

FACHHOCHSCHULE WEDEL

FACHBEREICH TECHNISCHE INFORMATIK

Ausarbeitung  
Informatik-Seminar zum Thema Verkehrsinformatik

## Luftgestützte Verkehrsdatenerfassung

Sven Felix Oberquelle  
MatrNr.: 4980  
Heidkampsweg 102, 25462 Rellingen  
Tel: (0179) 7810110  
eMail: ii4980@fh-wedel.de

Betreuer:  
Prof. Dr. Sebastian Iwanowski  
Fachhochschule Wedel  
Feldstraße 143  
22880 Wedel  
Tel: 04103 / 8048 - 63

19.06.2006

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Motivation . . . . .	3
1.2	Stand der Technik . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Luftgestütztes Verkehrsmonitoring</b>	<b>4</b>
2.1	Vorteile . . . . .	4
2.2	Technik . . . . .	5
2.3	Einsatzgebiete . . . . .	10
2.4	2 kleine Filme . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Abschluss</b>	<b>11</b>
3.1	Zusammenfassung . . . . .	11
3.2	Ausblick . . . . .	12
<b>A</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>13</b>
<b>B</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>13</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Beim der Beschäftigung mit dem Thema der Luftgestützten Verkehrsdatenerfassung stellt man sich zunächst die Frage, warum überhaupt Verkehrsdaten erfasst werden sollten.

Schaut man sich die heutige Situation auf den Straßen einmal an, sieht man, dass der Verkehr täglich zunimmt und vor allem bei besonderen Ereignissen es regelmäßig zu kilometerlangen Staus kommt. Die Kosten durch Verkehrsstau werden auf etwa 1 % des BIP geschätzt. Das entspricht EU-weit ca. 120 Milliarden Euro.

Nun stellt sich die Frage, wie man diese Situation verbessern kann. Ein Ansatz hierbei ist die Optimierung des Verkehrsflusses durch verbessertes Verkehrsmanagement.

Daraus ergibt sich natürlich die Frage, wie man Verkehrsmanagement überhaupt verbessern kann. Prof. Dr. Reinhard Kühne vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrsforschung, sagte einst: „Die drei größten Probleme des modernen Verkehrsmanagement sind: 1. Daten, 2. Daten und 3. Daten.,“

Um das Verkehrsmanagement heutzutage zu verbessern, sollte man also so viele Daten wie möglich erfassen um sie dann mit modernen Methoden der Simulationstechnik auszuwerten und sie für die Verkehrsplanung zu nutzen.

## 1.2 Stand der Technik

### Wie werden heutzutage Verkehrsdaten erfasst?

#### Traditionelle Methoden

Lokale Einzeldatenerfassung

- Induktionsschleifen
- Radar
- Laser
- Infrarotsensoren

Von den traditionellen Methoden werden für die Verkehrsplanung heute hauptsächlich Induktionsschleifen eingesetzt, die in Großstädten heutzutage an fast allen Verkehrsknotenpunkten in den Boden eingelassen sind und die vorbeifahrenden Automobile zählen. Teilweise werden auch Ampeln direkt damit geschaltet. Radar, Laser und Infrarotsensoren hingegen werden z.B. viel bei mobilen Baustellenampeln eingesetzt. Alle diese Erfassungsmethoden kennzeichnet, dass sie nur lokal an einer festen Position Daten erfassen können und dass sich diese Daten meist auf die reine Zählung der Fahrzeuge beschränken. Somit kann nur die Verkehrsdichte an einer festen Position bestimmt werden. Aussagen über andere Positionen oder Daten wie Reisezeiten, Geschwindigkeit der Fahrzeuge und Klassifikation der Fahrzeuge können nicht direkt ermittelt werden. Aufgrund der Kosten, die mit der Installation einer festen Messeinrichtung verbunden sind, können sie außerdem nicht komplett flächendeckend eingesetzt werden.

