

# Flächendeckende Verkehrslageerkennung mit Datenfusion in Düsseldorf

Fachkonferenz

**Verkehrsmanagement und Verkehrstechnologien**

20. Mai 2008

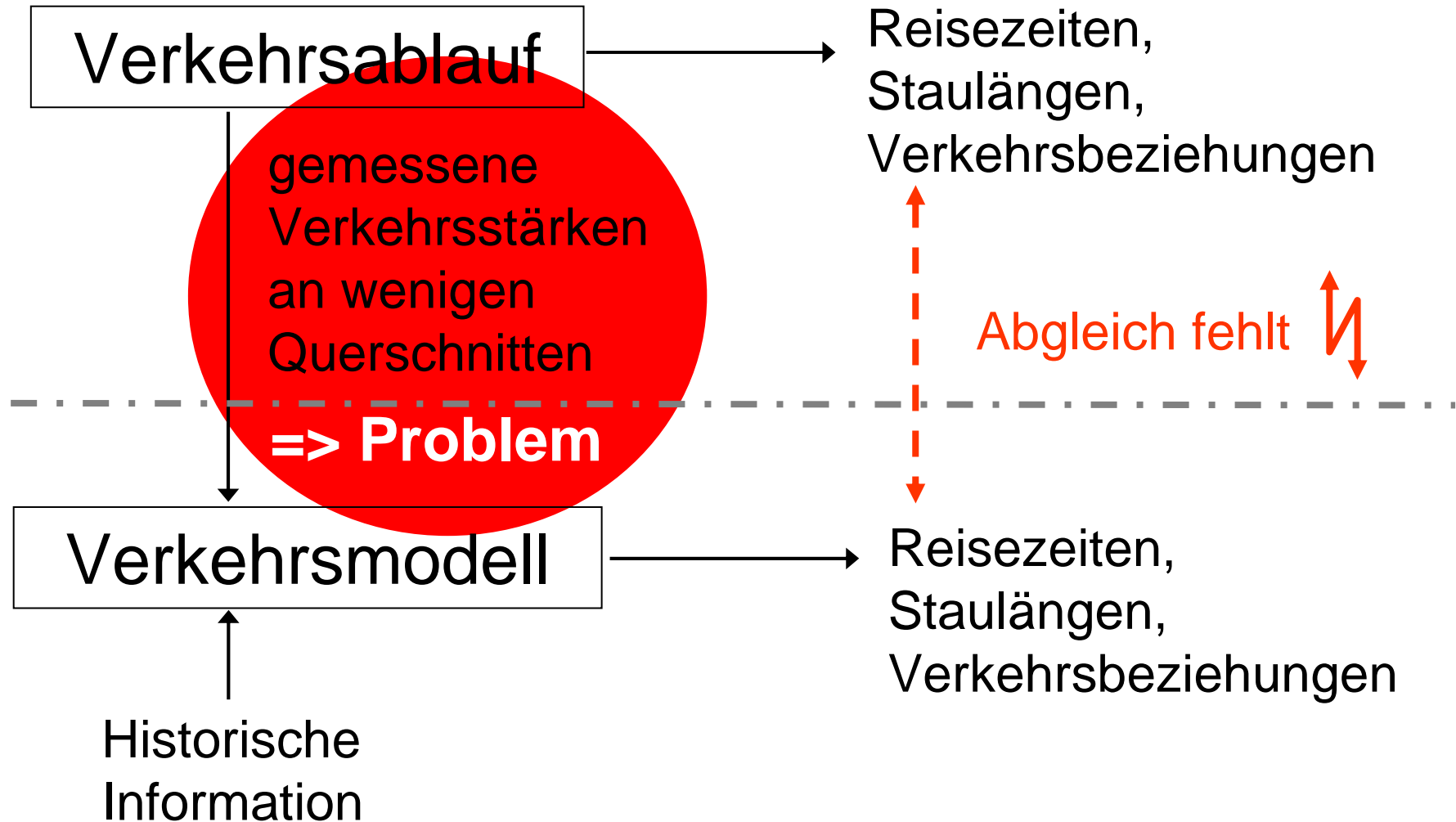
**d**motion  
Düsseldorf in Motion

**Bernhard Friedrich**

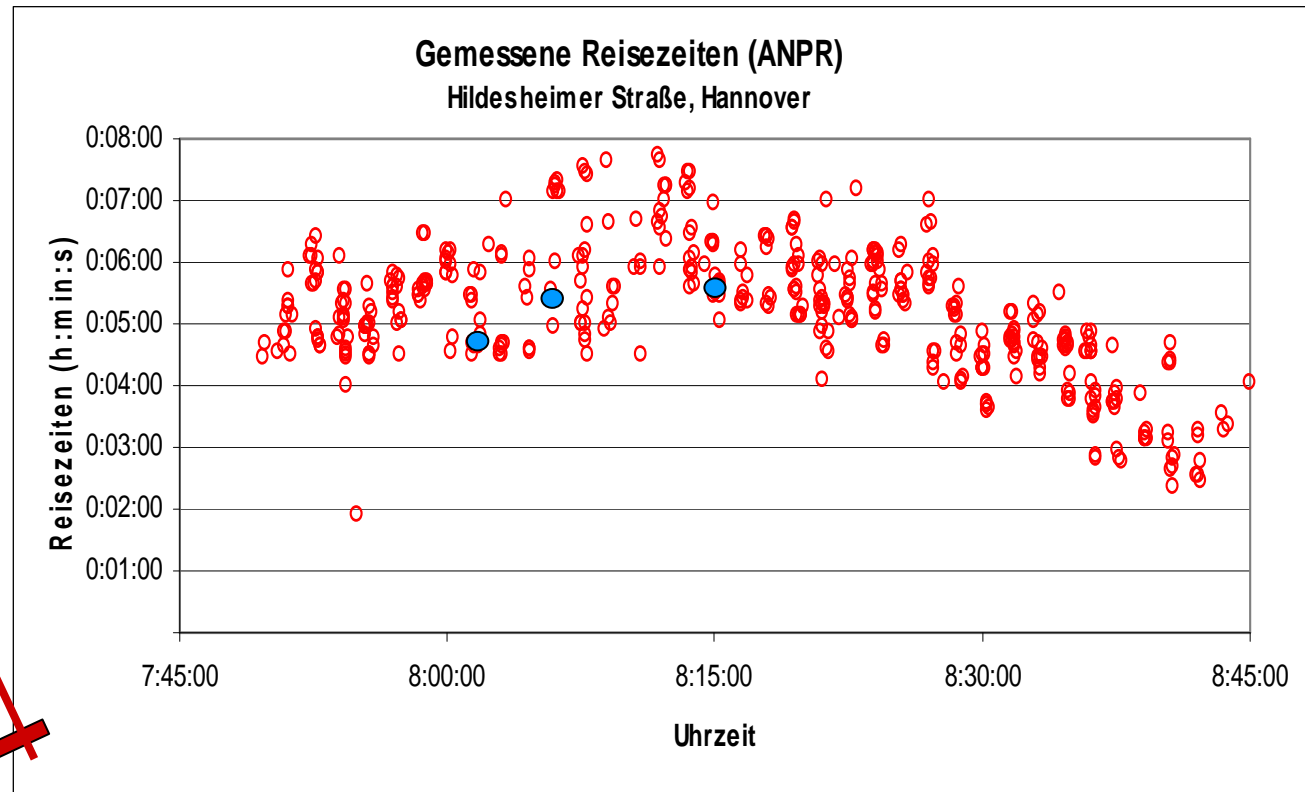
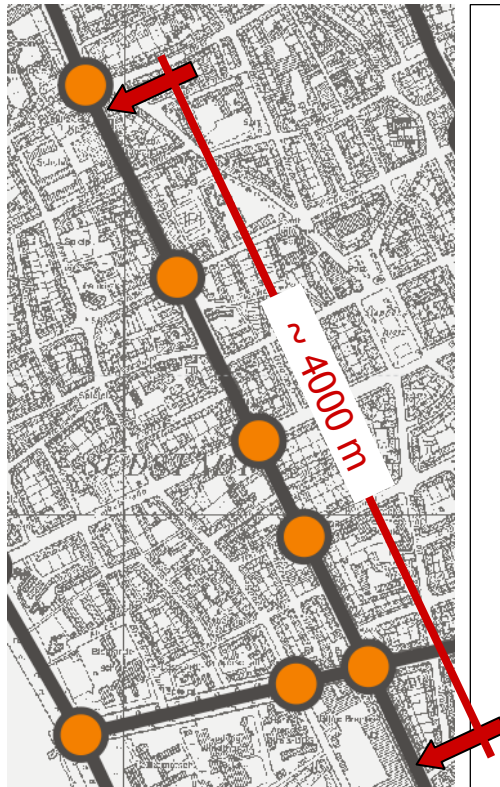
## ▶ Übersicht

- ▶ Warum Datenfusion ?
  
- ▶ Verkehrslageerkennung in Düsseldorf
  - ▶ Netz, Detektorik
  - ▶ Kleinräumige Verkehrsmodelle
  - ▶ Großräumige Verkehrsmodelle
  
- ▶ Datenfusion mit DINO
  - ▶ Ansatzpunkte für Datenfusion
  - ▶ Beschreibung ausgewählter Verfahren
  
- ▶ Kalibrierung und Evaluierung
  
- ▶ Erste Ergebnisse

▶ Verkehrslage – Warum nicht (nur) Verkehrsmodelle ?



