

Floating Car Observer

Ein neuer Ansatz zur Verkehrslageerkennung im Fahrzeugumfeld



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Hoyer
Universität Kassel
robert.hoyer@uni-kassel.de

Sebastian Naumann
ifak e.V. Magdeburg
sebastian.naumann@ifak.eu



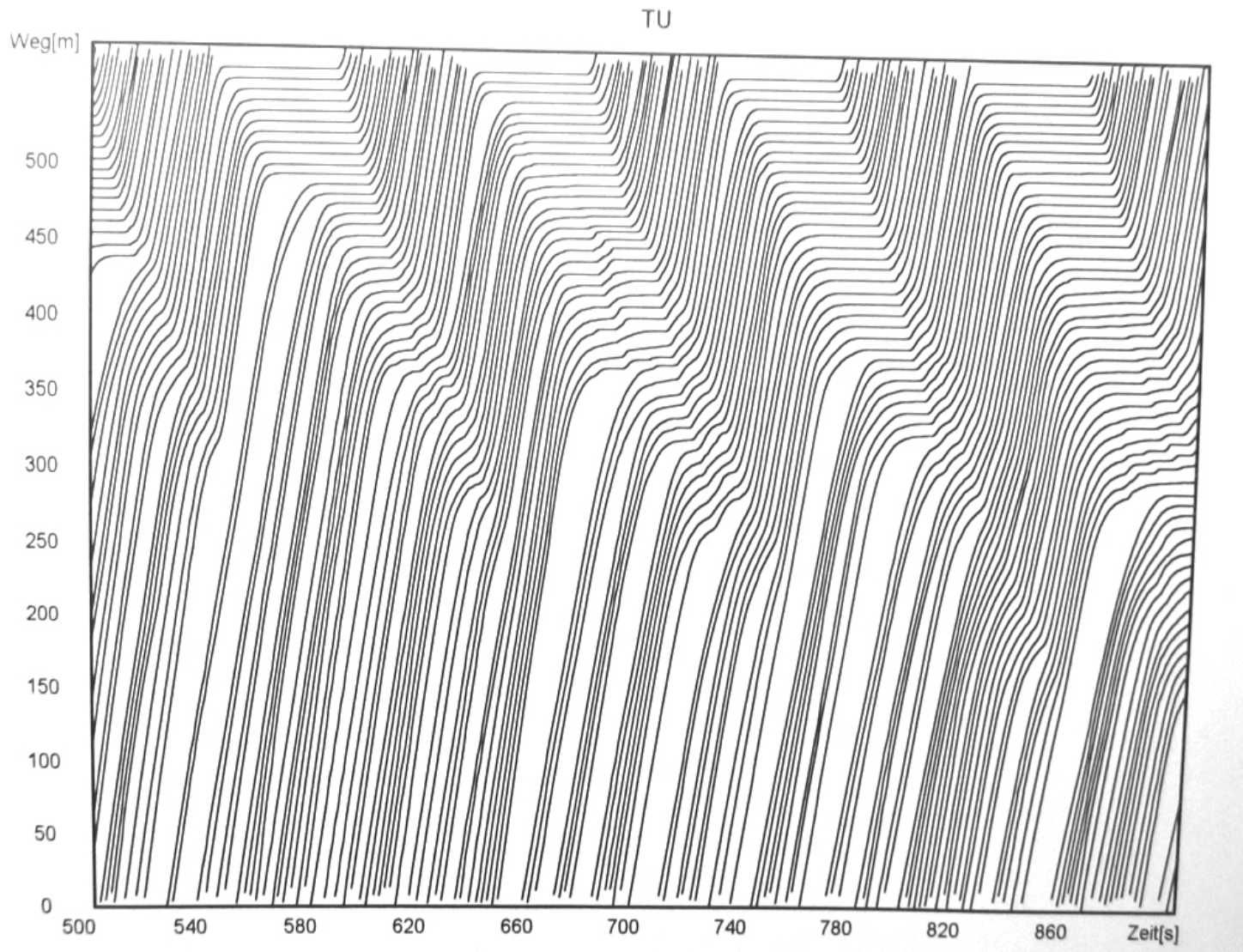
- ▶ Ausgangslage und Motivation
- ▶ Grundlagen des FCO-Ansatzes
- ▶ Mobile Erfassung des Gegenverkehrs
- ▶ Anwendung im ÖPNV
- ▶ Zwischenfazit und Ausblick