## **Moderne Methoden**

großflächige Verkehrsdatenerfassung

- Floating Car Data
- Luftgestütztes Verkehrsmonitoring

Ein modernerer Ansatz ist die Erfassung von Verkehrsdaten durch die Fahrzeuge selbst, wie es bei dem Projekt "Floating Car Data" des DLR geschieht. Hierbei werden Fahrzeuge so ausgerüstet, dass sie ständig ihre aktuelle Position und ihre Geschwindigkeit an eine Zentrale übermitteln. Aus den so gewonnenen Daten können sich dann direkt Reisezeiten berechnen lassen. Auf diese Art wurden in einigen Städten komplette Taxiflotten ausgerüstet und die gewonnenen Daten können zur Routenberechnung genutzt werden ([www.cityrouter.net](http://www.cityrouter.net)).

Schließlich gibt es noch den Ansatz des Luftgestützten Verkehrsmonitoring. Hierbei wird der Verkehr von einem Luftfahrzeug aus mit einer Kamera beobachtet und die Daten automatisch mit Hilfe von Bildverarbeitungsmethoden ausgewertet. Die Vorteile dieses Systems und genaue Technik soll im folgenden erläutert werden.

Im Unterschied zu den lokalen Erfassungsmethoden haben die großflächigen Verkehrsdatenerfassungsmethoden den Vorteil, dass sie nicht nur Daten von einer bestimmten Position erfassen können. Allerdings haben sie auf der anderen Seite den Nachteil, dass sie von den einzelnen Positionen immer nur zu einem bestimmten Zeitpunkt Daten erfassen können, nämlich dem Zeitpunkt, in dem das Fahrzeug diese Position passiert.

## **2 Luftgestütztes Verkehrsmonitoring**

### **2.1 Vorteile**

**Was kann Luftgestütztes Verkehrsmonitoring?**

- großflächige Verkehrsdatenerfassung
- Messung von Fahrzeugdichten und -geschwindigkeiten
- Fahrzeugklassifikation
- Erfassung von Verkehrssituationen bei Großveranstaltungen, Naturkatastrophen oder Schadensgrößereignissen
- Erfassung von Verkehrssituationen außerhalb des fest vorgegebenen Straßennetzes (vorübergehend eingerichteten Parkflächen, Querfeldeinwege als Flucht- und Rettungswege)

Der Hauptvorteil von luftgestütztem Verkehrsmonitoring liegt darin, dass man innerhalb eines kurzen Zeitraums Verkehrsdaten eines relativ großen Bereichs erfassen kann. Weiterhin kann neben der Fahrzeugdichte auch die Geschwindigkeit der Fahrzeuge ermittelt werden und die Fahrzeuge können in Klassen unterteilt werden. Der Bereich, in dem Daten erfasst werden, kann außerdem speziell für besondere Ereignisse wie Großveranstaltungen oder Schadensgrößereignisse angepasst werden, was mit lokalen Erfassungsmethoden nicht möglich ist. Auf diese Weise

können sogar Verkehrsdaten in Bereichen erfasst werden, die nicht zum normalen Straßennetz gehören.

## **2.2 Technik**

### **Das Projekt LUMOS**

LUMOS (LUftgestütztes MONitoring System) ist ein Projekt des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), welches von 2001 bis 2003 vom Institut für Verkehrsforschung in Berlin entwickelt wurde. Das System besteht aus 2 Kernmodulen. Zum einen besteht es aus dem Sensorsystem ANTAR (Air borNe Traffic Analyzer), das an Bord eines Luftfahrzeuges installiert wird und dort Bild und Positionsdaten aufnimmt, und zum anderen aus der Auswertesoftware Traffic Finder, mit der die aufgenommenen Bilddaten am Boden dann weiterverarbeitet werden zu Verkehrsdaten.

### **Systemarchitektur**

An Bord des Luftfahrzeugs werden von einem Kamerasystem Bilder aufgenommen und durch ein Inertialsystem wird die Position und Lage der Kamera ermittelt. Diese Daten werden zusammengefasst und komprimiert, um sie dann per Funk an die Bodenstation zu übermitteln. In der Bodenstation werden zunächst die Bilder mit Hilfe der Positionsdaten einer digitalen Karte zugeordnet. Dann werden durch Bildverarbeitung die Fahrzeuge auf den Bildern erkannt und klassifiziert. Aus den so ermittelten Positionen aller Fahrzeuge werden dann Verkehrsdaten wie Verkehrsstärke, mittlere Geschwindigkeit und kantenbezogene Reisezeiten errechnet. Die Verkehrsdaten werden schließlich in einer Datenbank gespeichert und einer Verkehrssimulation zugeführt. Sie können nun für verschiedene Anwendungsbereiche wie z.B. dynamische Routenführung oder Verkehrsleitung weiter genutzt werden.