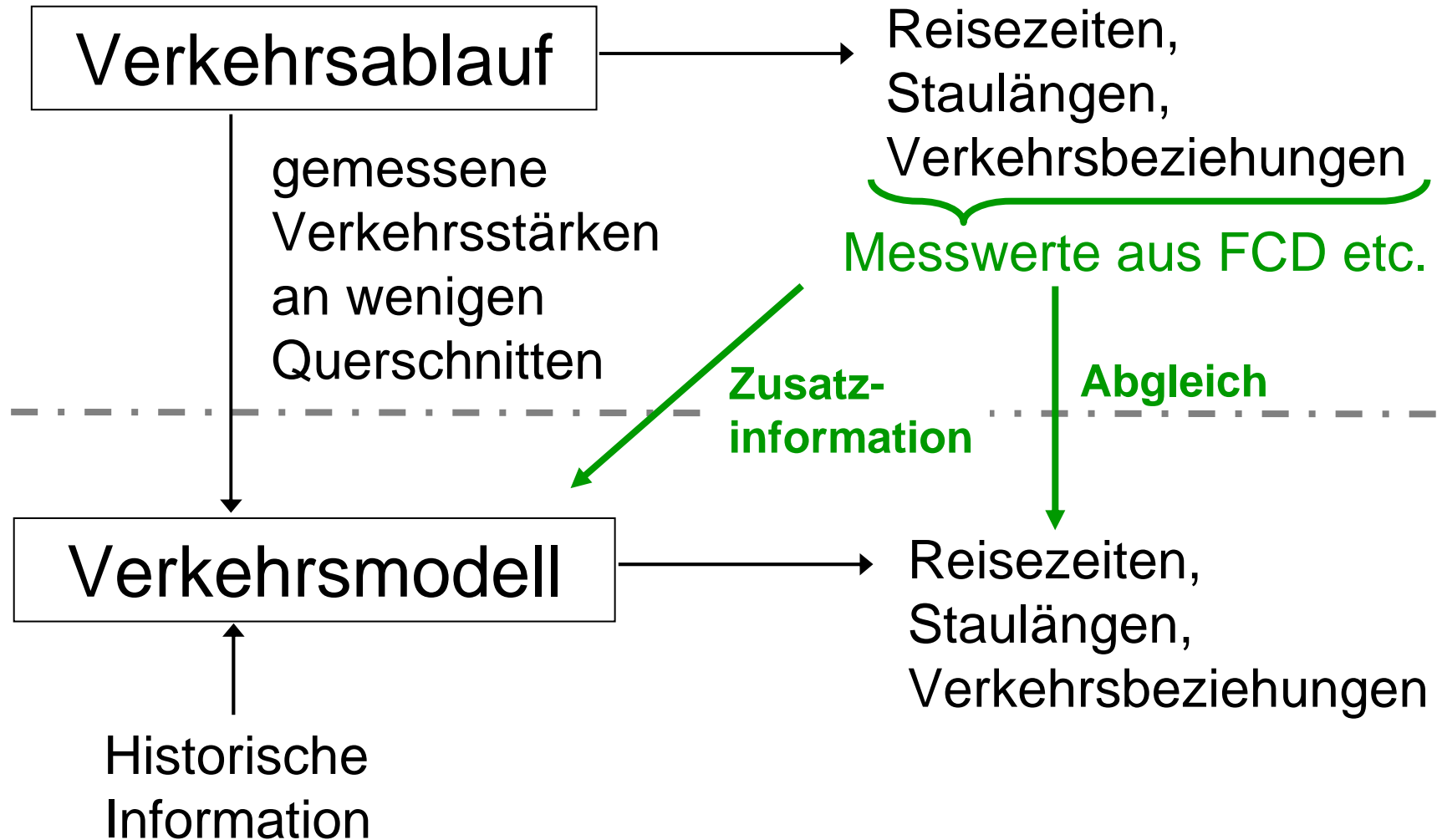
▶ Verkehrslage - Warum nicht (nur) FCD?



**Probleme**

- ▶ statistische Aussage bei geringer Durchdringung
- ▶ für Prognosen sind weitergehende Modelle erforderlich
- ▶ Maßnahmenwirkungen können nicht bewertet werden

