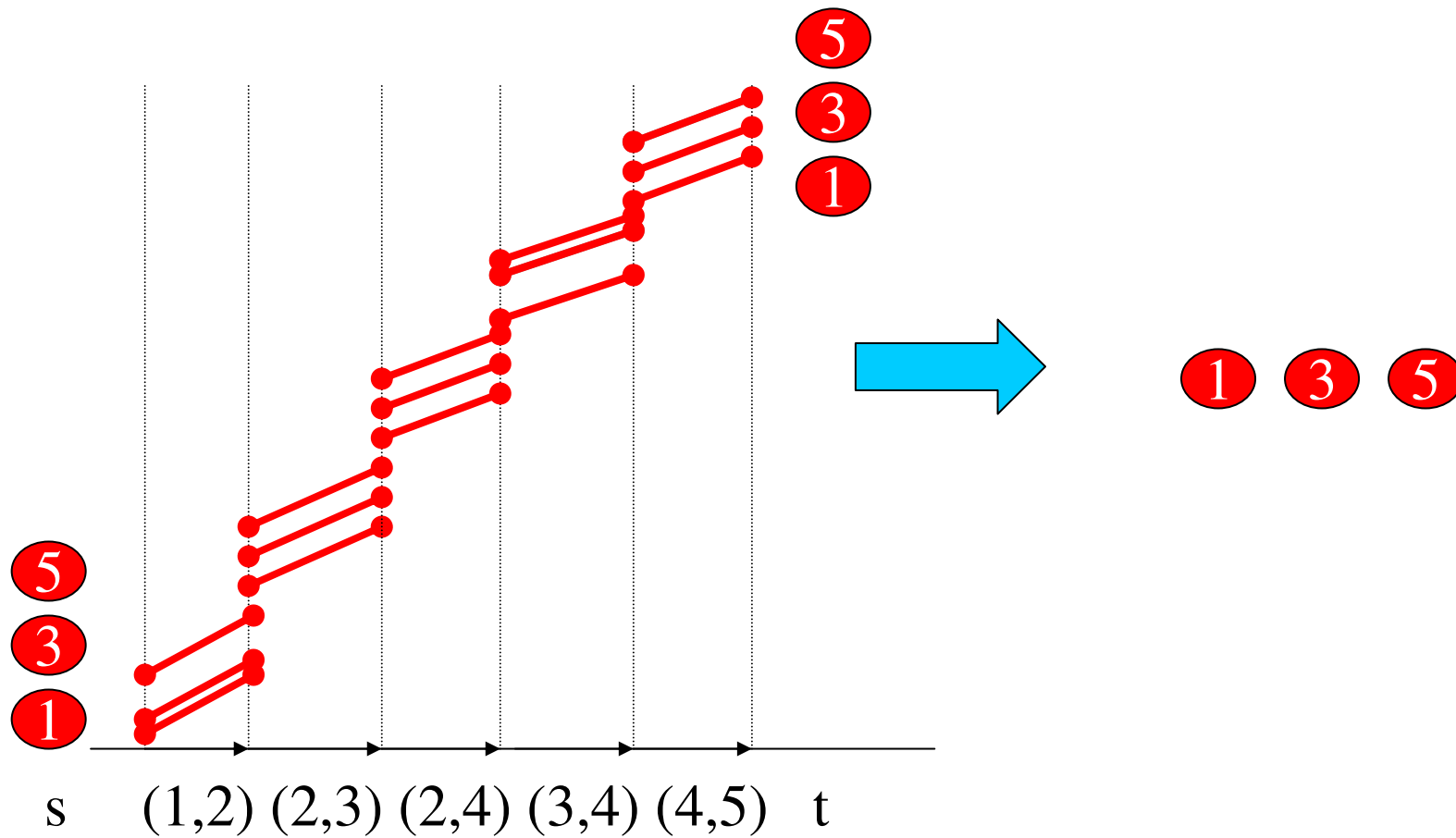
Transformation



Transformation

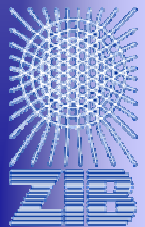


Transformation



Plan für heute

- **Idee der Trassenbörse**
- **Problemformulierung**
- **Modelle**
- **Lösungsmethoden**
- **Ergebnisse**



