



Seminar: Verkehrssimulation und Optimierung

Michael Behrisch, Rüdiger Ebendt, Daniel Krajzewicz,
Yun-Pang Wang





Organisatorisches



Zur Person

- Michael Behrisch 67055-210
 - Rüdiger Ebendt 67055-287
 - Daniel Krajzewicz 67055-273
 - Yun-Pang Wang 67055-213
- Vorname.Nachname@dlr.de



Seminar

Termine

- Beginn des Seminars: 22.10.2008.
- Mittwoch 11:00 - 13:00 (RUD 25, 3.113)

Zuordnung

- Hauptstudium, Theoretische und Praktische Informatik

Anforderungen für einen Seminarschein

- regelmäßige aktive Mitarbeit
- Vortrag
- schriftliche Ausarbeitung (acht bis zehn Seiten)





Verkehrsforschung im DLR



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft

Forschungsbereiche

- Luftfahrt
- Raumfahrt
- Energie
- Verkehr

Das DLR in Zahlen

- Gesamtbudget:
 - 2005 1.168 Mio. Euro
 - 2006 1.224 Mio. Euro
- Wissenschaftliche Kompetenz:
über 5.300 MitarbeiterInnen



Institute und wissenschaftliche Einrichtungen des DLR Standorte

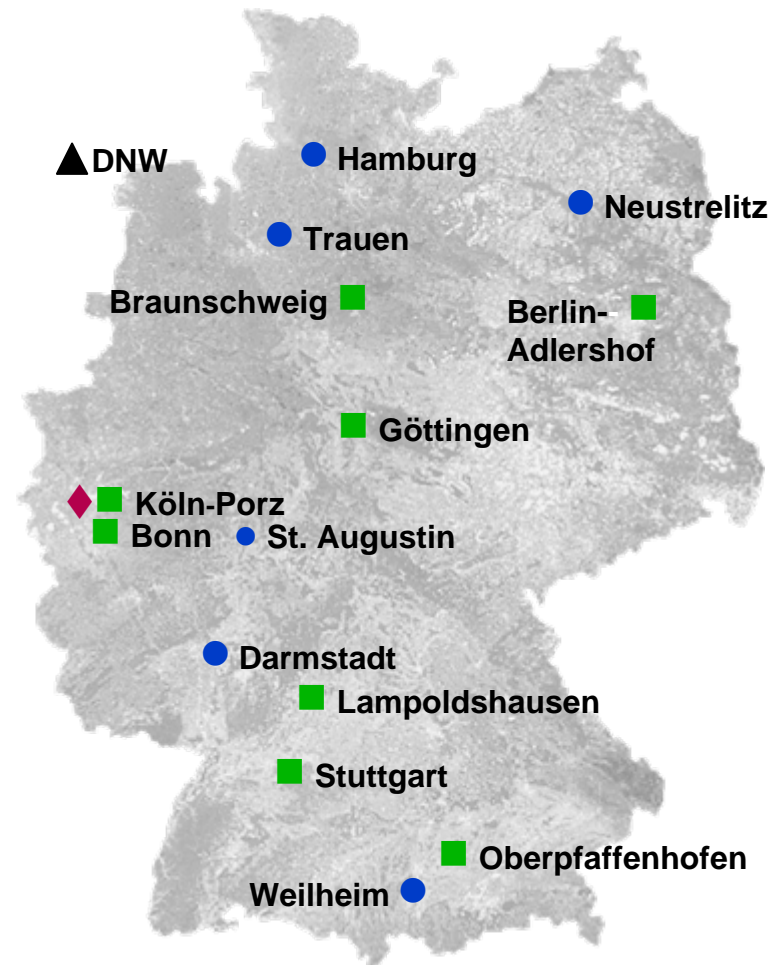
27 Institute und Einrichtungen in

- 15 Standorten/Außenstellen

Außenbüros in Brüssel, Paris und Washington.

Beteiligung des DLR an:

- ◆ European Transonic Wind Tunnel (ETW)
- Deutsch-Niederländische Windkanäle (DNW)



Standort Berlin

6 Institute

- Institut für Verkehrssystemtechnik
- Institut für Verkehrsforschung
- Institut für Planetenforschung
- Institut für Robotik und Mechatronik
Abteilung Optische Informationssysteme
- Institut für Methodik der Fernerkundung
Gewässerfernerkundung
- Institut für Faserverbundleichtbau
und Adaptronik
Abteilung Systemkonditionierung



Schwerpunkt Verkehr

Beteiligte Institute

- Institut für Verkehrsforschung
- Einrichtung Verkehrsstudien
- **Institut für Verkehrssystemtechnik**
- Institut für Fahrzeugkonzepte
- ... sowie 21 weitere Institute aus den Bereichen Luftfahrt, Raumfahrt und Energie



Institut für Verkehrssystemtechnik

Sitz: Braunschweig, Berlin

Seit: 2001

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer

Mitarbeiter: Momentan etwa 100 Mitarbeiter aus
verschiedenen wissenschaftlichen Bereichen

Aufgabenspektrum

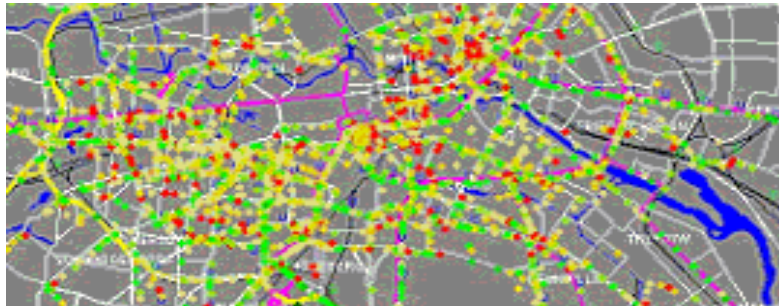
- Grundlagenforschung
- Erstellen von Konzepten und Strategien
- Prototypische Entwicklungen

Forschungsgebiete

- Automotive
- Bahnsysteme
- Verkehrsmanagement

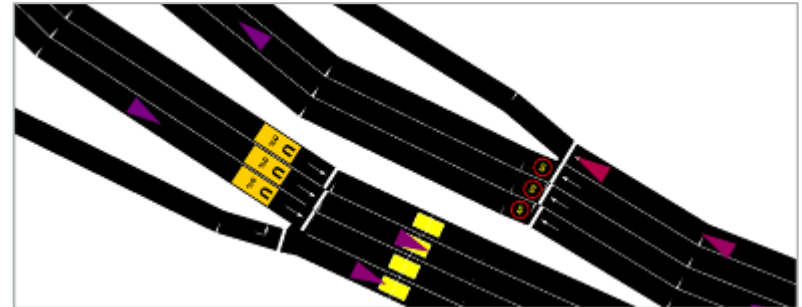


Bereich Verkehrsmanagement



Abt. Verkehrserfassung

- Bild- und Signalverarbeitung
- Floating Car Data
- Messstrecke



Abt. Verkehrsbeeinflussung

- Verkehrsmanagement bei Katastrophen und Großereignissen
- Verkehrsbewertung, Netzbeeinflussung
- Verkehrssimulation
- Traffic Tower



Themenvorstellung Simulation

Daniel Krajzewicz





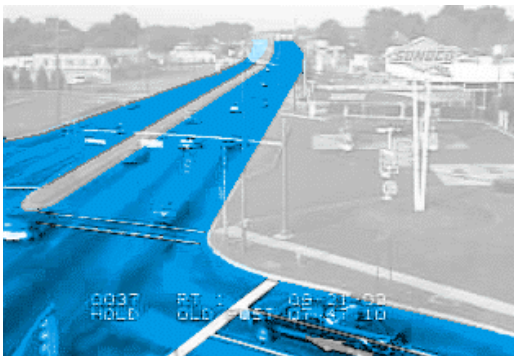
Verkehrssimulation als Open Source

Anwendungen für eine Verkehrssimulation

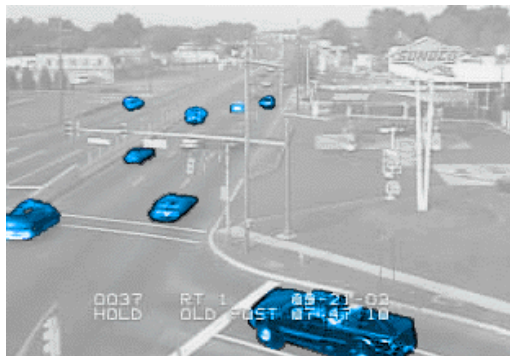
- Reproduzierbare Untersuchungen von
 - realen, existierenden Straßennetzen
 - Neuen Konzepten für
 - Signalschaltungen
 - Lageerfassung
 - Verkehrsprognose
 - Verkehrsmanagement
 - dynamische Routenwahl
 - Fahrzeug-Fahrzeug und Fahrzeug-Infrastruktur - Kommunikation
- Planung



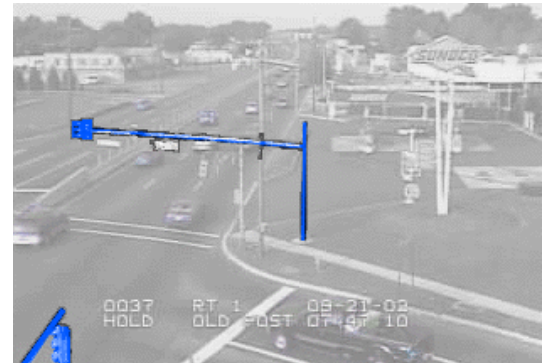
Verkehrssimulation als Open Source Komponenten



Straßennetz



Fahrzeuge / Fluss



Lichtsignalanlagen



Verkehrssimulation als Open Source

Warum eine freie (open source) Simulation?

Normales Vorgehen

- Eine (akademische) Institution entwickelt ein neues Verfahren und möchte es testen
- Erstellt eine eigene Verkehrssimulation und braucht:
 - Eine Repräsentation des Straßennetzes (Anzahl Spuren, Vorfahrtsbeziehungen, etc.)
 - Eine Repräsentation der Fahrzeuge (ihre Routen, Parameter, etc.)
 - Eine Repräsentation der Leitsysteme (Ampeln z. B.)

... führt zu

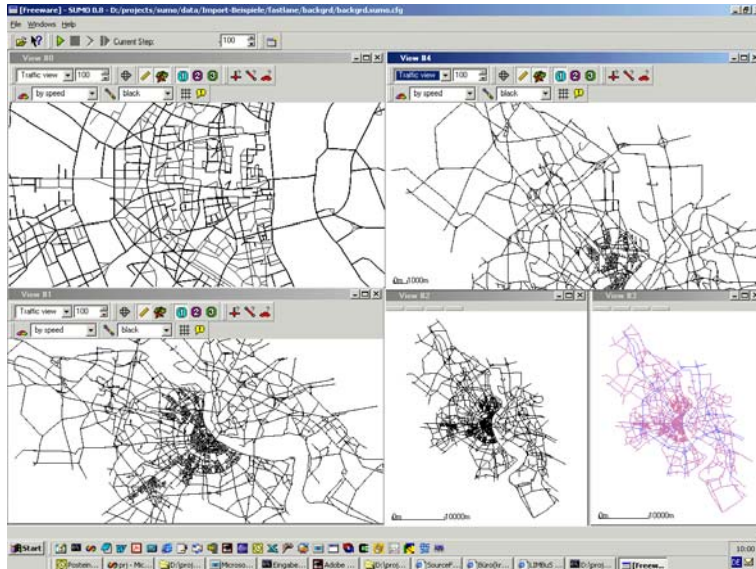
Vielen (unvollständigen) Simulationen, die nicht vergleichbar sind

→ **Lösung:** eine erweiterbare Simulation als Basis für eigene Entwicklungen



SUMO – Simulation of Urban MObility

Enthaltene Applikationen



- **SUMO**: Simulation ohne grafische Ausgabe
- **GUISIM**: Simulation mit einer grafischen Oberfläche
- **NETCONVERT**: Importer für Straßennetze
- **OD2TRIPS**: Importer für O/D-Matrizen
- **JTRROUTER**: Router anhand von Abbiegebeziehungen
- **DUAROUTER**: Router zur Errechnung des Benutzergleichgewichts
- **DFROUTER**: Router anhand von Induktionsschleifendaten

SUMO-Projekte am DLR

2002-2006

➤ INVENT

Implementation und Verifikation von Verkehrsmanagementstrategien für großstädtische Ballungsräume

➤ OIS

Verifikation der Vorteile neuer optischer Sensoren

➤ Traffic Tower

Virtuelle Verkehrsmanagementumgebung

➤ WJT2005 / Soccer2006

Integration von Induktionsschleifen- und Luftbilddaten in ein Verkehrsportal mit Vorhersagefunktionalität

➤ TrafficOnline

Verkehrsüberwachung mittels mitgeführter GSM Mobiltelefone



WJT2005 / Soccer2006 → DELPHI

Beschreibung

- Eingesetzt in Köln während
 - Des Papstbesuches (Weltjugendtag 2005)
 - Der FIFA-Fußballweltmeisterschaft (2006)
- Verkehrserfassung mittels
 - Induktionsschleifen auf den Autobahnen
 - Induktionsschleifen der Stadt
 - Eines luftgestützten Erfassungssystems (an einem Zeppelin)
- Verkehrslagedarstellung
 - Integration und Darstellung der gesammelten Daten
 - Präsentation für die Polizeieinsatzkräfte
- Vorhersage der Verkehrslage
 - Die Simulation errechnete den zukünftigen Straßenzustand in 30 min



SUMO

Verfügbarkeit

Beteiligte:



Institut für Verkehrssystemtechnik / DLR

Aktuelle Version:

Version 0.9.10

Webseite / Download:

<http://sumo.sourceforge.net>

Kontakt:

Daniel.Krajzewicz@dlr.de

Michael.Behrisch@dlr.de

sumo-user@lists.sourceforge.net

Studien-/Diplomarbeiten:

<http://sumo.sourceforge.net/wiki/index.php/DiplomStudArb>



Seminarthemen

Daniel Krajzewicz

➤ Spurwechsel

Was bedingt einen Spurwechsel? Wie wird es jeweils umgesetzt? Wie ist die Entwicklung von Spurwechselmodellen?

➤ Simulationssoftware

Welche Softwarepakete für die (mikroskopische) Simulation von Verkehr existieren? Was sind die Unterschiede?