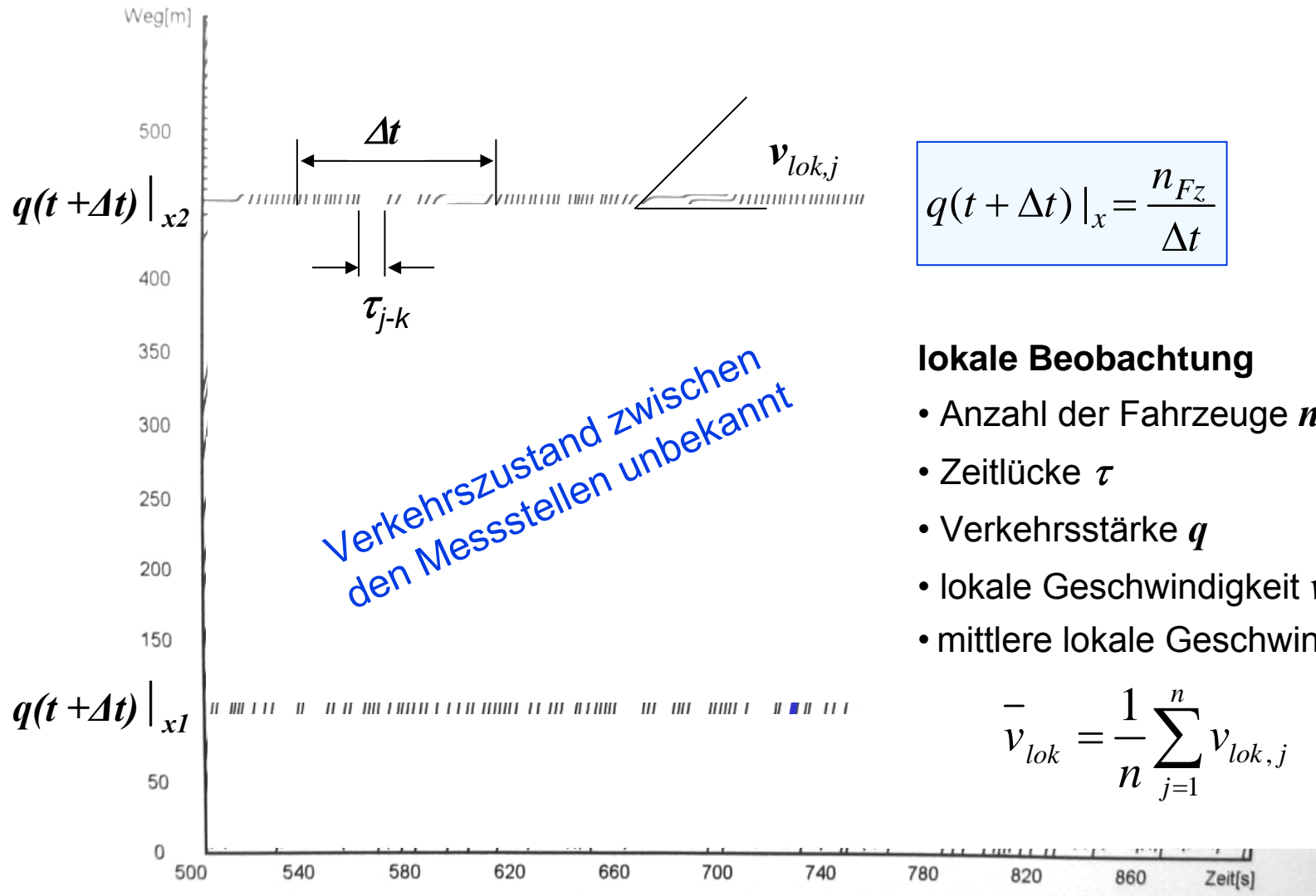
- ▶ Voraussetzung für die effiziente Steuerung und Lenkung des Verkehrs: möglichst flächendeckende Kenntnis des Verkehrszustands
- ▶ je besser die Datengrundlage, desto fundierter sind gefällte Entscheidungen
 - der Fahrzeugführer
 - der Operatoren in Verkehrsleitzentralen
 - von Steuerungsalgorithmen
- ▶ lückenlose Verkehrszustandserfassung wirtschaftlich nicht vertretbar
- ▶ besondere Defizite im nachgeordneten Straßennetz
- ▶ Kenntnis der **mikroskopischen** Verkehrslage bei neuen verkehrstechnischen Anwendungen wünschenswert, bspw. für
 - lokale Gefahrenwarnung
 - Ankunftszeitprognose im ÖPNV ohne eigenen Fahrweg
- ▶ exakte und vollständige Bestimmung des Verkehrszustands allein über stationäre Detektoren methodisch nicht trivial



