

# GUIDEWEB: Ein konzeptionell infrastrukturfreies Fahrzeugkommunikationssystem

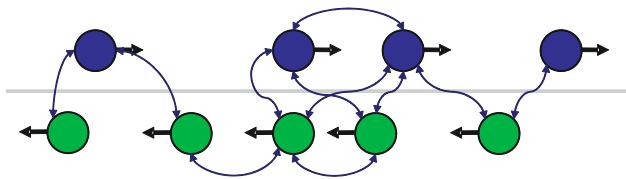
Dr. Bernd X. Weis, BlackForestLightning, 79183 Waldkirch, Deutschland, [bernd.weis@blackforestlightning.de](mailto:bernd.weis@blackforestlightning.de)  
Julian D. Weis, Google Ireland GmbH, Dublin, Irland, [jweis@google.com](mailto:jweis@google.com)

## Kurzfassung

GuideWeb ist ein Konzept zur Fahrzeugkommunikation basierend auf miteinander über Funk kommunizierenden Fahrzeugen, mit dem z.B. Benutzern von Navigationssystemen aktuelle und genaue Verkehrsinformationen insbesondere für den Nahbereich bereitgestellt werden. GuideWeb realisiert sich durch die Kooperation von in den Fahrzeugen befindlichen Softwaresystemen, die auf Standardplattformen (z. B. Smartphone, Navigationssystem) ausgeführt werden. Das Kommunikationssystem basiert auf Meldungsbroadcast. Die Analyse hat mit gezeigt, dass bei einer 2%-igen MapSynthesiser-Dichte bei mittlerer Verkehrslast 500 km Streckeninformationen in höchstens 15 Minuten erworben werden.

## 1 Einleitung

Wenn Fahrzeuge miteinander kommunizieren können, sind die Daten, die in der geographischen Umgebung relevant sind, im System aktuell. GuideWeb ist ein Informationssystemkonzept basierend auf miteinander über Funk kommunizierenden Fahrzeugen, mit dem aktuelle und genaue Information insbesondere aus und für den Nahbereich (bis ca. 50 km) bereitgestellt werden (siehe **Bild 1**). Der Informationsaustausch wird durch das Softwaresystem MapSynthesiser ermöglicht.



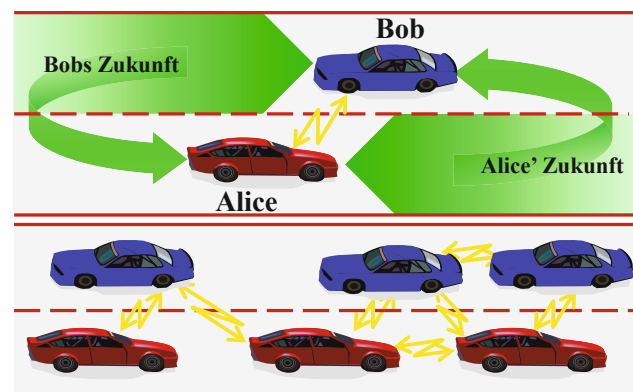
**Bild 1** Kommunikationsbeziehungen im Straßenverkehr

Das Konzept GuideWeb ist einzigartig in den folgenden Eigenschaften:

- Schutz persönlicher Daten ist durch das Design gewährleistet.
- Es werden zeitnahe und genaue Informationen über Verkehrsflüsse und -dichten, eine Schätzung der erwarteten Verkehrsentwicklung sowie die Befahrbarkeit von Verkehrswegen bereitgestellt – sowohl in der Stadt, über Land als auch auf der Autobahn.
- Es fallen keine Gebühren an.

Die Teilnehmer im GuideWeb ermitteln Verkehrsinformationen, nutzen diese und verbreiten sie weiter. Dadurch wird es dem GuideWeb-Teilnehmer ermöglicht, sich seine optimale Fahrroute zu wählen. Die GuideWeb-Informationen können im Nahbereich die anderen Dienste ergänzen. Die Teilnahme an GuideWeb ist für den Benutzer kostenlos. Es muss lediglich ein MapSynthesiser zur Verfügung stehen, der die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen gestaltet.

Die Art und Weise der Kommunikation gestattet es den Teilnehmern, einen Blick in die für sie relevante nähere (Verkehrs)Zukunft zu werfen wie in **Bild 2** in der Kommunikation zwischen Alice und Bob angedeutet.