➤ Validierung

Wie werden mikroskopische Simulationen validiert?

➤ Grüne Welle/LSAs

Welche Ansätze für das Berechnen einer grünen Welle existieren? Was kann erreicht werden, wo sind die Grenzen?

➤ Ramp Metering

Was ist ramp-metering? Welche Ansätze für das ramp-metering existieren?





Themenvorstellung Modelle

Michael Behrisch



Verkehrssimulationen – Mikroskopische Modelle

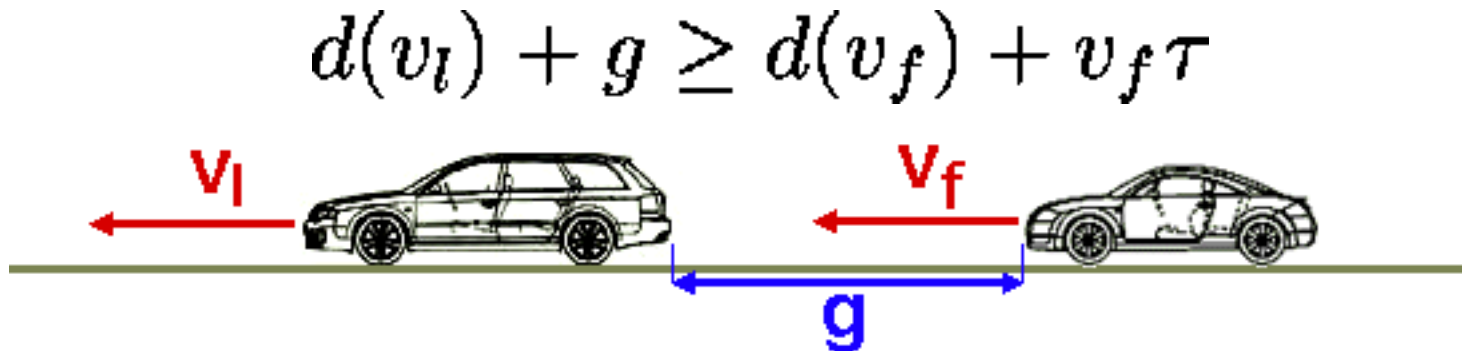
Einleitung

Zumeist:

➤ zeitdiskret

➤ “Fahrzeugfolgemodelle”:

die Geschwindigkeit des simulierten Fahrzeugs hängt von der Geschwindigkeit des voraus fahrenden und dem Abstand zwischen beiden ab



Verkehrssimulationen – Mikroskopische Modelle

Das Krauß - Fahrzeugfolgemodell* in SUMO

Features:

- Ortskontinuierlich
- Zeitdiskret
- Unfallfrei
- Stochastische Komp.

Parameter:

- Beschleunigung a
- Bremsvermögen b
- max. Geschw. v_{max}
- Fahrerunvermögen ϵ

$$v_{safe}(t) = v_l(t) + \frac{g(t) - v_l(t)\tau}{\frac{\bar{v}}{b(\bar{v})} + \tau}$$

$$v_{des}(t) = \min\{v_{safe}(t), v(t-1) + a, v_{max}\}$$

$$v(t) = \max\{0, \text{rand}[v_{des}(t) - \epsilon a, v_{des}(t)]\}$$

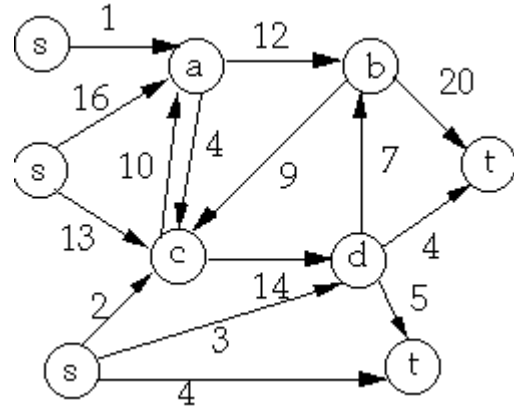
[*] “Microscopic Modelling of Traffic Flow: Investigation of Collision Free Vehicle Dynamics”, S. Krauß,

DLR (Hauptabteilung Mobilität und Systemtechnik), 1998, ISSN 1434-8454



Weitere Themen

➤ Netzwerkflüsse



➤ Nutzergleichgewicht



Themenvorstellung Routenfindung

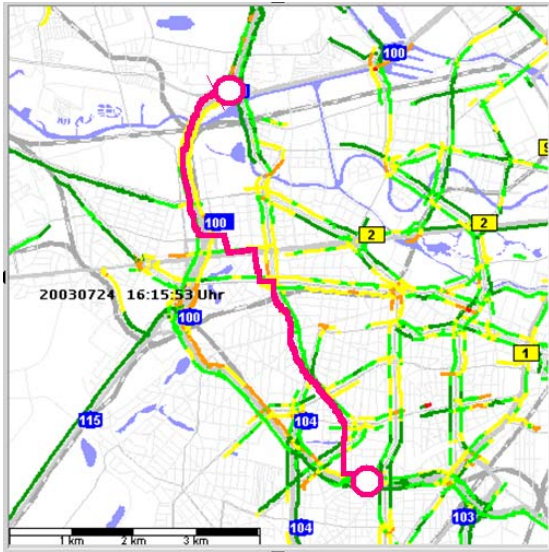
Rüdiger Ebendt



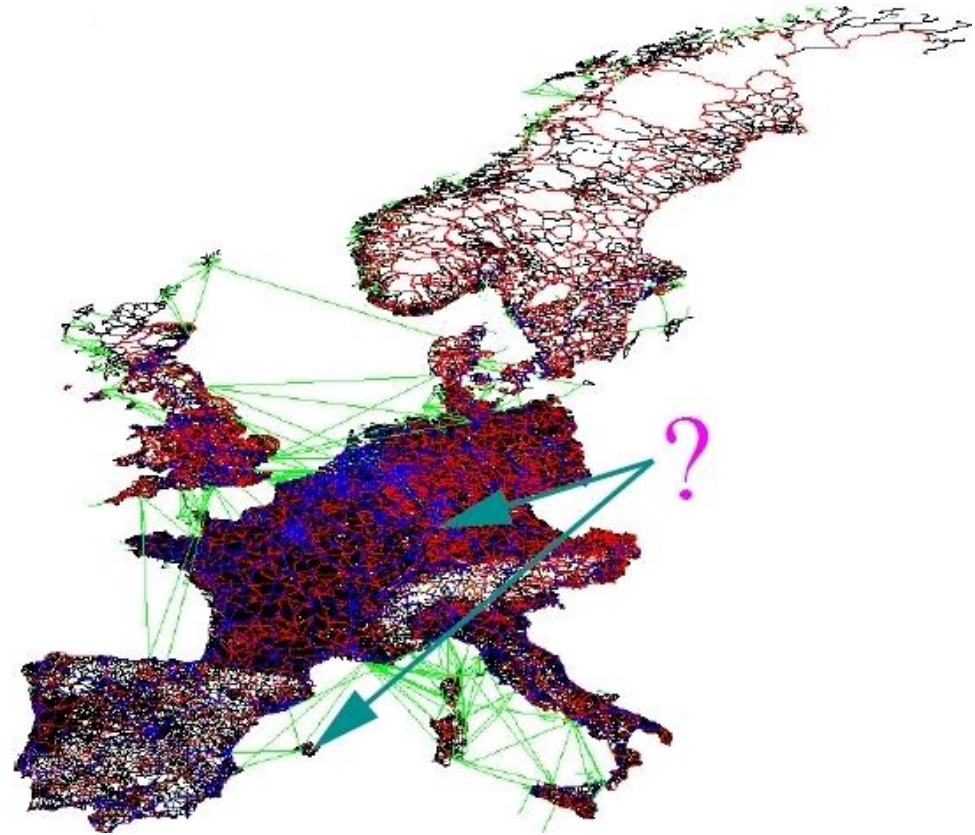
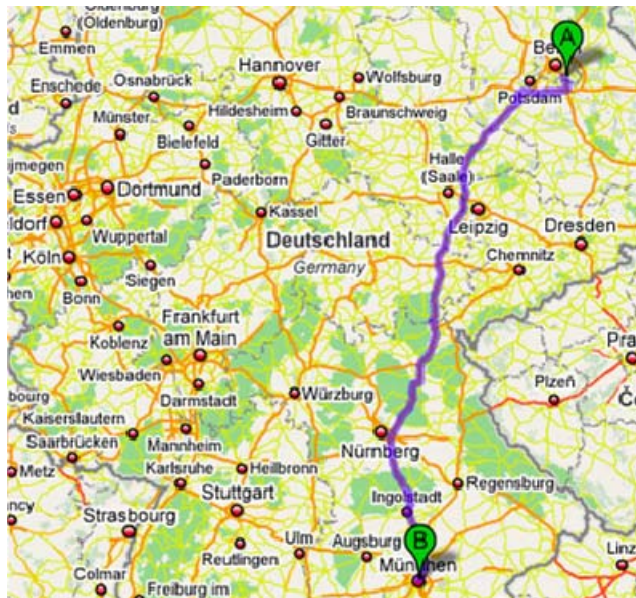
Mobilitätsportal Cityrouter (www.cityrouter.de)

- Verkehrslageerfassung und -darstellung (Web)
- Dynamische Routenfindung/Off-board Navigation (Web, Wap, PDA/GPRS)

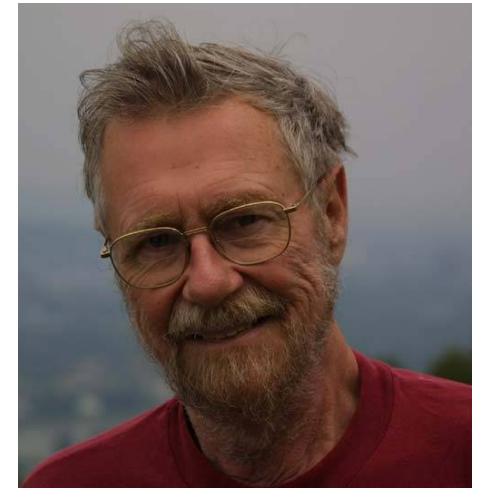




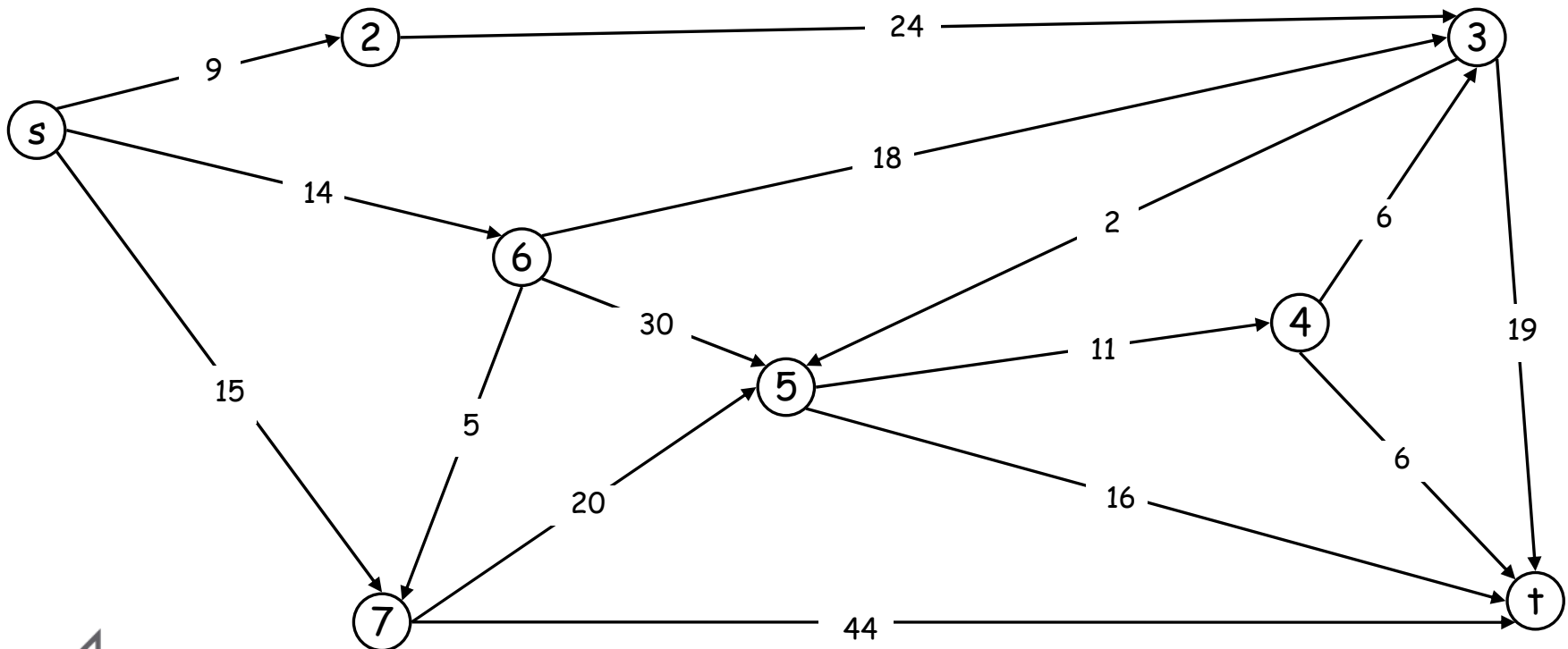
Routenfindung: verschiedene Schwierigkeitsgrade



