

Datenfusionstechniken für eine ballungsraum- übergreifende Verkehrslageerkennung

Daniel Schmidt,

Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, Leibniz Universität Hannover,
Appelstr. 9A, D-30167 Hannover, Tel.: +49-511-762-4990, Fax: +49-511-762-2520, Email:
schmidt@ivh.uni-hannover.de

Peter Maier

GEVAS software; Nymphenburger Str. 14, D-80335 München, Tel.: +49-89-255597-38, Fax:
+49-89-255597-66, Email: peter.maier@gevas.de

Ralf Poppenborg

Amt für Verkehrsmanagement, Stadt Düsseldorf, Auf'm Hennekamp 45, D-40225 Düsseldorf,
Tel.: +49-211-899-4698, Fax: +49-211-8929-277, Email:
ralf.poppenborg@stadt.duesseldorf.de

Florian Weichenmeier

GEVAS software; Nymphenburger Str. 14, D-80335 München, Tel.: +49 (0)89 25 55 97 - 25,
Fax: +49 (0)89 25 55 97 - 66, Email: florian.weichenmeier@gevas.de

Stichworte: Datenfusion, Datenvervollständigung, baulasträgerübergreifende Verkehrslage,
Taxi-FCD, ÖV-FCD

Kurzfassung

Dieser Beitrag beschreibt die Techniken zur übergreifenden Verkehrslageberechnung für den gesamten Ballungsraum von Düsseldorf, die in dem Projekt Dmotion entwickelt werden. Verschiedenste Datenquellen, darunter Taxi-FCD, Messquerschnittsdaten, Ausgaben von LSA-nahen Schleifen und von ÖV-Fahrzeugen, sollen dabei fusioniert und ergänzt werden. Dazu wird das im Mobiball-Projekt MOBINET entwickelte Verfahren zur Verkehrslagemodellierung DINO so erweitert, dass qualitativ unterschiedliche Verkehrsdatenarten jeweils an geeigneten Stellen des Modells Eingang finden können. Das Ziel ist es, damit ein genaueres und vollständigeres Bild der Verkehrslage zu erhalten.

1 Einführung

Das Ziel des Forschungsprojekts Dmotion („Düsseldorf in Motion“) ist die baulasträgerübergreifende strategische Steuerung von Verkehrsströmen anhand einer ballungsraumweiten Verkehrslageberechnung. Aufgrund der nicht ausreichenden Ausstattung mit stationären Detektoren sollen zusätzlich weitere Verkehrsdatenquellen, u.a. Taxi-FCD und ÖV-FCD, eingesetzt werden. Datenfusion und -vervollständigung sind notwendig, um diese qualitativ unterschiedlichen Datenarten zu verbinden und Verkehrsinformationen auch auf den nicht-detektierten Straßenabschnitten zu erhalten. Zu diesem Zwecke wird das im Forschungsprojekt MOBINET entwickelte Verfahren DINO (Dynamischer NetzMonitor) (1) mit verschiedenen Datenfusionstechniken ausgestattet und weiterentwickelt. Das Forschungsprojekt wird im Rahmen der VM2010-Initiative vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.