**Bild 2** GuideWeb ermöglicht einen Blick in die Zukunft

Ein fundamentales Merkmal dieses Konzepts ist, dass grundsätzlich keine Bewegungsprofile erstellt werden können, da individuelle Ortsdaten nie ausgetauscht werden. Damit trägt dieses Konzept dazu bei, in einem besonders schwierigen Anwendungsfall die Privatsphäre sicherzustellen.

## 2 Grundlegender Mechanismus: Meldungsbroadcast

### 2.1 Grundlegender Mechanismus: Meldungsbroadcast

GuideWeb basiert auf einfachem Meldungsbroadcast. Die Softwaresysteme in den Fahrzeugen „broadcasten“ in regelmäßigen Zeitabständen, z. B. alle 10 sec, die ihnen zur Verfügung stehende relevante Information. Damit vermeidet GuideWeb die auftretenden Probleme bei der Einrichtung und Aufrechterhaltung eines Ad-hoc-Netzwerks, das einen, wenn auch sehr kleinen, administrativen Aufwand erfordert, insbesondere bei sich schnell ändernden Netzwerkteilnehmern. Es entwickelt sich ein reines Informationsnetzwerk von sich bewegenden Fahrzeugen. Jedem

Teilnehmer steht in diesem Netzwerk eine Vielzahl von Informationen aus vielen verschiedenen Quellen zur Verfügung. Es ist die Aufgabe des Softwaresystems, daraus ein kohärentes Situationsbild zu erstellen. Wie dieses Softwaresystem gestaltet werden kann, wird anhand des MapSynthesiser zur Verkehrsflussdatenerfassung unten erläutert.

Die Vorteile einer auf Broadcast basierenden Kommunikation sind vielfältig. Sie sind unter anderem

- kein administrativer Aufwand für das Netzwerk,
- Flusssteuerungsmechanismen im Funksystem, die typischerweise auf CDMA/CA-Mechanismen basieren, welche letztlich auch das Kommunikationsprotokoll steuern,
- dezentrale Datenerfassung und -verarbeitung, keine Notwendigkeit einer zentralen Verarbeitungseinheit, wenngleich diese konzeptionell nicht ausgeschlossen ist,
- inhärenter Schutz der Privatsphäre,
- Unterdrückung böswilliger Benutzer per Plausibilitätsbetrachtung.

Der wesentliche Nachteil besteht in dem sehr hohen Datenverarbeitungsaufwand im Softwaresystem im Fahrzeug.

## 2.2 Grundlegender Mechanismus: Verarbeitung der Meldungen

GuideWeb zur Fahrzeugnavigation basiert auf dem Softwaresystem MapSynthesiser. MapSynthesiser und Navigationssystem werden auf derselben Plattform ausgeführt. Dies erlaubt die Kombination von MapSynthesiser mit einem beliebigen Navigationssystem. Das GuideWeb wurde intensiv simuliert und ein Prototypsystem des MapSynthesiser ist entwickelt. Die Technologie ist patentrechtlich geschützt (erteilte Patente in Deutschland, UK, Frankreich und USA).

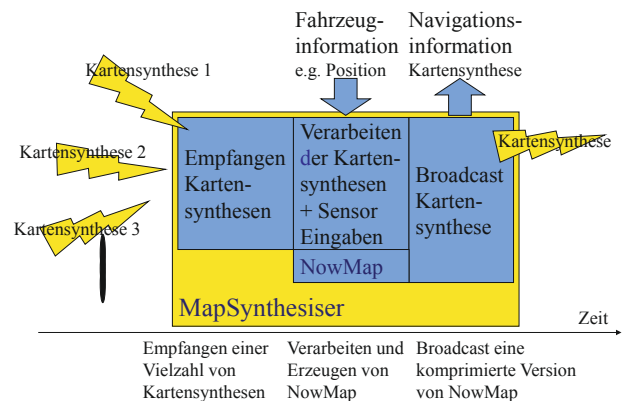
Der MapSynthesiser ist das autonome Kernelement des GuideWeb. GuideWeb konstituiert sich aus der Kooperation vom MapSynthesiser. Ein MapSynthesiser empfängt von den MapSynthesiser anderer GuideWeb-Teilnehmer über Funkkommunikation Verkehrsflussinformationen in Form von informationsangereicherten Kartenausschnitten (genannt Kartensynthesen). MapSynthesiser erzeugt aus den empfangenen Kartensynthesen zusammen mit den im Fahrzeug selbst gesammelten Verkehrsdaten eine eigene Kartensynthese, die dann rundgesendet wird (broadcast) (siehe **Bild 3**).