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus



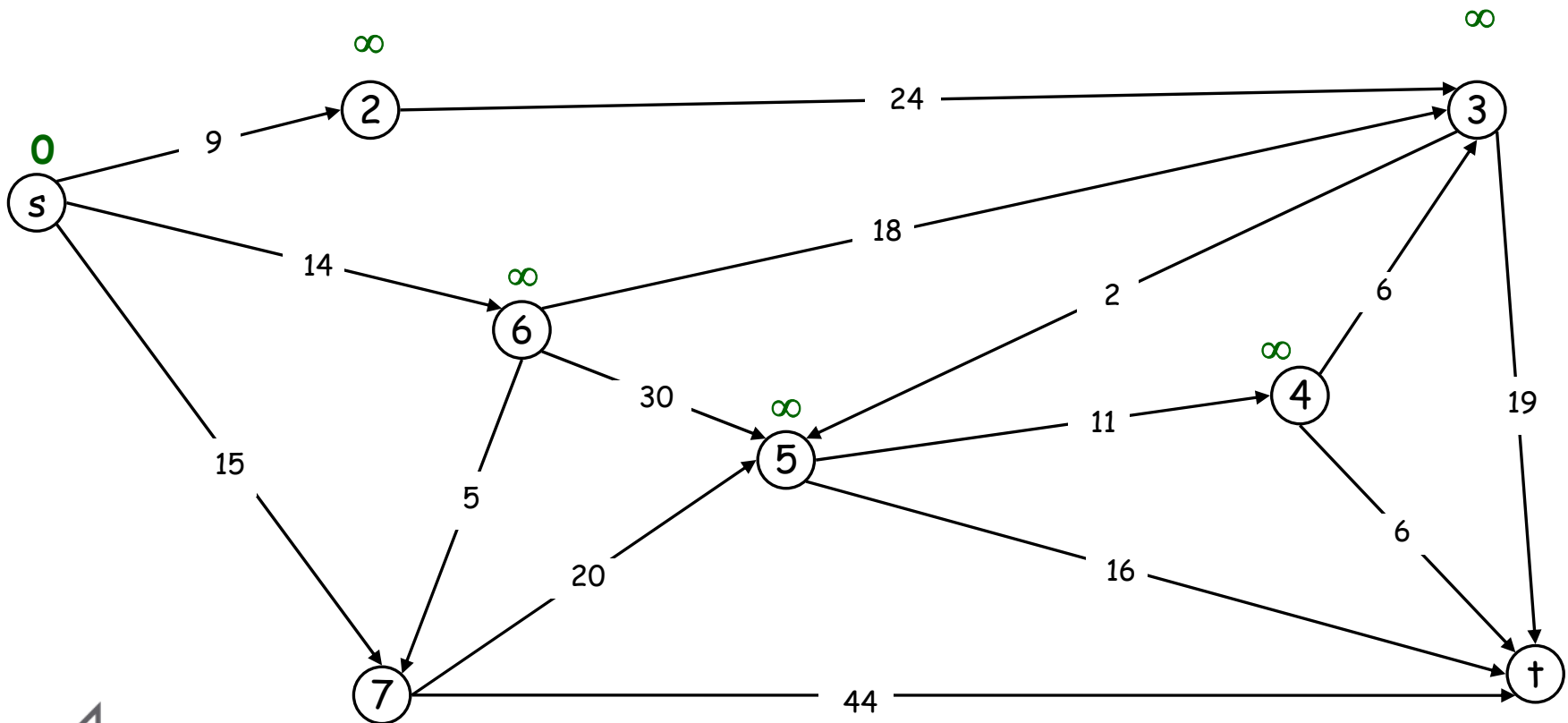
➤ Finde einen kürzesten bzw. billigsten Pfad von s nach t.



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{ \}$

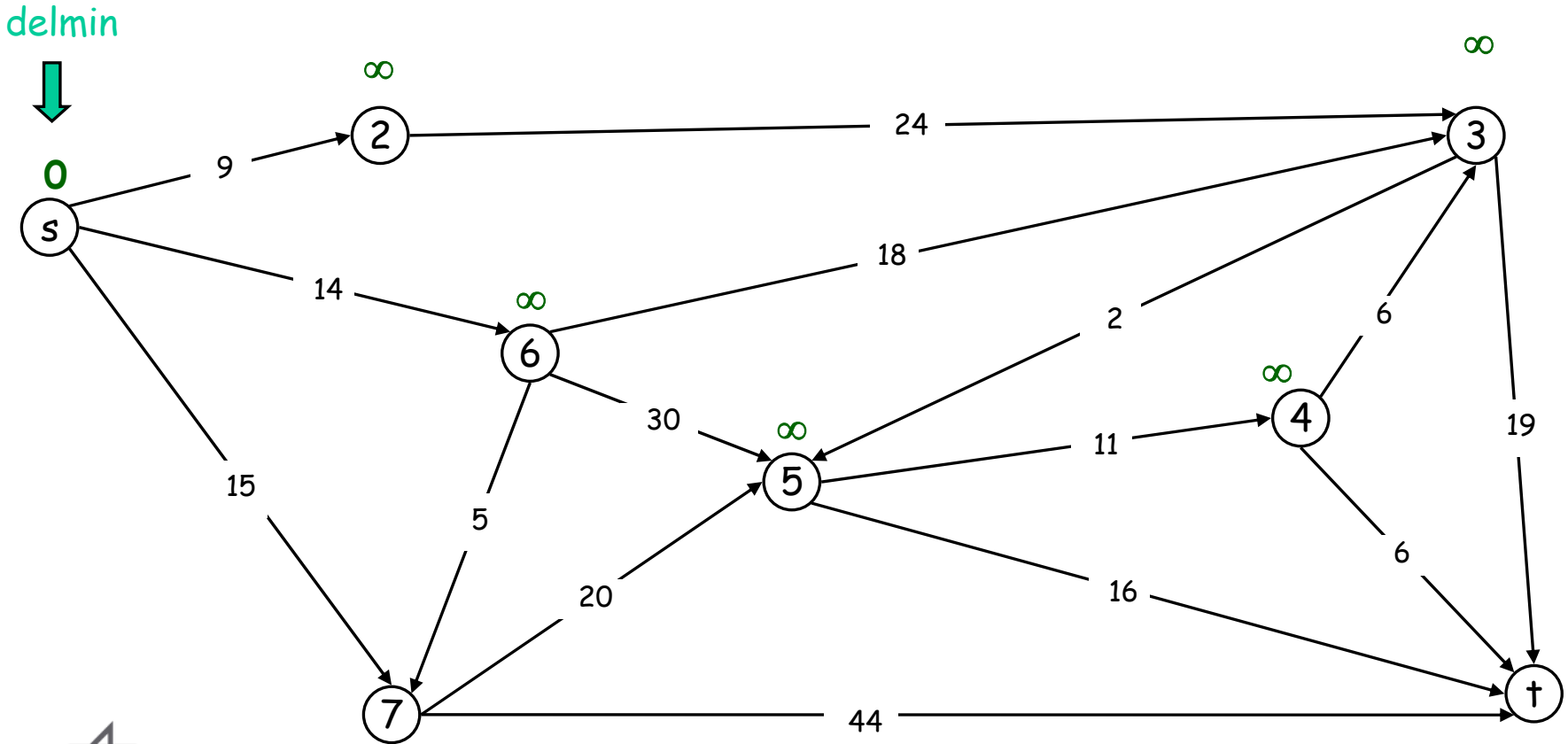
$PQ = \{ s, 2, 3, 4, 5, 6, 7, t \}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{ \}$

$PQ = \{ s, 2, 3, 4, 5, 6, 7, t \}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$$S = \{s\}$$

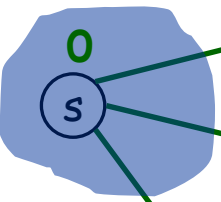
$$PQ = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, \dagger\}$$

decrease key



~~9~~

∞



9

2

24

3

14

6

~~14~~

18

2

6

15

5

30

∞

11

∞

4

6

20

5

16

7

44

19

\dagger



~~15~~

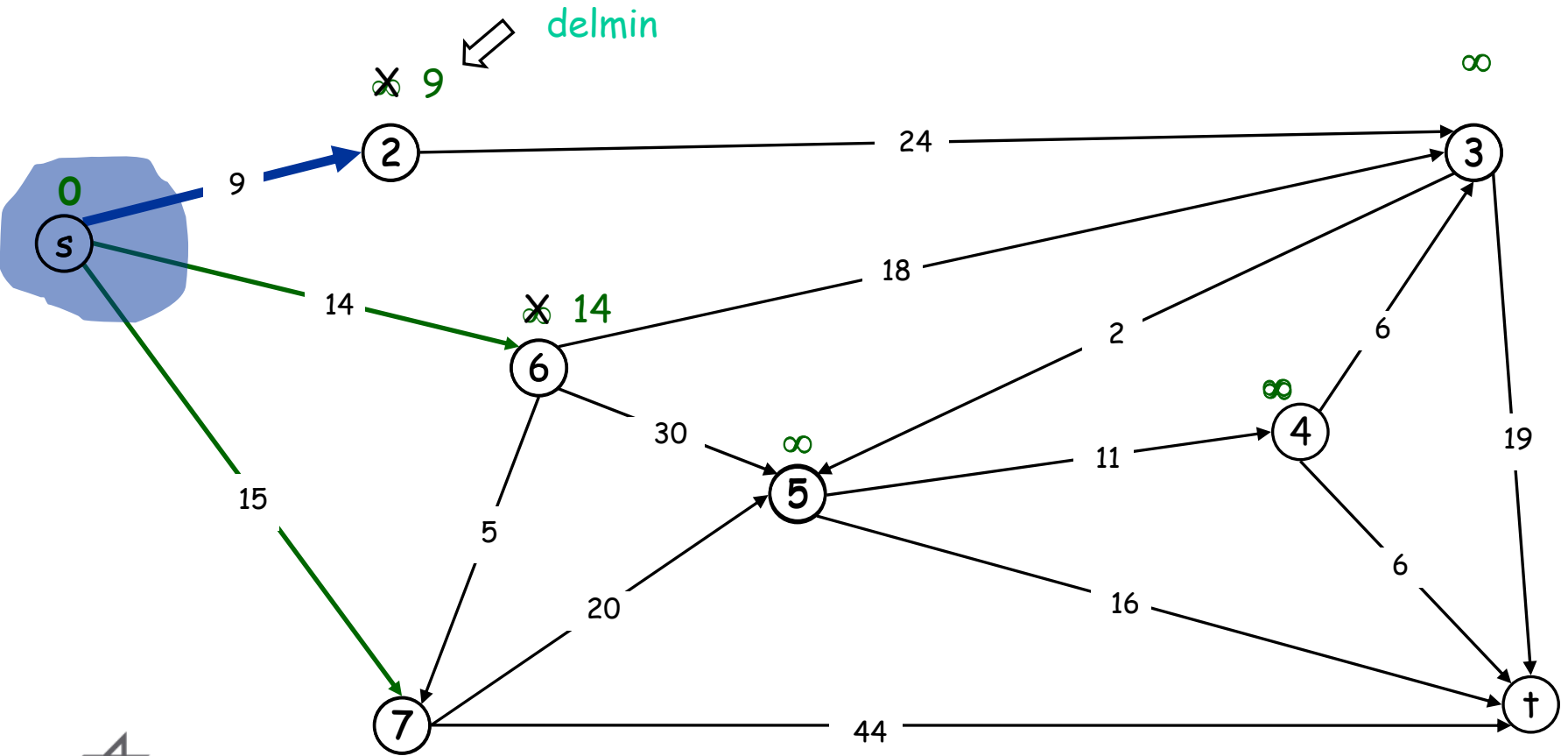


∞

Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$$S = \{s\}$$

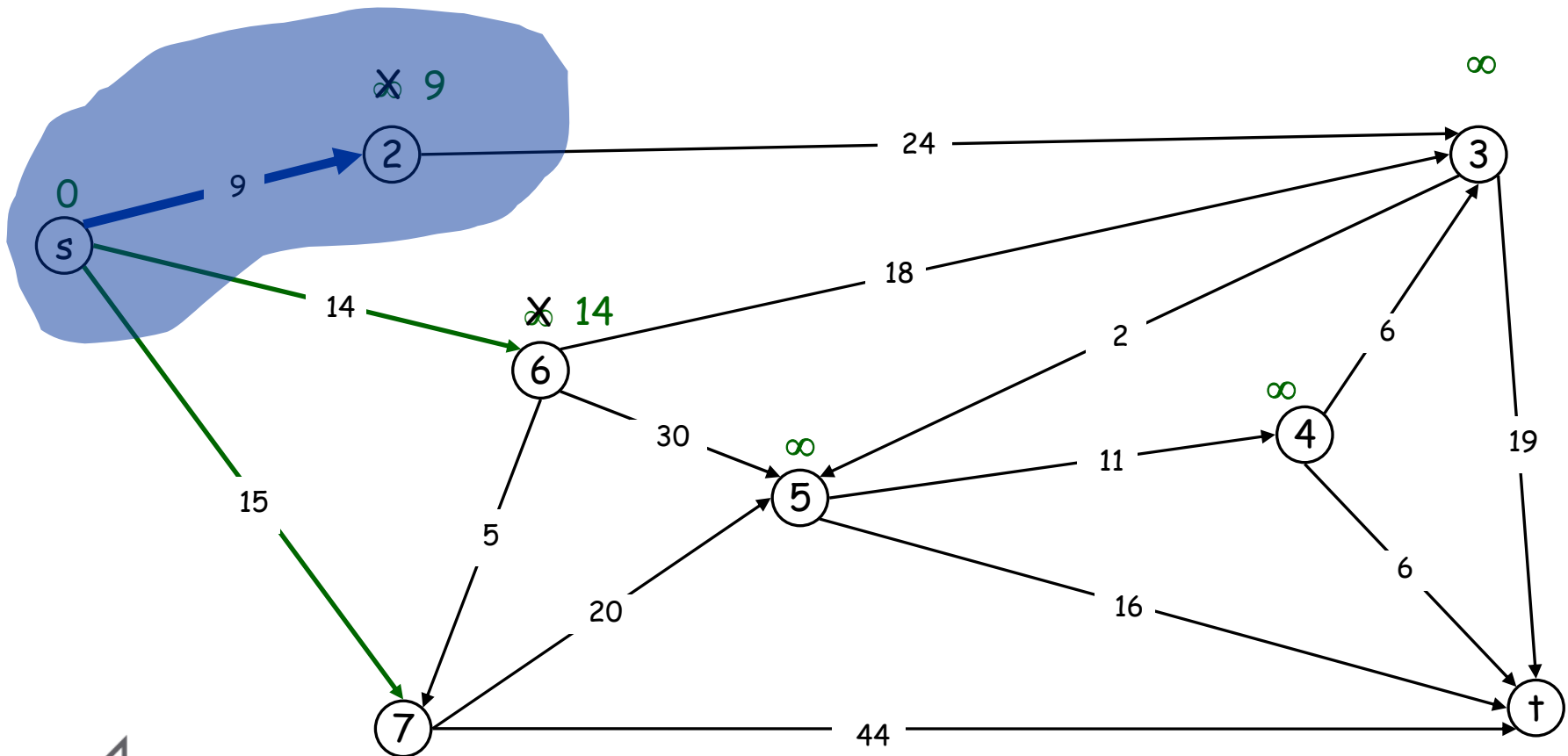
$$PQ = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, \dagger\}$$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$$S = \{s, 2\}$$