bmb+f

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

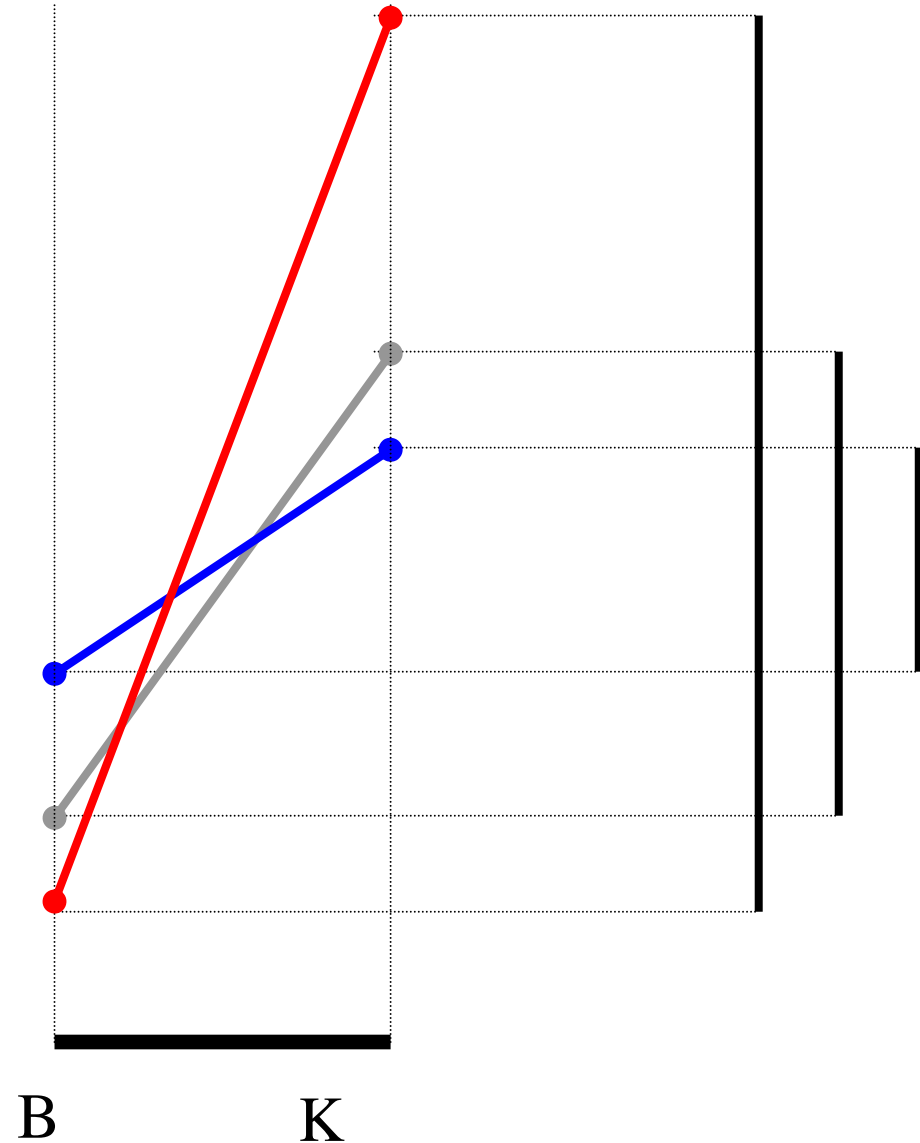
Trassenallokationsproblem

- **Konflikt**

- ~~• Zugfolgezeiten~~
- ~~• Stationskapazitäten~~

- **Heute**

- Nur Blockkonflikte



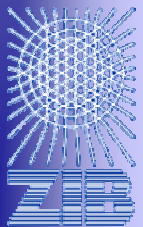
IP Modelle

- **APP**

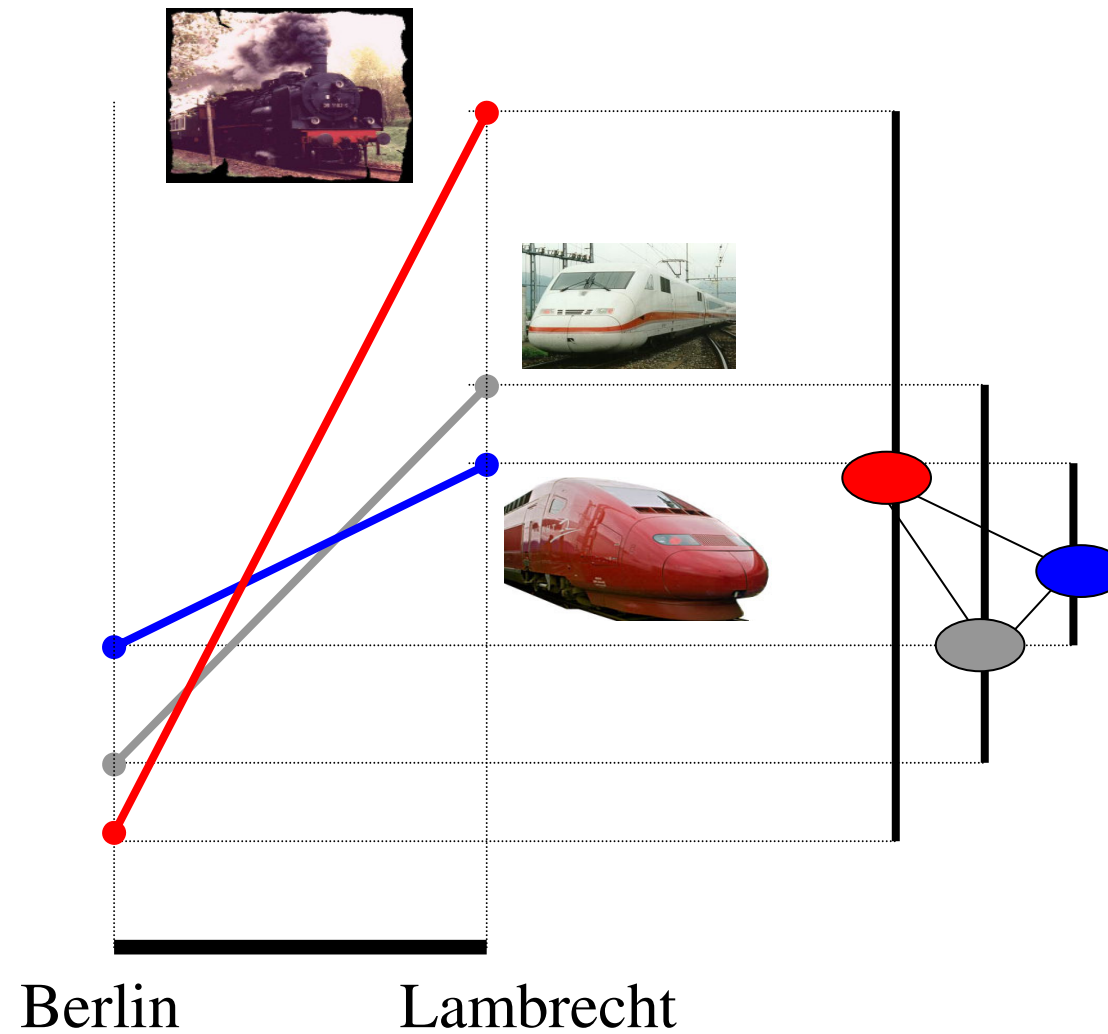
- bogenbasiert
- Multi-Commodity-Flow
- Konflikte als paarweise Packungsbedingungen

(APP)

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{a \in A} u_a^i x_a^i \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{a \in \delta_i^{\text{out}}(v)} x_a^i - \sum_{a \in \delta_i^{\text{in}}(v)} x_a^i \leq \delta_i(v) \quad \forall i \in \mathcal{I}, \forall v \in V_i \quad (\text{i}) \\ & \sum_{i \in \mathcal{I}} \sum_{a \in A} x_a^i \leq 1 \quad \forall c \in \mathcal{C} \quad (\text{ii}) \\ & x_a^i \in \{0, 1\} \quad \forall a \in A, \forall i \in \mathcal{I} \quad (\text{iii}) \end{aligned}$$



Konfliktbedingungen



Konfliktbedingungen

$$\begin{array}{c}
 \text{Steam Locomotive} + \text{White High-Speed Train} + \text{Red High-Speed Train} \leq 1
 \end{array}$$

Anstatt der Paare:

$$\begin{array}{c}
 \text{Steam Locomotive} + \text{White High-Speed Train} \leq 1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \text{Steam Locomotive} + \text{Red High-Speed Train} \leq 1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \text{White High-Speed Train} + \text{Red High-Speed Train} \leq 1
 \end{array}$$

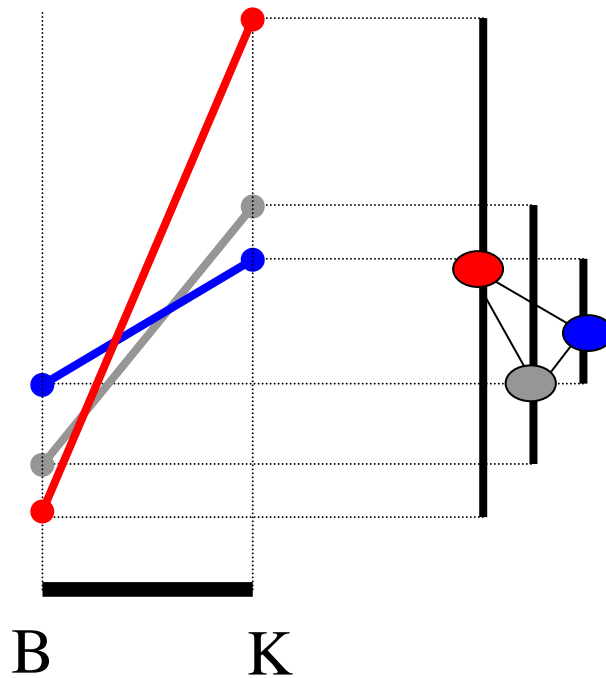
Konfliktbedingungen

Kann man die maximalen
Cliques des Konfliktgraphen
in poly. Zeit bestimmen ?



Blockbelegung

**Konfliktgraph ist
Intervall Graph !**



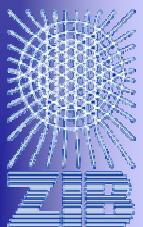
Quadrangle-Lineare-
Zugfolgezeitmatrizen

Perfekter Graph !



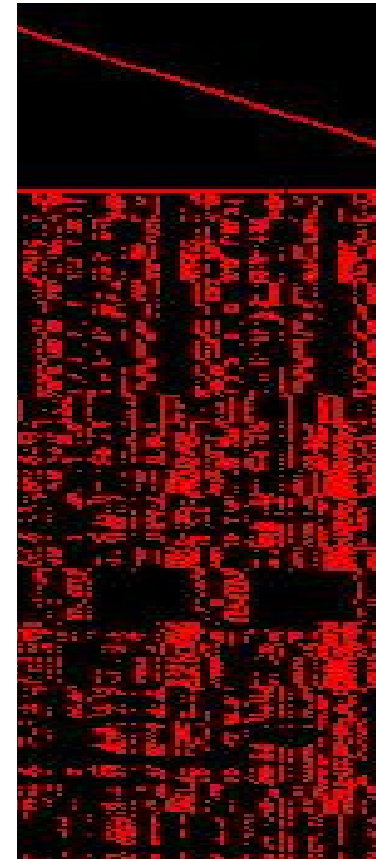
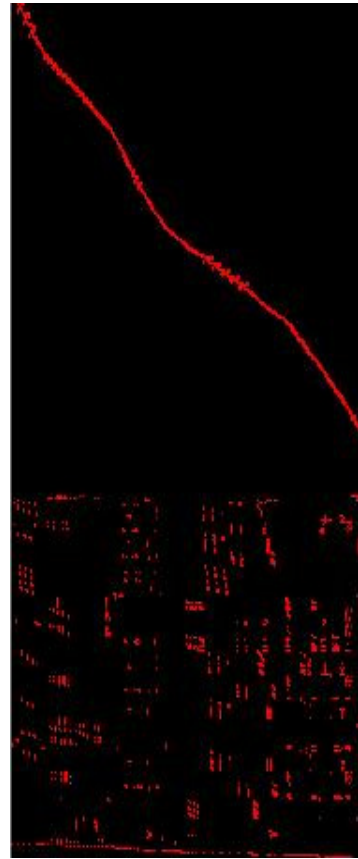
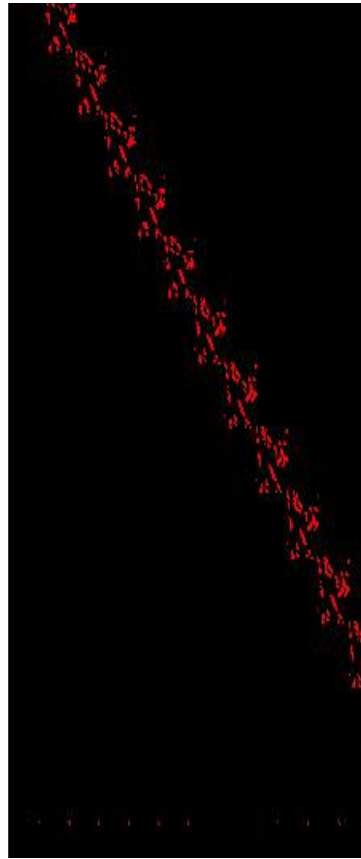
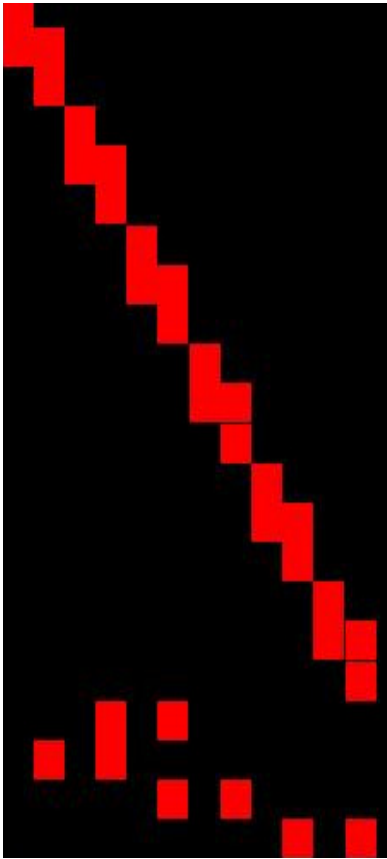
Beliebige
Zugfolgezeitmatrizen

?