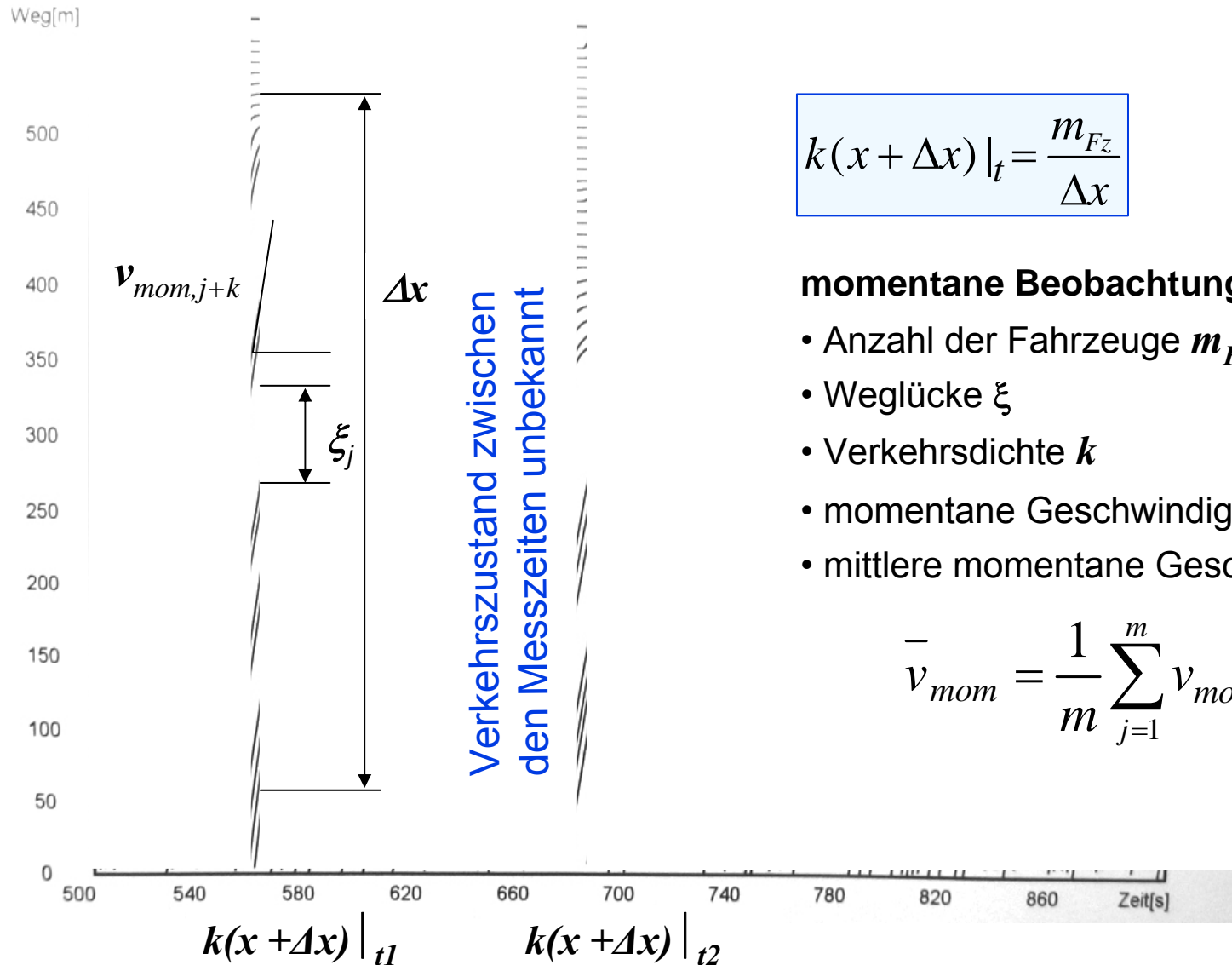
- ▶ Verkehrslageinformationen für den ÖPNV-Kunden
 - Beeinträchtigung des ÖPNV durch MIV bei gemeinsamen Fahrwegen
 - Nutzung von RBL-Daten für dynamische Fahrgastinformation
 - Ankunftszeitprognose beschränkt sich auf einfache Extrapolation ohne Berücksichtigung der Folgen einer gemeinsamen Fahrwegnutzung

- ▶ Verkehrslageinformationen als Entscheidungsgrundlage für ein Störungsmanagement im ÖPNV
 - Informationen zur Gesamtverkehrslage bei Störungen dürftig
 - Störungsmanagement soll wirtschaftlichen Schaden minimieren
 - Entscheidungen oft ohne fundierte Grundlage „aus dem Bauch“