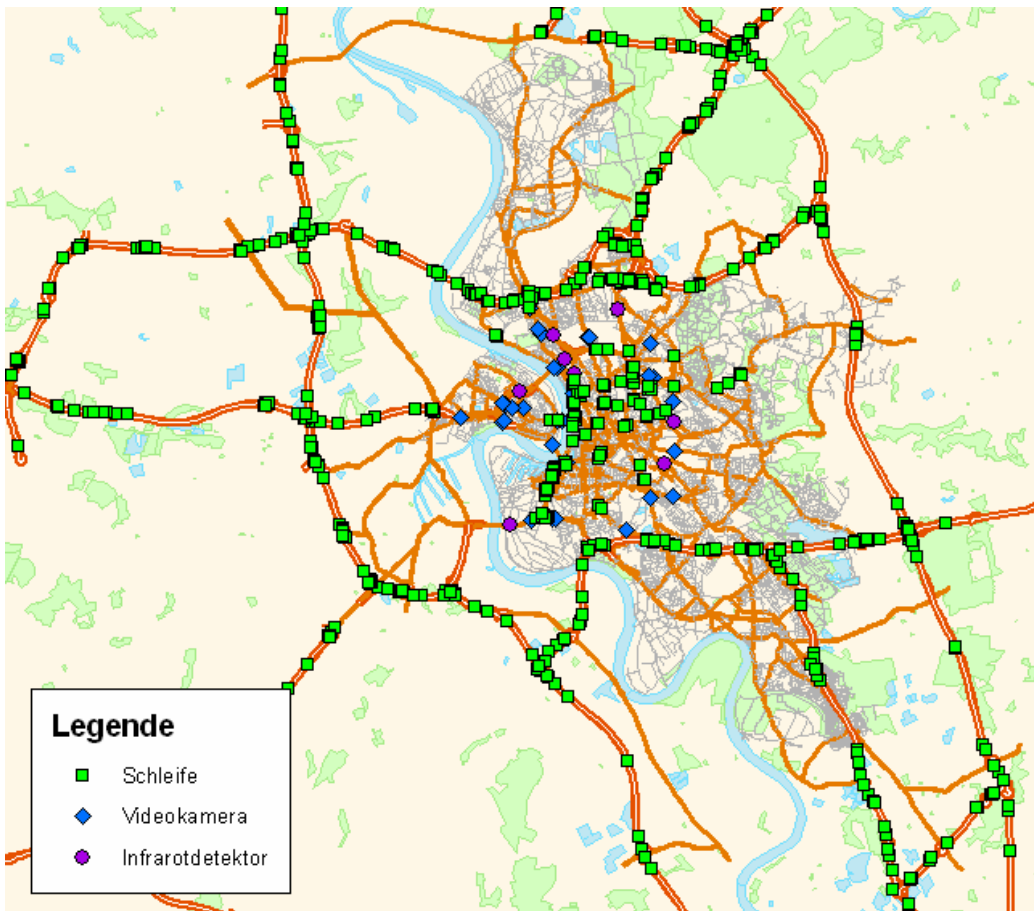


Bild 1: Ballungsraum Düsseldorf

Für die Berechnung der aktuellen Verkehrslage in einem Ballungsraum wird in DINO ein zweistufiger Modellansatz verwendet. In der ersten Phase wird mit Hilfe des quasidynamischen Umlegungsverfahrens 3DAS von de Romph (2) ein geschätzter Verkehrszu-

stand basierend auf einer Quelle-Ziel-Matrix (QZ-Matrix) berechnet. Unter Verwendung der berechneten und gemessenen Verkehrsstärken findet in der zweiten Phase eine Anpassung der verwendeten QZ-Matrix statt. Dazu wird eine zeitabhängige Erweiterung des Informationsminimierungsmodell nach van Zuylen (3) verwendet. Die angepasste QZ-Matrix wird dann erneut mit dem 3DAS-Verfahren umgelegt. Dieses Vorgehen wird so lange iterativ wiederholt, bis die Umlegung der QZ-Matrix die gemessenen Werte mit ausreichender Genauigkeit reproduziert oder die maximal zur Verfügung stehende Rechenzeit ausgeschöpft wurde.

2 Stand der Forschung und Technik zur Datenfusion

Die Notwendigkeit der Datenfusion von Daten aus unterschiedlichen Quellen für eine verbesserte Berechnung der aktuellen Verkehrslage wurde bereits in der Vergangenheit erkannt und untersucht. Hierbei handelte es sich meist um die Verbindung stationärer Detektion mit FCD-Daten.

Friedrich (4) beschreibt die theoretischen Einsatzmöglichkeiten für die Verbesserung der Verkehrslagemodellierung und geht hauptsächlich auf die Möglichkeit der Parametereichung innerhalb der Verkehrsmodelle mit Hilfe der FCD-Daten ein. Vortisch (5) geht in seiner Dissertation und deren praktischer Umsetzung in der VMZ Berlin bereits einen Schritt weiter. Er verwendet FCD-Daten direkt für die Verkehrslagebestimmung. Jedoch werden bei seinem Verfahren zwei getrennte Verkehrslagebilder berechnet; zum einen aus der stationären Detektion und zum anderen aus FCD-Daten. In einem weiteren Schritt wird abhängig von der Zuverlässigkeit der beiden Verkehrslagebilder entschieden, ob eine Anpassung der Verkehrslage aus stationärer Detektion notwendig ist oder nicht. Hierbei werden explizit nur positive Veränderungen des Verkehrszustandes erlaubt.

Eine weitere Herangehensweise an das Problem der Datenfusion ist bei Offermann (4) und Glas (5) zu finden. Sie haben untersucht, wie sich Verfahren der neuronalen Programmierung auf den Verkehrssektor übertragen lassen und im speziellen für die Berechnung der aktuellen Verkehrslage unter Berücksichtigung verschiedener Datenquellen auf Richtungsfahrbahnen (Offermann) bzw. in Netzen (Fritz, Glas) eignen.