Aus den Kartensynthesen können keine fahrzeugspezifischen Daten extrahiert werden; diese Technik gewährleistet ein Höchstmaß an Datensicherheit und Datenschutz.

Es ist offensichtlich, dass die übertragene Information einen sehr großen Redundanzgrad aufweist. Durch die Art und Weise, wie Information aufgenommen, verarbeitet und verteilt wird, ist das systeminhärent. Das hat einerseits den

Nachteil, dass viel Information – auch redundante – in einem MapSynthesiser verarbeitet werden muss. Andererseits ermöglicht diese Redundanz ebenso systeminhärent eine hohe Zuverlässigkeit der empfangenen und verarbeiteten Daten. Böswillige Nutzer (malicious users) werden herausgemittelt und gehen somit in der Redundanz der Information verloren – übrig bleibt allerhöchstens ein leichtes Rauschen.

GuideWeb/MapSynthesiser stellt zeitnahe und genaue Informationen über Verkehrsflüsse und -dichten sowie die Befahrbarkeit von Strecken überall innerhalb eines Umkreises von etwa 100 km bereit. Mit einem Navigationssystem können diese Informationen dann weiterverarbeitet und dem Fahrer zur Verfügung gestellt werden.



**Bild 3** MapSynthesiser

MapSynthesiser kann in jede Fahrzeug-Fahrzeug-Funkplattform integriert werden. Durch die hohe Informationsdichte der Kartensynthesetechnik werden die Anforderungen an die Marktdurchdringung auf ein Minimum reduziert.

## 2.3 Grundlegender Mechanismus: Erweiterungsmöglichkeiten

MapSynthesiser kommunizieren (siehe Bild 4)

- direkt über WLAN-Broadcast oder
- über Mobilnetz-Zellbroadcast oder
- über einer Kombination von beiden.

Basisstationen der Mobilnetze (GSM, UMTS, LTE) empfangen Broadcast-Meldungen und verteilen diese an die Fahrzeuge in Reichweite.

C-MapSynthesiser ist ein Server-basierter Kartensynthesen-Processor. Auf einem abgesetzten Server werden alle empfangenen GuideWeb-Meldungen optimal einem C-MapSynthesiser-Bereich zugeordnet und verarbeitet. Die Ergebnisse werden innerhalb der assoziierten C-MapSynthesiser-Bereiche wieder verteilt. C-MapSynthesiser erhöht die Abdeckung und die Leistungsfähigkeit.

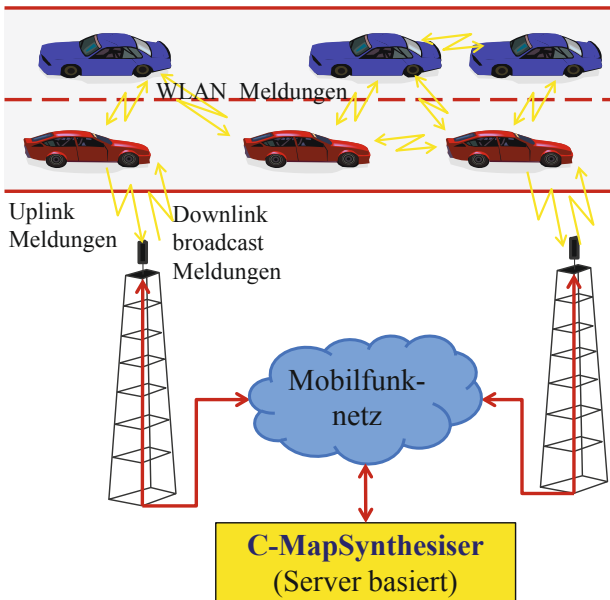


Bild 4 Kommunikationsoptionen MapSynthesiser

### 3 Big Data Anwendung: Informationsakquise

Dies ist ein spezieller, aber sehr spannender Anwendungsfall von Big Data Analytics. Im Paper wird genauer auf die Mechanismen der Informationserzeugung, -verarbeitung und -verbreitung im MapSynthesiser eingegangen. Weiterhin wird die Lernfähigkeit des Systems analysiert und die Ergebnisse präsentiert.