Technisch gesehen wäre es sinnvoller, die Bildverarbeitung schon an Bord des Luftfahrzeuges zu machen und so nur die reinen Verkehrsdaten per Funk zu übertragen. Es hat sich allerdings gezeigt, dass Entscheidungsträger für die Verkehrsführung neben den reinen Daten auch immer noch ein Livebild sehen möchten.

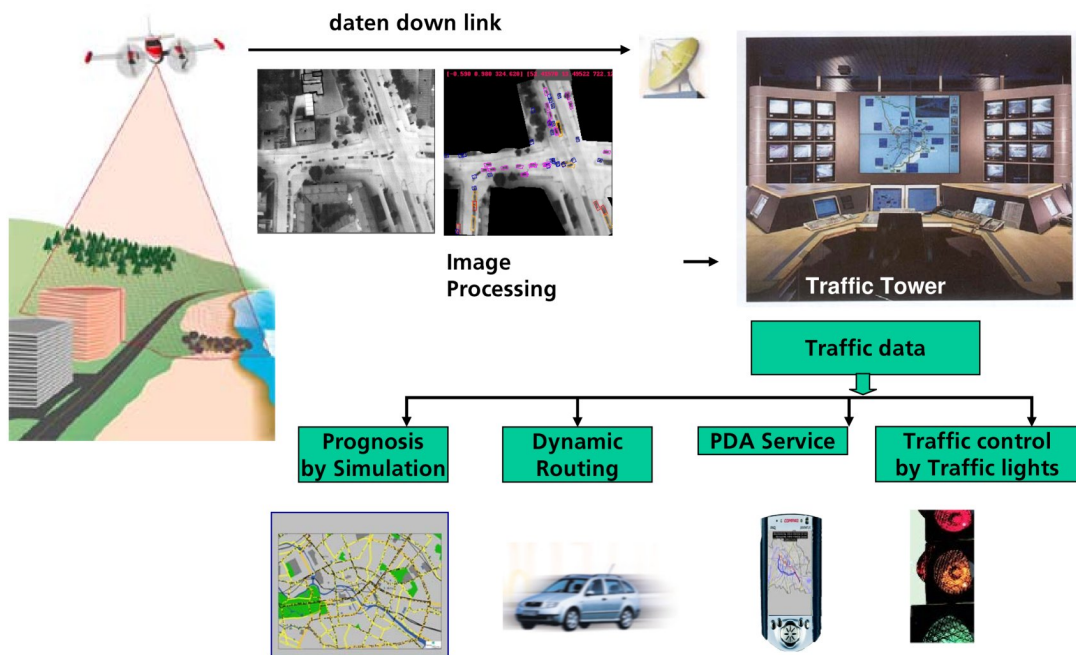
### **ANTAR - Air borNe Traffic Analyzer**

Das System ANTAR besteht aus drei einzelnen Bestandteilen:

- normale Kamera
- Wärmebildkamera
- Inertialsystem bestehen aus GPS-Empfänger, Kreiseln und Beschleunigungssensoren

In Abbildung 2 kann man die drei Bestandteile erkennen. Die normale Kamera ist die kleinere Kamera unten links im Bild, die Wärmebildkamera nimmt die komplette rechte Seite ein und das Inertialsystem ist oben links zu sehen.

Die Auflösung der Kamera ist so gewählt, dass sich bei einer Flughöhe von 1km eine Bodenauflösung von 60cm/Pixel ergibt. Es werden 8 Bilder pro Sekunde aufgenommen, daraus lassen