3 Datenfusion im Projekt Dmotion

Der grundlegende Gedanke zur Datenfusion im Projekt Dmotion ist folgender: Die Daten von Messstellen und spezialisierten Verkehrsmodellen sollen nicht „verschnitten“, also mit unterschiedlicher Gewichtung gemittelt, sondern „veredelt“ werden. Dazu werden sie einem übergeordneten Verkehrsmodell direkt als Eingangsdaten für die Algorithmen zur Verfügung gestellt. Je nach Ausprägung der Daten finden sie an verschiedenen Stellen in den Modellen von DINO Eingang. Ein besonderer Schwerpunkt liegt in der Berücksichtigung der Reisezeiten von Floating Cars in der bisher nur auf Verkehrsstärke-Informationen aufbauenden Quelle-Ziel-Schätzung nach van Zuylen. Daneben ist ein wichtiges Element die ständige Berechnung von Güteangaben für die Ergebnisdaten (also die Eingangsdaten für DINO) durch die spezialisierten Modelle. Diese Güteangaben finden einerseits Eingang in den veränderten Informationsminimierungsalgorithmus für die QZ-Matrix-Anpassung. Andererseits werden mit Hilfe dieser Güteangaben durch DINO Vertrauensbereiche festgelegt, welche wiederum Grundlage für das Abbruchkriterium des Verfahrens sind. Dabei werden die Ergebnisse des Umlegungsverfahrens mit den „Messwerten“ verglichen, wobei die Vertrauensbereiche Berücksichtigung finden.

Im Folgenden werden zunächst die zur Verfügung stehenden Infrastrukturdaten und spezialisierten Verkehrsmodelle beschrieben, im Anschluss dann die Stellen in den Algorithmen von DINO, in die diese Daten eingebracht werden sollen.

3.1 Netzumgriff und Verkehrsnetzversorgung

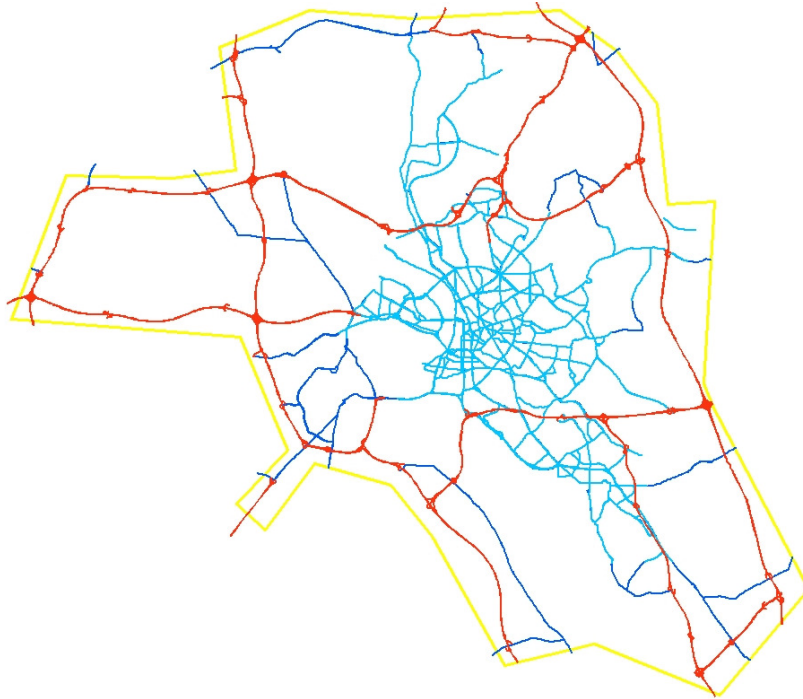


Bild 2: Strategisches Netz Ballungsraum Düsseldorf (hellblau: innerstädtisches Netz; rot: Autobahnen; dunkelblau: Bundes- und Landstraßen)

Zu Beginn des Forschungsprojekts wurde das strategische Netz für das Forschungsprojekt definiert. Es besteht aus den Haupt- und Durchgangsstraßen des städtischen Netzgraphen sowie den umliegenden Autobahnen und wichtigen Bundes- und Landstraßen, die für Umgehungsverkehre in Betracht kommen. Insgesamt wurden dabei 7000 richtungsgetrennte Straßenkanten mit einer Gesamtlänge von 1500 km spurfein mit allen Aufweitungen im Knotenbereich versorgt. 625 Lichtsignalanlagen wurden mit den angeschlossenen Detektionseinrichtungen und den Meldepunkten des ÖV sowie allen Abbiegemöglichkeiten eingepflegt. Der Leitgedanke dieser umfangreichen Arbeiten war die Erstellung einer Versorgung „aus einer Hand“, die für alle angeschlossenen klein- und großräumigen Verkehrsmodelle ausreichend detailliert ist. Als erklärtes Ziel sollte mit einem integrierten, konsistenten und komfortablen Versorgungswerkzeug demonstriert werden, dass die selbständige Weiterpflege und damit ein einfacher Weiterbetrieb von Verkehrsmodellen für Kommunen auch nach Abschluss der Forschungsarbeiten möglich und praktikabel ist.