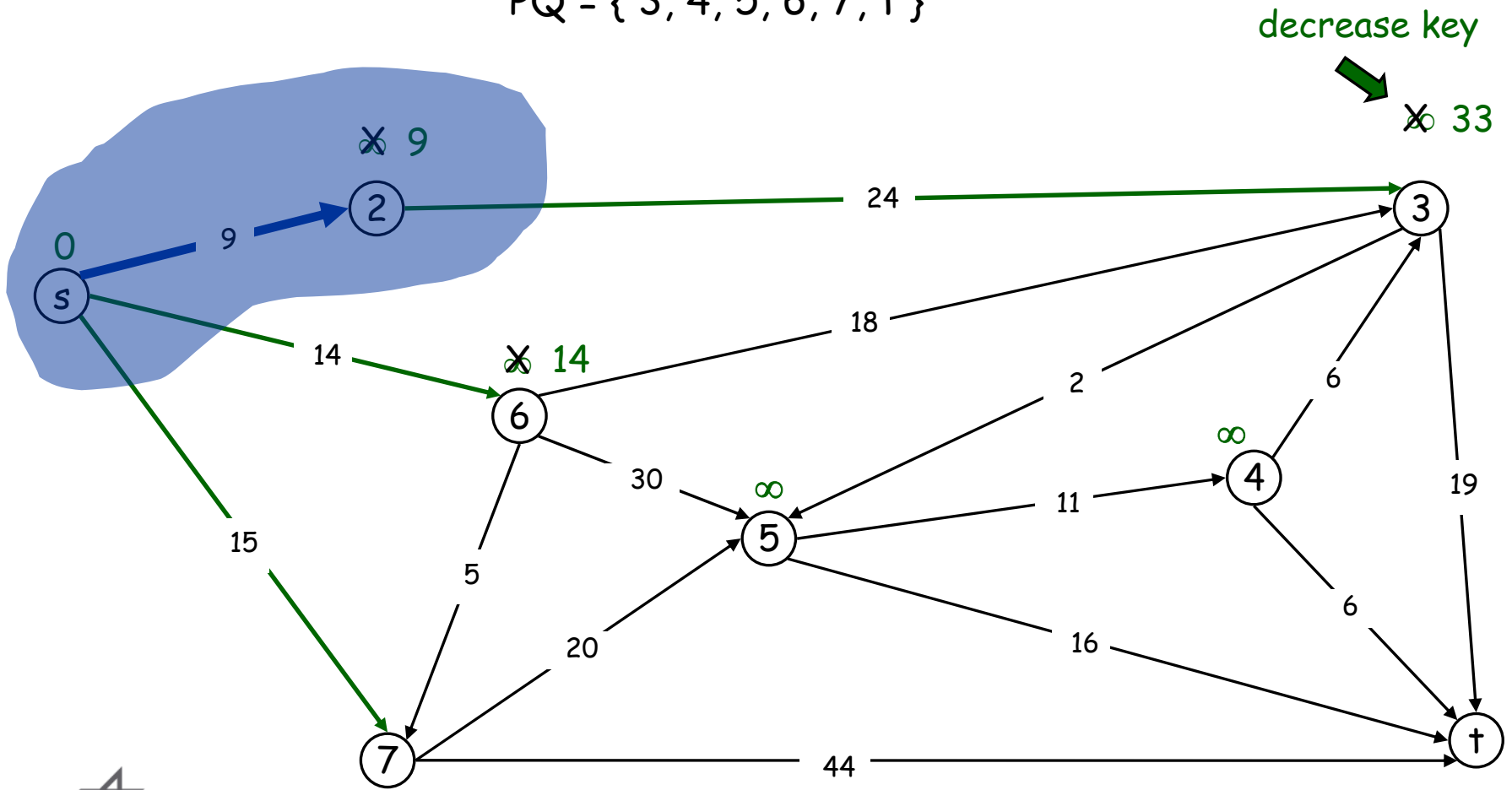
$$PQ = \{3, 4, 5, 6, 7, t\}$$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2\}$

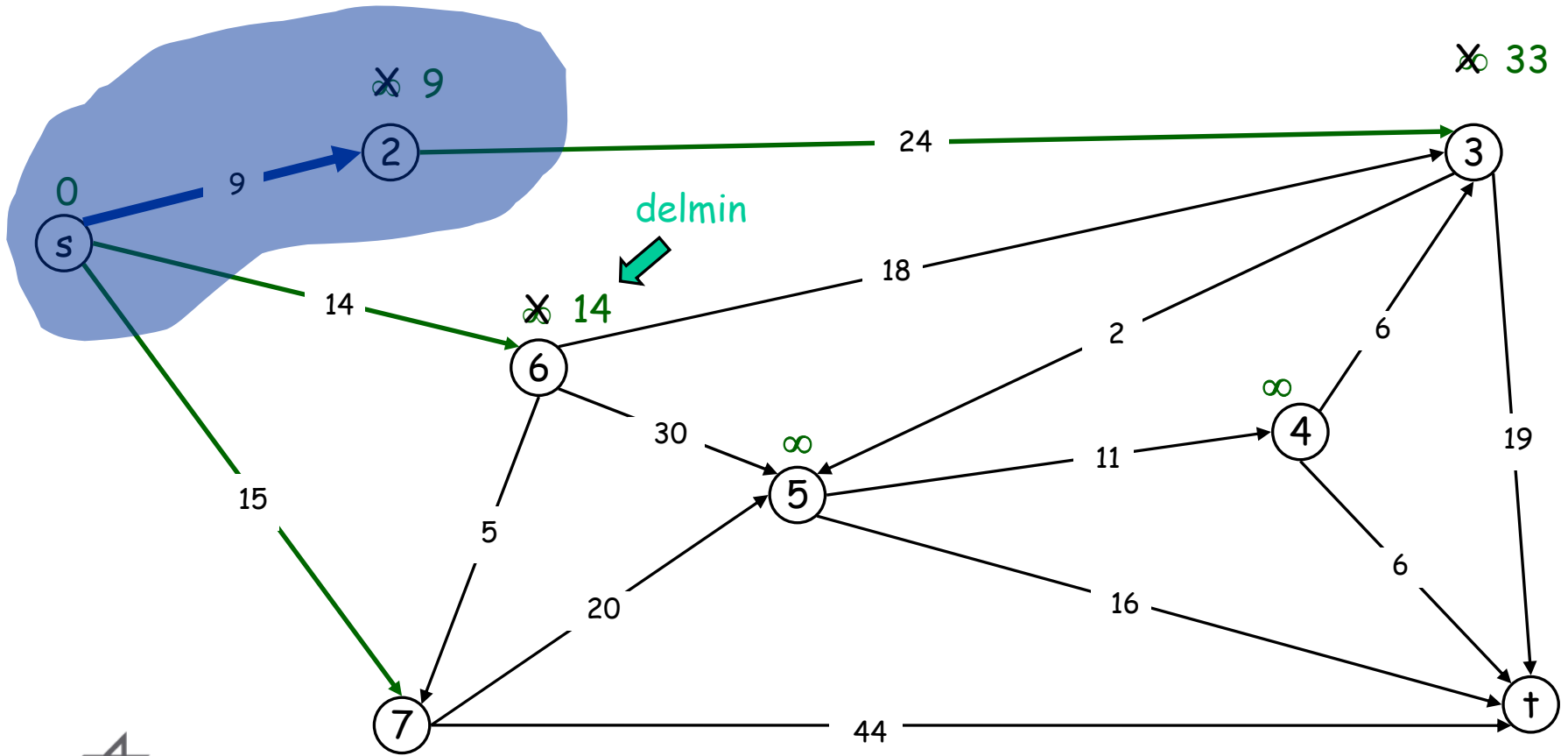
$PQ = \{3, 4, 5, 6, 7, t\}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2\}$

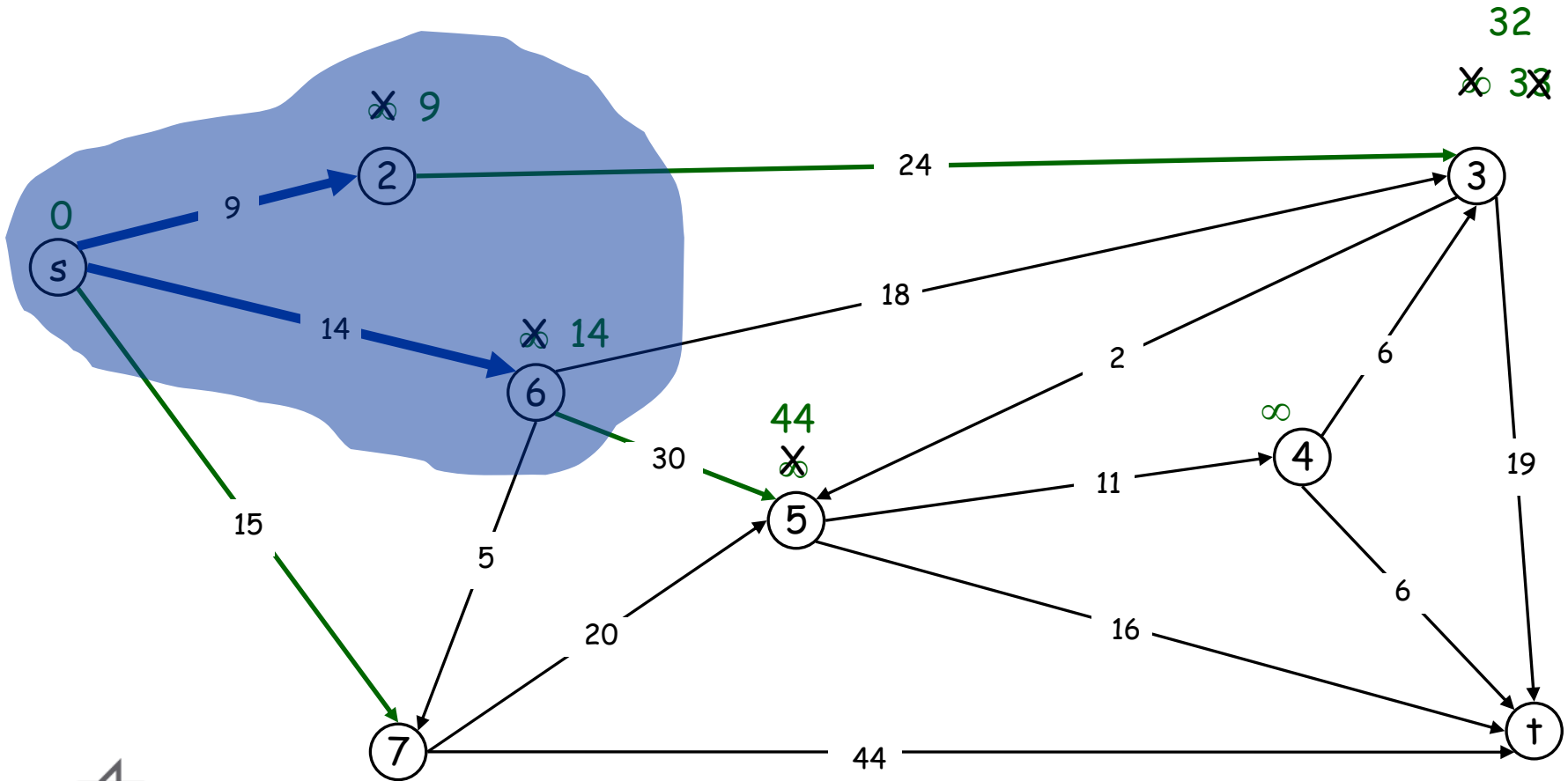
$PQ = \{3, 4, 5, 6, 7, t\}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$$S = \{s, 2, 6\}$$

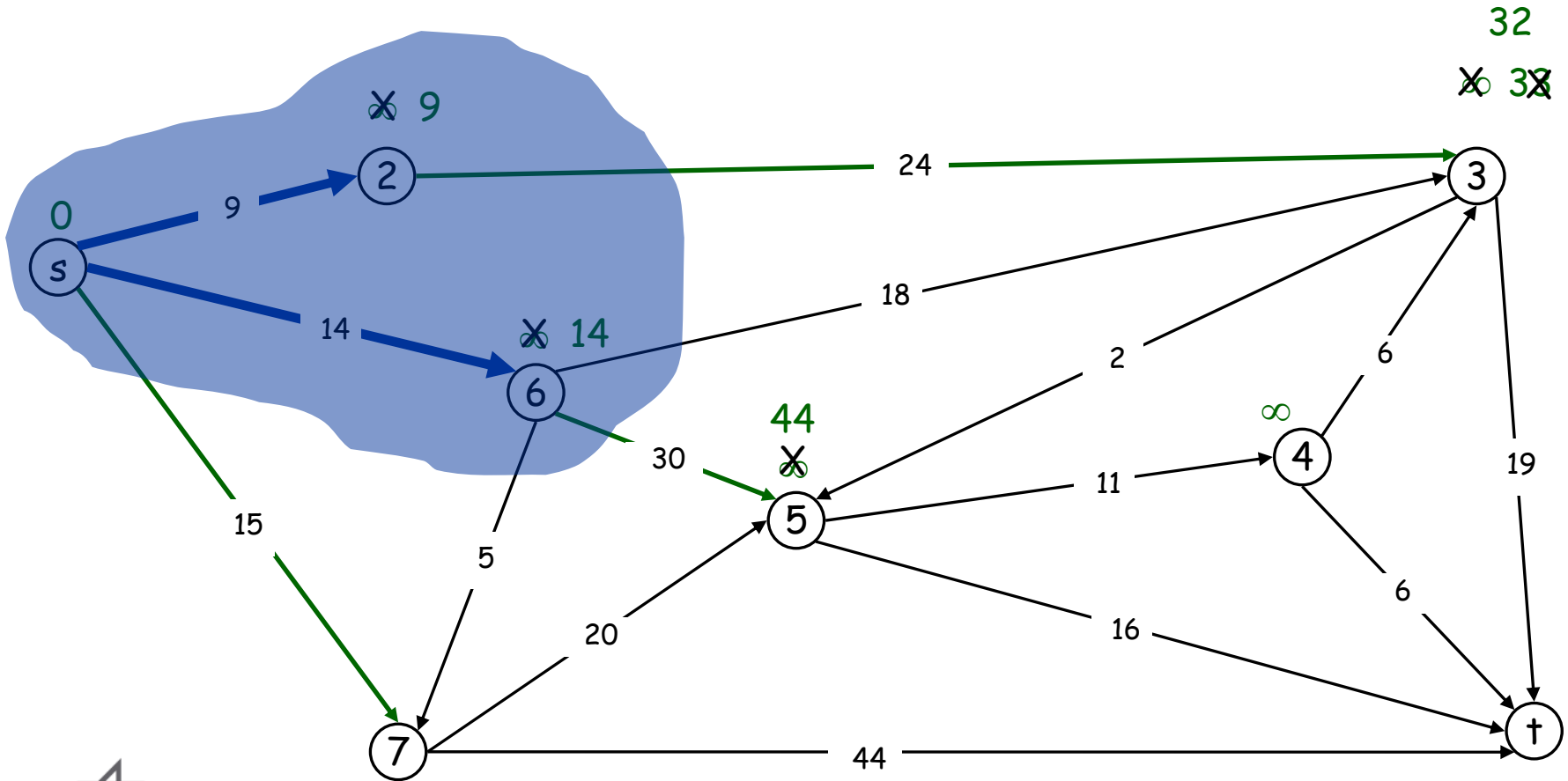
$$PQ = \{3, 4, 5, 7, \dagger\}$$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$$S = \{s, 2, 6\}$$