## System overview

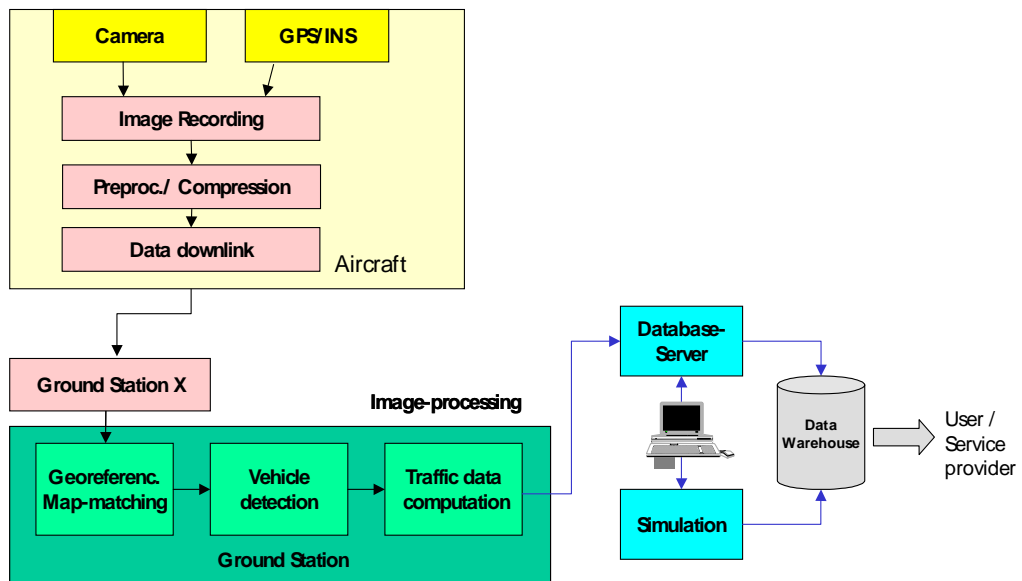


Abbildung 1: Systemarchitektur

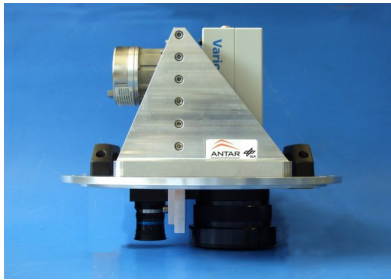


Abbildung 2: ANTAR



Abbildung 3: Einbau in einen Zeppelin

sich Geschwindigkeiten der aufgenommenen Fahrzeuge ab 15km/h bestimmen und selbst ein kleineres Fahrzeug bewegen sich bei 80km/h um weniger als seine Wagenlänge vorwärts von Bild zu Bild, was für die Wiedererkennung eines Fahrzeuges im Folgebild wichtig ist.

Für die spätere genaue Zuordnung zur digitalen Karte werden auch an die Positionsbestimmung hohe Anforderungen gestellt. Durch Kombination von Kreiseln und Beschleunigungssensoren mit einem Zweikanal-GPS-Empfänger, in den zusätzlich noch ein DGPS-Korrektursignal über einen Langwellenempfänger eingespeist wird, wird die benötigte Genauigkeit der Positions- und Lagebestimmung der Kamera erreicht. Die Position kann auf 0,5 - 2m genau bestimmt werden und die Lage der Kamera mit  $0,015^\circ$ .

Die zusätzliche Verwendung einer Wärmebildkamera zur Bildaufnahme hat den Vorteil, dass das System auch bei Dunkelheit oder Nebel eingesetzt werden kann.

Die Abbildungen 4 bis 6 zeigen Aufnahmen der Wärmebildkamera zu verschiedenen Tageszeiten und Umgebungstemperaturen. Hierbei erkennt man, dass die Fahrzeuge je nach Bedingung sehr unterschiedlich erscheinen. Gemeinsam ist jeweils nur eine grob rechteckige Form der Fahrzeuge, weshalb zur Erkennung der Fahrzeuge durch Bildverarbeitung ein kantenbasiertes Verfahren eingesetzt wird.

### Matching von Bild und digitaler Karte

Der erste Schritt, der in der Bodenstation mit den Bilddaten durchgeführt wird, ist das Matching von Bild und Karte anhand der Positionsdaten (siehe Abbildung 7). Mit Hilfe der Daten aus der digitalen Karte werden nun alle Bereiche, die nicht zum Verkehrsbereich gehören maskiert (siehe Abbildung 8). Dadurch kann die Rechenzeit, die für die nun folgende Bildverarbeitung benötigt wird, stark reduziert werden.

### Fahrzeugerkennung

Nach der Maskierung beginnt nun die eigentlich Bildverarbeitung mit der Erkennung aller Fahrzeuge auf Einzelbildern. Hierbei wird die Position und die Klasse jedes Fahrzeuges ermittelt und farblich markiert (siehe Abbildung 9). Die Klassifizierung erfolgt dabei in drei Größenklassen: Pkw, kleiner als Pkw und größer als Pkw.

