

T. Strang, F. Schubert, S. Thöler, R. Oberweis, et al.

## **Lokalisierungsverfahren**



**DLR**

**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2008

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-7492-4

ISSN 1618-1034

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

Die vorliegende Studie wurde im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik in Kooperation vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Kommunikation und Navigation (IKN) erstellt.

## **Autoren**

An der Erstellung dieser Studie haben mitgewirkt:

Michael Angermann

Boubeker Belabbas

Armin Dammann

Thomas Jost

Susanna Kaiser

Harald Kelter

Mohammed Khider

Bernhard Krach

Andreas Lehner

Thoralf Noack

Rainer Oberweis

Patrick Remi

Markus Rippl

Patrick Robertson

Frank Schubert

Thomas Strang

Steffen Thöler

Hans-Peter Wagner

Christian Weber

Kai Wendlandt

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung und Übersicht verschiedener Sensoreigenschaften	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Klassifikation der Sensoreigenschaften	1
1.2.1	Zeitliche Stabilität	1
1.2.2	Auswirkungen auf die Zweidimensionale und Dreidimensionale Positionierung	3
1.2.3	Unabhängigkeit der Sensorfehler	4
1.2.4	Sensorkombinationen am Beispiel „Positionierung für Fußgänger“	4
1.3	Auswirkungen auf Verfügbarkeit, Genauigkeit und Integrität	4
1.4	Klassifikationseigenschaften	6
1.5	Kritische Umgebungen	7
2.	GNSS Basierte Systeme und Systemkomponenten	10
2.1	GNSS allgemein	10
2.1.1	GPS	10
2.1.2	Galileo	17
2.1.3	GLONASS	20
2.2	GNSS-Ergänzungssysteme	22
2.2.1	SBAS (Space Based Augmentation System)	22
2.2.2	GBAS (Ground Based Augmentation System)	24
2.2.3	ABAS (Airborne Augmentation System)	25
2.3	GNSS Pseudolites	25
2.3.1	Unterscheidungsmerkmale bei Pseudolites	26
2.4	GNSS RAIM und das Integritätskonzept	28
2.4.1	Snapshot RAIM und Sequential RAIM	29
2.5	Assisted GNSS (A-GNSS)	29
2.5.1	Positionsbestimmung mit Assistenzzinformationen aus dem GSM-Netz	30
2.6	Robustheit von GNSS gegen Störungen	31
2.7	GNSS Signalempfang in Gebäuden	34
2.8	Zusammenfassung der Nachteile und Einschränkungen von GNSS Systemen	39
3.	Nicht-GNSS basierte Systeme	40
3.1	Übersicht nicht-GNSS-basierter Sensoren und Systeme zur Fußgängernavigation	40
3.2	Ortung mittels Mobilfunk	40
3.2.1	Prinzipien	41
3.2.2	Ortung in existierenden Mobilfunkstandards	46
3.3	Ortung mittels RFID-Technologie	47
3.3.1	Kurzeinführung RFID-Technik	47
3.3.2	Lokalisierung mit RFID	49
3.3.3	Zusammenfassung RFID	51
3.4	Trägheitsnavigation	51

3.4.1	Plattform- und Sensor-Technologie	51
3.4.2	Berechnungsverfahren	54
3.4.3	Drift von Trägheitsnavigationssystemen	57
3.4.4	Integration von Trägheitsnavigationssystemen mit anderen Sensoren	57
3.4.5	Spezielle Anwendung für Fußgänger	58
3.5	Barometrische Sensoren	60
3.6	Magnetometer	60
3.7	Optische Systeme mittels digitaler Bildverarbeitung	61
3.7.1	Gesichts-Erkennung/Verifikation	61
3.7.2	Personen-Erkennung und deren Bewegungen in Video-Sequenzen	63
3.7.3	Schätzung der Kopfstellung	64
3.8	Dedizierte Systeme für die Indoor-Navigation	65
3.8.1	Clientbasierte Systeme	66
3.8.2	Infrastrukturbasierte Systeme	67
3.9	Sensoren für die Unterstützung der Navigation in Fahrzeugen (Straße und Schiene)	69
3.9.1	Lokalisierung von Schienenfahrzeugen	69
3.9.2	Lokalisierung von Straßenfahrzeugen	79
3.10	Sensoren und Prozessierung zur Unterstützung der Navigation in Flugzeugen (Landeanflug)	80
3.10.1	Integrierte INS/GNSS Navigationssysteme	80
3.10.2	Terrestrische Radionavigationssysteme für den Flugverkehr	81
3.10.3	Landesysteme	81
4.	Weitergehende technologische Aspekte	83
4.1	Grundlagen der Sensordatenfusion für hochgenaue und zuverlässige Positionierungssysteme	83
4.1.1	Einleitung	83
4.1.2	Vorbereitung der Mathematischen Betrachtungsweise	84
4.1.3	Mathematische Formulierung als Schätzproblem	85
4.2	Bewegungsmodelle für die Fußgängernavigation	93
4.2.1	Makroskopische Ebene	95
4.2.2	Mesoskopische Ebene	95
4.2.3	Mikroskopische Ebene	96
4.2.4	Diskussion von Modellen der mikroskopische Ebene	97
4.2.5	Diskussion und Ausblick	100
4.3	Integration von Map Matching und Bewegungsmodellen	100
5.	Sinnvolle Kombinationen und Roadmaps	103
6.	Literaturreferenzen	105