weniger praktikable Methode

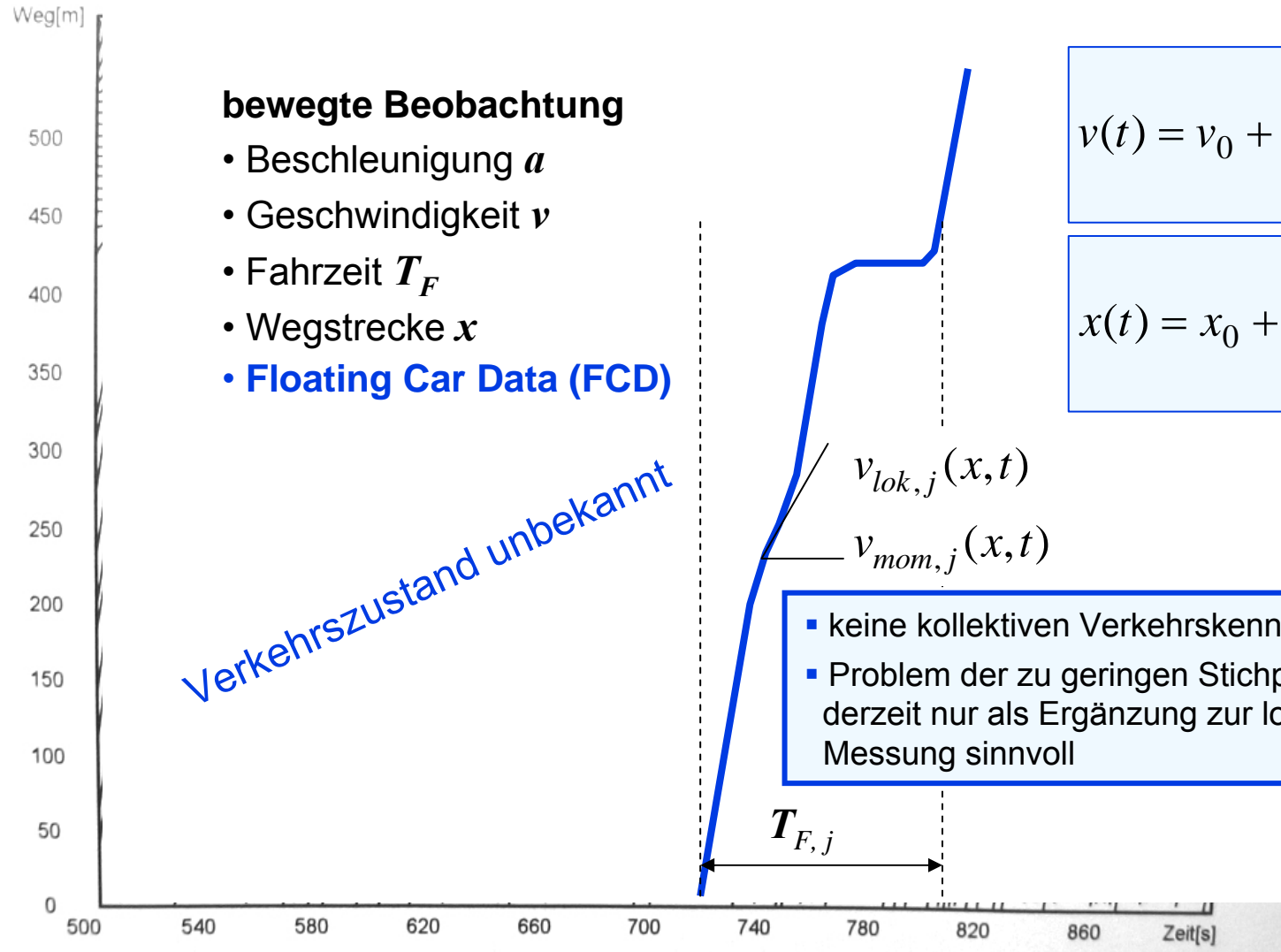