In einem nächsten Schritt werden nun die Positionen der erkannten Fahrzeuge auf aufeinander folgenden Bildern verglichen und somit die Geschwindigkeit der Fahrzeuge bestimmt. Ein



Abbildung 4: Aufnahme tags bei 0°C



Abbildung 5: Aufnahme tags bei 25°C



Abbildung 6: Aufnahme nachts

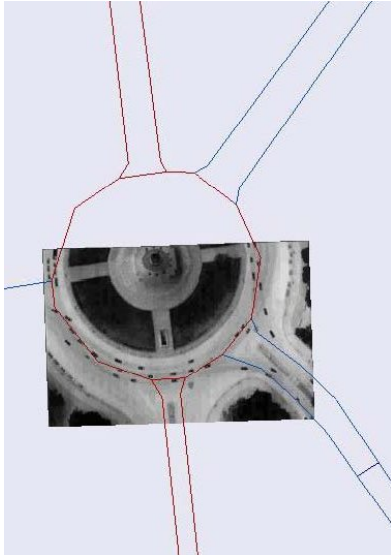


Abbildung 7: Matching von Bild und Karte

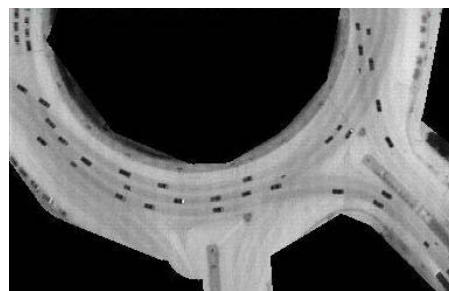


Abbildung 8: Maskierung des Bildes mit Hilfe der Karte



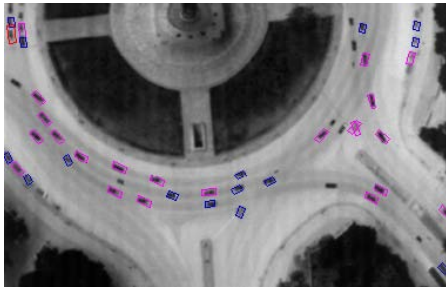


Abbildung 9: Fahrzeugerkennung und Klassifizierung



Abbildung 10: Bestimmung der Geschwindigkeitsvektoren

Wiederfinden eines Fahrzeugs im Folgebild bestätigt außerdem die Richtigkeit der entsprechenden Fahrzeughypothese. (siehe Abbildung 10)

Aus den ermittelten Fahrzeugzahlen und -positionen werden nun die entsprechenden Verkehrsdichten und Geschwindigkeiten, getrennt nach Fahrzeugklassen, berechnet.

### Datenauswertung

In der Auswertung werden nicht nur die Daten von LUMOS selbst sondern von allen Verkehrsdatenerfassungsanlagen genutzt und zu einem Gesamtbild zusammengefügt. Jede Datenquelle hat dabei ihre spezifischen Stärken und Schwächen, so dass erst durch eine Fusion aller Daten ein optimales Bild der aktuellen Verkehrslage entsteht.

### Datenfusion

- Daten von Zählschleifen:
  - Verkehrsstärke, Geschwindigkeit
  - feste Positionen
  - langer Zeitraum
- Daten aus Luftgestützter Verkehrsdatenerfassung:
  - Verkehrsdichte, Geschwindigkeit, Klassifikation der Fahrzeuge
  - durchgehend über alle Orte in einem Gebiet
  - einzelne Zeitpunkte
- Floating Car Data:
  - Geschwindigkeiten, Reisezeiten
  - durchgehend über alle Orte in einem Gebiet
  - einzelne Zeitpunkte



