

# DEMONSTRATOR GNSS-INDOOR

## INNOVATIVE TECHNOLOGIEN UND DEREN DEMONSTRATION ZUR ORTUNG IN GEBÄUDEN

O. Kalden, VEGA Deutschland GmbH & Co. KG, Darmstadt  
F. Zimmermann, cesah GmbH Centrum für Satellitennavigation Hessen, Darmstadt  
A. Jungstand, Steinbeis Transferzentrum Navigation, Neustrelitz

### Zusammenfassung

Viele Anwendungen basieren auf Ortung durch Satellitennavigation. Allerdings stößt Satellitennavigation innerhalb von Gebäuden und in ihrem unmittelbaren Umfeld auf ihre Grenzen. Durch Hindernisse und Abschattung werden die Navigationssignale gedämpft. Hier versprechen Indoor-Ortungstechnologien in Kombination mit Satellitenortung höhere Systemverfügbarkeit und Ortungsgenauigkeit. Durch Entwicklung innovativer Technologien und deren kombinierte Nutzung können Sicherheit in Gebäuden erhöht und neue Märkte erschlossen werden.

Für GNSS-INDOOR-Anwendungen gibt es eine Vielzahl von Einsatzbereichen. Daher wurde zunächst eine Marktanalyse und Bestandsaufnahme verfügbarer Ortungs- und Kommunikationstechnologien durchgeführt und mögliche Anwendungsszenarien aufgestellt. Daraus wurden Systemanforderungen und -konzepte abgeleitet und untersucht. Auf der Basis dieser Erkenntnisse wurde der GNSS-INDOOR Demonstrator entworfen. Dabei wurde der Schwerpunkt, unter Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten, auf Logistik-Anwendungen gelegt.

Nach Abschluss des detaillierten Entwurfs und Entwicklung der Systemkomponenten, bestehend aus mobilen Geräten, Servern, Kommunikationsnetzwerk und Software, wurden Laborversuche durchgeführt. Im Labor wurden Technologie- und Komponententests und danach Systemintegration und -tests durchgeführt. In Vorbereitung auf die Feldversuche wurden anschließend Teilprozesse aus der Logistik in kontrollierter Umgebung nachgeahmt.

Die Feldversuche fanden mit der Unterstützung des DHL Hubs am Flughafen Leipzig/Halle statt. Nach Aufbau des GNSS-INDOOR Systems auf dem Flughafen und Abschluss der Messkampagnen bzw. Systemtests erfolgte der Einsatz des Systems für die Verfolgung von Containern und Überwachung typischer Logistikprozesse unter realistischen Bedingungen. Dabei konnten wertvolle Erkenntnisse gewonnen und die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Systems unter Beweis gestellt werden.

Erfolgreich wurde das System am 15. April am DHL Hub, Flughafen Leipzig/Halle vorgestellt und demonstriert. Die Abschlusspräsentation fand am 29. April bei der Raumfahrt-Agentur, DLR in Bonn statt. Die nächste Systemdemonstration wird derzeit geplant.

Der vorliegende Beitrag gibt eine kurze Zusammenfassung des Projektablaufs. Anschließend folgen eine Systembeschreibung mit detaillierter Darstellung ausgewählter Systemkomponenten und exemplarische Ergebnisse aus Labor- und Feldversuchen.

### 1. EINLEITUNG

Viele Anwendungen basieren auf Ortung durch Satellitennavigation. Allerdings stößt Satellitennavigation innerhalb von Gebäuden und in ihrem unmittelbaren Umfeld auf ihre Grenzen. Durch Hindernisse und Abschattung werden die Navigationssignale gedämpft. Hier versprechen Indoor-Ortungstechnologien in Kombination mit Satellitenortung höhere Systemverfügbarkeit und Ortungsgenauigkeit. Durch Entwicklung innovativer Technologien und deren

kombinierte Nutzung können Sicherheit in Gebäuden erhöht und neue Märkte erschlossen werden.

Mit dieser Motivation wurde im Förderprojekt GNSS-INDOOR, nach einer Marktanalyse, verschiedene Anwendungsszenarien betrachtet und daraus Nutzeranforderungen abgeleitet. Diese Anforderungen wurden in einem systematischen Anforderungskatalog zusammengefasst.