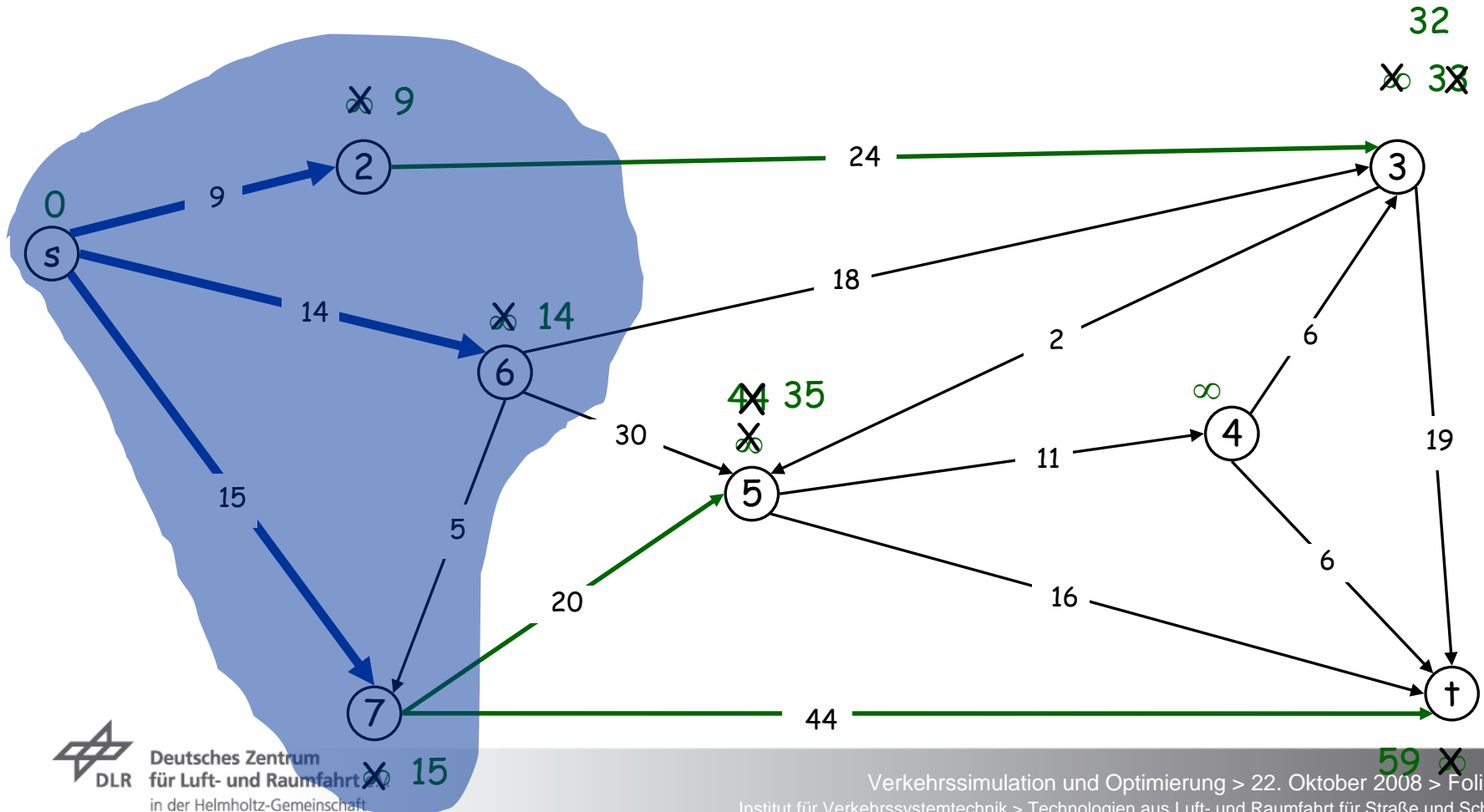
$$PQ = \{3, 4, 5, 7, \dagger\}$$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2, 6, 7\}$