Abbildung 11: Traffictower

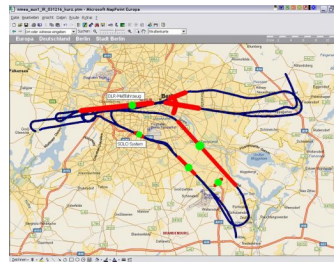


Abbildung 12:  
Flugroute

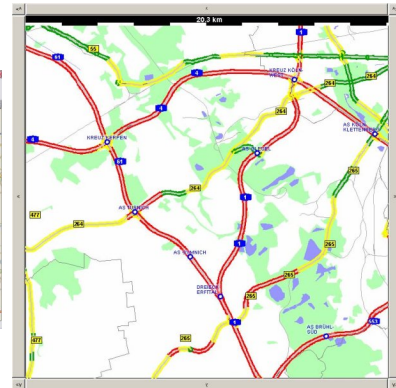


Abbildung 13: Verkehrsprognose  
in LOS-Darstellung

### Datenpräsentation

Die gesammelten Daten werden einer Verkehrssimulation zugeführt und können dann zum Beispiel in einem Traffictower genutzt werden, um den Verkehr zu planen. Dabei stehen den Verkehrsplanern folgende Daten zur Verfügung:

- Livebild der überflogenen Straße mit farblich markierten Fahrzeugen
- Kartografische Darstellung aktueller Position und Flugroute des Luftfahrzeugs
- Bildarchiv zur Auswertung der Luftbilder im Nachgang
- Verkehrssimulation (aktuelle Verkehrssituation) in Form von Level of Service (LOS) in 3 Stufen
- Verkehrssimulation (Prognose der kommenden 30 bis 60 min) in Form von LOS

### 2.3 Einsatzgebiete

#### Bisherige Einsätze von LUMOS

Das LUMOS System wurde bis heute in drei größeren Projekten eingesetzt:

- 2001 bis 2003 Projekt LUMOS - Berlin  
Entwicklung und Test des LUMOS-Systems
- 2005 Weltjugendtag Köln  
Erster erfolgreicher Einsatz des Systems in der Praxis bei einer Großveranstaltung.



Abbildung 14:  
Flugzeug LUMOS  
Berlin



Abbildung 15:  
Zeppelin  
Weltjugendtag Köln



Abbildung 16: LUMOS  
am Helicopter

- 2006 Projekt SOCCER *Systematische Analyse und Prognose des durch die Fußballweltmeisterschaft induzierten Individualverkehrs unter Berücksichtigung der besonderen Gegebenheiten verschiedener Austragungsorte*

Bislang größter Einsatz des System. Es ist geplant das System an insgesamt drei Austragungsorten einzusetzen, wobei in den einzelnen Städten auf unterschiedliche Luftfahrzeuge zurückgegriffen wird:

- Berlin (Flugzeug+Hubschrauber)
- Stuttgart (Hubschrauber)
- Köln (Zeppelin)

## 2.4 2 kleine Filme

### 2 kleine Filme

[Film über SOCCER](#)

[Film zum Institut für Verkehrsforschung](#)

## 3 Abschluss

### 3.1 Zusammenfassung

Das LUMOS-Projekt zeigt eindrucksvoll, wie der Einsatz moderner Bildverarbeitungstechniken in Kombination mit Luftfahrzeugen dazu genutzt werden kann, flexibel und flächendeckend Verkehrsdaten zu erfassen. Der Einsatz des Systems ist besonders im Rahmen von Großereignissen sinnvoll, da durch das System der Erfassungsraum auf die spezielle Situation angepasst werden kann und so bestehende Verkehrsdatenerfassungssysteme sinnvoll ergänzt. Auch im Zusammenhang mit Naturkatastrophen wäre ein sinnvoller Einsatz denkbar, da das System nicht an ein fixes Verkehrsnetz gebunden ist und auch abseits von normalen Straßen eingesetzt werden kann.

## 3.2 Ausblick

Die Möglichkeiten des Einsatz von Bildverarbeitungssystemen in der Verkehrsplanung sind mit dem Projekt LUMOS noch längst nicht vollends ausgeschöpft. Es gibt noch einige Bereiche in denen noch weiter geforscht werden kann.

### Was ist noch möglich?

- Verkehrsdatenerfassung mit luftgestützten Radarsystemen

Es ist denkbar, die Luftgestützte Verkehrsdatenerfassung statt mit visuellen Kameras bzw Wärmebildkameras mit einem radargestütztem System durchzuführen. Dadurch könnten wesentlich größere Bereiche auf einmal erfasst werden.