#### 3.1 Analyse der Informationsakquise in MapSynthesiser

Die folgende Analyse beschreibt, wie MapSynthesiser Routeninformationen quantitativ erfasst. Zwei Fälle werden berücksichtigt.

**Der erste Fall** basiert auf dem Szenario, das alle MapSynthesiser in einem bestimmten Bereich die Informationsakquise zur gleichen Zeit beginnen, das heißt alle MapSynthesiser haben keine Information über die Umwelt.

**Der zweite Fall** ist auf dem Szenario aufgebaut, dass nur der betrachtete MapSynthesiser überhaupt keine Informationen hat. Die andere MapSynthesiser haben bereits Information über die Umwelt erworben.

Die Realität liegt wie immer irgendwo dazwischen – aber es kann sicherlich angenommen werden, dass sie näher am zweiten Fall als an dem ersten liegt.

Das System, das analysiert wird, ist ziemlich komplex und eine umfassende stochastische Analyse eher mühsam. Daher beschränkt sich die Analyse im Folgenden auf eine Mittelwert-Analyse. Die wichtigsten Ergebnisse sind jedoch von dieser Einschränkung nicht betroffen.

### 3.2 Definitionen und Notationen

Verkehrssituationen werden typischerweise mit den folgenden beiden Parametern beschrieben:

Verkehrsfluss  $Q$ : Anzahl Fahrzeuge pro Zeiteinheit

Verkehrsdichte  $D$ : Anzahl Fahrzeuge pro Längeneinheit

Der Verkehrsfluss und die Verkehrsdichte beziehen sich durch die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit, das heißt

$$v_{av} = \frac{dQ}{dD} \quad \text{oder im stationären Zustand}$$

$$v_{avSteadyState} = \frac{Q_{av}}{D_{av}}$$

Die folgende Tabelle ordnet die Verkehrsdichte Verkehrslastklassen zu mit Verkehrsdichte = Anzahl der Fahrzeuge pro km.

Verkehrsdichte	Verkehrslastklassen
0 – 16	niedrig
16 – 23	mittel
23 – 32	hoch
32 – 45	Sehr hoch
45 –	überlastet

Es ist eine „Begegnung“, wenn im Verkehr zwei Fahrzeuge, beide ausgestattet mit einem MapSynthesiser, Routeninformationen austauschen.

$t_{En}$ : Zeitpunkt der Begegnung  $n$ ,

$\tau_n$ : Zeit zwischen Begegnungen  $n$  und  $n + 1$ ,

$K_{in}(t)$ : Routeninformationen in km, die in der Karte von MapSynthesiser  $i$  nach Begegnung  $n$  zum Zeitpunkt  $t$  gespeichert ist,

$S_i(\tau_n)$ : Entfernung in km von MapSynthesiser  $i$  zwischen Begegnungen  $n$  und  $n + 1$  zurückgelegt,

$K_{max}$ : Maximum Routeninformationen in km, die gespeichert werden können,

$P_i(\tau_n)$ : Maximale Routeninformationen in km, die in der Zeit  $\tau_n$  zwischen Begegnungen  $n$  und  $n+1$  verarbeitet werden können (bestimmt durch die Verarbeitungsleistung von MapSynthesiser Plattform),

$\alpha$ : Parameter, der berücksichtigt, dass sich die jeweiligen Kartenbereiche nicht vollständig überlappen.

#### 3.3 Routeninformation im MapSynthesiser

Die Routeninformationen in MapSynthesiser  $i$  zum Zeitpunkt  $t$  ist die Information bei der letzten Begegnung  $K_{in}(t_{En})$  und die Information aus dem eigenen Reiseerlebnis  $S_i(t - t_{En})$  angepasst an die bereits vorhandene Informationslast bereits an Ort und Stelle eingestellt, d.h.