Dieser Leitgedanke wurde auch bei der Einbindung der Netzversorgung der Autobahnzentralen verfolgt. Deshalb wurden weitgehend automatisierte Importmöglichkeiten für die Straßenkanten und Messquerschnittsdaten des Datenverteilers des BLAK geschaffen. Dies ermöglicht auch die direkte Übernahme der dynamischen Verkehrsdaten auf den umliegenden Autobahnenstrecken, die vom Landesbetrieb Straßen.NRW bereitgestellt werden.

Aus dem städtischen Stadtplanungsamt wurden auch die dort gepflegten Quelle-Ziel-Matrizen der Verkehrsbelastungen übernommen, die für Dmotion stundenfein umgerechnet wurden. Die insgesamt vorhandenen 554 Verkehrszellen für Düsseldorf und die weiträumige Umgebung wurden für das DINO-Verkehrsmodell aus Rechenzeitgründen auf 150 reduziert.

3.2 Verfügbare Datenquellen

In Düsseldorf wurden im Rahmen des Projekts Verkehrssystemmanagement in Düsseldorf (ViD) seit dem Jahr 2004 ca. 50 Messquerschnitte mit Videokameras oder Infrarotdetektoren eingerichtet. Zusätzlich stehen noch ca. 360 an OCIT-LSA angeschlossene Detektorschleifen zentral bereit (Bild 1). Der Anschluss an den Datenverteiler der Verkehrsrechenzentrale Leverkusen ermöglicht den Zugriff auf 481 Messquerschnitte der umliegenden Autobahnabschnitte. Trotz dieser überdurchschnittlichen Menge an Detektionsmitteln sind damit nur ca. 10% der Straßenabschnitte im betrachteten Netzbereich detektiert. Überdies konzentriert sich die Detektion größtenteils auf wenige Haupttrouten und die umliegenden Autobahnen, in vielen Teilen der Stadt sind nur wenige Messstellen zu finden. Deshalb wurde nach weiteren Möglichkeiten gesucht, eine valide Verkehrslageberechnung ballungsraumweit im strategischen Straßennetz durchführen zu können.

Gelöscht: Bild 1

Ein aussichtsreicher Ansatzpunkt hierzu war der Anschluss der Taxi-Flotte der größten Düsseldorfer Taxizentrale Taxi-Düsseldorf eG. Von dort aus werden insgesamt 1300 Fahrzeuge disponiert, deren aktuelle Positionen zentral erfasst sind. Der Anschluss an die Verkehrszentrale gelang über Standard-Internettechniken (http/https). Zur Berechnung der Reisezeiten aus den online übermittelten Positionen der Fahrzeuge wird ein Verfahren eingesetzt, das seit 2004 in der Stadt Wien mit gutem Erfolg zur Online-Visualisierung der Verkehrslage genutzt wird. Dieser sogenannte Floating-Car-Evaluator (FCE, (6)) wurde vom österreichischen Forschungsinstitut Arsenal Research entwickelt. Mit einem Map-Matching-Verfahren werden die übermittelten Positionen für Fahrgastaufnahme und Zielerreichung auf die Karte umgelegt und dazwischen ein Best-Wege-Routing durchgeführt. Die so gefundenen Routen werden zur Erhöhung der Validität mit historischen Daten in einem Kalman-Filter-Verfahren geglättet. Ergebnis dieser Berechnung sind die Durchschnittsgeschwindigkeiten auf allen Streckenkanten des strategischen Netzes. In den nächsten Monaten soll zusätzlich eine kleinere Taxizentrale angeschlossen werden, die ihre Taxi-Positionen 15sek-fein übertragen kann. Diese hochaufgelösten Daten sollen die Qualität der bisherigen Taxi-FCD-Ergebnisse weiter erhöhen und können auch zur Evaluierung der Gesamtverkehrslage genutzt werden.