$PQ = \{3, 4, 5, t\}$



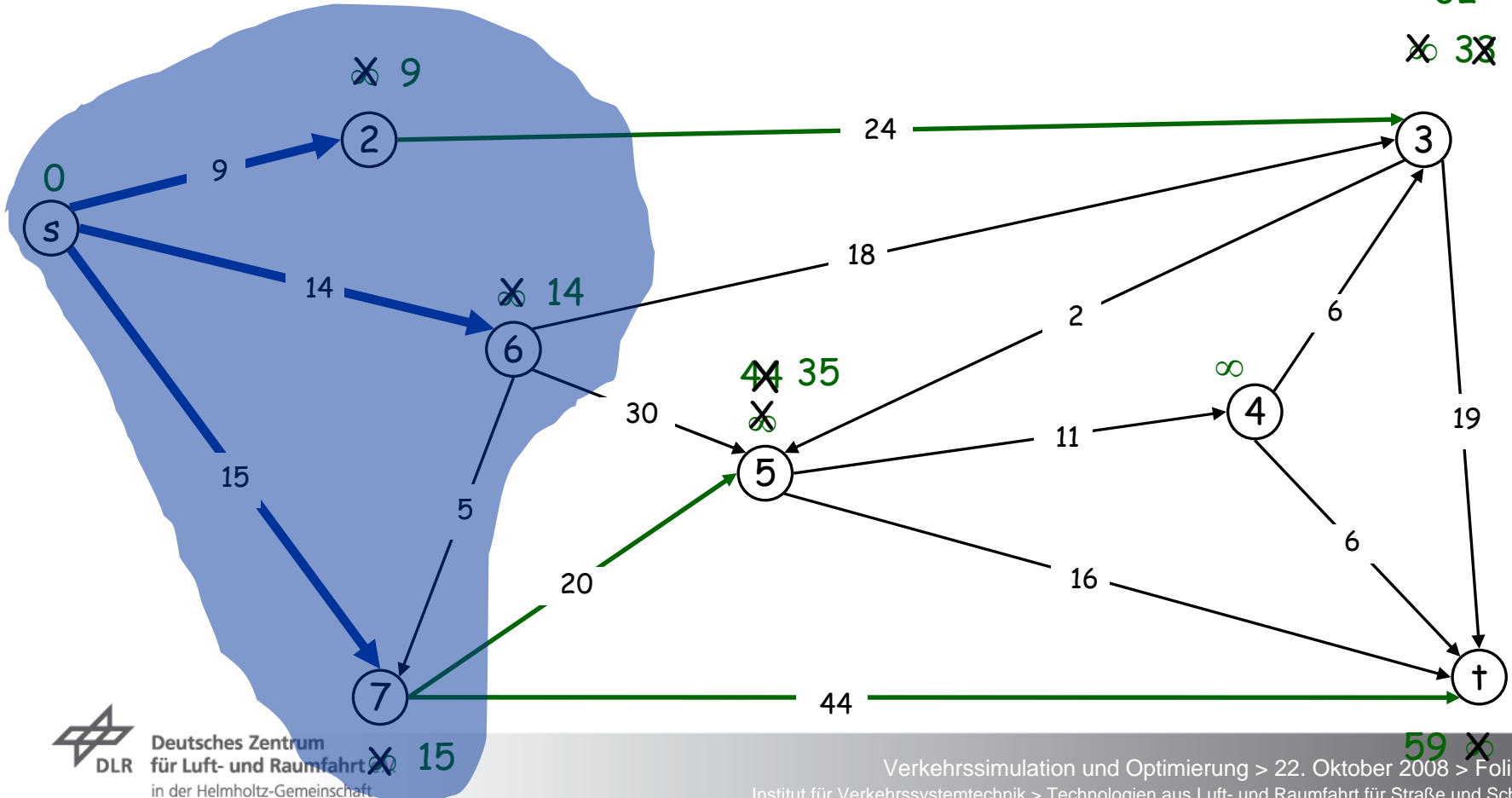
Dijkstra's Shortest Path Algorithm

$S = \{s, 2, 6, 7\}$

$PQ = \{3, 4, 5, t\}$

delmin

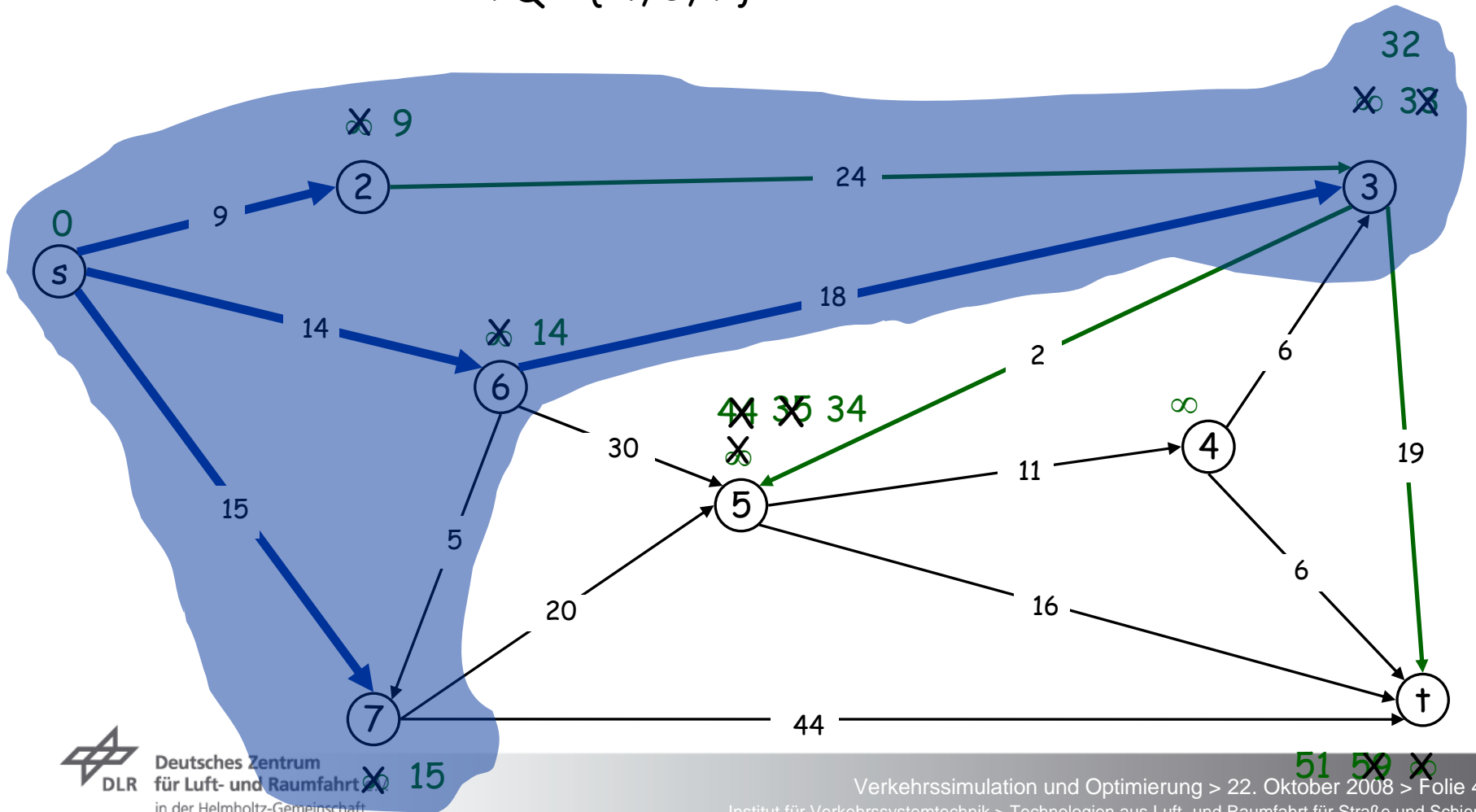
32
~~38~~



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2, 3, 6, 7\}$

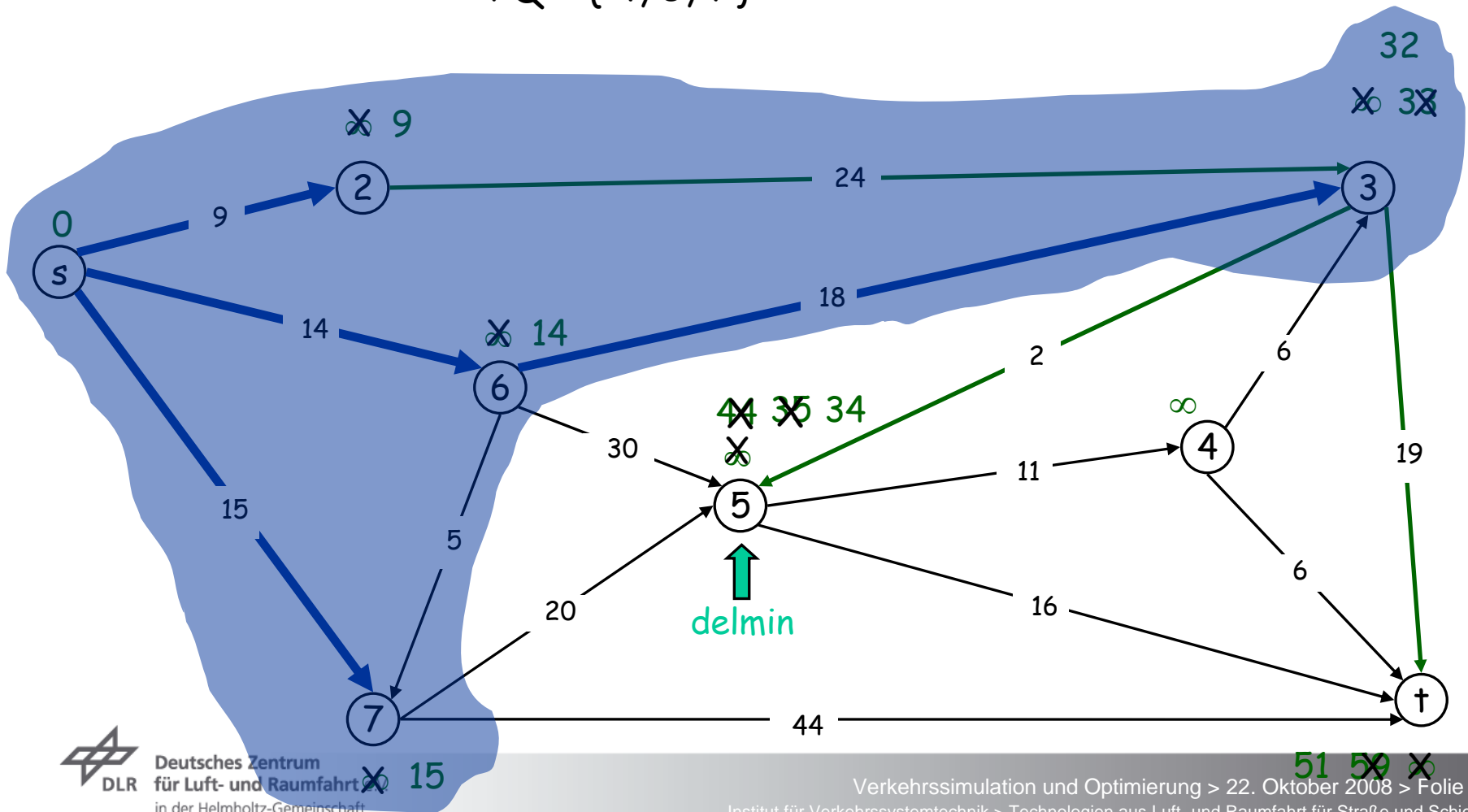
$PQ = \{4, 5, t\}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2, 3, 6, 7\}$

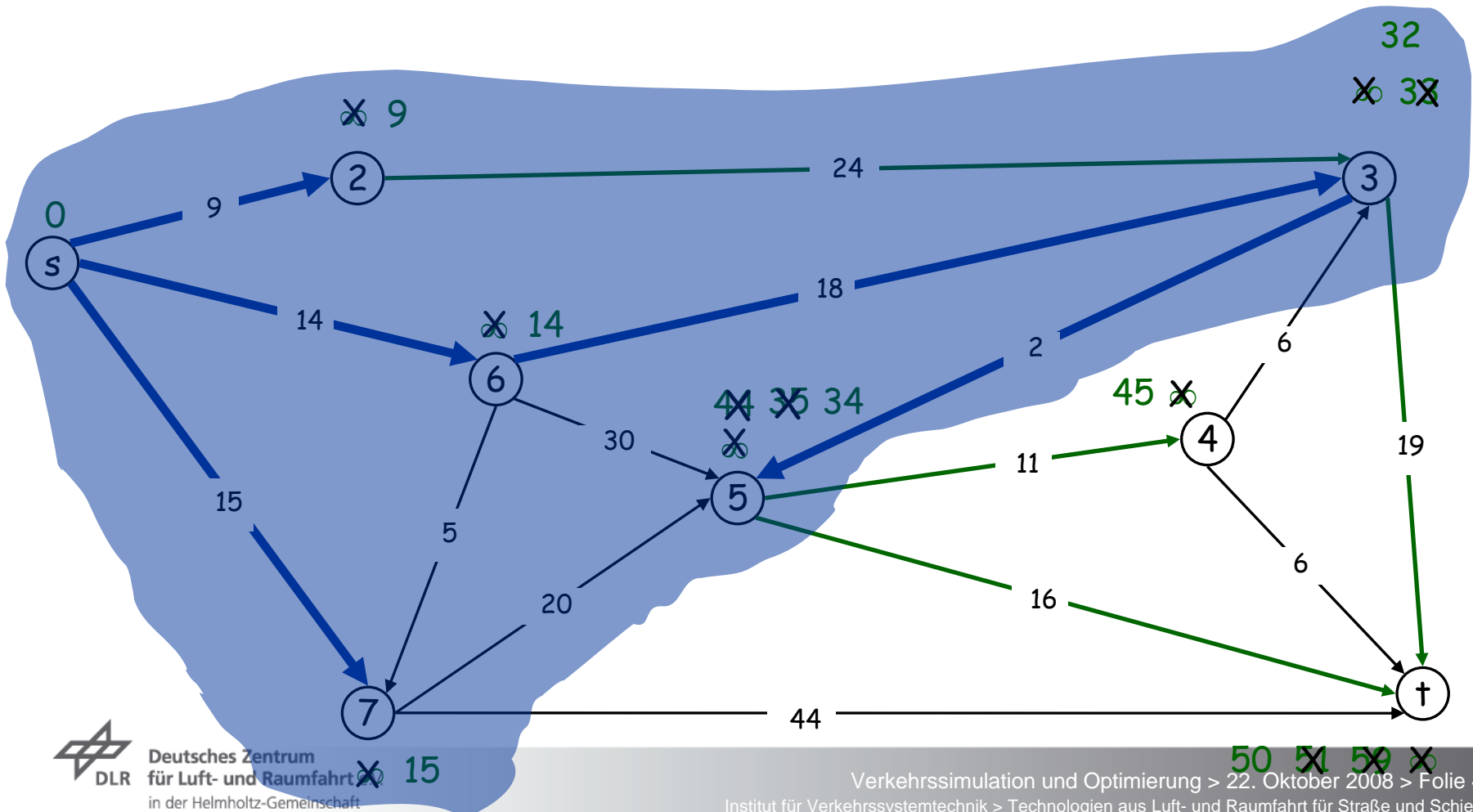
$PQ = \{4, 5, \dagger\}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2, 3, 5, 6, 7\}$

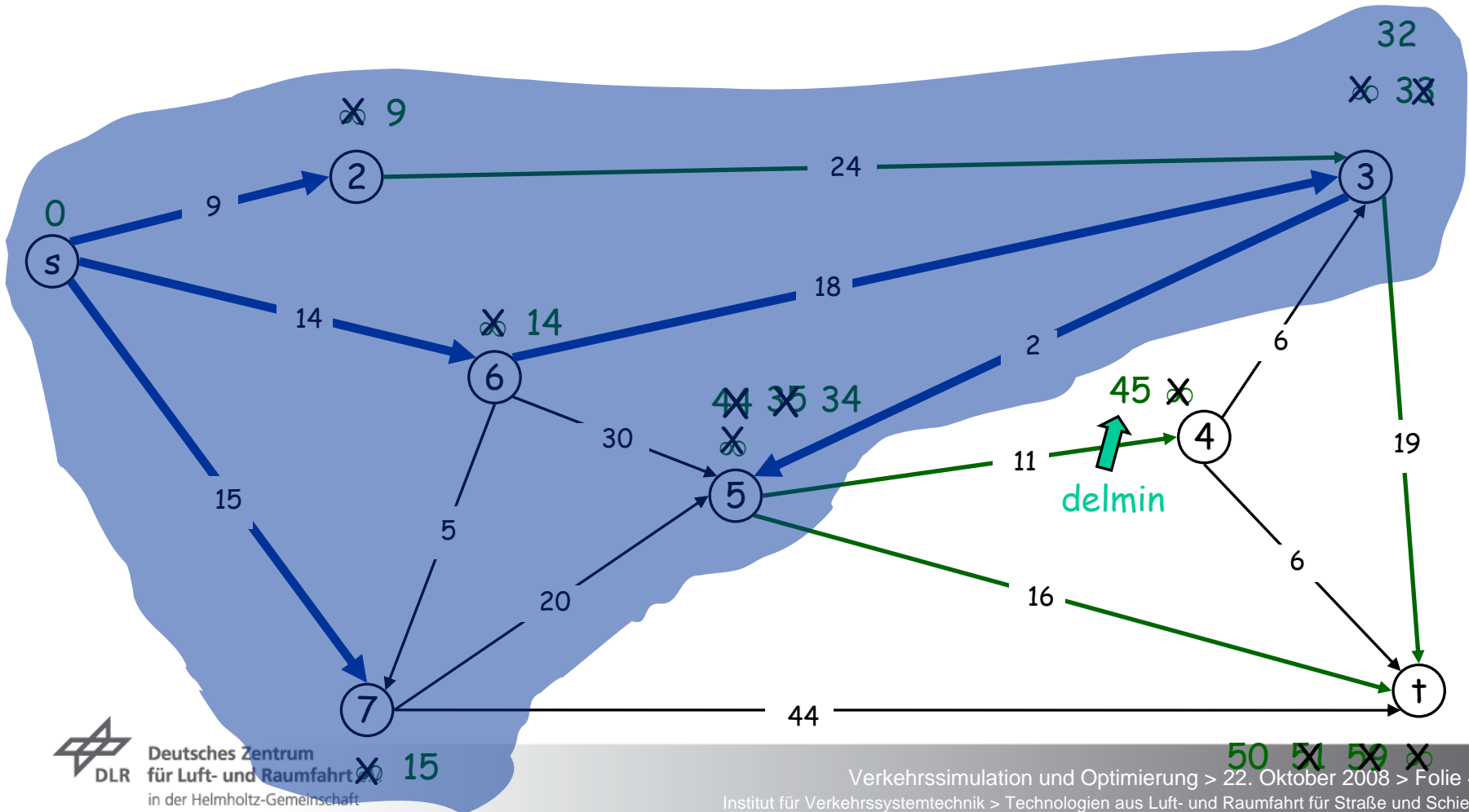
$PQ = \{4, t\}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2, 3, 5, 6, 7\}$

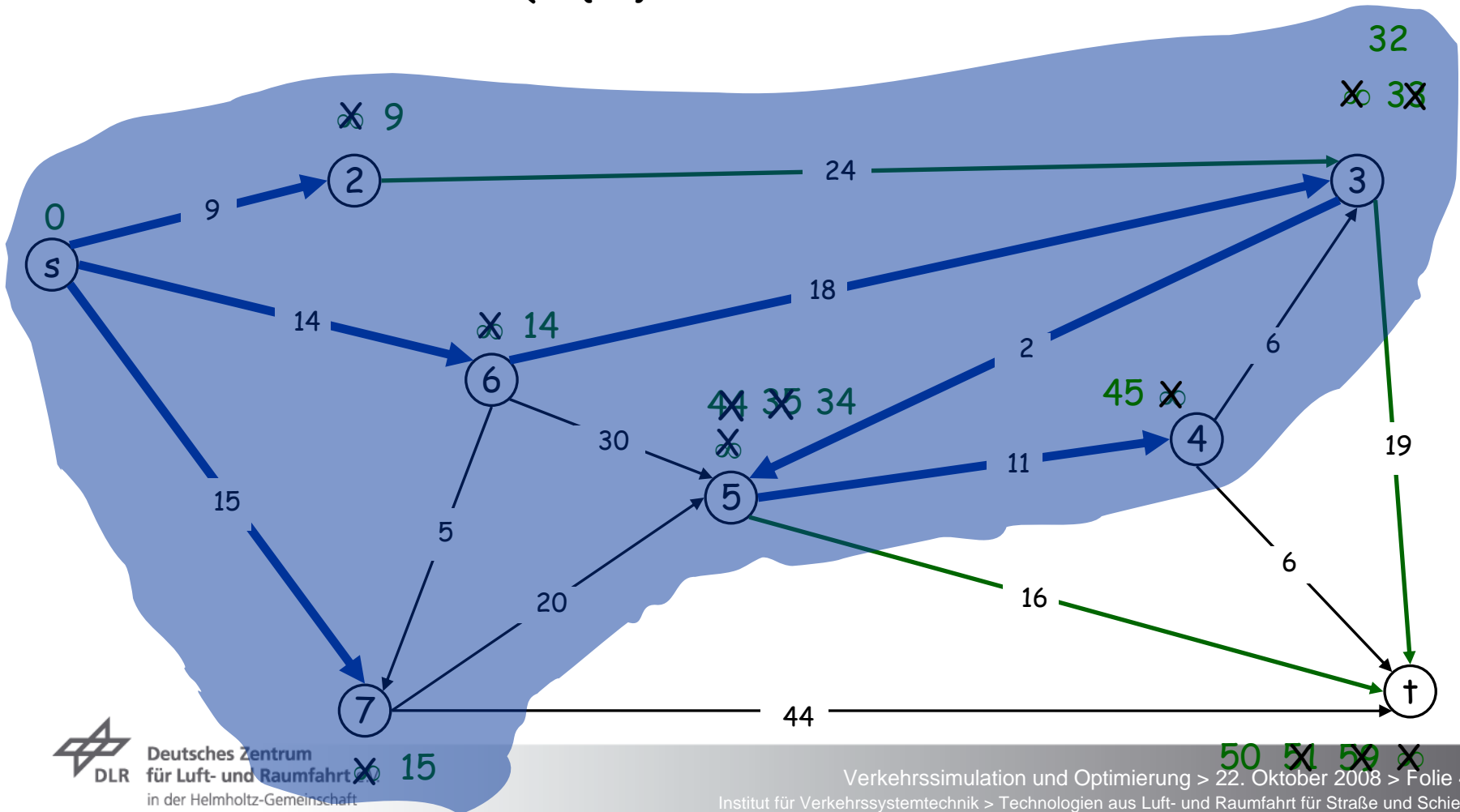
$PQ = \{4, t\}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$