## Lösungsidee



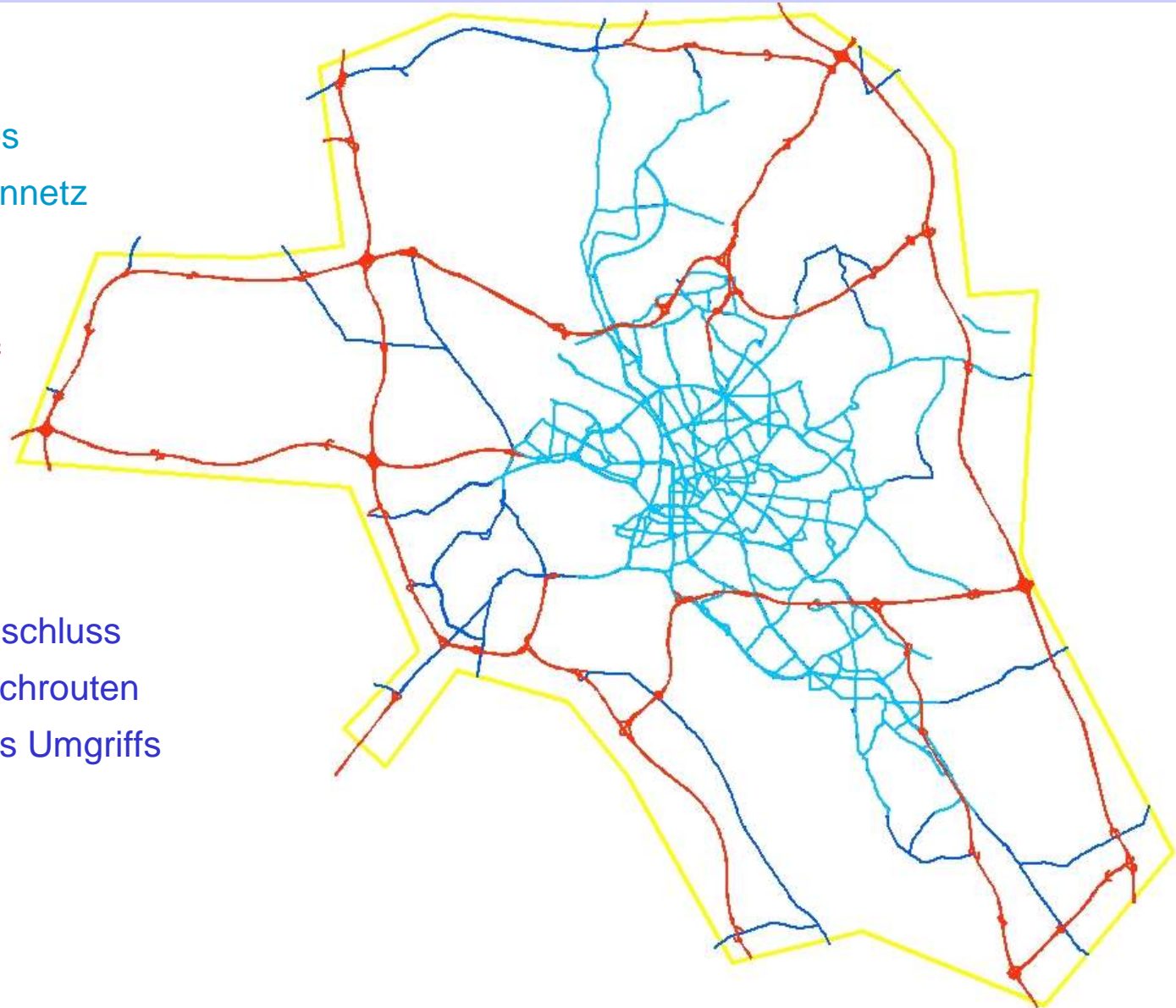
## ▶ Übersicht

- ▶ Warum Datenfusion ?
- ▶ Verkehrslageerkennung in Düsseldorf
  - ▶ Netz, Detektorik
  - ▶ Kleinräumige Verkehrsmodelle
  - ▶ Großräumige Verkehrsmodelle
- ▶ Datenfusion mit DINO
  - ▶ Ansatzpunkte für Datenfusion
  - ▶ Beschreibung ausgewählter Verfahren
- ▶ Kalibrierung und Evaluierung
- ▶ Erste Ergebnisse

## ▶ Verkehrslageerkennung – Netz

### DINO - Netz

- ▶ Strategisches Hauptstraßennetz Düsseldorf
- ▶ **BAB-Umgriff**
- ▶ Neersener Kreuz
- ▶ BAB-Lückenschluss und -Ausweichrouten innerhalb des Umgriffs



## ▶ Verkehrslageerkennung – Detektorik

### Stationäre Detektion

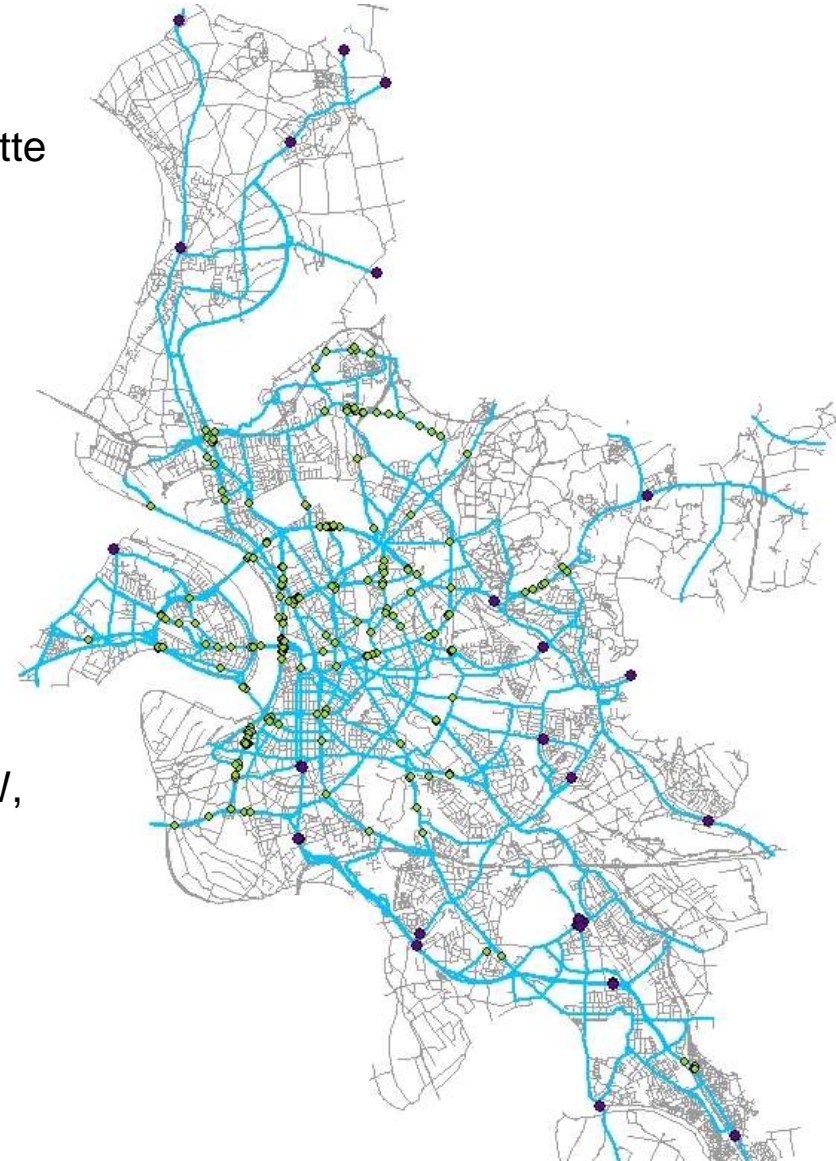
- ▶ 50 innerstädtische Messquerschnitte
- ▶ 481 Autobahn-Messquerschnitte
- ▶ 182 OCIT-LSA
- ▶ 450 Schleifen an OCIT-LSA

### Bewegliche Detektoren

- ▶ 1.400 Taxen + 110 Taxen
- ▶ Priorisierte Straßenbahnen
- ▶ Busse
- ▶ FCD von privaten Anbietern (BMW, ptv)