Die An- und Abmeldeinformationen von priorisierten ÖV-Fahrzeugen an den Lichtsignalanlagen stellen eine weitere Datenquelle dar, die für das Projekt Dmotion genutzt wird. Aus den Reisezeiten der Straßenbahnen und Busse, die sich die Fahrbahn mit dem MIV teilen, wird dabei mit einem eigens für das Projekt Dmotion entwickelten ÖV-FCD-Verfahren auf den allgemeinen Verkehrszustand geschlossen.

Zur Verbesserung der Informationen der halteliniennahen Schleifen an den über OCIT angeschlossenen Lichtsignalanlagen wird der im Forschungsprojekt MOBINET entwickelte Rückstauschätzer (7) eingesetzt, der anhand von Detektorflanken und Signalisierungszuständen auf die Staulänge vor der Haltelinie schließt. Er ermöglicht es, Rückstaulängen bis zu 250m mit hoher Genauigkeit zu erkennen. Im Projekt Dmotion wurde er mit gutem Ergebnis validiert und um die Düsseldorfer Belange erweitert.

Zur Schätzung der Verkehrslage bei signalisierten Abfahrten der Autobahnen wurde in Dmo-tion ein eigenes Verkehrsmodell („Übergangsmodell“) entwickelt. Im Unterschied zum eben erwähnten Rückstauschätzer nutzt es die Detektoren auf den Ausfahrts Spuren der Autobahnen, die nicht mit der Lichtsignalanlage verbunden sind und sich im Allgemeinen auch in weiter Entfernung (100-400m) von der Haltelinie befinden. Aus den minütlich aggregierten Verkehrsstärken der Detektoren und den Grünzeiten der Signalgruppen wird mithilfe der Formel von Kimber/Hollis (8) auf die Rückstaulänge und die Reisezeiten geschlossen.

Als weitere Datenquelle finden schließlich noch Verkehrszustandsinformationen von privaten Anbietern Berücksichtigung, die mit eigenen Floating-Car-Flotten gesammelt und aggregiert zur Verfügung gestellt werden. Zwei Verfahren werden hier eingesetzt: Zum einen das Verfahren XFCD (eXtended FCD) der Firma BMW, das eine Weiterentwicklung des GATS-Standard ist und sich insbesondere der innerstädtischen Stauerkennung verschrieben hat, zum anderen das Verfahren OBN-FCD der Firma PTV, das auf Handys mit integrierten GPS-Empfängern lauffähig ist. Beide Verfahren geben Stauhinweise in Form von Level-of-Service-Informationen sowie Reisezeiten aus.

Ergänzend wurde für einige Netzabschnitte eine Datenbank mit statischen Ganglinien aus den regelmäßigen Verkehrszählungen der Stadt Düsseldorf aufgebaut.

Diese oben angeführten Detektoren und Verkehrsmodelle geben qualitativ sehr verschiedenartige Daten aus: Verkehrsstärken, Geschwindigkeiten, Reisezeiten, Rückstaulängen, Stauereignisse und Level-of-Service-Informationen stehen als Inputgrößen in das übergeordnete Verkehrsmodell bereit. Um sie alle geeignet in den Datenfusionsprozess einbringen zu können, wurde als wichtiges Element das Konzept der Güte eingeführt: Jedes Verkehrsmodell muss seine eigenen Ausgabedaten mit einem Wert zwischen 0 (sehr unsichere Information) und 1 (völlig sichere Information) bewerten. Diese Güte muss für jedes Modell eigens festgelegt und anhand von Simulations- und Feldversuchsdaten kalibriert werden. Sie hängt bei Floating-Car-Daten unter anderem von der zeitlich-räumlichen Abdeckung ab, beim Rückstauschätzer von der Länge der Sperrzeit und der Verkehrsstärke und bei ÖV-FCD von der Anzahl der Anmeldungen von ÖV-Fahrzeugen im Betrachtungsintervall.

3.3 Datenvervollständigung und -fusion

Aufbauend auf den beschriebenen unterschiedlichen Verkehrsdaten wird mit Hilfe des Datenvervollständigungsmoduls DINO ein aktueller plausibler Verkehrszustand (LOS, Reisezeiten, Verkehrsstärke) für das gesamte strategische Verkehrsnetz der Region Düsseldorf berechnet. Hierbei werden die beiden Ziele Datenvervollständigung (Berechnung einer Verkehrslage in undetektierten Netzabschnitten) und Datenfusion (Verwendung aller zur Verfügung stehender Daten) verfolgt.