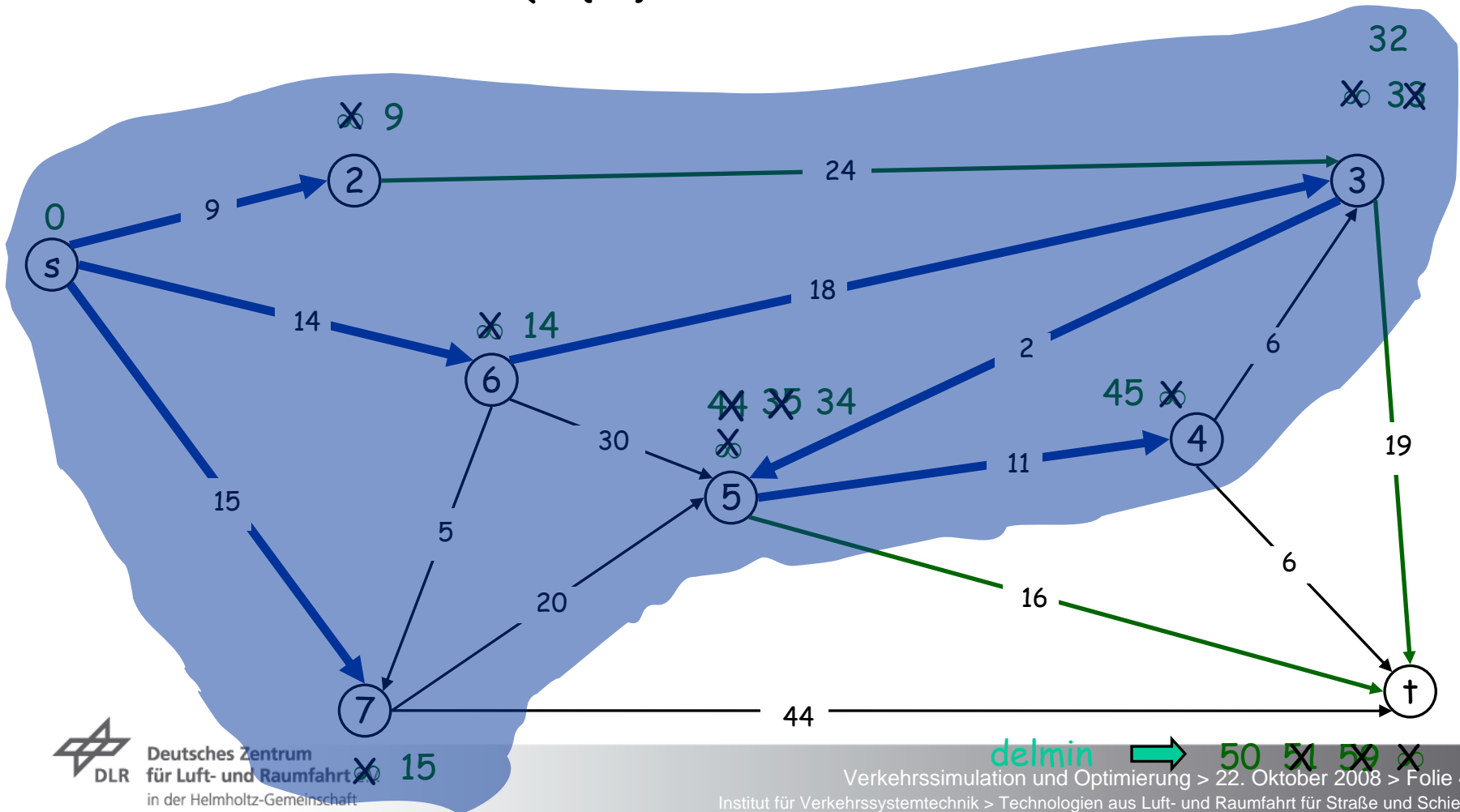
$PQ = \{t\}$



Dijkstra's Shortest Path Algorithmus

$S = \{s, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$

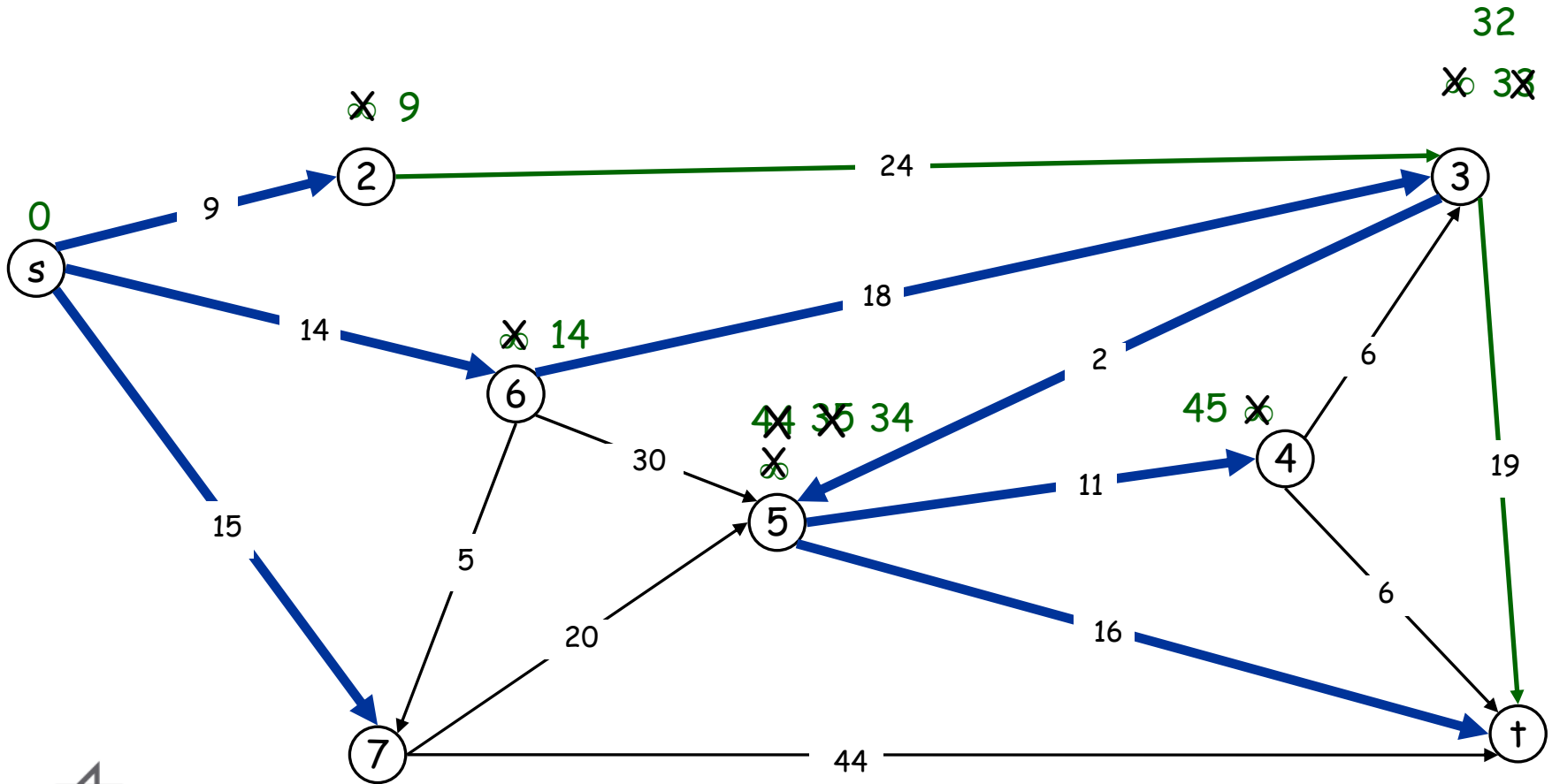
$PQ = \{t\}$



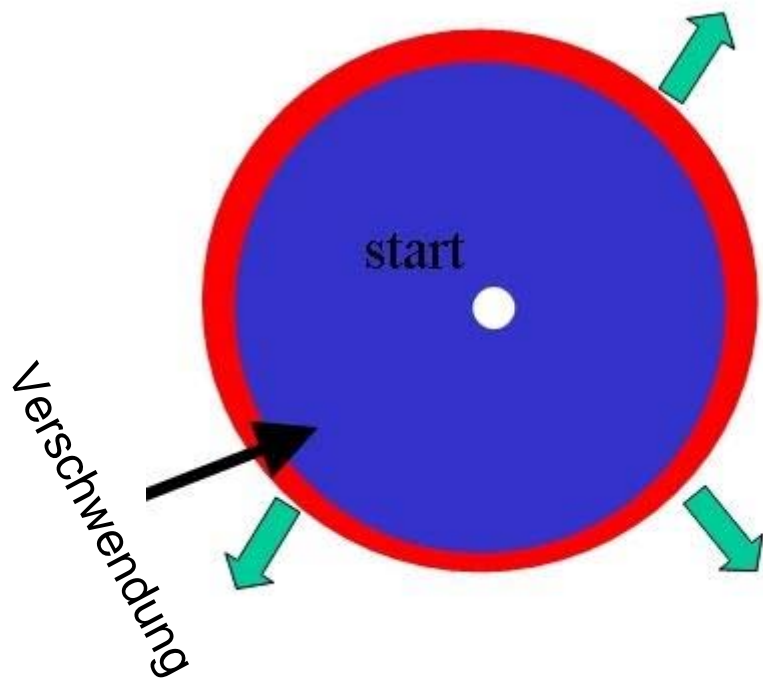
Dijkstra's Shortest Path Algorithm

$S = \{s, 2, 3, 4, 5, 6, 7, t\}$

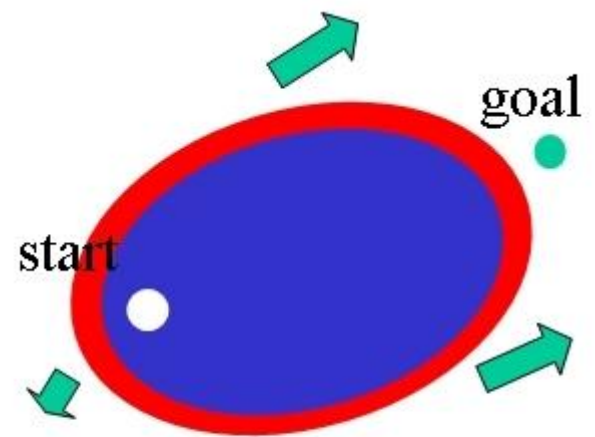
$PQ = \{\}$



Zielgerichteter Dijkstra: A* (A Stern)



Suchraum Dijkstra



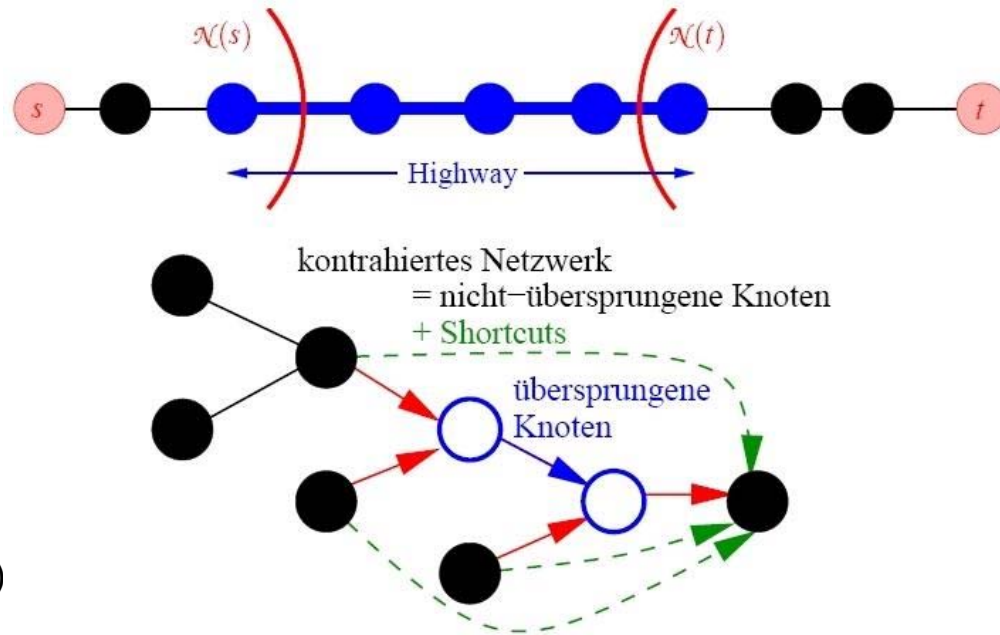
Suchraum A*

Highway Hierarchies

- Idee: Straßen in Hierarchien einteilen:
 - Autobahn (sehr hohe Priorität)
 - Schnellstraße
 - Bundesstraße
 - ...
 - Spielstraße
 - Feldweg (sehr geringe Priorität)