### Gangliniendatenbank

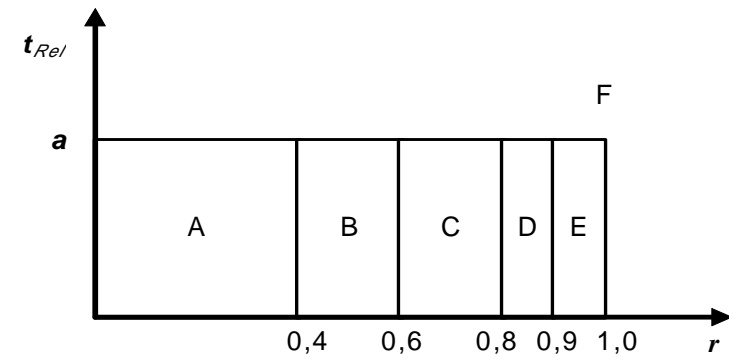
- ▶ 6:00 Uhr – 22:00 Uhr (15 min)
- ▶ 2002 – 2007



## ▶ Kleinräumige Verkehrsmodelle

### Rückstauschätzer (TRANSQEST)

- ▶ OCIT-LSA
- ▶ LSA-Daten + Detektordaten → Schätzung der Rückstaulänge
- ▶ Reisezeit- und Kapazitätsermittlung
- ▶ Berechnung des LOS mittels relativer Reisezeit  $t_{Rel}$  und Auslastungsgrad  $r$



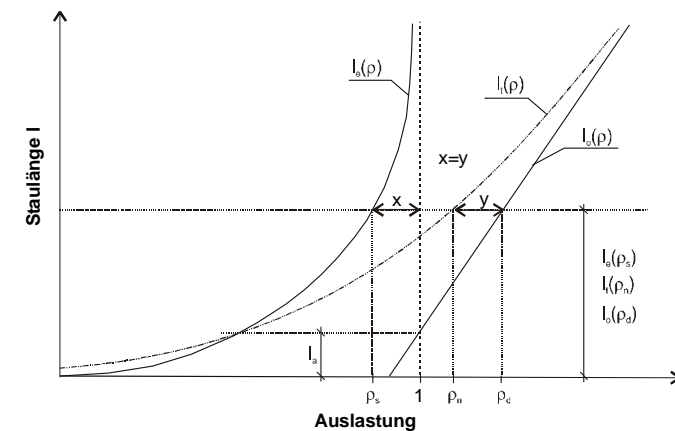
Quelle: Pflichtenheft AP211 (Dmotion)

### Übergangsbereich BAB → Stadt (ptv)

- ▶ Warteschlangenmodell nach Kimber/Hollis
- ▶ Reisezeit- und Warteschlangenbestimmung
- ▶ LOS-Bestimmung in Abhängigkeit von  $t_{Rel}$

### ÖV-FCD (ptv)

- ▶ Reisezeitauswertung zw. Meldepunkten
- ▶ LOS-Bestimmung in Abhängigkeit von  $t_{Rel}$



## Großräumige Verkehrsmodelle – DINO

### Netzweite konsistente Verkehrslageberechnung

- ▶ Dynamische Verkehrslagemodellierung mit DINO (TransVer GmbH München)

### Verkehrsumlegung

- ▶ Quasi-dynamische Verkehrsumlegung 3DAS (Betrachtung mehrerer kurzer Zeitscheiben)
- ▶ Dynamisches Nutzeroptimum (DUE)

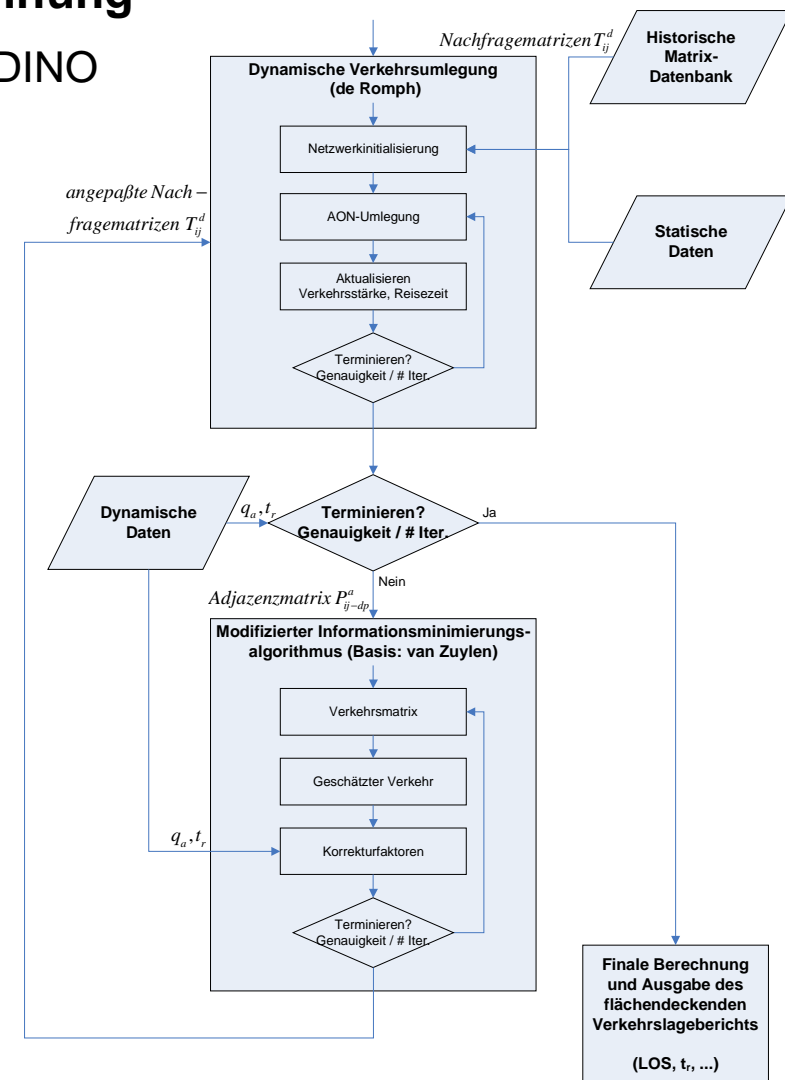
### Matrixschätzung

- ▶ Modifizierter Informationsminimierungsalgorithmus

$$\widehat{V}_a^{p'} = \sum_{d=p'-k+1}^{p'} \sum_{ij} (p_{ij-dp'}^a \cdot T_{ij}^d)$$