Nach Konzeptentwurf und Technologieauswahl wurde der

Entwurf des Demonstrationssystems für Labor- und Feldversuche angegangen. Die Technologie- und Komponententests fanden im Labor des Fraunhofer IFF, Magdeburg statt. Darauf folgten die Systemintegration und die Nachahmung von Teilprozessen aus der Logistik in Vorbereitung auf die Feldversuche.

Eine ausführliche Beschreibung der eingesetzten Technologien und die Vorgehensweise ist in [1] dokumentiert. Das folgende BILD 1 stellt das Gesamtkonzept dar.

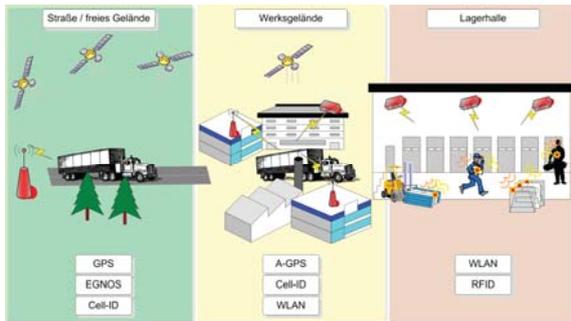


BILD 1. GNSS-INDOOR Gesamtkonzept

Im Bild wird die kombinierte Nutzung verschiedener Ortungstechnologien dargestellt, wobei jede Ortungstechnologie in einem Bereich, von Außen nach Innen, vorteile aufweist.

## 2. SYSTEMBESCHREIBUNG

Das folgende BILD 2 stellt das GNSS-INDOOR Demonstrationssystem schematisch dar.

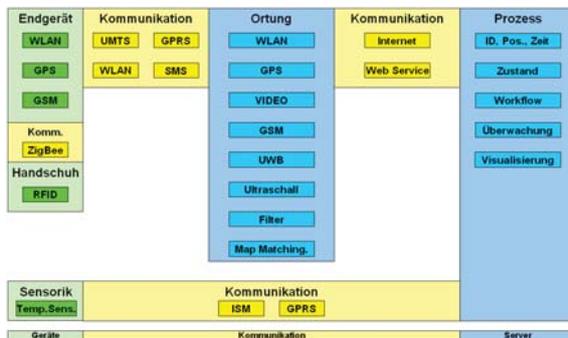


BILD 2. Überblick des GNSS-INDOOR Systems

Die Hauptkomponenten des Systems sind

- Enderäte
- Sensorik
- Server
- Kommunikationsinfrastruktur

In der Abbildung sind diese Komponentengruppen farblich unterschiedlich dargestellt. Die Kommunikation zwischen den Geräten und Servern und zwischen verschiedenen Servern erfolgt u.a. über WLAN, Web, UMTS und Funk.

Die WLAN Infrastruktur wird sowohl für die Ortung als auch für die Kommunikation benutzt.

Die Aufgaben der Systemkomponenten sind nachfolgend erläutert.

Endgeräte sind zum Einen ein Smartphone mit einer speziellen Softwarelösung (OCN), die die Ortung des Mobilgeräts und die Integration des Geräts und der angeschlossenen mobilen Systemkomponenten in das INDOOR Kommunikationsnetz ermöglicht. Das Endgerät ist mit verschiedenen Erweiterungen und Sensoren ausgestattet (z.B. GPS, WLAN). Weitere Endgeräte sind Zustandssensorik und der RFID (Radio Frequency Identification) Handschuh. Die Sensorik dient der Überwachung des Zustands der georteten Container, z.B. der Temperatur. Je nach Anwendung können im Gesamtsystem weitere Funksensoren integriert werden, die z.B. die Masse, bzw. Gaszusammensetzung im Container messen. Der RFID Handschuh dient der Identifikation von Containern, die mit RFID Tags versehen sind. Beim Anfassen eines Tags wird die ID gelesen. Diese Daten laufen auf einem Prozess-Server zusammen und werden dort registriert und ausgewertet. Der Vorteil liegt darin, dass bei Benutzung der Handschuh beide Hände frei bleiben.



BILD 3. Der RFID Handschuh (Quelle: Fraunhofer IFF)

Ortungsserver sind mehrere Rechner, die verschiedene Ortungsaufgaben übernehmen. Sie verarbeiten die von Endgeräten gesendeten rohen Messdaten und führen eine Ortung durch. Dabei werden mehrere Sensordaten berücksichtigt und durch Filterung das beste Ortungsergebnis ausgewählt. Darüber hinaus wird durch Map Matching das Ergebnis weiter verbessert. Dabei wird die ungenaue Ortung auf einen Punkt auf einer genau definierten Strecke zugeordnet. Hierbei kann für ein genaueres Map Matching auch Geschwindigkeits- und Richtungsinformation herangezogen werden. Im folgenden Bild ist das Verfahren visualisiert.