Informationslastanpassung:  $\left(1 - \frac{K_{in}(t_{En})}{K_{max}}\right)$

Während der Begegnung  $n + 1$  wird die Routeninformation  $K_{jm}(t_{En})$ , die in Begegnung  $n$  von MapSynthesiser  $j$  empfangen wurde, in die Routeninformation  $K_{in}(t_{En})$  verarbeitet und daraus  $K_{i(n+1)}(t_{E(n+1)})$  kreiert. Da jedoch die Verarbeitungsleistung der Plattform, auf der MapSynthesiser ausgeführt wird, beschränkt ist, wird nur die Information, die

tatsächlich verarbeitet wird, zu  $K_{i(n+1)}(t_{E(n+1)})$  beitragen. Dies erklärt den Minimum-Term. Da ferner einige Routeninformationen nicht relevant sind, wird wie oben definiert mit dem Parameter  $\alpha$  angepasst. Daher,

$$K_{i(n+1)}(t_{E(n+1)}) = K_{in}(t_{En}) + (S_i(\tau_n) + \alpha \text{Min}\{K_{jm}(t_{En}), P_i(\tau_n)\}) \left(1 - \frac{K_{in}(t_{En})}{K_{max}}\right)$$

**Fall 1: GuideWeb in Formierungszustand**

Für eine detailliertere Analyse nehmen wir an, dass alle MapSynthesiser zur gleichen Zeit  $t = 0$  starten, d.h. GuideWeb ist im Prozess der Formation. Dann gibt es stochastisch keinen Unterschied zwischen  $K_{in}$  und  $K_{jm}$  in Bezug auf die Größe der Routeninformationen, so dass

$$K_{i(n+1)}(t_{E(n+1)}) = K_{in}(t_{En}) + (S_i(\tau_n) + \alpha \text{Min}\{K_{in}(t_{En}), P_i(\tau_n)\}) \left(1 - \frac{K_{in}(t_{En})}{K_{max}}\right)$$

**Fall 2: GuideWeb im eingeschwungenen Zustand**

In diesem Fall tritt der MapSynthesiser in das System ein, wenn es sich bereits im stationären Zustand befindet. Die Informationserfassung wird dann nur noch durch die Verarbeitungsleistung der Rechenplattform begrenzt,

$$K_{i(n+1)}(t_{E(n+1)}) = K_{in}(t_{En}) + (S_i(\tau_n) + \alpha P_i(\tau_n)) \left(1 - \frac{K_{in}(t_{En})}{K_{max}}\right)$$

**3.4 Mittelwertanalyse**

Wir nehmen an, dass die Begegnungen, bei denen Karteninformationen zwischen Fahrzeugen im Verkehr ausgetauscht werden, mit Bezug auf die Zeit äquidistant sind, d.h.  $\tau_n = \tau$  für alle  $n$ . Somit  $t_{E(n+1)} = t_{En} + \tau$ .

Die Größe der Karteninformationen in MapSynthesiser  $i$  bei der  $(n + 1)$ -ten Begegnung ist dann

**Fall 1:**  $K_{i(n+1)}(t_{E(n+1)}) = K_{in}(t_{En}) + (S_i(\tau) + \alpha \text{Min}\{K_{in}(t_{En}), P_i(\tau)\}) \left(1 - \frac{K_{in}(t_{En})}{K_{max}}\right)$

**Fall 2:**  $K_{i(n+1)}(t_{E(n+1)}) = K_{in}(t_{En}) + (S_i(\tau) + \alpha P_i(\tau)) \left(1 - \frac{K_{in}(t_{En})}{K_{max}}\right)$

**3.5 Ergebnisse der Mittelwertanalyse**

Im Folgenden wird angenommen, dass die Routeninformation, die 3000 km Straße entsprechen, in MapSynthesiser gehandhabt werden können, was einer Übertragung einer Payload-Größe von ca. 100 kB entspricht. Bei einer Übertragung auf WLAN-Basis mit UDP-Protokoll ist die Nutzlast auf 1522 Byte begrenzt. Somit wird die zu übertragende Information aufgeteilt in geeignete Nutzlastsegmente, deren Größen 1522 Byte nicht überschreiten. Daraus resultieren ca. 75 Meldungen mit jeweils ca. 40 km Straßeninformationen. Eine empfangene Nachricht (~ 1350 Byte Nutzdaten) benötigt weniger als 1 s Bearbeitungszeit. Diese Bearbeitungszeit wurde auf einem ASUS 636N mit Windows Mobile 5 ermittelt.

Aber MapSynthesiser ist nicht die einzige Anwendung, die auf der Plattform ausgeführt wird. Zumindest eine Navigationsanwendung läuft parallel; daher steht nur ein bestimmter Prozentsatz für die MapSynthesiser Ausführung zur Verfügung.