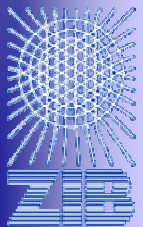
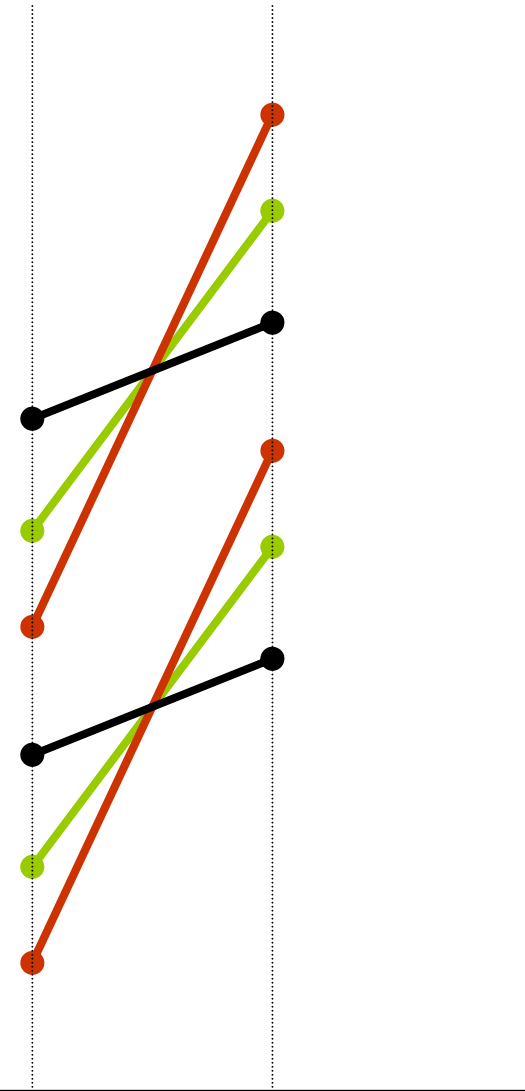
IP Modelle

(*APP*)

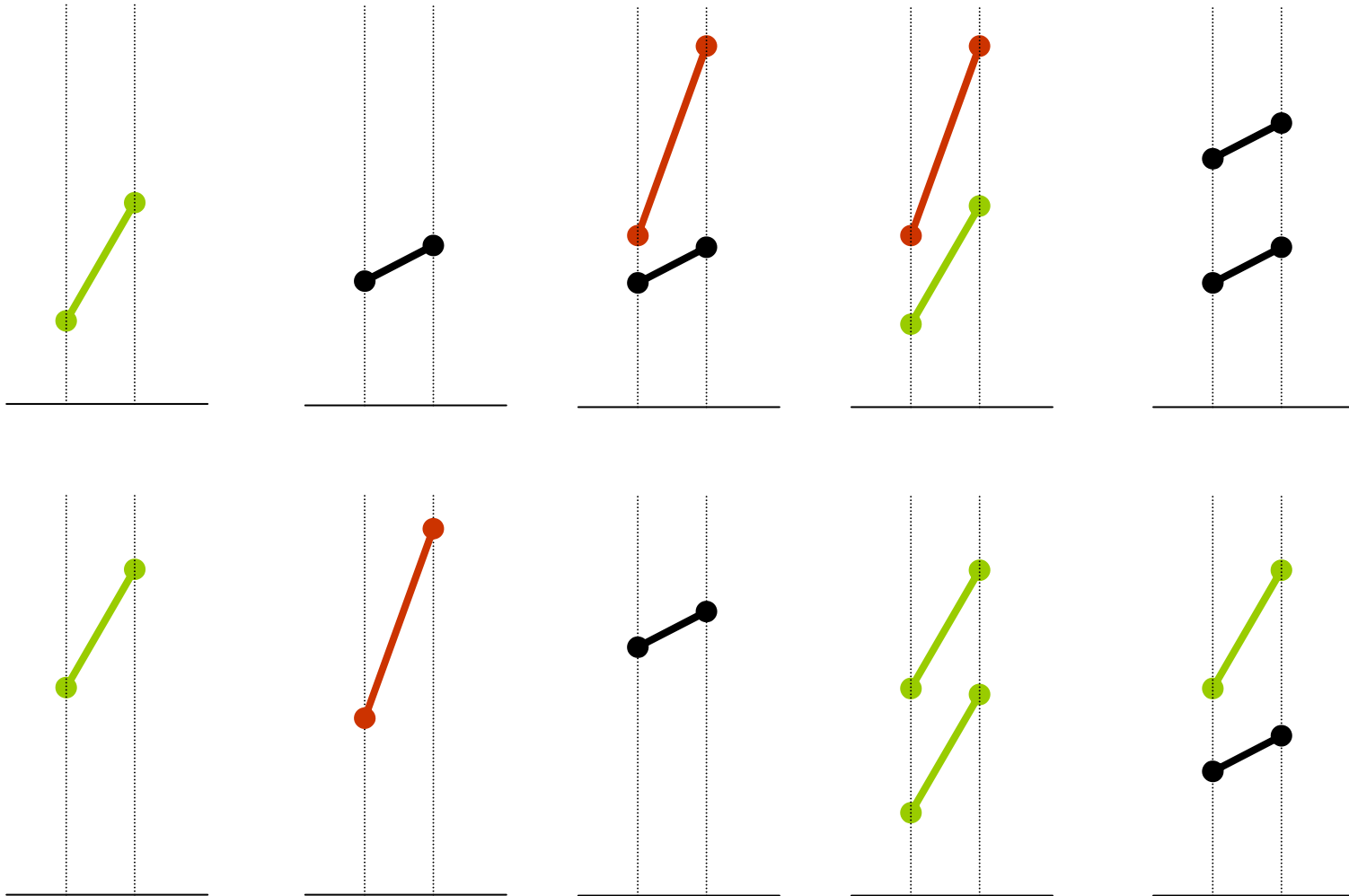


IP Modelle

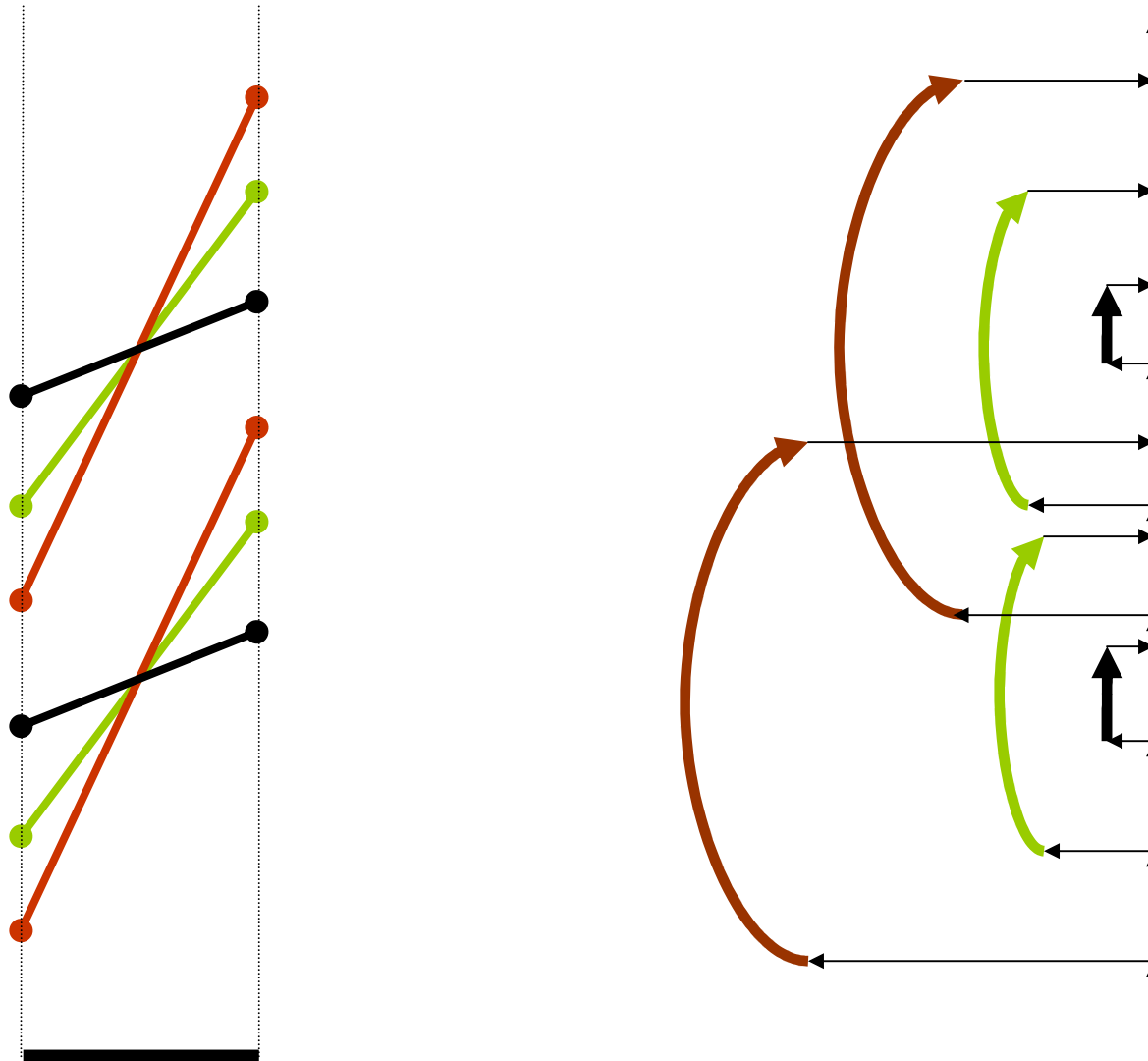
Zulässige
Konfigurationen
anstatt
Konfliktmengen !