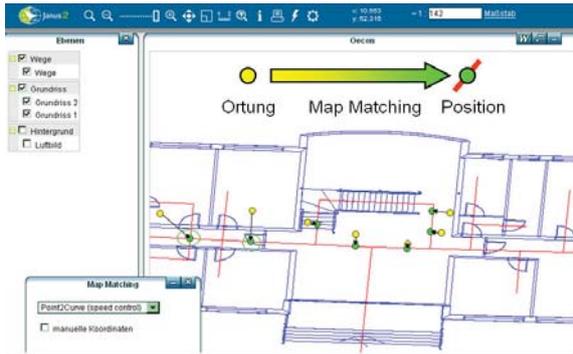


BILD 4. Visualisierung Map Matching (Quelle: Friedrich-Schiller Universität, Jena)

In der Visualisierung ist die Zuordnung von ungenauen Ortungsinformationen zu genau definierten Bewegungspfaden ersichtlich. In der linken unteren Ecke ist eine Zuordnung einer Ortung zu einem schräg gegenüberliegenden Punkt auf dem Pfad zu sehen. In diesem Fall wurde das Map Matching unter Hinzunahme von Geschwindigkeits- und Richtungsinformationen durchgeführt. Auf diese Weise werden eventuell Map Matching Fehler, wie z.B. Sprünge zwischen nahegelegene Wege, Durchgänge durch Wände ausgeschlossen.

Eine Detaillierte Darstellung des Ortungsservers ist unten in BILD 5 gegeben. Das Bild zeigt die interne Struktur des Ortungsservers mit den Ortungsmethoden

- GSM – Über Mobilfunknetz (Zell-ID)
- GNSS – Satellitengestützt (GPS)
- WLAN – Basierend auf Feldstärkekarten (Fingerprint)
- WLAN – Basierend auf Zell-ID

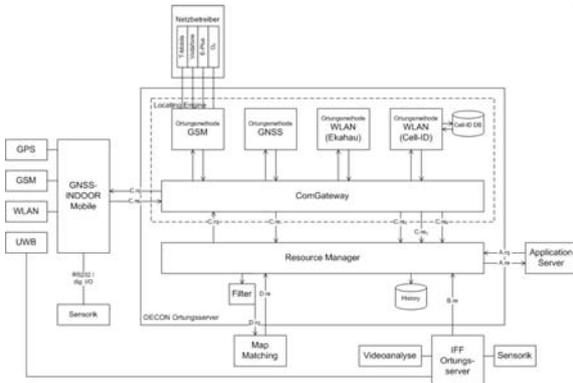


BILD 5. Aufbau des Ortungsservers (Quelle: OECON)

Der Server kommuniziert mit der mobilen Einheit, an der die Zustandssensork angeschlossen ist, benutzt Filter und Map Matching, um das Ortungsergebnis zu verbessern, erhält Referenz-Ortungsdaten von der Videoortung, die auf Bilddifferenz-Verfahren basiert und leitet anlaufende Daten an den Anwendungsserver, auf dem die Prozesslogik implementiert ist.

Prozess Server sind zuständig für die logische Auswertung der Ortungs- und Identifikationsdaten und die Überwachung der Logistikprozesse. Hier erfolgen z.B. die Zuordnung von Positions- und Zeitinformationen zu Containern, Verheiratung und Entheiratung von Zugmaschinen (Tugs) mit Dollies und Containern, Überprüfung von Ladelisten, Verspätungen und die korrekte Lieferung von Containern zu den geplanten Zonen. Die Logik ist in Form eines Workflows implementiert. Im folgenden Bild ist die Verheiratung eines Tug – Dolly – Container Verbunds dargestellt.