### Terminierung

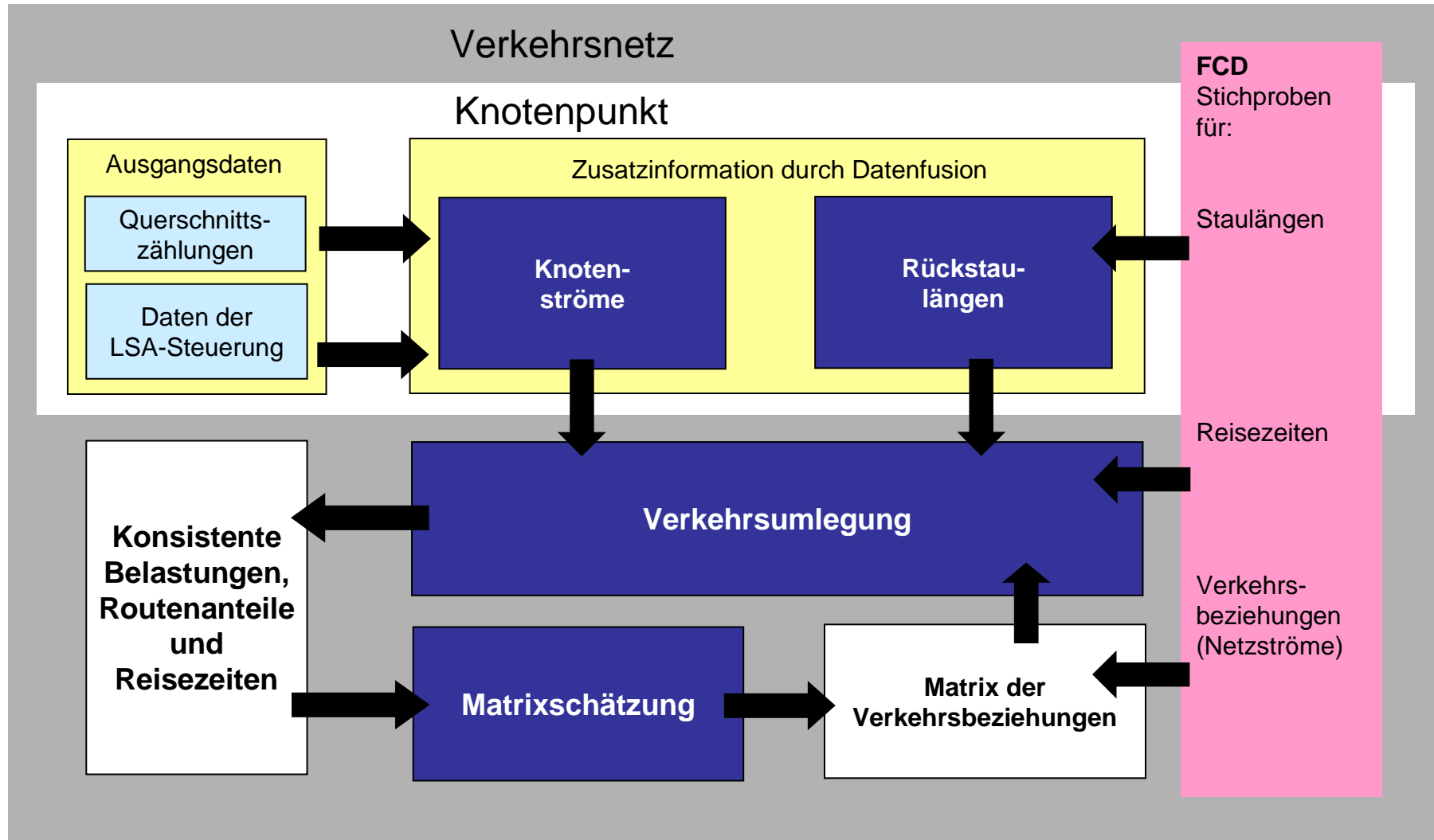
- ▶ Gutes Ergebnis
- ▶ OD-Matrix-Anpassung sehr klein
- ▶ Rechenzeit