IP Modelle



Konfigurationsgraph



IP Modelle

- **PCP**

- Trassen und Konfigurationen pfadbasiert
- Zulässigkeit durch Kopplungsbedingungen

(PCP)

max

$$\sum_{p \in \mathcal{P}} \sum_{a \in p} p_a^i x_p$$

s.t.

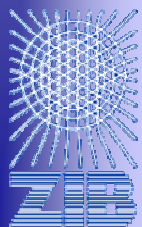
$$\sum_{p \in \mathcal{P}_i} x_p \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (\text{i})$$

$$\sum_{q \in \mathcal{P}_j} y_q \leq 1 \quad \forall j \in J \quad (\text{ii})$$

$$\sum_{a \in p \in \mathcal{P}_i} x_p - \sum_{a \in q \in \mathcal{P}_j} y_q \leq 0 \quad \forall a \in A_I \cup A_J \quad (\text{iii})$$

$$y_q \in \{0, 1\} \quad \forall q \in \mathcal{P}_j \quad (\text{iv})$$

$$x_p \in \{0, 1\} \quad \forall p \in \mathcal{P}_i \quad (\text{v})$$



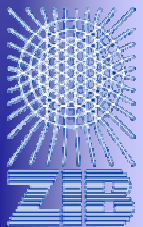
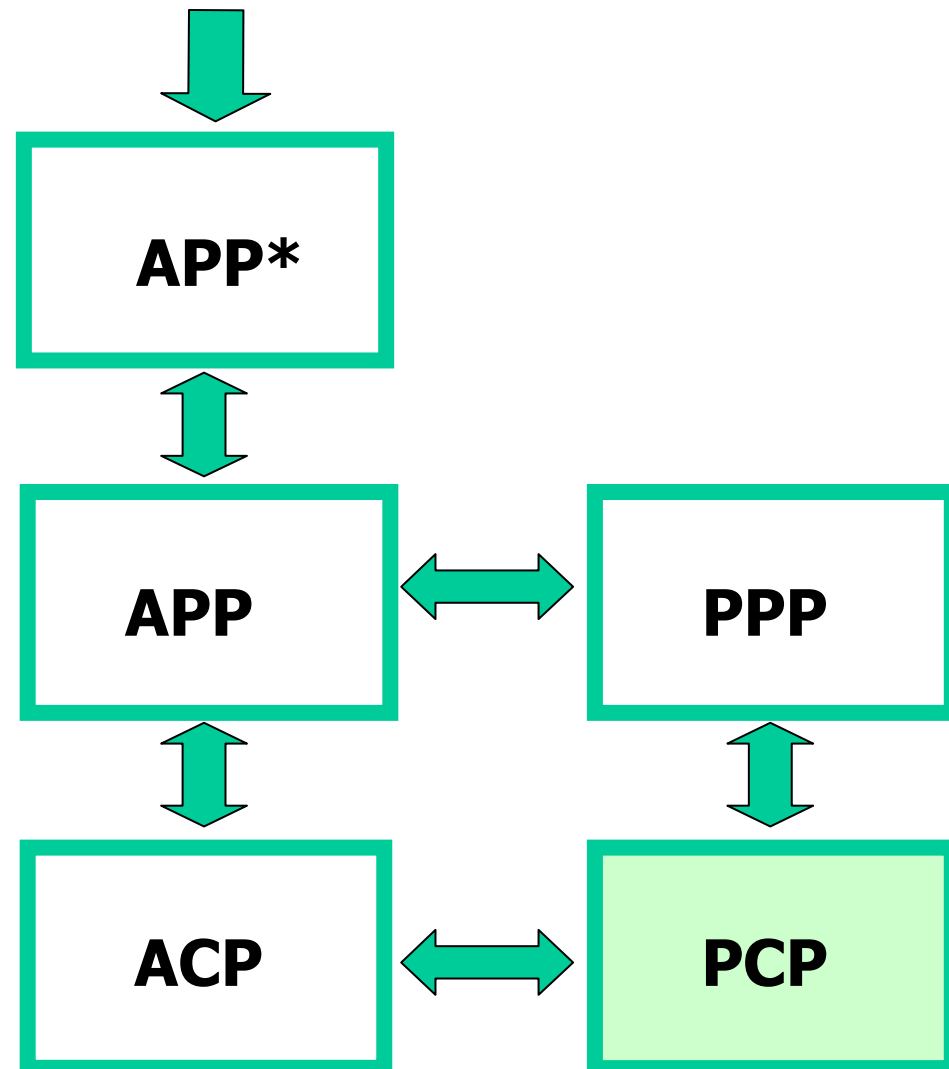
IP Modelle

- **Preposition:**

$$v_{LP}(PCP) = v_{LP}(ACP) \\ = v_{LP}(APP) = v_{LP}(PPP)$$

- **Polyedrische Untersuchungen:**

- Dimension
- Ecken
- Facetten
- Lifting



Dualisieren des PCP

(MLP)

max

$$\sum_{p \in \mathcal{P}} \sum_{a \in p} p_a^i x_p$$

s.t.

$$\sum_{p \in \mathcal{P}_i} x_p \leq 1 \quad \forall i \in I \quad \text{(i)} \quad \gamma_i$$

$$\sum_{q \in \mathcal{P}_j} y_q \leq 1 \quad \forall j \in J \quad \text{(ii)} \quad \pi_j$$

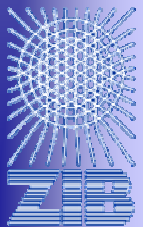
$$\sum_{a \in p \in \mathcal{P}_i} x_p - \sum_{a \in q \in \mathcal{P}_j} y_q \leq 0 \quad \forall a \in A_I \cup A_J \quad \text{(iii)} \quad \lambda_a$$

$$0 \leq y_q \leq 1 \quad \forall q \in \mathcal{P}_j \quad \text{(iv)}$$

$$0 \leq x_p \leq 1 \quad \forall p \in \mathcal{P}_i \quad \text{(v)}$$

Duale
Multiplikatoren

Redundant !

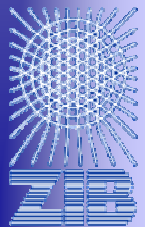


Dualisieren

(DLP)

$$\min \quad \sum_{j \in J} \pi_j + \sum_{i \in I} \gamma_i$$

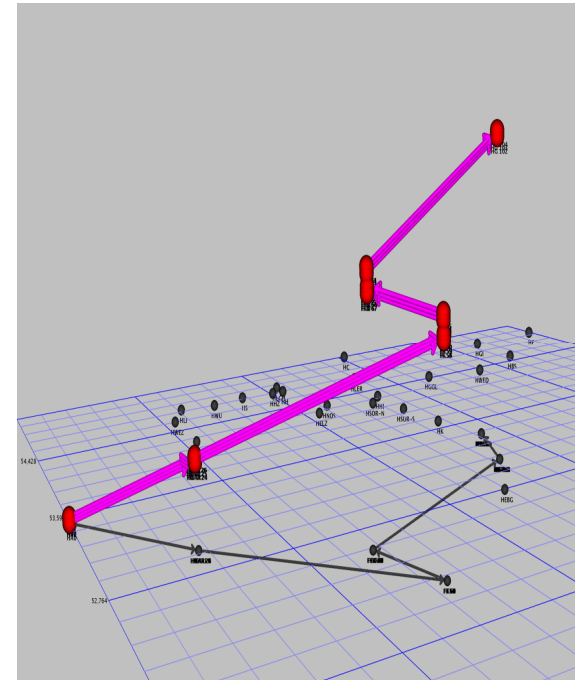
$$\text{s.t.} \quad \begin{aligned} \gamma_i + \sum_{a \in p} \lambda_a &\geq \sum_{a \in p} p_a^i && \forall p \in \mathcal{P}_i, \forall i \in I && \text{(i)} \\ \pi_j - \sum_{a \in q} \lambda_a &\geq 0 && \forall q \in \mathcal{P}_j, \forall j \in J && \text{(ii)} \\ \gamma_i &\geq 0 && \forall i \in I && \text{(iii)} \\ \lambda_a &\geq 0 && \forall a \in A_I \cup A_J && \text{(iv)} \\ \pi_j &\geq 0 && \forall j \in J && \text{(v)} \end{aligned}$$