Aufbauend auf den bereits in München erprobten Datenvervollständigungsmodul DINO wurden innerhalb des Forschungsprojektes grundlegende Datenfusionsentwicklungen untersucht. Neben der Berücksichtigung zusätzlicher online verfügbarer Daten (z.B. Grünzeitenanteile) innerhalb der Umlegung und der damit verbundenen realitätsnäheren Verkehrslage wurden außerdem Erweiterungen bei der Matrixanpassung vorgenommen.

3.3.1 Verkehrsumlegung mit 3DAS-Algorithmus

Wie eingangs beschrieben, werden in der ersten Phase von DINO aktuelle QZ-Matrizen auf das Netz mit Hilfe des 3DAS-Algorithmus umgelegt.

Innerhalb dieses Umlegungsverfahrens werden Lichtsignalanlagen durch Freigabezeitanteile dargestellt. Um ein genaues Umlegungsergebnis erzielen zu können, werden für die Kapazitätsbestimmung an signalisierten Knotenpunkten anstelle von statisch hinterlegten Freigabezeitanteilen Online-Werte von OCIT-LSA bzw. aktuelle Programmnummer für R-Rechner-Anlagen herangezogen. Als zusätzliche Rückfallebene dient eine mit allen Grünzeitenanteilen hinterlegte Wochenautomatik. Mit Hilfe dieser dynamischen Modellierung ist es in Düsseldorf gelungen, zeitnah Änderungen der Kapazitäten von LSA in das Modell zu integrieren.

Des Weiteren wird zurzeit erforscht, wie sich eine automatische netzweite Parametereichung auf die Genauigkeit des Umlegungsergebnisses und die Schnelligkeit der Berechnung auswirkt. Es werden die Parameter Straßenkapazität und Parameter des Auf- und Abbauverhaltens von Warteschlangen untersucht. Zusätzlich wurde durch die Integration des Rückstauschätzers eine dynamische Anpassung des Parameters Kapazität realisiert. Das Modul Rückstauschätzer liefert bei erkannten Abflussstörungen an LSA eine reduzierte Kapazität für die zugehörigen Kanten, welche dann bei der Berechnung des aktuellen Verkehrszustandes herangezogen wird.

3.3.2 Modifiziertes Informationsminimierungsmodell

Die Schätzung der realen aktuellen Verkehrslage wird durch die Anpassung der QZ-Matrizen unter Verwendung von aktuellen Messwerten mit Hilfe eines modifizierten Informationsminimierungsmodells (IM) erreicht.

Aufgrund einiger Erfassungslücken im System der stationären Detektion innerhalb des Untersuchungsraumes und den damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Abschätzung des aktuellen Verkehrszustands in diesen Gebieten wurde der IM hinsichtlich einer Verwendung der Kenngröße Reisezeit erweitert. Hierfür wird in Abhängigkeit der mitgelieferten Güte jedes einzelnen Datums ein Intervall um die übergebene Reisezeit definiert, in welchem die durch das Model berechnete Reisezeit liegen muss. Bei Über- bzw. Unterschreitungen der ermittelten Grenzen wird ein vordefinierter Korrekturfaktor im Sinne des IM-Ansatzes bestimmt, mit dessen Hilfe dann zusammen mit den anderen Korrekturfaktoren (nach van Zuylen) die aktuelle QZ-Matrix angepasst wird.

Analog zu der beschriebenen Verwendung von Reisezeitdaten werden ebenfalls Daten des Moduls ÖV-FCD verwendet. Da jedoch nicht wie üblich eine sechsstufige sondern eine dreistufige Einteilung des LOS (A-B (A), C-E (C), F (F)) innerhalb des ÖV-FCD-Moduls vorgenommen wird, dienen die von diesem Modul gelieferten Daten eher der Bewertung der in DINO berechneten Verkehrslage (siehe 3.3.3) und werden lediglich bei großen Abweichungen zur Kalibrierung der OD-Matrizen mittels zusätzlicher Korrekturfaktoren herangezogen. Hierfür wird bei gravierenden Unter- oder Überschätzungen des übergebenen LOS (ÖV-FCD: LOS F und DINO: LOS A oder B bzw. ÖV-FCD: LOS A und DINO: LOS F) ein zusätzlicher vordefinierter Korrekturfaktor für die Anpassung der OD-Matrizen innerhalb des modifizierten Informationsminimierungsansatzes herangezogen.