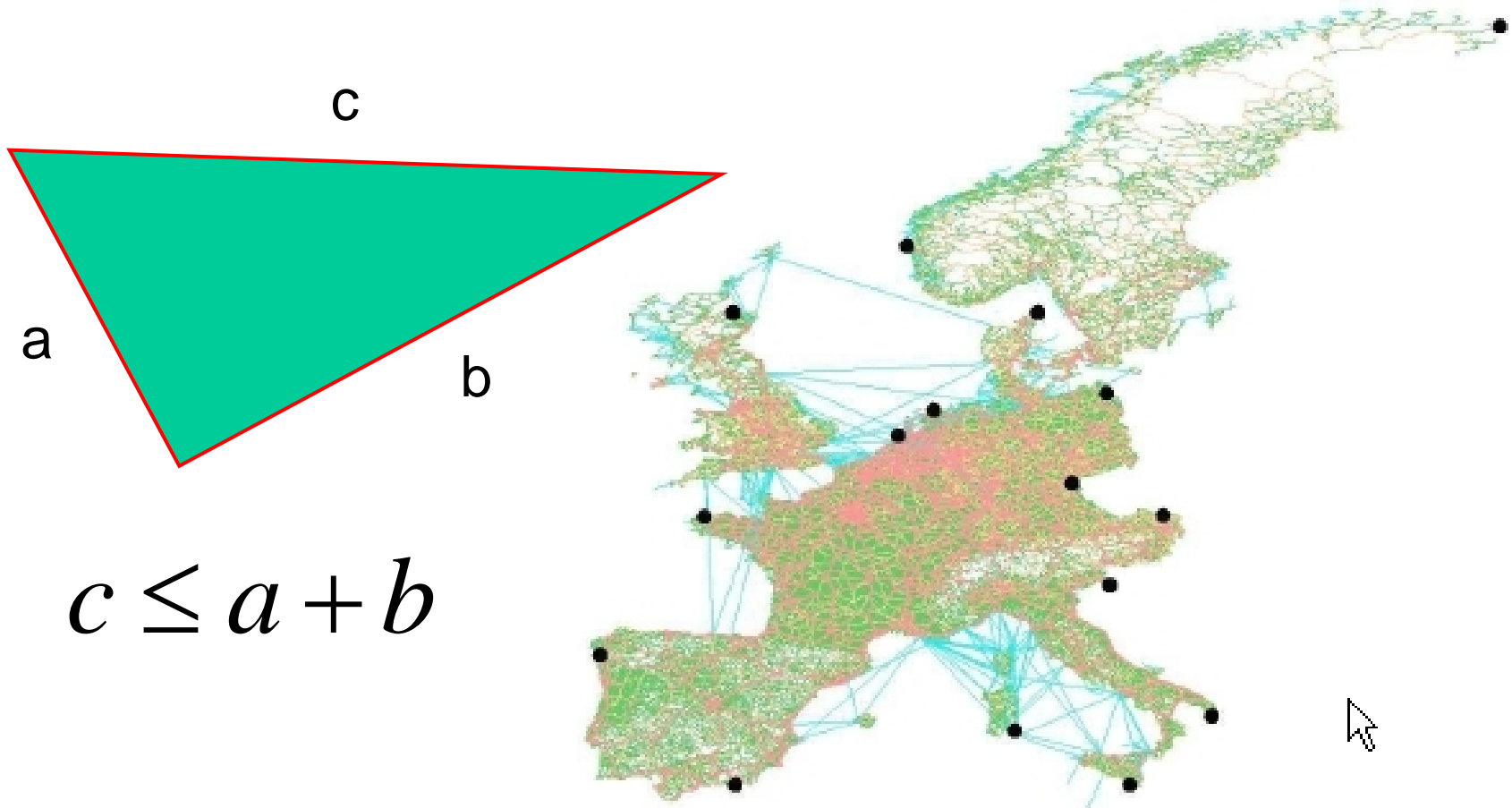
- automatische Bestimmung der Hierarchien

- nicht Bezeichnung der Straße als Grundlage, sondern die tatsächlich kürzesten bzw. schnellsten Wege

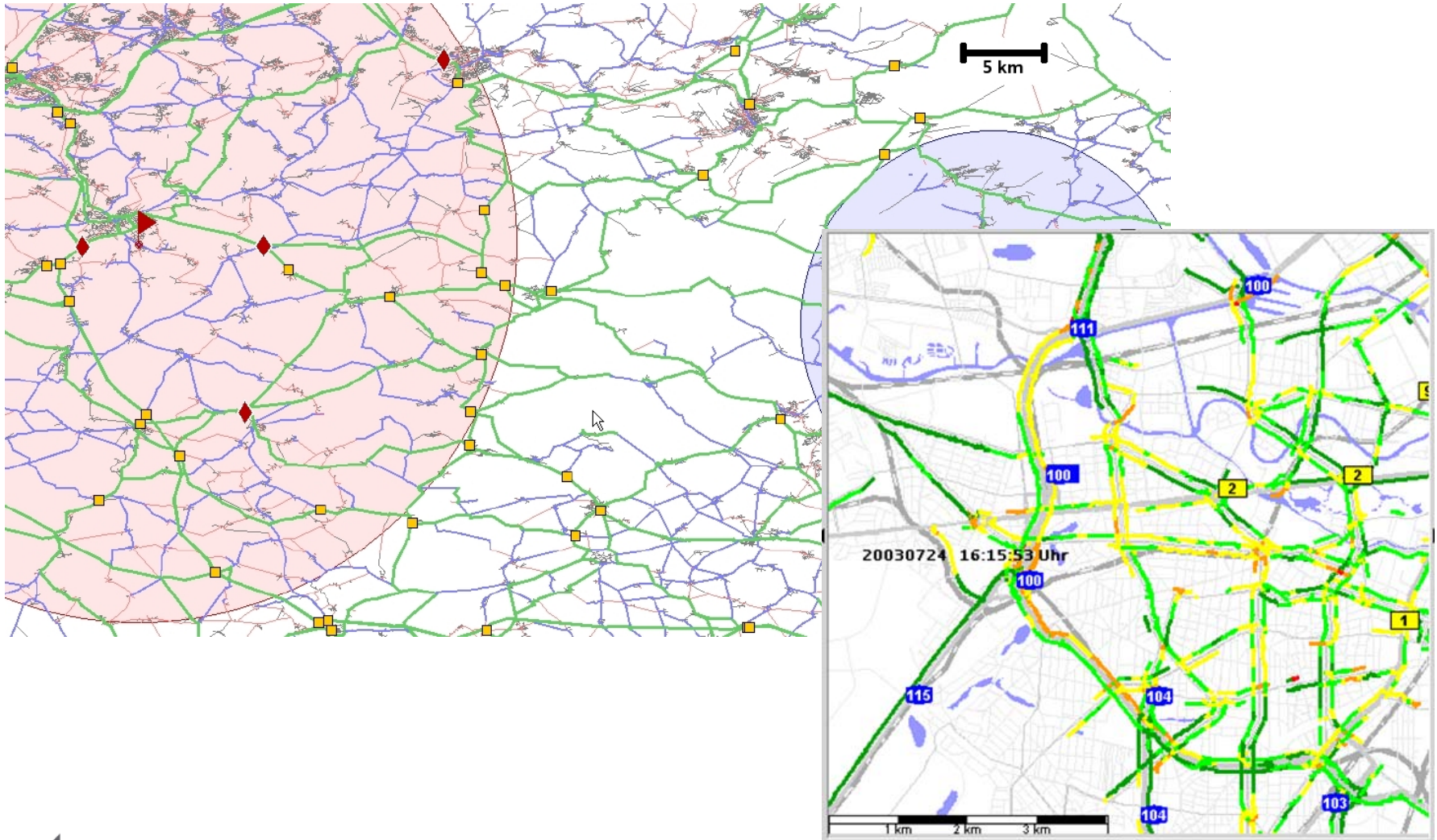


HH* / Landmarks

➤ Highway Hierarchies + A* + Landmarks = HH*



Transit Node- & Dynamic Highway Node Routing





Themenvorstellung Verkehrsumlegung und Matrixanpassung

Yun-Pang Wang



Verkehrsmodellierung

➤ Motivation

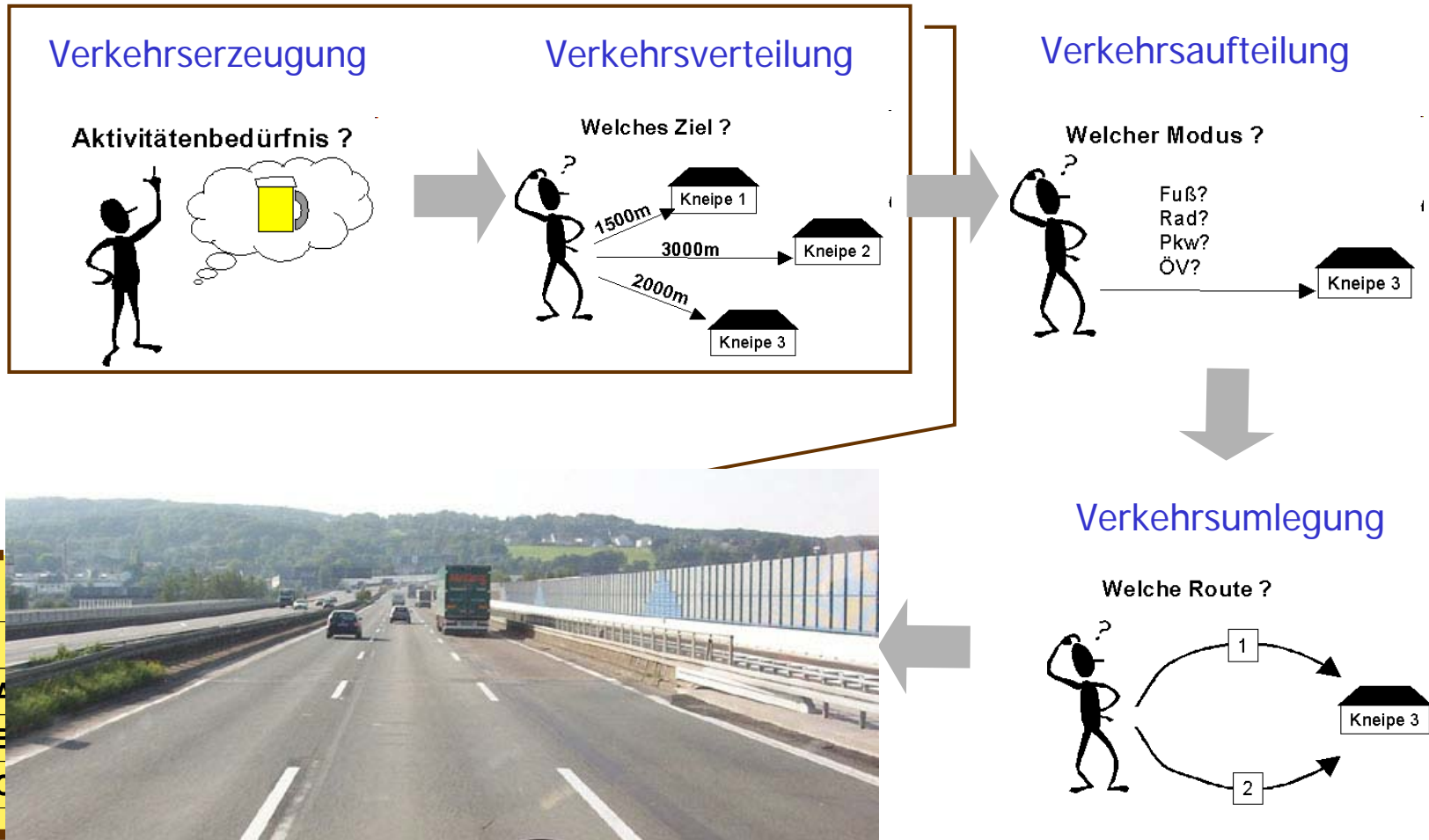
- Schätzen der Verkehrsnachfrage, Identifizieren erforderlicher Infrastruktur sowie Planen des gesamten Verkehrssystems
- Überwachen der Verkehrszustände
- Entwerfen von Verkehrsmaßnahmen und Auswirkungsanalyse



http://www.wdr.de/themen/_images/_images/3/verkehr/verkehrservice/osterferien/stau1_400q.jpg

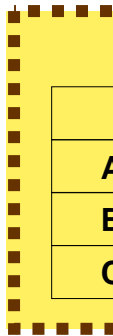


Verkehrsmodellierung



<http://www.autobahnatlas-online.de/Bildergalerie/A1WupperErftNeu1.htm>

http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv/lehre/selfstudy/methoden_start.html



Modelle der Verkehrsumlegung

➤ Makroskopisch

- Betrachtung von Verkehrsmengen
- Ermittlung der Reisezeit anhand des q-v-k Verhältnisses
-



<http://www.arrive.de/index.php?aid=n022&bid=400-2008>

➤ Mikroskopisch

- Betrachtung von jedem Fahrzeugen
- Messung der Reisezeit, Geschwindigkeit....
-



Themen der Verkehrssumlegung

Routesuche

Routenwahl

Wahrnehmung der Fahrer

Optimierungsprinzip

.....

Sukzessivumlegung

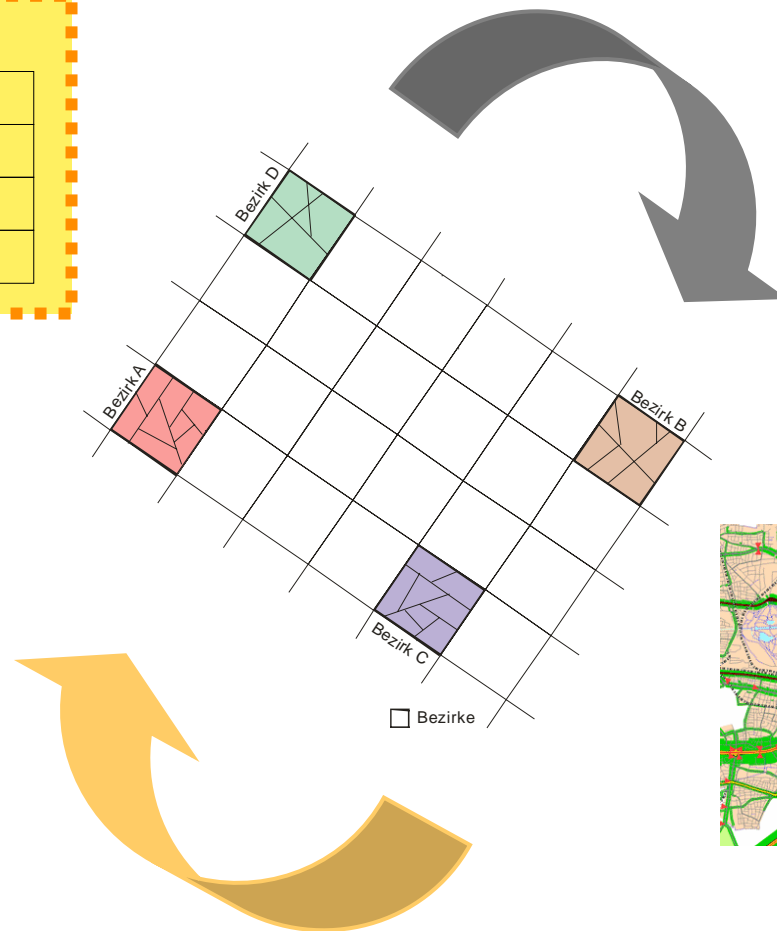
deterministisches
Nutzer-Gleichgewicht (UE)

stochastisches
Nutzer- Gleichgewicht (SUE)

Matrixanpassung mit Hilfe von Verkehrszählungen

Verkehrsnachfrage

	A	B	C
A			
B			
C			



Verkehrsströme



Verkehrszählungen