## ▶ Übersicht

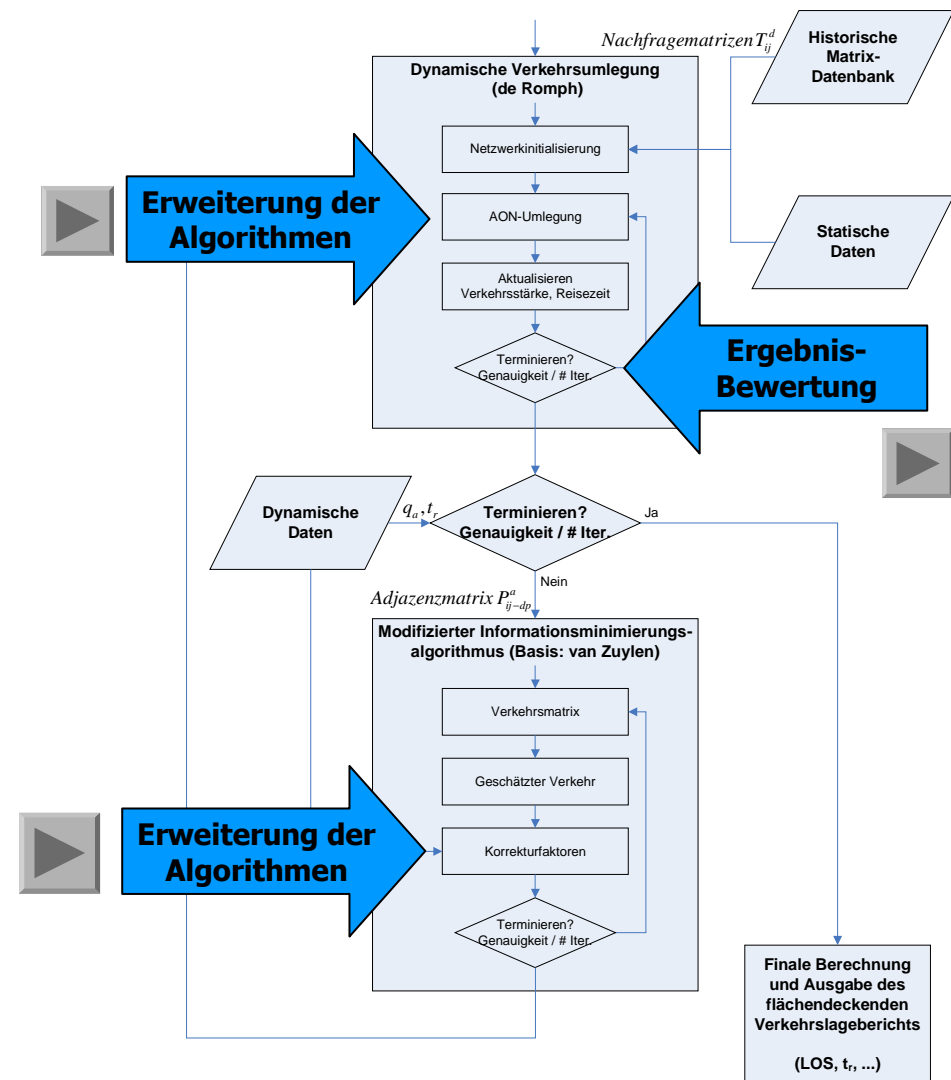
- ▶ Warum Datenfusion ?
  
- ▶ Verkehrslageerkennung in Düsseldorf
  - ▶ Netz, Detektorik
  - ▶ Kleinräumige Verkehrsmodelle
  - ▶ Großräumige Verkehrsmodelle
  
- ▶ Datenfusion mit DINO
  - ▶ Ansatzpunkte für Datenfusion
  - ▶ Beschreibung ausgewählter Verfahren
  
- ▶ Kalibrierung und Evaluierung
  
- ▶ Erste Ergebnisse

## Konzept der Datenfusion - Modellbausteine



## Datenfusion – Ansatzpunkte

- ▶ **Algorithmenerweiterung (3DAS)**
  - ▶ Einbindung von aktuellen Freigabezeiten
  - ▶ Parametereichung
- ▶ Bewertung der Umlegung
- ▶ Algorithmenentwicklung (mod. IM)
  - ▶ Klassifizierung nach Reisezeiten
  - ▶ Klassifizierung nach LOS
- ▶ **Keine Ergebnisverschneidung**
- ▶ **Keine Umrechnungsverfahren**
  - ▶ Umkehrfunktion
  - ▶ Fundamentaldiagramm



## ▶ Übersicht

- ▶ Warum Datenfusion ?
  
  - ▶ Verkehrslageerkennung in Düsseldorf
    - ▶ Netz, Detektorik
    - ▶ Kleinräumige Verkehrsmodelle
    - ▶ Großräumige Verkehrsmodelle
  
  - ▶ Datenfusion mit DINO
    - ▶ Ansatzpunkte für Datenfusion
    - ▶ Beschreibung ausgewählter Verfahren
- ▶ Kalibrierung und Evaluierung
- 
- ▶ Erste Ergebnisse

## ▶ Kalibrierung und Evaluierung

### **Kalibrierung**

- ▶ Felduntersuchung zur Datenaufnahme auf zwei verschiedenen Rundkursen
  - ▶ 12 Fahrzeuge mit GPS-Trackern
  - ▶ ANPR-Geräte
- ▶ Überprüfung von Eingangs- und Ausgangsgrößen von DINO
- ▶ Ermittlung eines optimalen Parametersatzes
  - ▶ Kapazität, Geschwindigkeit, ...
- ▶ Sensitivitätsanalyse dieser Parameter

### **Evaluierung**

- ▶ Anhand eines neue Datensatzes
  - ▶ Erhebung analog Kalibrierung
  - ▶ andere Rundkurse

## ▶ Übersicht

- ▶ Warum Datenfusion ?
  