**Zusammenfassend**

Maximale Länge von 1 Karte ( $K_{max}$ )	⇒	3000 km (< 100 kByte)
75 Meldungen (je 1 Karte):	⇒	40 km je Meldung
Die Bearbeitungszeit für 1 Meldung = 1 s	⇒	$\mu_{max} = 60 / \text{min}$
Die Bearbeitungszeit für MapSynthesiser 25 %	⇒	$\mu = 15 / \text{min}$
Verkehrsdichte: 30 veh./km @ 50 km/h (beide Richtungen)	⇒	Verkehrsfluss: 3000 veh./h

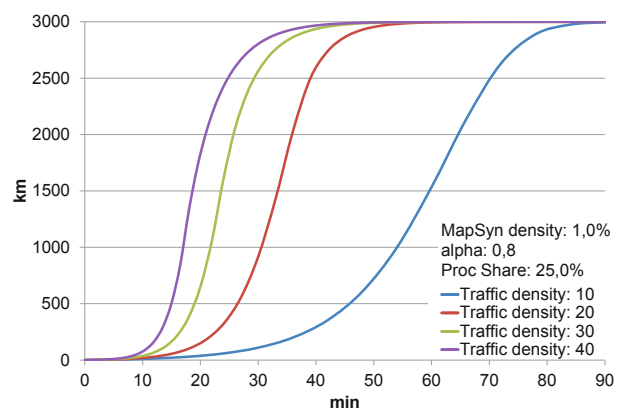
**3.5.1 Fall 1: Evaluation in Bezug auf Verkehrsdichte**

**Bild 5** und **Bild 6** zeigen die Ergebnisse für die folgenden Parameter-Einstellungen:

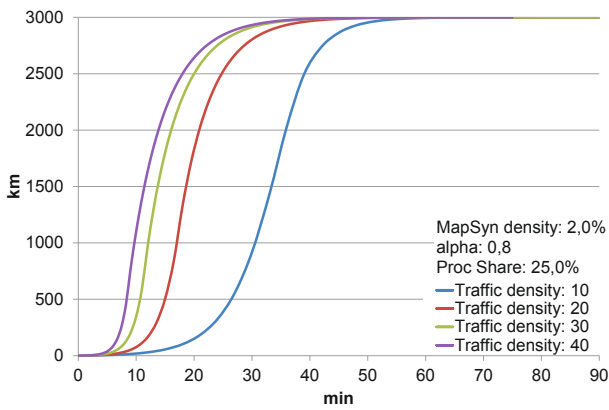
Parameter	Wert
$\alpha =$	0,8
Verkehrsdichte =	10 – 40 veh./km (Verkehrslast von niedrig bis sehr hoch)
Verkehrsfluss =	1000 – 4000 veh. / h
MapSynthesiser-Dichte =	1 % und 2 %.
Anteil der Rechenleistung =	25 %

Erfassungszeit in min von 500 km Verkehrsinformation:

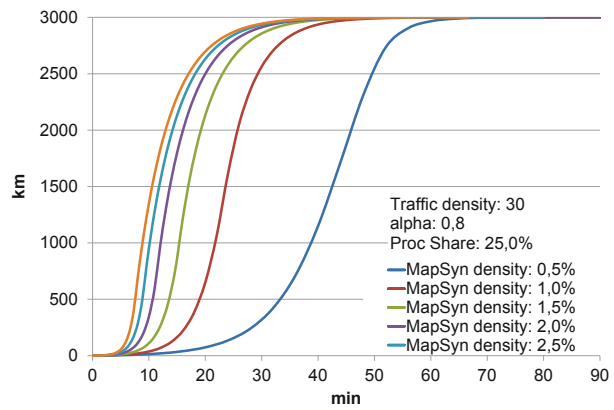
MapSynthesiser-Dichte	Verkehrsdichte			
	10	20	30	40
1,0 %	46	26	21	15
2,0 %	26	15	11	9



**Bild 5** Verkehrsinformation in MapSynthesiser in km vs. Erfassungszeit mit 1 % MapSynthesiser-Dichte



**Bild 6** Verkehrsinformation in MapSyntheser in km vs. Erfassungszeit mit 2 % MapSyntheser-Dichte



**Bild 8** Verkehrsinformation in MapSyntheser in km vs. Erfassungszeit mit 30 veh./km Verkehrsdichte

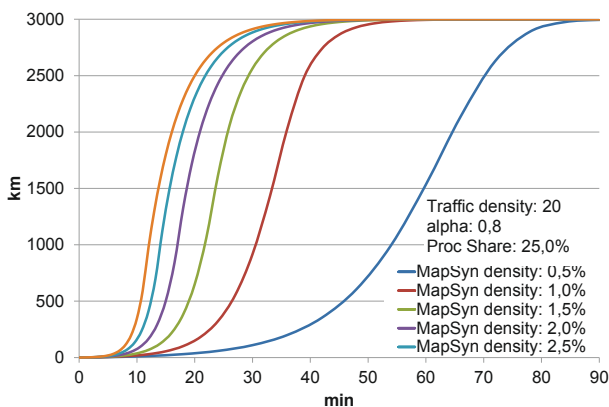
**3.5.2 Fall 1: Evaluation in Bezug auf MapSyntheser-Dichte**