Pricing Problem für x

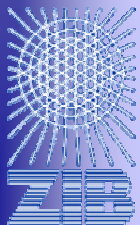
$$(\text{PRICE } (x)) \quad \exists \bar{p} \in \mathcal{P}_i : \quad \gamma_i < \sum_{a \in \bar{p}} (p_a - \lambda_a)$$

$$c_a = -p_a + \lambda_a$$



Pricing Problem für x :

- Kürzeste-Wege-Problem in azyklischen Digraph

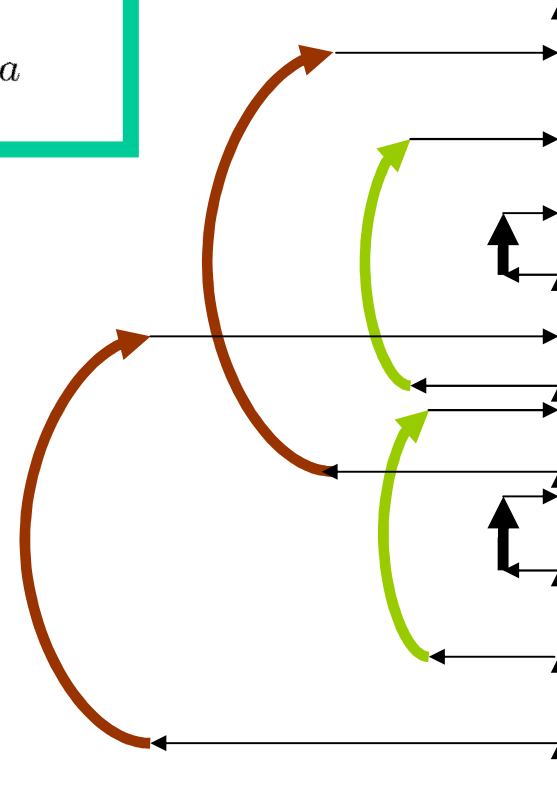


Pricing Problem für y

$$(\text{PRICE } (y)) \quad \exists \bar{q} \in P_j : \pi_j < \sum_{a \in \bar{q}} \lambda_a$$

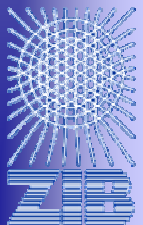
$$c_a =$$

$$- \lambda_a$$



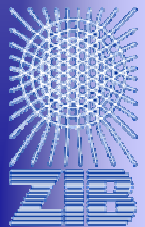
Pricing Problem für y :

- Kürzeste-Wege-Problem in azyklischen Digraph

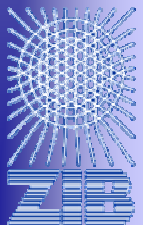
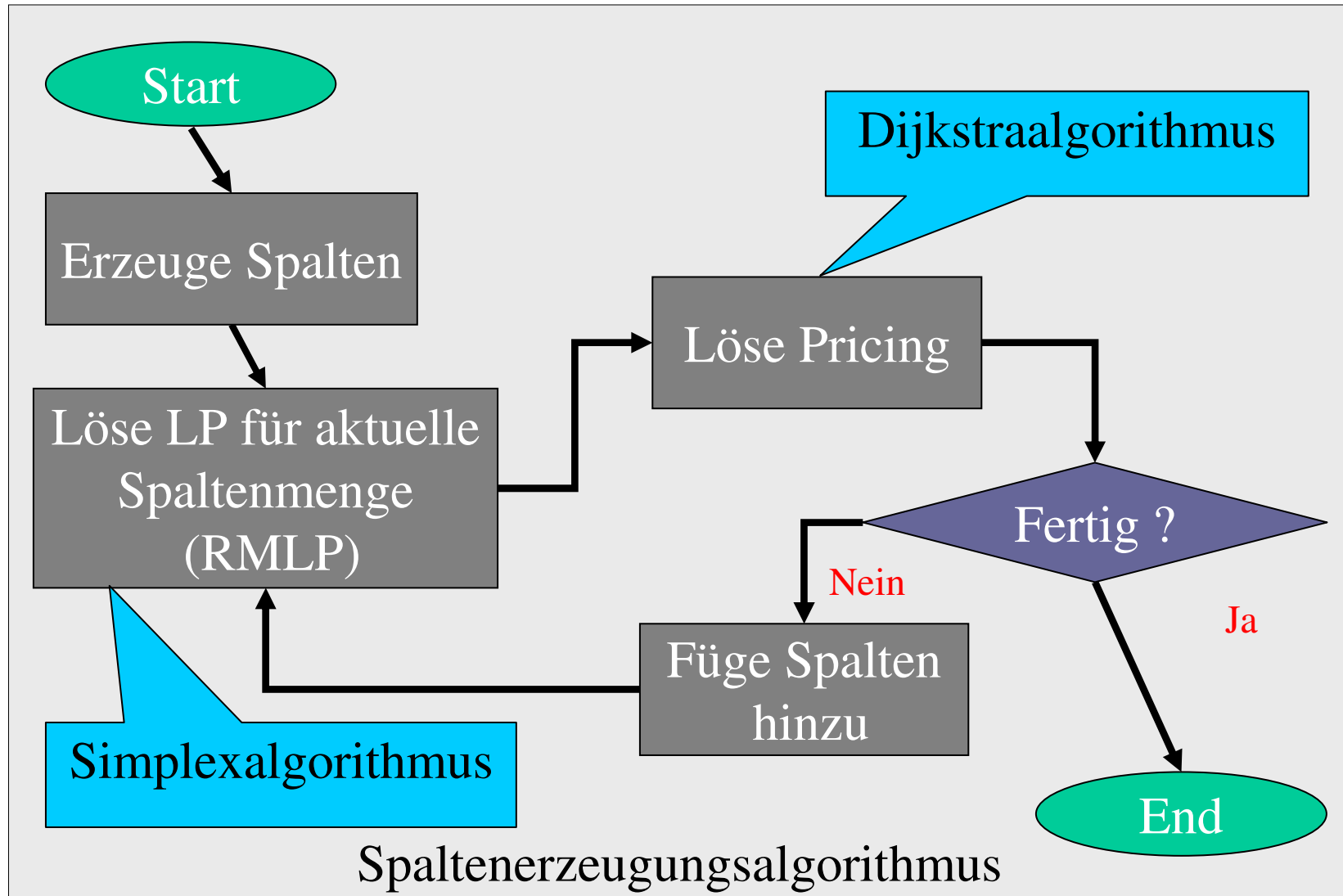


Plan für heute

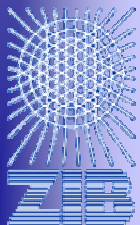
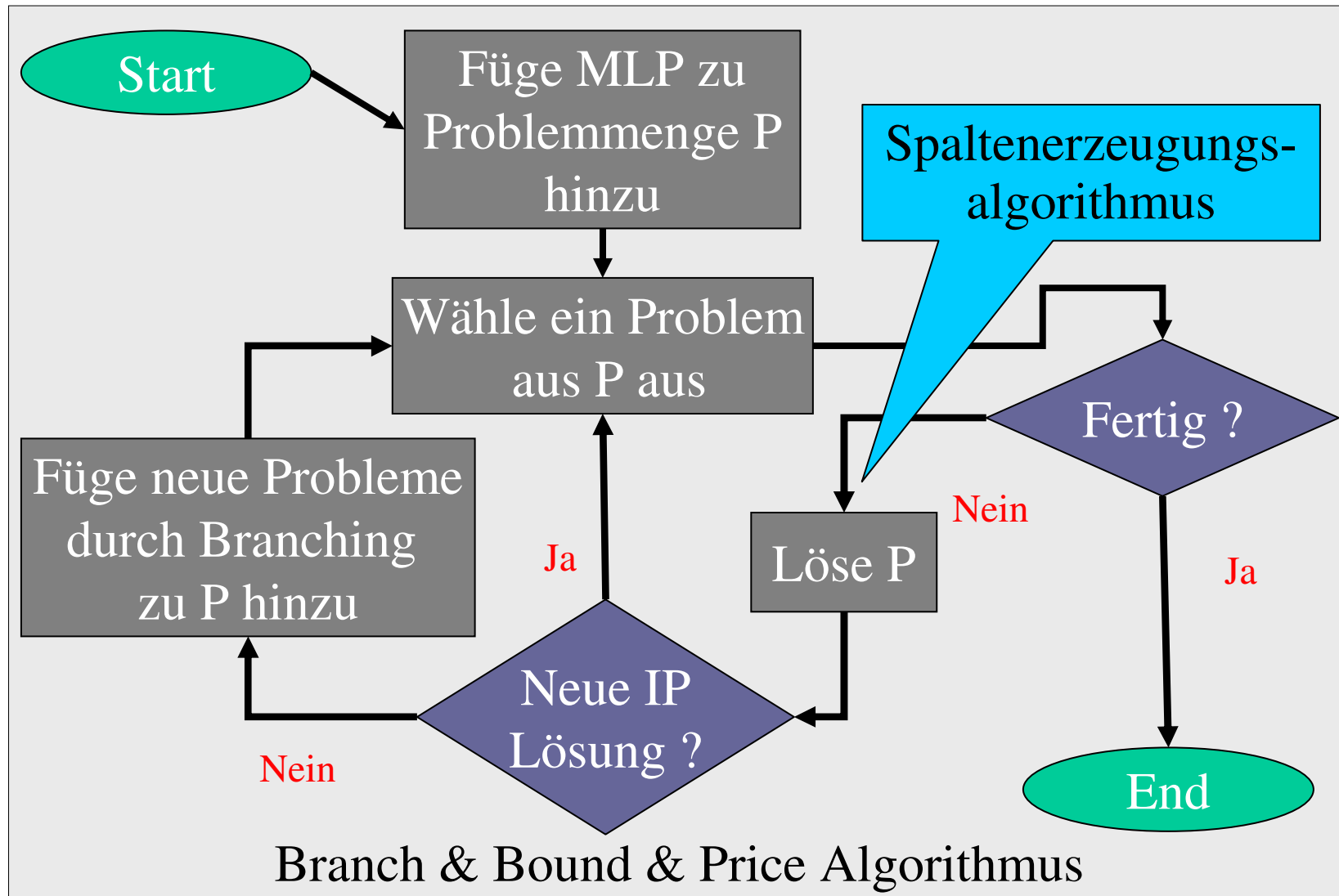
- **Idee der Trassenbörse**
- **Problemformulierung**
- **Modelle**
- **Lösungsmethoden**
- **Ergebnisse**