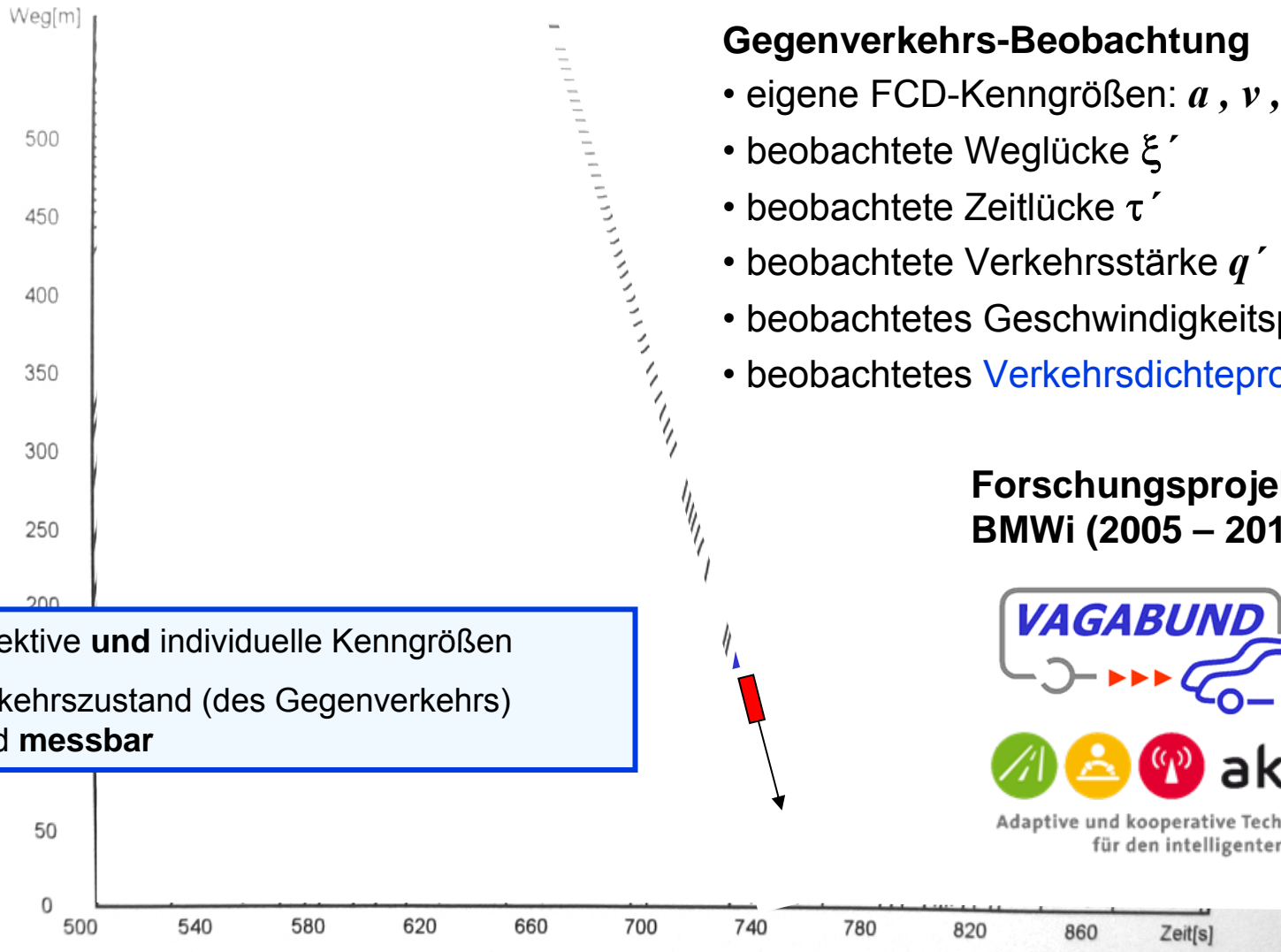
$$k(x + \Delta x) |_t = \frac{m_{Fz}}{\Delta x}$$