- ▶ Verkehrslageerkennung in Düsseldorf
  - ▶ Netz, Detektorik
  - ▶ Kleinräumige Verkehrsmodelle
  - ▶ Großräumige Verkehrsmodelle
  
- ▶ Datenfusion mit DINO
  - ▶ Ansatzpunkte für Datenfusion
  - ▶ Beschreibung ausgewählter Verfahren
  
- ▶ Kalibrierung und Evaluierung
  
- ▶ Erste Ergebnisse

▶ Dmotion – Resultate



The screenshot shows the Dmotion website interface for traffic management in Düsseldorf. At the top, it identifies the 'Amt für Verkehrsmanagement Landeshauptstadt Düsseldorf'. A central banner displays a traffic alert: 'Rheinalleetunnel bis 29.02.08 gesperrt: Fahrtrichtung Innenstadt eine Fahrspur zwischen 10:00 und 10:00 Uhr, Fahrtrichtung Heerdt / A52 eine Fahrspur zwischen 06:00 und 15:00 Uhr.' Below this is a large map of Düsseldorf with traffic flow visualized using a color scale: red for congestion, yellow for dense traffic, and green for free-flowing traffic. Major roads like A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29, A30, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39, A40, A41, A42, A43, A44, A45, A46, A47, A48, A49, A50, A51, A52, A53, A54, A55, A56, A57, A58, A59, A60, A61, A62, A63, A64, A65, A66, A67, A68, A69, A70, A71, A72, A73, A74, A75, A76, A77, A78, A79, A80, A81, A82, A83, A84, A85, A86, A87, A88, A89, A90, A91, A92, A93, A94, A95, A96, A97, A98, A99, A100 are visible. The interface includes a left sidebar with 'Verkehrsinformationen' and a legend for 'Verkehrslage' (Actual, Prognose, Baustellen, etc.). A right sidebar shows 'Infos anzeigen' and 'Aktuelle Verkehrslage' with a message: 'Momentan sind keine Informationen zur aktuellen Verkehrslage vorhanden.' The bottom of the page features navigation links: 'Startseite', 'Baustellen Straßen.NRW', and 'Fenster schließen'.

## Dmotion – Resultate

Vergleich der Verkehrsstärken auf der Oberkasseler Brücke  
Messung vs. Modell



Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 19B5005 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**  
dmotion  
Düsseldorf in Motion

[www.dmotion.info](http://www.dmotion.info)

Bernhard Friedrich

[friedrich@tu-braunschweig.de](mailto:friedrich@tu-braunschweig.de)

Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

## ▶ Datenfusion – Ansatzpunkte – Kalibrierung

### **Kurzfristige Kalibrierung**

- ▶ OCIT-LSA
  - ▶ Online Anbindung der OCIT-LSA an die Verkehrsleitzentralen
  - ▶ u.a. Übermittlung der aktuellen Freigabezeitanteile aller Verkehrsströme
  - ▶ Verwendung der aktuellen Freigabezeitanteile anstelle von statisch hinterlegten Werten
- ▶ Verwendung einer Wochenautomatik

### **Nachhaltige Kalibrierung des Warteschlangenmodells**

- ▶ Längerfristige Analyse (Tage, Wochen, Monate) der Warteschlangen
- ▶ Abgleich zwischen berechneten und übergebenen Rückstaulängen
- ▶ Netzweites Anpassen von Modellparametern
  - ▶ Realitätsnäheres Auf- und Abbauverhalten der Warteschlangen
  - ▶ bessere Abschätzung der Warteschlangenlänge



## ▶ Datenfusion – Ansatzpunkte – Umlegungsbewertung

### Verlagerung der Terminierung

- ▶ Primäres Ziel von DINO: Verkehrslageberechnung
- ▶ Vergleich der berechneten Daten mit den übergebenen Daten nach Umlegung möglich

### Bewertung der Umlegung

- ▶ Einführung einer kantenbasierten Straffunktion
- ▶ „Bestrafung“ der Abweichung des berechneten vom übergebenen Wert je Kante

$$f_{ij} = c_j \gamma_i |\hat{x}_i - x_i|^{y_j}$$

- ▶ Aufsummieren der Strafterme und Abgleich mit einem vordefinierten zulässigen Höchstwert

$$F = \sum_{j,i} f_{ij} = \sum_j c_j \sum_i \delta_{ij} \gamma_i |\hat{x}_i - x_i|^{y_j}$$



## ▶ Datenfusion – Ansatzpunkte – Klassifizierung

- ▶ Ziel: Ermittlung von qualitativen Korrekturfaktoren aus Reisezeiten für die Verwendung im modifizierten Informationsminimierungsalgorithmus
- ▶ Festlegen einer „typischen Reisezeit“ und Ableitung von Klassen

$$t_{typ} = L/v + \frac{t_u/t_F}{t_u/t_F - 1} \cdot \frac{(t_u - t_F)^2}{2 \cdot t_u}$$

$$t < t_{typ} - x, t \in [t_{typ} - x, t_{typ} + x], t > t_{typ} + x$$

- ▶ Vergleich der „typischen Reisezeit“ mit der übergebenen Reisezeit  $t$

$$t \in [t_{typ} - x, t_{typ} + x] \Rightarrow X = q_{typ} / q_{ber}$$

$$(t < t_{typ} - x) \wedge q_{ber} > q_{typ} \Rightarrow X = "0,9"$$

$$(t < t_{typ} - x) \wedge q_{ber} < q_{typ} \Rightarrow X = 1$$

$$(t > t_{typ} + x) \wedge q_{ber} > q_{typ} \Rightarrow X = 1$$

$$(t > t_{typ} + x) \wedge q_{ber} < q_{typ} \Rightarrow X = "1,1"$$



## Datenfusion – Ansatzpunkte

- ▶ ~~Ergebnisverschneidung mit anderen Modellen~~
- ▶ ~~Umrechnungsverfahren (für mod. IM)~~
  - ▶ ~~Umkehrfunktion~~
  - ▶ ~~Fundamentaldiagramm~~
- ▶ Algorithmenerweiterung (3DAS)
  - ▶ Einbindung von aktuellen Freigabezeiten
  - ▶ Parametereichung
- ▶ Bewertung der Umlegung
- ▶ Algorithmenentwicklung (mod. IM)
  - ▶ Klassifizierung nach Reisezeiten
  - ▶ Klassifizierung nach LOS