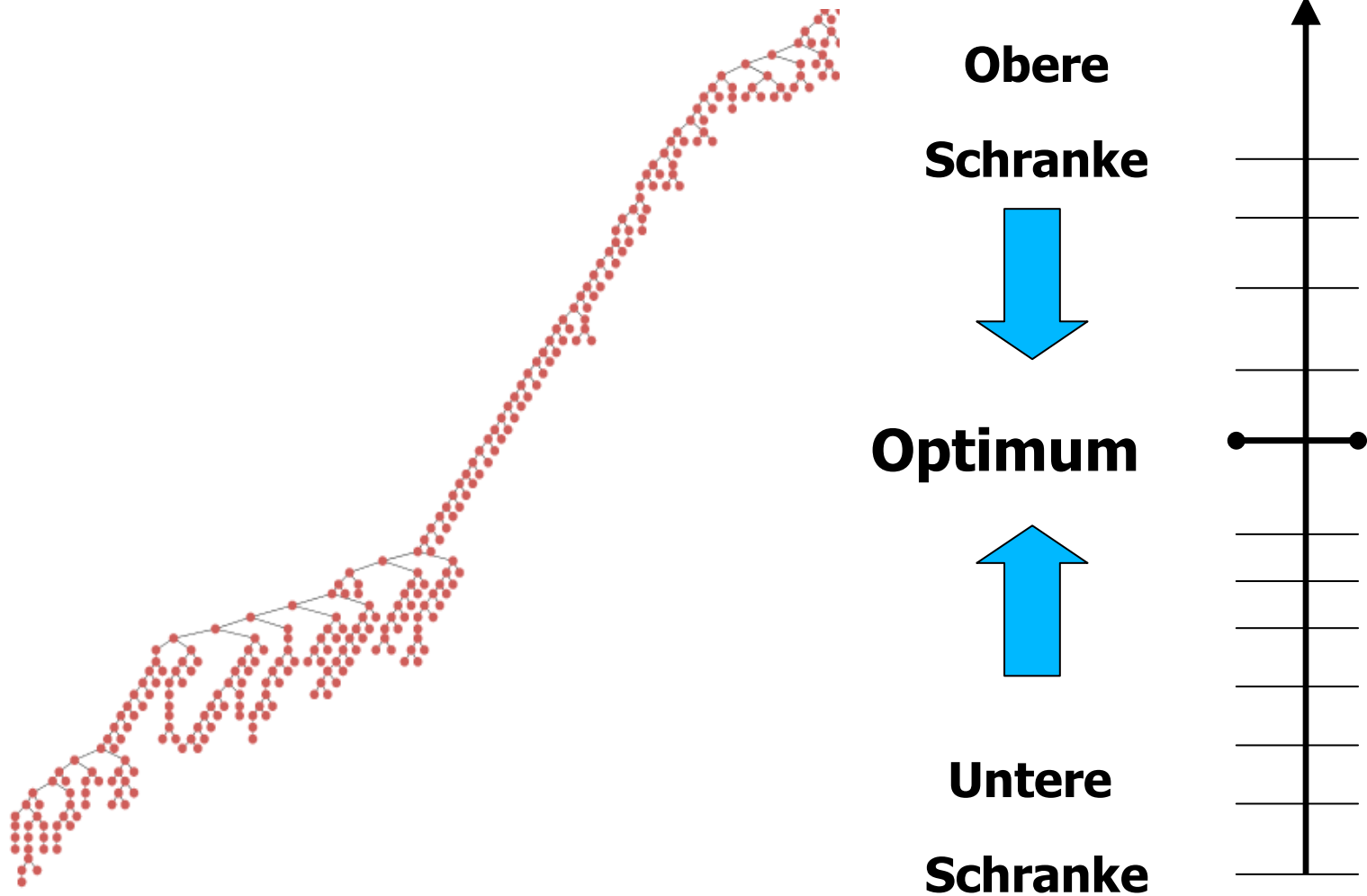
Lösen des MLP durch Spaltenerzeugung



Lösen des IP durch Branch & Bound & Price

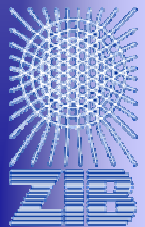


Branch & Bound & Price & Cut



Plan für heute

- **Idee der Trassenbörse**
- **Problemformulierung**
- **Modelle**
- **Lösungsmethoden**
- **Ergebnisse**