Unterstützend zu den Detektor- und FCD-Daten wird insbesondere an den Netzhändern eine zusätzlich aufgebaute Gangliniendatenbank herangezogen. Die Gangliniendatenbank enthält

für Werktage im Zeitraum von 6:00 Uhr bis 22:00 Uhr in Zeitintervallen von 15 Minuten die richtungsbezogene Anzahl der Fahrzeuge, die diesen Querschnitt passieren. Deshalb können die Gangliniendaten auch nur in diesem Zeitfenster (werktags, 6:00 bis 22:00) Anwendung finden. Da diese Daten jedoch nur einen groben und lediglich nach Tageszeiten aufgeschlüsselten Anhaltspunkt für die Verkehrsstärke darstellen, wird die für die DINO-internen Berechnungen notwendige Güte dieser quasi statischen Daten als sehr niedrig angesetzt. Dadurch finden eventuell doch auflaufende Daten aus den anderen zuliefernden Modellen (Kantenzustand, Rückstauschätzer, Übergangsmodell und FCE) stärker in die Berechnung der aktuellen Verkehrslage Einzug.

3.3.3 Terminierung

Aufgrund der während der Umlegung als Kantenwiderstände ermittelten Daten und der Verfügbarkeit von zusätzlichen gemessenen Daten, die den aktuellen Verkehrszustand im Netz repräsentieren, ist es möglich, das Ergebnis jeder Umlegung zu bewerten. Hierfür wird der Gesamtstrafterm F als die Summe aus den gewichteten Unterschieden zwischen den geschätzten und übergebenen Werten $|\hat{x}_i - x_i|$ auf den einzelnen Kanten i eingeführt. Die Gewichte hängen zum einen von der Güte γ_i und zum anderen von der Datenart j (c_j) ab. Außerdem kann der Einfluss einzelner großer Abweichungen durch den datenartabhängigen Parameter y_j abgeschwächt oder verstärkt werden.

$$F = \sum_j c_j \sum_i \delta_{ij} \gamma_i |\hat{x}_i - x_i|^{y_j} \quad \text{mit } \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{genau dann, wenn } x_i \text{ zur Datenart } j \text{ gehört} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Die Bewertung des aktuellen Umlegungsergebnisses dient als Grundlage für die Entscheidung einer Terminierung von DINO und der damit verbundenen zeitnahen Bereitstellung der gewonnenen Informationen.

Um jedoch die Berechnung der baulastträgerübergreifenden netzweiten Verkehrslage innerhalb einer bestimmten Zeit garantieren zu können, wird nach einer fest definierten Anzahl an Iterationen die Anpassung der QZ-Matrix eingestellt und die finale Verkehrslage bestimmt und ausgegeben.

Bild 3 zeigt das aktuelle Flussdiagramm von DINO.

Formatiert: Rechtschreibung und Grammatik prüfen

Gelöscht: Bild 3

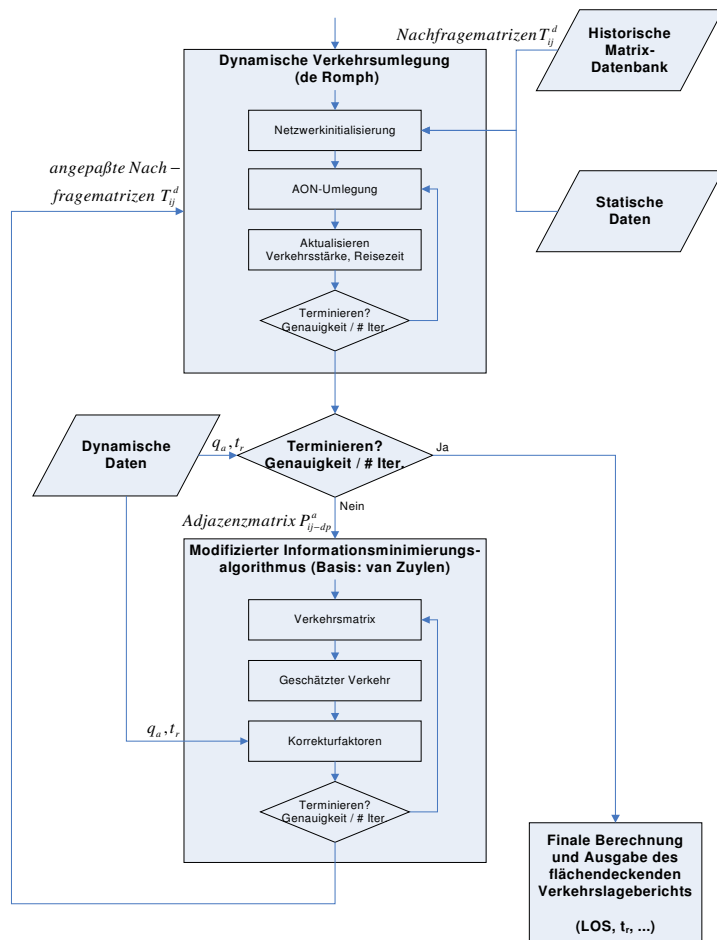


Bild 3: Flussdiagramm von DINO

4 Kalibrierung und Evaluierung

Die Kalibrierung und natürlich die Evaluierung der Verkehrslageberechnung und insbesondere der Datenfusion ist ein wesentlicher Teil des Forschungsprojekts Dmotion. Folgende Schritte sind dazu vorgesehen:

1. Die Überprüfung der Anpassungsgüte der Verkehrsstärken auf den detektierten Straßenkanten, deren Detektoren in die Verkehrslageberechnung eingehen.
2. Die Überprüfung der Anpassungsgüte der Verkehrsstärken auf Straßenkanten, deren Detektoren nicht in die Berechnung eingehen (dazu werden einige Straßen mit zusätzlichen mobilen Detektoren ausgestattet; zusätzlich können detektierten Kanten aus der Berechnung herausgenommen und damit zur Qualitätsüberprüfung genutzt werden)

Schritt 1 und 2 geben Hinweise auf die Qualität der Berechnung der aktuellen Quelle-Ziel-Matrix und der Umlegungsgenauigkeit. Damit ist aber noch keine vollständige Aussage über

die Qualität der Verkehrslageermittlung selbst möglich. Zu diesem Zweck werden zusätzlich weitere Schritte durchgeführt:

3. Die 15sekündlich ausgegebenen Positionen der Taxen einer der Düsseldorfer Taxizentralen ermöglichen die Überprüfung der berechneten Geschwindigkeiten und Stauerereignisse.
4. Die in Düsseldorf montierten Messquerschnitte mit Videotechnik ermöglichen die visuelle Überprüfung von Stauerereignissen, die von der Verkehrslageberechnung ausgegeben wurden.

Diese Schritte sollen Aussagen ermöglichen, wie viele Stauerereignisse richtig erkannt werden, wie viele nicht erkannt werden, und, was für den Betreiber von hoher Wichtigkeit ist, wie viele falsche Staumeldungen ausgegeben werden.

5 Zusammenfassung

Für die in Dmotion angestrebte baulasträgerübergreifende strategische Steuerung von Verkehrsströmen im Ballungsraum Düsseldorf ist ein zuverlässiges und umfassendes Bild der Verkehrslage eine grundlegende Voraussetzung. Um ein solches Bild zu erzeugen, wird mit Hilfe einer Erweiterung des bereits in MOBINET zur Verkehrslagemodellierung entwickelten Verfahrens DINO eine breite Palette unterschiedlicher Verkehrsdaten verschmolzen. Die Fusion basiert dabei nicht auf einer einfachen Linearkombination von Daten, sondern die Eingangsdaten werden direkt in das Umlegungs- und das QZ-Matrix-Anpassungsverfahren innerhalb von DINO integriert.

Literaturverzeichnis

- (1) LOGI, F., ULLRICH, M. und KELLER, H. (2001). Traffic Estimation in Munich: Practical Problems and Pragmatic Solutions. Fourth International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Oakland (CA), USA
- (2) DE ROMPH, E. (1994). A dynamic traffic assignment model: theory and applications! Technische Universität Delft
- (3) VAN ZUYLEN, J. H. und WILUMSEN, L. G. (1980). The most likely trip matrix estimated from traffic counts. Transportation Research 14B, pp. 281-293
- (4) OFFERMANN, F. (2001). Ein Neuro-Fuzzy-Modell zur Reisegeschwindigkeitsabschätzung auf Richtungsfahrbahnen basierend auf einer Fusion lokaler und fahrzeuggenerierter Verkehrsdaten. Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Hochschule Aachen
- (5) BUSCH, F. und GLAS, F. (2005). Datenfusion mittels eines Neuronalen Ansatzes. HEUREKA
- (6) LINAUER, M, et al. (2006). FUSION - Floating Car Daten und Sensordaten intelligent fusionieren. Arsenal Research
- (7) MÜCK, J. (2002). Schätzverfahren für den Verkehrszustand an Lichtsignalanlagen unter Verwendung halteliniennaher Detektoren. Straßenverkehrstechnik 11/2002
- (8) KIMBER, R. M. und HOLLIS, E. M. (1978). Traffic Queues and Delays at Road Junctions. TRRL Laboratory Report 909