momentane Beobachtung

- Anzahl der Fahrzeuge m_{Fz}
- Weglücke ξ
- Verkehrsdichte k
- momentane Geschwindigkeit v_{mom}
- mittlere momentane Geschwindigkeit

$$\bar{v}_{mom} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m v_{mom,j}$$





- kollektive **und** individuelle Kenngrößen
- Verkehrszustand (des Gegenverkehrs) wird **messbar**

Gegenverkehrs-Beobachtung

- eigene FCD-Kenngrößen: a , v , T_F , x
- beobachtete Weglücke ξ'
- beobachtete Zeitlücke τ'
- beobachtete Verkehrsstärke q'
- beobachtetes Geschwindigkeitsprofil $v'(x,t)$
- beobachtetes **Verkehrsdichteprofil** $k'(x,t)$


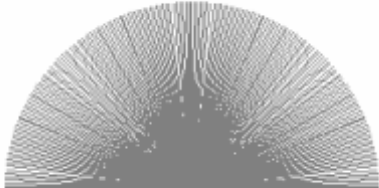


Forschungsprojekte BMW (2005 – 2010)



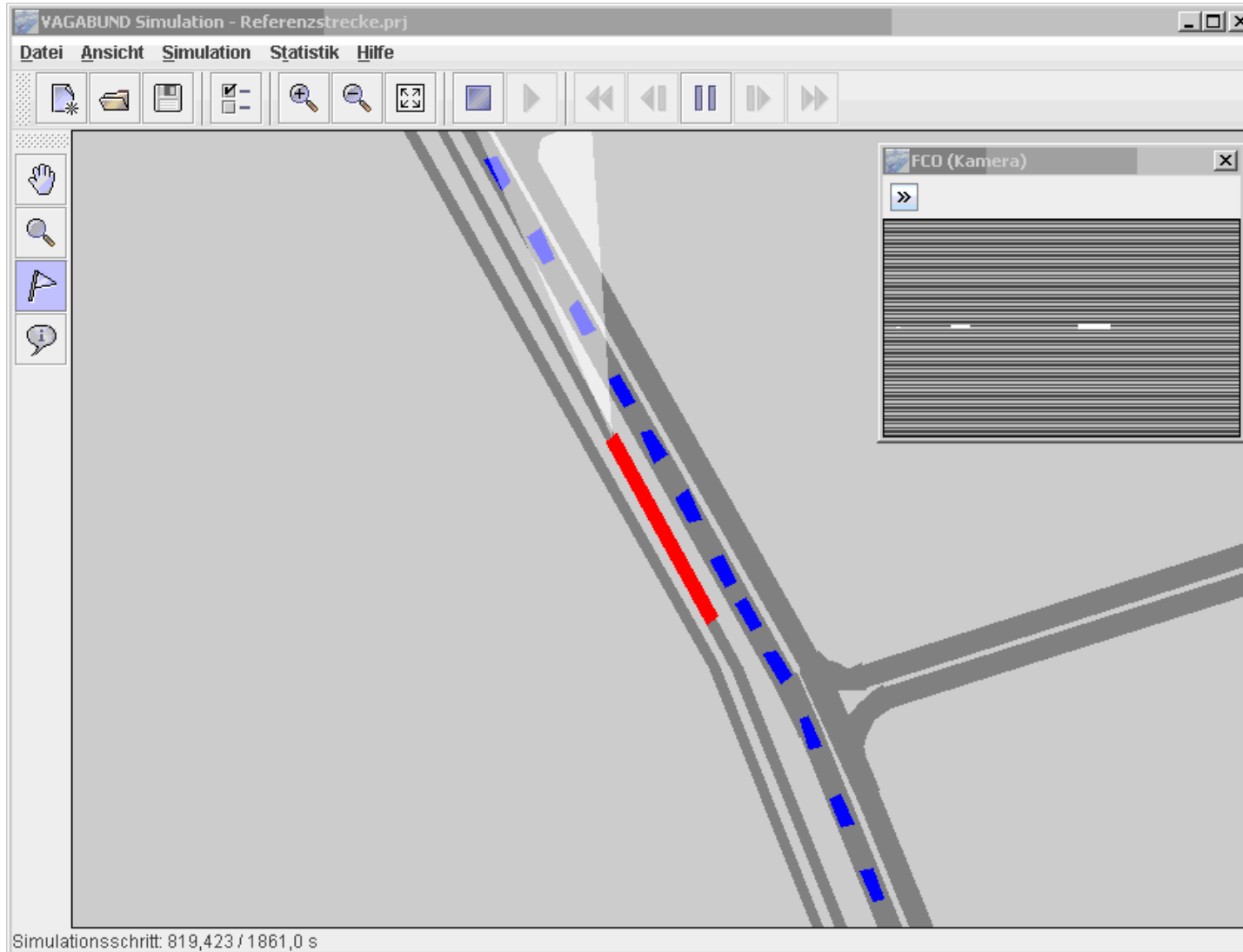
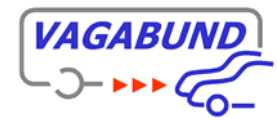
- ▶ gemeinsame Erfassung kollektiver und individueller Verkehrskenngrößen
 - Erhöhung des Informationsgehalts und der Effizienz der mobilen Verkehrsdatenerfassung gegenüber bisherigen FCD
 - vollständige Anonymität des erfassten Gegenverkehrs
- ▶ direkte Messung der räumlichen Verteilung von Verkehrskenngrößen
 - Aufspüren von Störungen vergleichsweise einfach und vor allem ortsgenau
 - mikroskopische Verkehrslage → verbesserte Ankunftszeitprognose
 - Prognose der Stauentwicklung durch Feststellung, wie viele Fahrzeuge auf das Stauende auffahren
- ▶ Potenziale für C2X-Kommunikation
 - FCO begegnet der „relativen Zukunft“ entgegenkommender Fahrzeuge und kann diese dem Gegenverkehr direkt kommunizieren
 - FCO muss im Gegensatz zu FCD-Lieferanten einen Stau nicht selbst durchfahren
 - schnellere Verfügbarkeit der vollständigen Stauinformation
- ▶ auch im Stau stehender FCO liefert noch gewinnbringende Informationen