- Verkehrsdatenerfassung durch Satelliten

Statt einem Luftfahrzeug könnte man auch Daten eines Satelliten zur Verkehrsdatenerfassung nutzen. Auch hierdurch würde man wiederum einen wesentlich größeren Bereich auf einmal erfassen können. Ein Projekt, dass sich unter anderem mit diesem Thema beschäftigt, ist das Projekt TerraSAR-X des DLR.

- Automatische Aktualisierung der geographischen Daten

Man könnte die aufgenommenen Bilder des Systems nutzen, um Änderungen am Straßennetz automatisch in die digitale Karte einzupflegen.

- Erfassung des zur Verfügung stehenden Straßennetzes (incl. Sperrungen, nicht verzeichneter Querfeldeinwege, etc.)

Schließlich ist es denkbar, dass man neben den Verkehrsdaten von den Fahrzeugen selbst auch noch Daten von den Straßen selber auswertet und so z.B. Sperrungen, Baustellen oder sogar Straßenschäden automatisch erkennt.

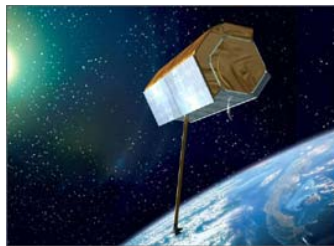


Abbildung 17: TerraSAR-X

## A Abbildungsverzeichnis

1	Systemarchitektur . . . . .	6
2	ANTAR . . . . .	7
3	Einbau in einen Zeppelin . . . . .	7
4	Aufnahme tags bei 0°C . . . . .	8
5	Aufnahme tags bei 25°C . . . . .	8
6	Aufnahme nachts . . . . .	8
7	Matching von Bild und Karte . . . . .	8
8	Maskierung des Bildes mit Hilfe der Karte . . . . .	8
9	Fahrzeugeterkennung und Klassifizierung . . . . .	9
10	Bestimmung der Geschwindigkeitsvektoren . . . . .	9
11	Traffictower . . . . .	10
12	Flugroute . . . . .	10
13	Verkehrsprognose in LOS-Darstellung . . . . .	10
14	Flugzeug LUMOS Berlin . . . . .	11
15	Zeppelin Weltjugendtag Köln . . . . .	11
16	LUMOS am Helicopter . . . . .	11
17	TerraSAR-X . . . . .	12

## B Literaturverzeichnis

- [1] Reinhart Kühne, Martin Ruhé , Michael Bonert; Institut für Verkehrsforschung; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Anwendung der luftgestützten Verkehrsdatenerfassung bei Großveranstaltungen, 20. Verkehrswissenschaftliche Tage, 19. - 20. September 2005, Dresden.
- [2] Ernst, I.; Sujew, S.; Thiessenhusen, K.-U.; Hetscher, M.; Raßmann, S.; Ruhé, M. (2003): LUMOS - Luftgestütztes Verkehrsmonitoring-System, 19. Verkehrswissenschaftliche Tage, 22. - 23. September 2003, Dresden.
- [3] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Verkehrsforschung: GI-Systeme - Perspektiven und Anwendungen im Verkehrsbereich, 12.01.2004.
- [4] [http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-1/86\\_read-1661/](http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-1/86_read-1661/), Mit himmlischer Hilfe gegen Verkehrsstaus beim Weltjugendtag in Köln: Verkehrsprognose aus dem Zeppelin, 16. August 2005.
- [5] [http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-1296/1792\\_read-3241/](http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-1296/1792_read-3241/), Soccer - Verkehrsdatenerfassung aus der Luft während der Fußball-WM, 10. Mai 2006.
- [6] [http://www.dlr.de/Desktopdefault.aspx/tabid-12/114\\_read-3260/](http://www.dlr.de/Desktopdefault.aspx/tabid-12/114_read-3260/), Soccer sorgt für Überblick, 11. Mai 2006.
- [7] <http://www.projekt-lumos.de>.

- [8] [http://www.dlr.de/Desktopdefault.aspx/tabid-590/962\\_read-1231](http://www.dlr.de/Desktopdefault.aspx/tabid-590/962_read-1231), Verkehrserfassung.
- [9] [http://www.dlr.de/vf/forschung/projekte/space\\_borne\\_traffic\\_data\\_collection/terrasar-x](http://www.dlr.de/vf/forschung/projekte/space_borne_traffic_data_collection/terrasar-x), TerraSAR-X Data Products For Transportation Research.