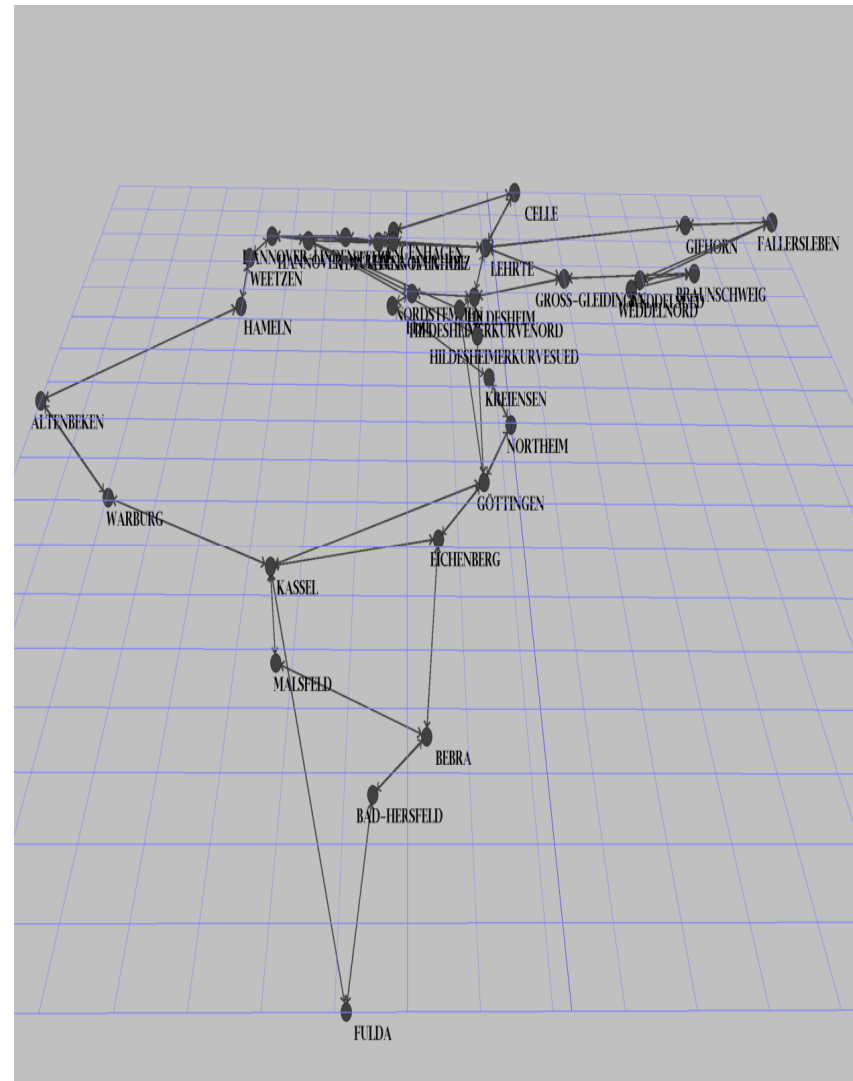
bmb+f

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ergebnisse

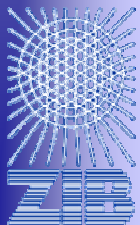
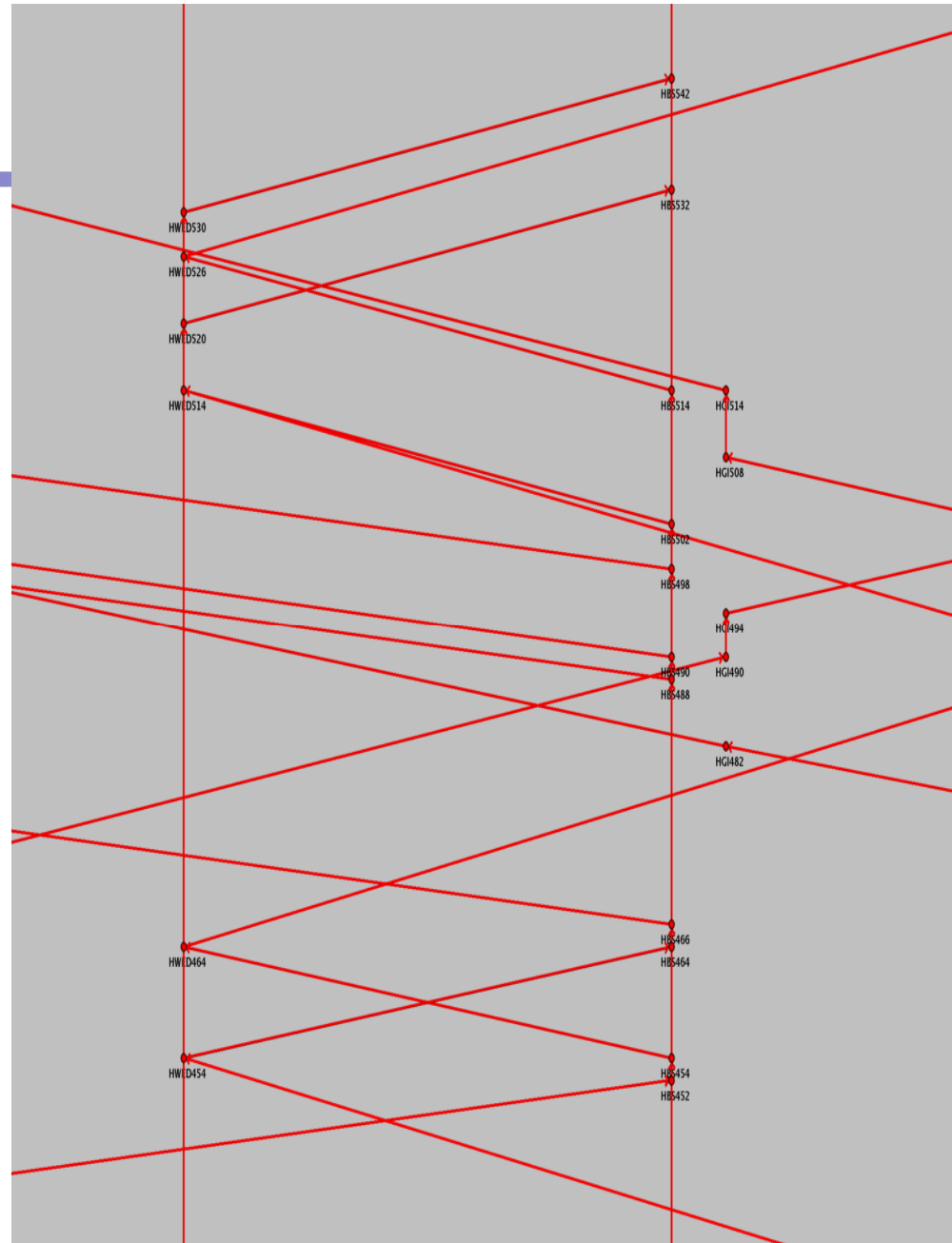
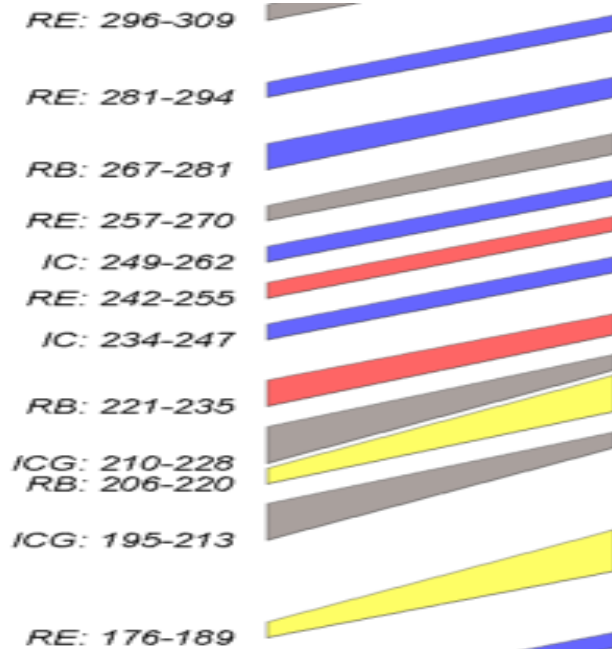
• Testnetz

- 45 Gleisabschnitte
- 32 Bahnhöfe
- 6 Zugtypen
- 10 Zugmengen
- 122 Bahnhofsknoten
- 659 Fahr/Wendekanten
- 3-12 Zeithorizont
- 96 Stationskapazitäten
- 612 Zugfolgezeiten



Ergebnisse

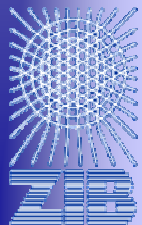
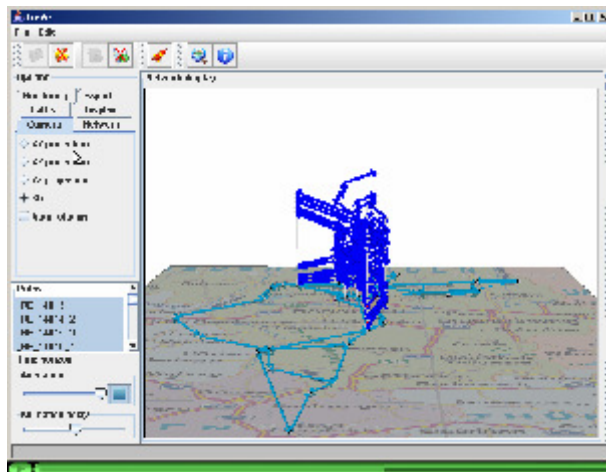
Harmonisierung



Ergebnisse

Modellvergleich

- 28 Züge



APP

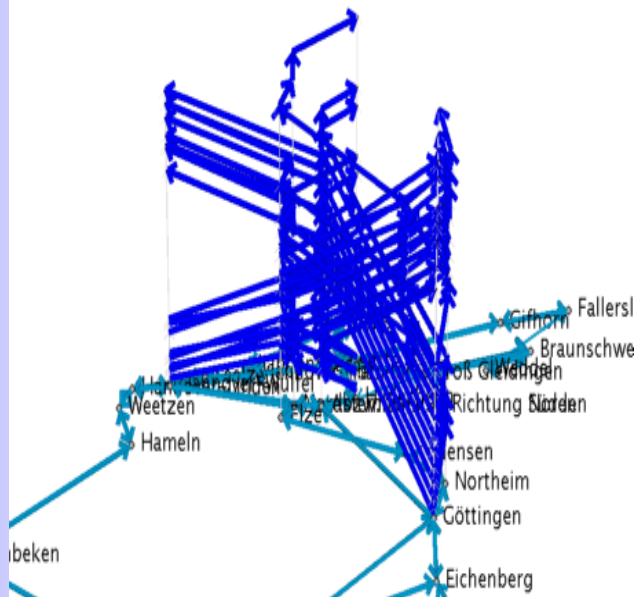
PCP

Delay in min.	APP		PCP		#trains
	LP ₁	IP ₁	LP ₃	IP ₃	
0	8186	4794	4794	4794	12
2	8187	4794	4794	4794	12
4	8187	7369	7369	7359	22
6	8187	7667	7667	7667	26
8	8187	7767	7767	7766	27
10	8187	7864	7864	7864	28