**Bild 7** und **Bild 8** zeigen die Ergebnisse für die folgenden Parametereinstellungen:

Parameter	Wert
$\alpha =$	0,8
Verkehrsdichte =	20, 30 veh./km (Verkehrslast von mittel bis hoch)
Verkehrsfluss =	2000, 3000 veh./h
MapSyntheser-Dichte =	0,5 % – 3,0 %
Anteil der Rechenleistung =	25 %

Erfassungszeit in min von 500 km Verkehrsinformation:

Verkehrsdichte	MapSyntheser Dichte					
	0,5 %	1,0 %	1,5 %	2,0 %	2,5 %	3,0 %
20	47	26	19	15	13	11
30	33	19	14	11	9	8



**Bild 7** Verkehrsinformation in MapSyntheser in km vs. Erfassungszeit mit 20 veh./km Verkehrsdichte

**3.5.3 Fall 1: Evaluation in Bezug auf Anteil der Rechenleistung**

Erfassungszeiten in min von 500 km Verkehrsinformation für die folgenden Parametereinstellungen zeigen nur geringe Abweichungen in Bezug auf den Anteil der Verarbeitungsleistung.

Parameter	Wert
$\alpha =$	0,8
Verkehrsdichte =	20, 30 veh./km (Verkehrslast von mittel bis hoch)
Verkehrsfluss =	2000, 3000 veh./h
MapSyntheser-Dichte =	2,0 %
Anteil der Rechenleistung =	25 % – 10 %

Erfassungszeit in min von 500 km Verkehrsinformation

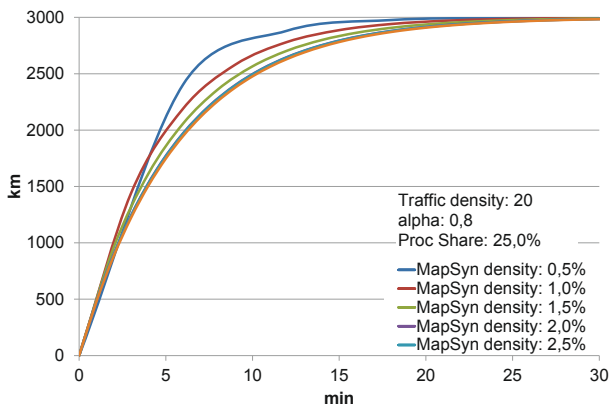
Verkehrsdichte	Anteil der Rechenleistung			
	25 %	20 %	15 %	10 %
20	15	15	15	15
30	11	11	11	11

**3.5.4 Fall 2: Evaluation in Bezug auf MapSyntheser-Dichte**

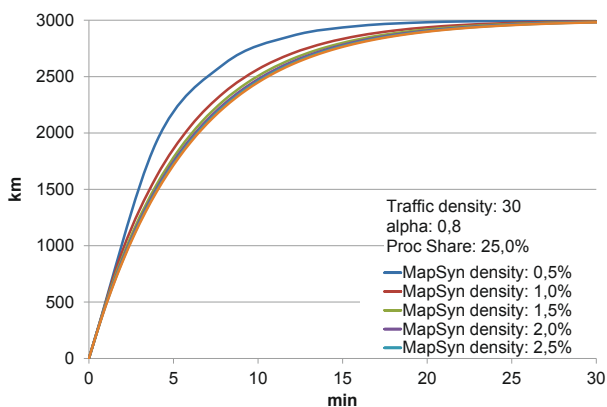
In diesem Fall tritt ein MapSyntheser in das System ein, wenn es sich bereits im stationären Zustand befindet. Die Verarbeitung der ausgetauschten Daten wird dann nur durch die Verarbeitungsleistung der Rechenplattform beschränkt.