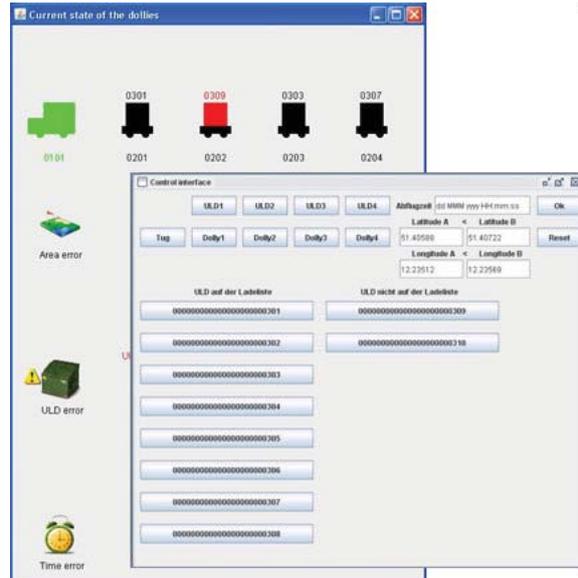


BILD 6. Verheiratung Tug – Dolly – Container Verbund (Quelle: Scheller Systemtechnik)

### 3. ÜBERWACHUNG

Das Ziel des entwickelten Systems ist die Überwachung von Logistikprozessen. Daten, die durch verschiedene Sensoren aufgenommen werden (ID, Zeit, Position, Zustand) werden auf dem Anwendungsserver ausgewertet. Diese Daten werden hier logisch verknüpft und in einer Datenbank abgelegt. Die Prozesslogik ist im Workflow abgebildet und die Aufgaben, wie z.B. die Lieferzeiten, Zielstationen, Ladelisten, Container- und Tug IDs sind auch in der Datenbank abgelegt. Auf diese Weise kann die korrekte Abarbeitung des Prozessplans überprüft werden.

Für die Überwachung eines komplexen Logistiksystems ist die automatische Zusammenstellung relevanter Daten und Hervorhebung wichtigster Informationen von großer Bedeutung. Weil hier kommt es vor allem darauf an, z.B. Fehler, Notfälle, Verzögerungen rechtzeitig zu erkennen und diese Information auf eine übersichtliche Weise dem verantwortlichen Personal zur Verfügung zu stellen. Eine Methode ist die grafische Visualisierung, welche nachfolgend beispielhaft im BILD 7 dargestellt ist.



BILD 7. Live Darstellung der Systemsicht (VEGA)

Die Visualisierung besteht aus einem Steuerungsdialog, drei Darstellungen der Systemsicht und Fehlermeldungen.

Die Steuerung dient der Steuerung der Anzeige und der live Verbindung zum Anwendungsserver, auf dem die aktuellsten Systeminformationen bereitgestellt werden.

Die Mobilgerät-Anzeige stellt die Fahrersicht dar.

Die 3D Ansicht stellt laufende Prozesse auf dem Vorfeld, wobei der grüne Zylinder einen Tug und die gelb bzw. blauen Zylinder die Container darstellen. So werden die Bewegungen von Tugs und Container und die Ladezustände der Tugs dargestellt.

Eine der zwei Fehleranzeigen im Vordergrund zeigt eine Warnmeldung, die erscheint, wenn Container in einer falschen Abladezone abgeladen werden. Die "E112" Anzeige (Erweiterter Notruf) berichtet über einen Notfall mit Positionsangabe. Beide Fehler werden auch in der räumlichen Darstellung durch Markierung des Ortes angezeigt.

Schließlich zeigt der Logger eine Zusammenstellung der Daten in Klartext. Hier ist an der Farbe zu erkennen, ob die Temperatur eines Containers im zulässigen Bereich liegt (Grün), darüber hinaus werden im Logger die Position (sowohl in geografischen Koordinaten als auch in Klartext), die Zeit der Ortung, IDs der georteten Tugs, IDs der daran angehängten Container, die letzten Positionen der Container angezeigt. Da alle Daten aufgenommen werden, ist ein Abspielen der Prozesse für Analysezwecke möglich.

#### 4. SYSTEMDEMONSTRATION

Die Feldversuche fanden mit der Unterstützung des DHL Hubs am Flughafen Leipzig/Halle statt. Nach Aufbau des GNSS-INDOOR Systems auf dem Flughafen und Abschluss der Messkampagnen bzw. Systemtests erfolgte der Einsatz des Systems für die Verfolgung von Containern und Überwachung typischer Logistikprozesse unter realistischen Bedingungen. Dabei konnten wertvolle Erkenntnisse gewonnen und die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Systems unter Beweis gestellt werden.