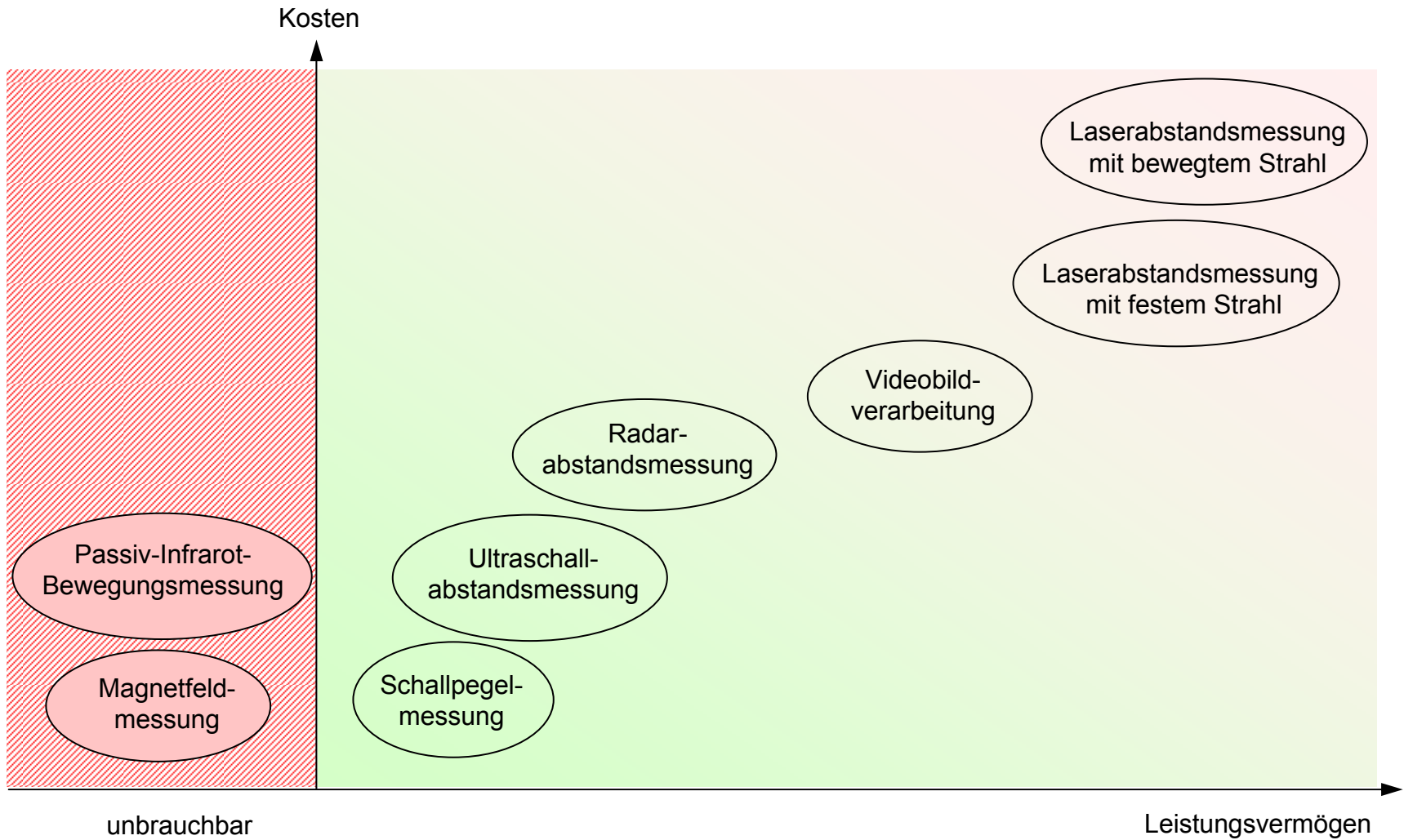
- ▶ applikationsabhängige Anforderungen an die mobile Umgebungserfassung hinsichtlich
 - der Erfassungsreichweite und des Erfassungswinkels
 - des zeitlichen und räumlichen Auflösungsvermögens
 - der maximalen Relativgeschwindigkeit
 - der Integrierbarkeit in Fahrzeuge und der Kosten
- ▶ Leistungsvermögen der Umgebungserfassung abhängig von
 - Eigenschaften des physikalischen Mediums inkl. Störpegel (Schall, EM-Wellen)
 - emissions- oder reflexionsbasierter Detektionsweise
- ▶ passive Messverfahren
 - vergleichsweise einfache Sensoren für die Emissionsmessung (Schall, Wärme, ...)
 - ausgeklügelte Signalverarbeitung für Identifikation erforderlich
- ▶ aktive Messverfahren
 - erfordern gesteuerte Emission am FCO (bspw. Ultraschall, Radar, Licht)
 - Phasen- oder Laufzeitmessung der Rückstreuung, Bildinterpretation

