

# 2.Übung

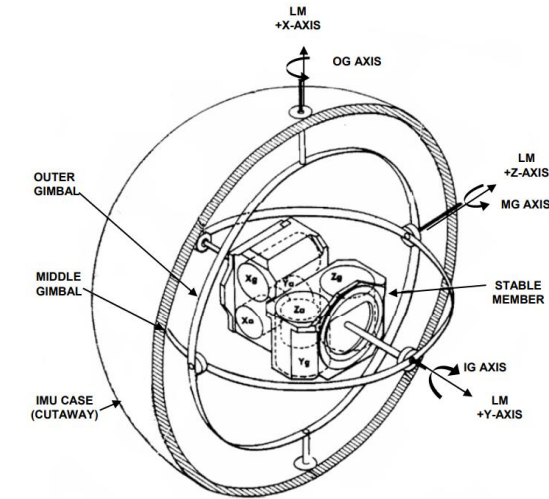
## Extrinsische Kalibrierung einer inertialen Messeinheit für ein Multi-Sensor System

M. Sc. Arman Khami

Email: [khami@gih.uni-hannover.de](mailto:khami@gih.uni-hannover.de)

# Inertialen Messeinheit (IMU)

- Ist eine Einheit aus:
  - Beschleunigungssensor (3-Axis)
  - Gyroskop (3-Axis)
  - Thermometer and Barometer
  - Magnetometer
- Technologie:
  - Mechanisch
  - MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems)



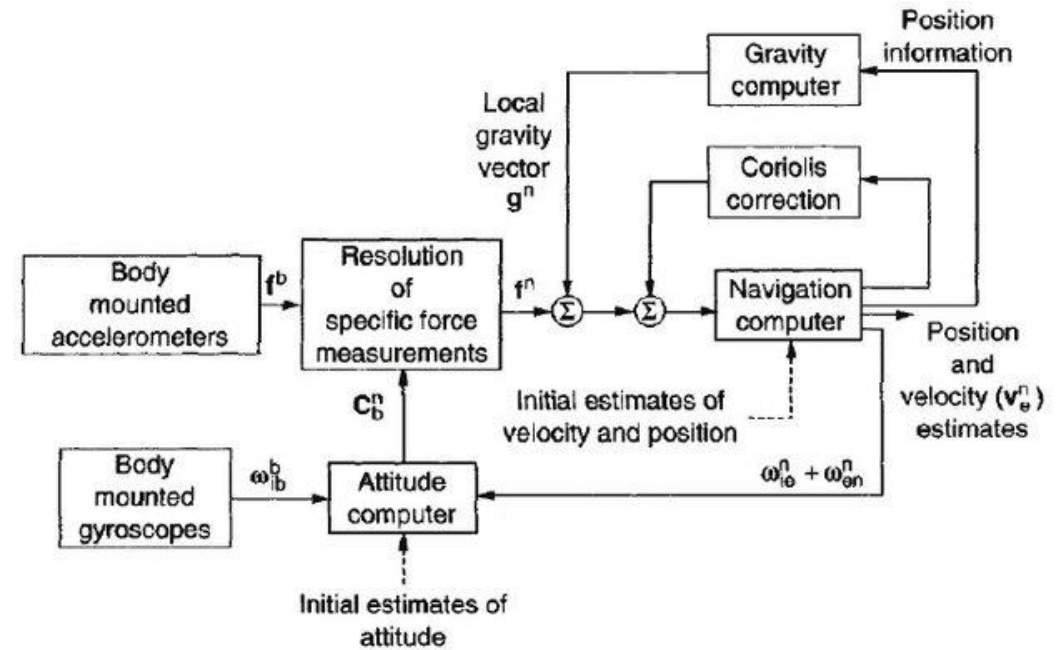
NASA - Apollo Guidance, Navigation, and Control (GNC) Hardware Overview,  
<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20090016290.pdf>



