

## Seminar Navigation & Datenfusion

08. – 12. April 2019, Garching b. München

Prof. Dr.-Ing. Johann Dambeck



### Seminarinhalt

Ortung, Navigation und Zeit sind einerseits für Laien heutzutage scheinbar überall in hinreichender Qualität verfügbar und andererseits für Experten in den Domänen Land, See, Luft und Weltraum jeweils eine nur mit großem Wissen und Aufwand bewältigbare Herausforderung. Dabei ist Navigation die hochgenaue kontinuierliche Positions-, Geschwindigkeits- und Orientierungsbestimmung bzw. -propagation einer Plattform zu Lande, zu Wasser, in der Luft oder im Weltraum mittels Sensormessungen. Die Kenntnis der kinematischen Zustände einer Plattform ist zur Bahnführung, Zustandsregelung und Missionsdurchführung unverzichtbar. Durch die Fusion verschiedener komplementärer Navigationsmethoden in sogenannten integrierten Navigationssystemen können die Vorteile der einzelnen Technologien in einem einzigen System vereint und dabei gleichzeitig individuelle Nachteile vermieden werden.

Ein rasant steigender Bedarf an Assistenzsystemen, Automation und Autonomie erfordert die Aus- und Weiterbildung von und zu Navigationsexperten hinsichtlich Wissen und Verständnis. Das interdisziplinäre Seminar vermittelt im Detail sowohl die mathematische Theorie, als auch die operationellen Algorithmen, welche zur Entwicklung integrierter Navigationssysteme benötigt werden.

Die in den Vorlesungseinheiten erarbeitete Navigationsalgorithmik ist in umfangreichen Seminarunterlagen dokumentiert. In den nachmittäglich stattfindenden Übungen werden eine Matlab-Toolbox für ein integriertes IMU/GPS Navigationssystem erarbeitet und damit die Ergebnisse der Vorlesung praktisch umgesetzt und veranschaulicht.

### Teilnehmer

Das Seminar wendet sich an Naturwissenschaftler und Ingenieure aus Forschung und Entwicklung mit allgemeinen mathematischen Grundkenntnissen.

### Seminarbetreuung

- Prof. Dr.-Ing. Johann Dambeck  
*MBDA Deutschland*
- Dipl.-Ing. Georg Herbold  
*MBDA Deutschland*
- Christopher Blum, M.Sc.  
*Technische Universität München*

### Seminarort

gate – Garching Technologie- und Gründerzentrum  
Konferenzraum A  
Lichtenbergstraße 8  
85748 Garching

Anfahrtsplan unter <http://www.gategarching.com>

### Teilnahmegebühr

EUR 1499,- (50% Rabatt für öffentliche Einrichtungen)

Bitte zahlen Sie bargeldlos nach Erhalt der Rechnung. Die englischsprachigen Seminarunterlagen sind in der Gebühr enthalten und werden zum Seminarbeginn ausgegeben.

### Anmeldung

Bitte bis eine Woche vor Seminarbeginn an

Lehrstuhl für Flugsystemdynamik  
Boltzmannstr. 15  
D-85748 Garching  
Tel.: 089 / 289-16041  
Fax: 089 / 289-16058  
E-Mail: [navigation@fsd.mw.tum.de](mailto:navigation@fsd.mw.tum.de)  
Internet: <http://www.fsd.mw.tum.de>

Die Anmeldung wird schriftlich bestätigt.

## Programm

### Montag, 08.04.

8:30 – 8:45 Uhr Registrierung

8:45 – 12:30 Uhr Vortrag

#### Geodäsie und Trägheitssensorik

- Geodätische Positionskoordinaten
- Schwerefeld eines Rotationsellipsoids
- Räumliche Kugelfunktionen
- Erdschweremodell EGM96
- World Geodetic System 1984 (WGS84)
- Sensor-Technologien
- IMU Labor-Kalibration
- Alignment im Stillstand

13:30 – 17:00 Uhr Vortrag

#### Trägheitsnavigation

- Koordinatensysteme in der Navigation
- Rotationsparametrisierungen
- Orientierungsdifferentialgleichungen
- Trägheitsnavigationsdifferentialgleichungen für eine nicht-integrierende IMU
- Numerische Integrationsverfahren
- Globale Inertialnavigation („All-Earth“)

### Dienstag, 09.04.

8:30 – 12:30 Uhr Vortrag

#### Fehlerfortpflanzung & Sensorfehlermodelle

- Linearisierung & Diskretisierung
- Navigationsfehlerdifferentialgleichungen für verschiedene Koordinatensysteme
- Diskussion der Vor- und Nachteile verschiedener Ansätze
- Zustandserweiterung um Sensor- & Modellfehler

#### Stochastische Prozesse

- Wahrscheinlichkeitstheorie
- Stochastische Verhaltensmodelle
- Sensorfehler Analysen

13:30 – 17:00 Uhr Übung

#### Trajektoriengenerator

### Mittwoch, 10.04.

8:30 – 12:30 Uhr Vortrag

#### Satellitennavigation

- Raum- & Kontrollsegment
- GPS-Signale & Nachricht & Messungen
- GPS-Almanach & Ephemeriden
- Position-Geschwindigkeit-Zeit (ungefiltert & gefiltert)
- Differentielles GPS (DGPS)
- GPS Fehlerquellen & Genauigkeit
- Integritätsüberwachung

13:30 – 17:00 Uhr Übung

#### Trägheitsnavigation & Satellitennavigation

### Donnerstag, 11.04.

8:30 – 12:30 Uhr Vortrag

#### Systemtheorie

- Stabilitätsanalyse
- Beobachtbarkeitsanalyse

#### Datenfusion

- Grundlagen der Datenfusion
- Herleitung des konventionellen Kalman-Filters
- Kalman- & Informations-Filter Varianten
- Kovarianz-Faktorisierung
- Extended vs. Unscented Kalman Filtering
- Datenfusionsarchitekturen

13:30 – 17:00 Uhr Übung

#### Datenfusion

### Freitag, 12.04.

8:30 – 12:30 Uhr Vortrag

#### Integrierte Navigationssysteme

- Navigationssystemarchitekturen
- Zustandserweiterung um Sensor- & Modellfehler
- Filter-Initialisierung & -Auslegung
- Alignment & Kalibration in Bewegung
- Spezifikation von Navigationssystemen

13:30 – 17:00 Uhr Übung

#### Repetitorium

## Anmeldeformular

Bitte senden Sie Anmeldebestätigung, Hotelliste, Hinweise für die Anreise und Rechnung an folgende Anschrift:

Nachname \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

PLZ, Ort \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

Email \_\_\_\_\_

Notebook mit Matlab (ab R2008a) oder Octave verfügbar

Hiermit melde ich mich verbindlich zu dem Seminar „Navigation & Datenfusion“ vom 08. – 12. April 2019 an.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

Bitte schicken Sie das ausgefüllte Anmeldeformular bis eine Woche vor Seminarbeginn

postalisch an:  
**Lehrstuhl für Flugsystemdynamik**  
**Fakultät für Maschinenwesen**  
**Boltzmannstr. 15**  
**D-85748 Garching**

per Fax an:  
**+49 89 289 16058**

oder per Email an:  
**navigation@fsd.mw.tum.de**