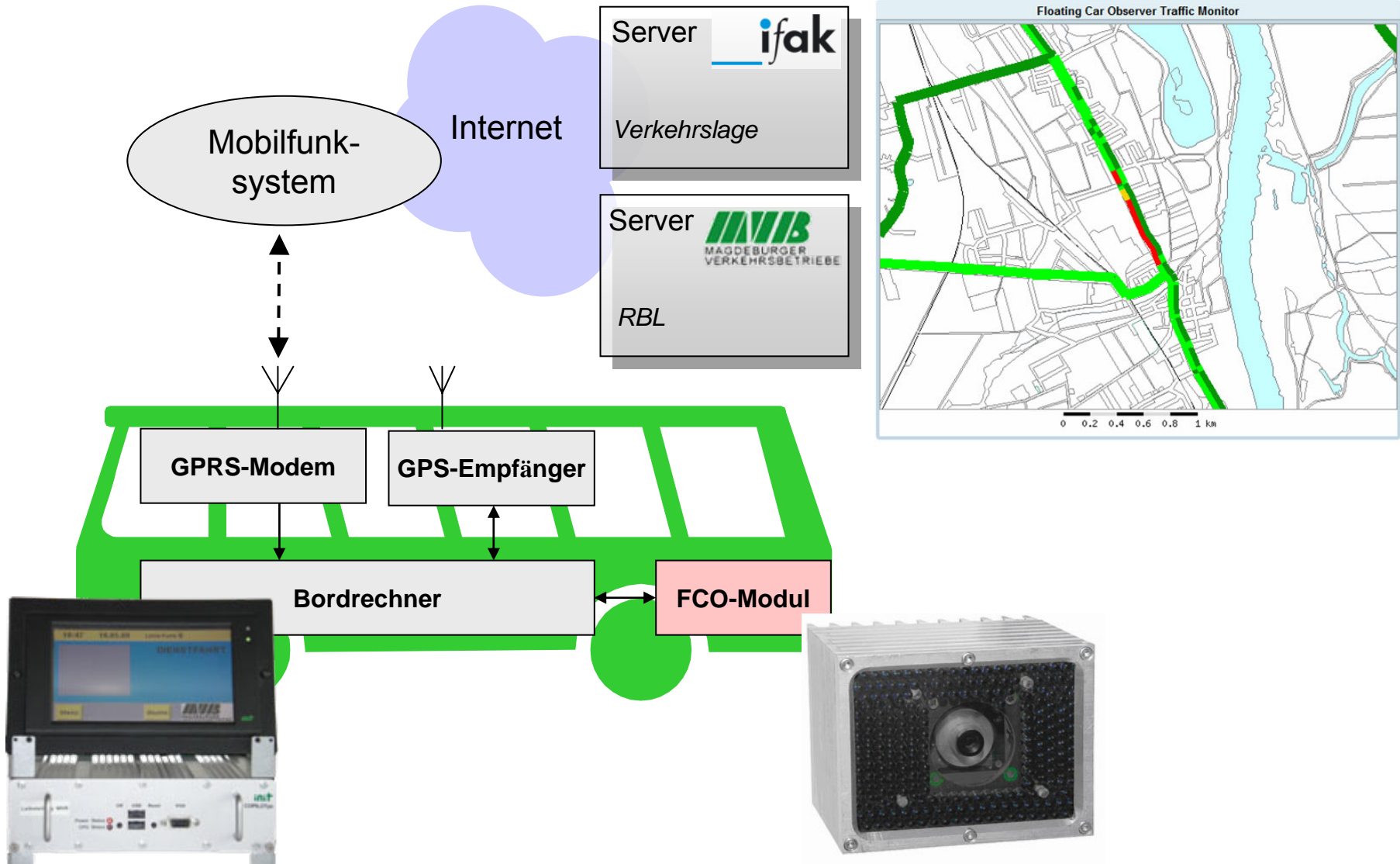
Sensorcharakteristiken (Auswahl)

FCO-Sensortyp	Detektionsfeld	Messrate	Öffnungswinkel	Reichweite
Lichttaster		62 Hz 16 Hz 4 Hz 1 Hz	statisch	20 m
Laserscanner		75 Hz 38 Hz 19 Hz	100° 180°	8 m 80 m 150 m
Ultraschall		4-25 Hz	statisch	4 m 8 m 16 m
Kamera		30-60 Hz	17° - 80°	150 m

Simulationsgestützte Anforderungsanalyse







- ▶ FCO-Ansatz führt zu einer Informationsverdichtung
 - Stichprobe von Floating Car könnte erheblich kleiner ausfallen
- ▶ Informationsgewinn des FCO-Ansatzes eröffnet neue Möglichkeiten
 - Lieferung hoch belastbarer Informationen zur Entscheidungsunterstützung
 - streckenbezogene Messung der mikroskopischen Verkehrslage (Verkehrsdichteprofil)
 - durch zeitnahe und hochgenaue Daten für C2X-Anwendungen prädestiniert
- ▶ Leistungsfähigkeit des Ansatzes wächst mit steigendem Aufwand für die mobile Umgebungserfassung
 - auf einbahnigen Straßen ohne Richtungstrennung am einfachsten umsetzbar
 - Richtungstrennung auf zweibahnigen Straßen stellt Ansatz nicht in Frage, hier Videobildverarbeitung am aussichtsreichsten
- ▶ geplante Demonstrationen in den Projekten AKTIV (außerorts) und VAGABUND (innerorts)
- ▶ kostengünstige und integrationsfreundliche Lösung zur mobilen Umgebungserfassung ist ein wichtiger Schlüssel zur Umsetzung
- ▶ methodischer Forschungsbedarf insbesondere zur Fusion mit anderen Daten

- ▶ Regelmäßig verkehrender ÖPNV ist zweckmäßige Plattform für die MIV-Lageerfassung
 - regelmäßige Befahrung des Straßennetzes
 - größere Höhe über Fahrbahn bei optischen Verfahren hilfreich
- ▶ Verbesserung des Störungsmanagements und der Qualität der dynamischen Fahrgastinformation mit verkehrsunternehmenseigenen FCO
- ▶ organisatorische, betriebliche und technische Unabhängigkeit der Verkehrsunternehmen von Daten Dritter, deren Verfügbarkeit und Qualität nicht beeinflussbar ist
- ▶ besondere Eignung des FCO-Ansatzes für eine partielle und schrittweise Umsetzung, beispielsweise bei problembehafteten Strecken mit Baustellen
- ▶ Verkehrsunternehmen können sich auch als Anbieter von dynamischen Staukarten empfehlen und dabei ggf. die eigene Attraktivität über Reisezeitvergleiche unterstreichen