Erfolgreich wurde das System am 15. April am DHL Hub, Flughafen Leipzig/Halle vorgestellt und demonstriert. Die Abschlusspräsentation des Projekts fand am 29. April bei der Raumfahrt-Agentur, DLR in Bonn statt. Aufgrund des großen Interesses wurde eine zweite Systemdemonstrati-

on am 29.06.2009 erfolgreich durchgeführt.

Ziel des Demonstrators ist die geodatenbasierte, echtzeitnahe Überwachung von beweglichen Betriebsmitteln, wie z.B. Tugs und Dollies, bei ständig schwankenden Umgebungsbedingungen.

Die Schritte des Demonstrationsablaufs sind nachfolgend beschrieben.

1. Verheiratung eines Tug - Dolly – Container (ULD) Verbunds mittels RFID Handschuh und Tags. Die RFID Tags sind auf den Containern, Tugs und Dollies angebracht. Die gelesenen Daten werden per Funk an den Anwendungsserver übertragen, wo die logische Verknüpfung der Daten erfolgt.
2. Der Verbund fährt.
3. Während der Fahrt wird der Tug geortet. Ortungsinformationen laufen auf dem Anwendungsserver aufgenommen. Mit der Bewegung des Tugs werden auch die Positionen der daran gehängten Containern aktualisiert.
4. Der Verbund hält in der falschen Abladezone an. Der Fahrer verwendet den RFID Handschuh und entheiratet die Container und den Tug. Dies löst eine Fehlermeldung aus, die die Position, Zeit und die Ursache der Warnung angibt.
5. Der Tug wird wieder mit den Dollies/Containern Verheiratet.
6. Der Verbund fährt zur korrekten Bereitstellungsfläche und löst den Verbund auf. Die nach Plan durchgeführte Entheiratung löst keine Fehlermeldung aus.

Während dieses Prozesses erfolgt Datenerfassung über INDOOR Mobile Geräte und Sensoren vor Ort. Die Sensordaten werden dem Ortungsserver übermittelt, wo durch Filterung und Berechnung die bestmögliche Ortungslösung gewählt wird. Diese Lösung wird dann zusätzlich durch Map Matching verbessert.

ID-, Position- und Zeitinformation werden dem Anwendungsserver übertragen, wo der Prozessstatus bestimmt wird. Die Anzeige von laufenden Prozessen, Warnmeldungen und verschiedene Visualisierungen erfolgen über Web Dienste auf Mobilrechnern vor Ort.

Die hier beschriebene Systemdemonstration lässt schon Aussagen über verschiedene Anwendungen in des Systems in Logistikprozessen machen. Einige Beispiele sind unten aufgeführt.

Eine Bewertung von aufgenommenen Daten von Tug- und Container-Bewegungen auf dem Betriebsgelände ermöglicht die Identifikation von Problemen und Schwachstellen in den Arbeitsprozessen und kann für die Prozessoptimierung verwendet werden. Dabei können z.B. Wartezeiten, und Fahrzeiten statistisch analysiert und minimiert werden.

Durch Verwendung von Ortungsdaten und die automatische Positionserfassung kann dazu verwendet werden, Zugmaschinen ortsbezogen auszuwählen und die Trans-

portaufträge auf dieser Basis zu verteilen. Dadurch können Betriebsmittel optimal ausgenutzt und Fahrtzeiten gekürzt werden.

Eine weitere Anwendung eines solchen Systems ist die automatische Überwachung der Prozesse und die rechtzeitige Darstellung der relevanten und wichtigen Informationen in einer geeigneten Form, um das Überwachungspersonal zu unterstützen.

## 5. VERWEISE

Das Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie durch die Raumfahrtagentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) gefördert (Förderkennzeichen 50 NA 0701).

Projektpartner:

VEGA Deutschland GmbH & Co. KG, Darmstadt

OECON GmbH, Braunschweig

Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung, Magdeburg

Scheller Systemtechnik GmbH, Wismar

Friedrich-Schiller-Universität, Jena

Für die freundliche Unterstützung der Feldversuche und Systemdemonstration bedanken wir uns ganz herzlich bei DHL Hub Leipzig/Halle.

[www.gnss-indoor.de](http://www.gnss-indoor.de)

## 6. REFERENZEN

[1] GNSS-INDOOR – INNOVATIVE TECHNOLOGIEN UND DEREN DEMONSTRATION ZUR ORTUNG IN GEBÄUDEN, O. Kalden, A. Jungstand, F. Zimmermann, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2008, Darmstadt