Vectornav VN200,  
VN200 user manual

# Inertial Navigation System (INS)

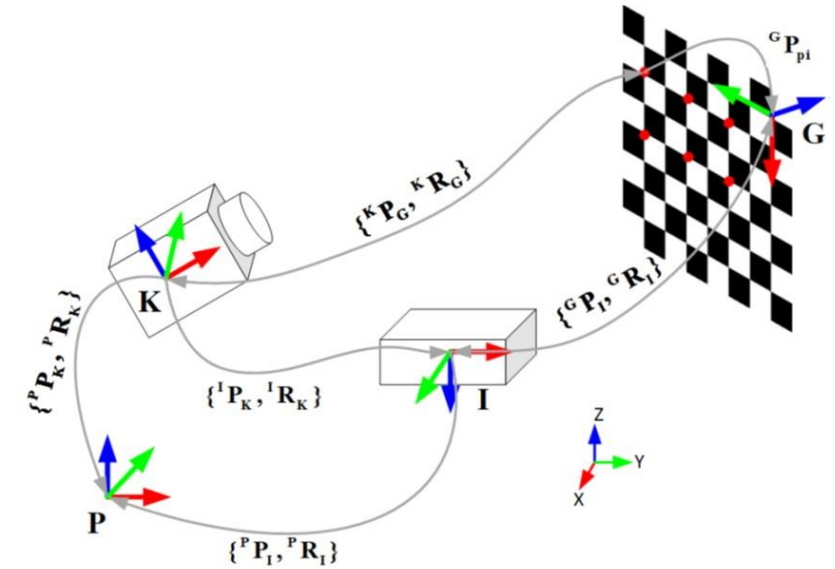
- Ist eine Sensorfusion
  - IMU-Sensordaten
  - Prozessor
  - Positionierung und Orientierung durch Integration der IMU Daten und einer Filterlösung



Meyer, Johan & du Plessis, Francois & Clarke, WA. (2009).  
Design Considerations for Long Endurance Unmanned Aerial Vehicles. 10.5772/6482.

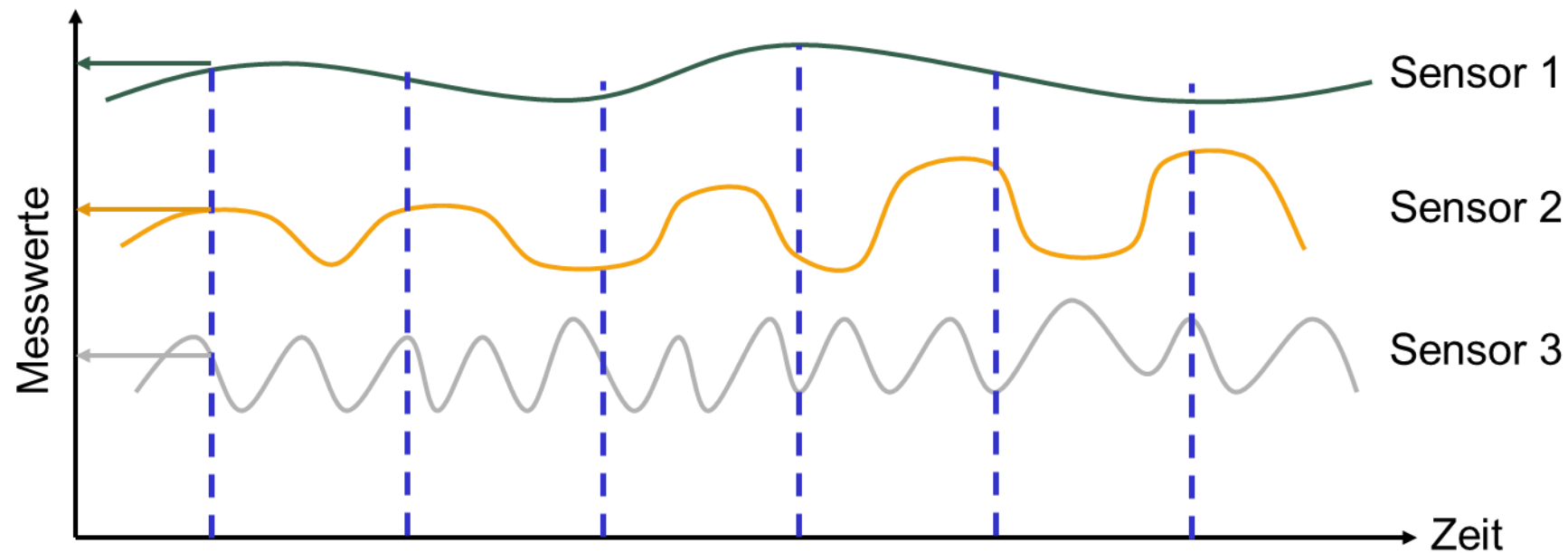
# Extrinsische Kalibrierung

- Jeder Sensor hat ein Koordinatensystem
- Extrinsische Kalibrierung oder Systemkalibrierung bedeutet
  - Bestimmung der Transformationsparameter zwischen Bodyframe (Plattform Frame) oder
  - zwischen den Sensoren
- Sehr wichtiger Schritt bei jeder Sensordatenfusion in einem MMS