Ergebnisse

Modellvergleich

- 28 Züge



APP

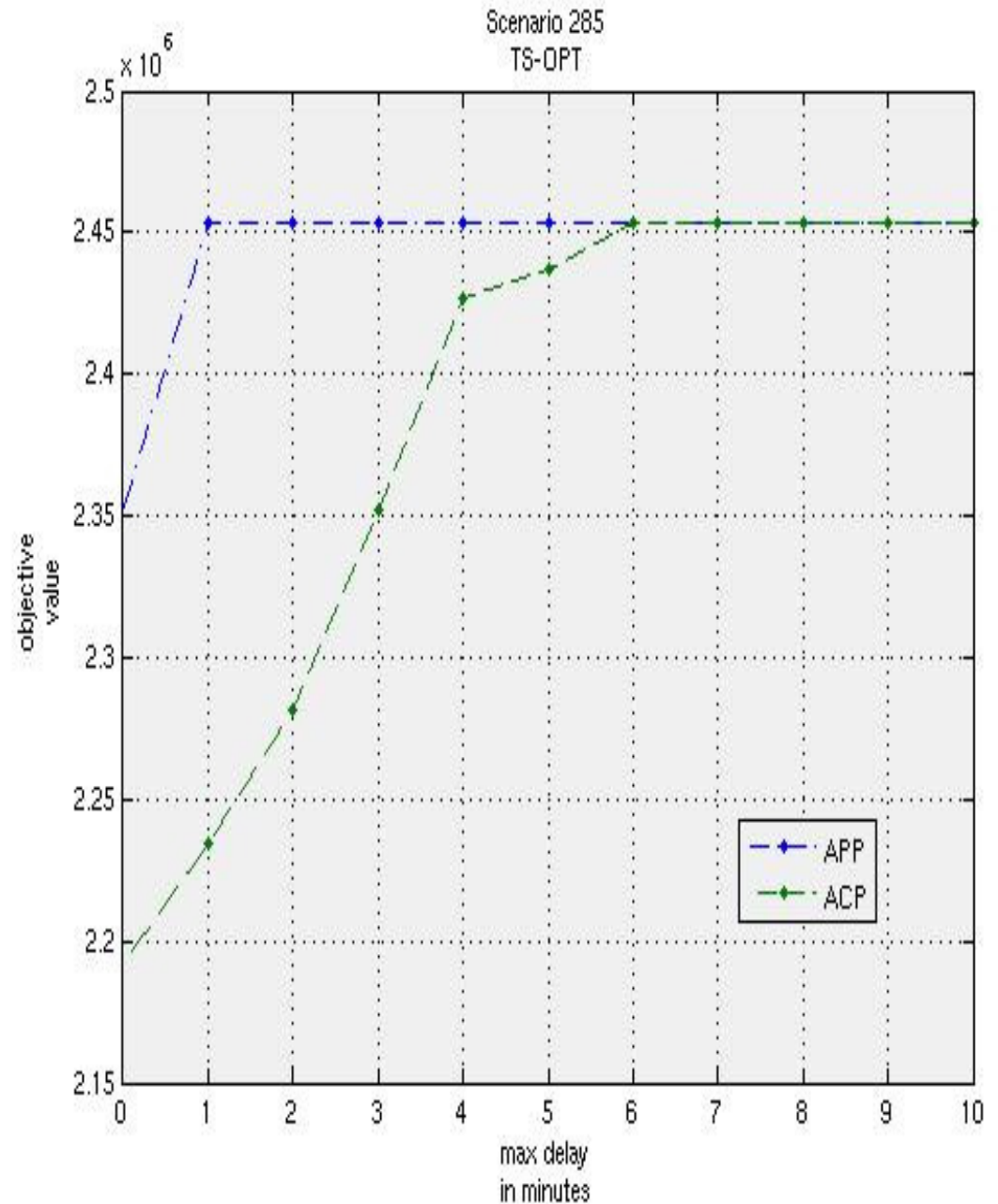
PCP

Delay in min.	LP ₁	IP ₁	LP ₃	IP ₃	#trains
0	8186	4794	4794	4794	12
2	8187	4794	4794	4794	12
4	8187	7369	7369	7359	22
6	8187	7667	7667	7667	26
8	8187	7767	7767	7766	27
10	8187	7864	7864	7864	28

Ergebnisse

Modellvergleich

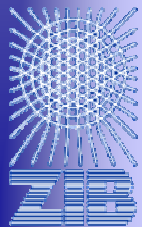
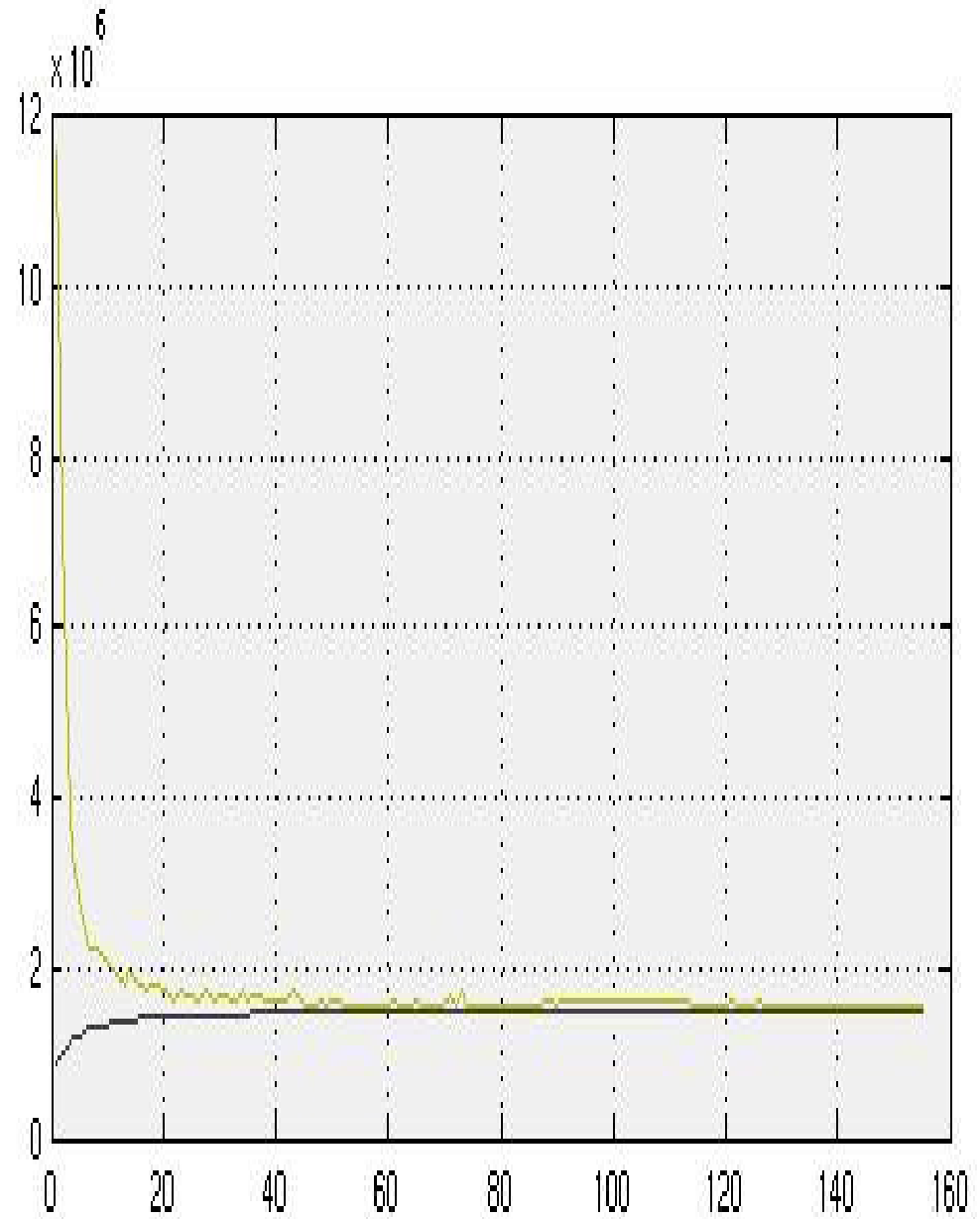
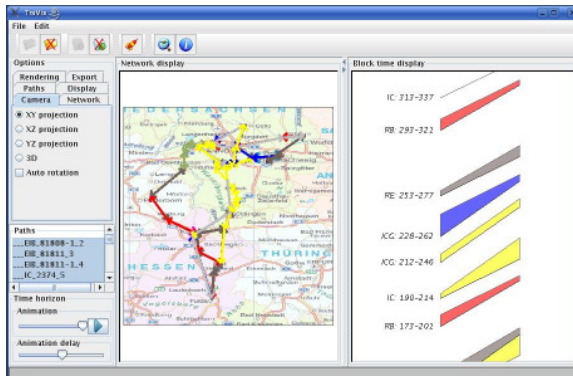
- 285 Züge
- kompletter Fahrplan
- Zeithorizont 4 h



Ergebnisse

Column Generation für PCP

- 1140 Züge

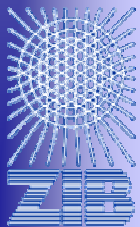


Ausblick

- **Trassenbörse Phase III/ Bahnprojekte am ZIB**
 - Verbesserung des CG Algorithmus (TS-OPT C++) und der Visualisierung (TraVis basiert auf JavaView)
 - Polyedrische Untersuchungen
 - Spezialtechniken für zeitexpandierte Graphen
 - Modellarbeit (Verbindungen, Auktionsdesign)
 - Feinsimulation der Lösungen (RailSys)

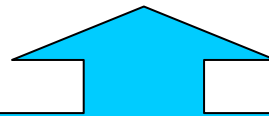


Studentische Hilfskräfte
Diplomarbeiten

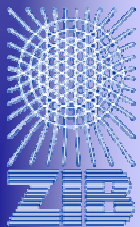


Ausblick

- **Blockseminar “Netzwerkoptimierung in Verkehr und Telekommunikation”**
 - Vorbesprechung: Montag, dem 5. Februar 2007, um 16:00 Uhr im MA 313.
 - Blockseminar : an dem Wochenende 15.-17. Juni 2007 am Konrad-Zuse-Zentrum (ZIB)

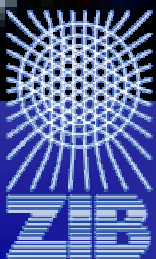


www.zib.de/groetschel/teaching/NetworkOptimization07.html





**Danke für die
Aufmerksamkeit !**



Thomas Schlechte

Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (ZIB)

schlechte@zib.de

<http://www.zib.de/schlechte>