**Bild 9** und **Bild 10** zeigen die Ergebnisse für die folgenden Parametereinstellungen:

Parameter	Wert
$\alpha =$	0,8
Verkehrsdichte =	20, 30 veh./km (Verkehrslast von mittel bis hoch)
Verkehrsfluss =	2000, 3000 veh./h
MapSyntheser-Dichte =	0,5 % – 3,0 %
Anteil der Rechenleistung =	25 %



**Bild 9** Verkehrsinformation in MapSynthesiser in km vs. Erfassungszeit mit 20 veh./km Verkehrsdichte: GuideWeb im eingeschwungenen Zustand



**Bild 10** Verkehrsinformation in MapSynthesiser in km vs. Erfassungszeit mit 30 veh./km Verkehrsdichte: GuideWeb im eingeschwungenen Zustand

Die Zeit, 500 km Verkehrsinformation zu erwerben, beträgt ca. 1 min in beiden Fällen.

## 4 Zusammenfassung

In diesem Beitrag ist das Konzept GuideWeb für die Navigationsunterstützung basierend auf v2v-Kommunikation vorgestellt worden, das eine Mindestanforderung an den Vernetzungsgrad stellt. Durch die Verwendung eines Broadcast-Kommunikationskonzepts werden bestimmte Herausforderungen und Schwierigkeiten in der v2v-Kommunikation überwunden oder umgangen.

Die Analyse hat mit gezeigt, dass bei einer 2%-igen MapSynthesiser-Dichte bei mittlerer Verkehrslastklasse 500 km Streckeninformationen in höchstens 15 Minuten erworben werden. Darüber hinaus ermöglicht die Verarbeitungsmethode, dass Informationen zu den einzelnen Fahrzeugen weder extrahiert noch zurückgeführt werden können, das heißt, dass der Datenschutz gewährleistet ist.

## 5 Literatur

- [1] Schnauffer S. et al., Vehicular Ad-Hoc Networks: Single-Hop Broadcast is not enough, Proceedings of 3rd International Workshop on Intelligent Transportation (WIT), Hamburg, Germany, pp. 49-54, 2006
- [2] Torrent-Moreno M., Inter-Vehicle Communications: Assessing Information Dissemination under Safety Constraints, 4th Annual IEEE/IFIP Conference on Wireless On Demand Network Systems and Services (WONS), Obergurgl, Austria, 2007
- [3] Baldessari R. et al., NEMO meets VANET: A Deployability Analysis of Network Mobility in Vehicular Communication, Proceedings of 7th International Conference on ITS Telecommunications (ITST 2007), Sophia Antipolis, France, pp. 375–380, 2007
- [4] Bechler M. et al., Mobile Internet Access in FleetNet, in Proceedings of KiVS 2003, Leipzig, Germany, 2003
- [5] Baldessari R. et al., Flexible Connectivity Management in Vehicular Communication Networks, Proceedings of 3rd International Workshop on Intelligent Transportation (WIT), Hamburg, Germany, pp. 211-216, 2006
- [6] Harsch C. et al., Secure Position-Based Routing for VANETs, Proceedings of IEEE 66th Vehicular Technology Conference (VTC Fall), Baltimore, MD, USA, 2008
- [7] Zukunft und Zukunftsfähigkeit der Informations- und Kommunikationstechnologien und Medien, Internationale Delphi-Studie 2030, Münchner Kreis e.V., EICT GmbH, Deutsche Telekom AG, TNS Infratest GmbH, 2009
- [8] Weis B., Sandweg A., GuideWeb: A New Paradigm for Navigation Support based on v2v Communication, Proceedings of AMAA, Berlin, Germany, pp. 423-432, 2010
- [9] Weis B., Sandweg A., GuideWeb: An Introductory Solution For V2V-Communication, Proceedings of ITS World Congress, Busan, Korea, SP23-1, 2010
- [10] Weis B., Sandweg A., GuideWeb: a conceptually infrastructure-free vehicle navigation system, IET Intell. Transp. Syst., pp. 1-6, September 2012
- [11] Wischhof L. et al., SOTIS – A Self-Organizing Traffic Information System, Proceedings of 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference VTC 2003-Spring, Jeju, South Korea, 2003
- [12] ISO, Intelligent Transport Systems (ITS) – Location Referencing for Geographic Databases – Part 3: Dynamic Location References (Dynamic Profile), Draft Standard 17572-3, 2009