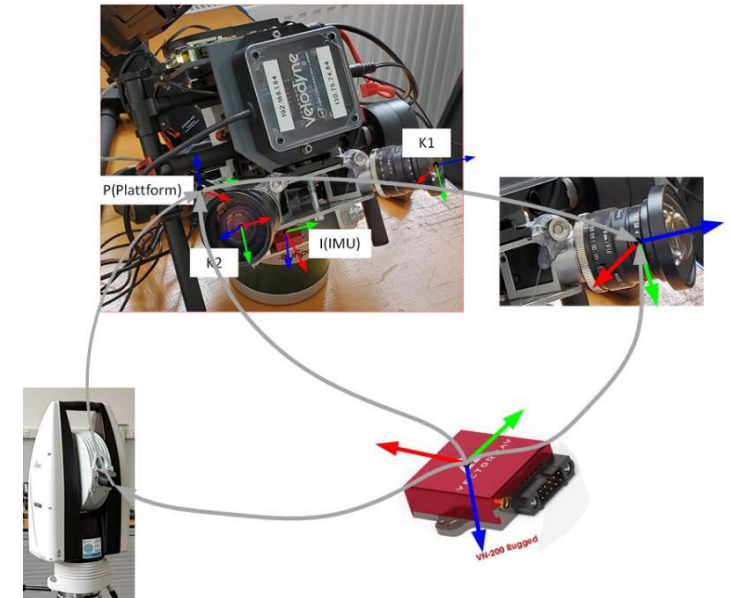
Jiayu, Liu (2021), Master Arbeit

- Finden der entsprechenden Daten in verschiedenen Sensoren für denselben Zeitstempel



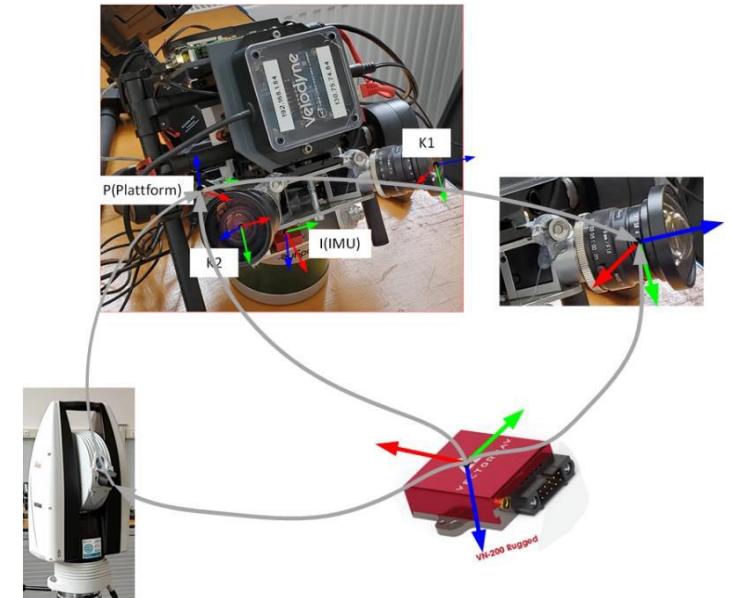
# Extrinsische Kalibrierung der UAV-Plattform

- Die Kalibrierungsparameter werden in der Bewegung bestimmt, indem eine große Translation und Rotation entlang und um verschiedene Achsen durchgeführt wird.
- Während der Bewegung beobachtet die Kamera ein Schachbrett, um ihre Position zu bestimmen.
- Da die Optimierung über ein nichtlineares Funktionsmodell erfolgt, müssen die Näherungswerte der unbekannten Parameter verfügbar sein.
- In diesem Fall wird der Näherungswerte der Kalibrierungsparameter zwischen IMU und Plattform mit einem hochpräzisen externen Gerät, dem Laser Tracker, durch Messung des IMU-Gehäuses bestimmt.



# Extrinsische Kalibrierung der UAV-Plattform

- Der Kalibrierungsparameter zwischen IMU und Plattform sowie zwischen IMU und Kamera wird mit Hilfe eines Iterative Extended Kalman Filter (IEKF) bestimmt.
- Dieses extrinsische Kalibrierungsmodell basiert auf (F. M. Mirzaei et al. 2008). Detaillierte Informationen zur Kalibrierung und zum Filtermodell finden Sie in diesem Dokument.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/4637877>



# Durchführung der Übung

- Die Übung wird auf der Online- Training Plattform **MATLAB Grader** durchgeführt.

- Übungsteile:

1. Datenaufbereitung und Synchronisation

- Aufbereitung der IMU-Daten
- Importieren der Kameradaten
- Verfeinerung der Kameraposition
- IMU- und Kamera-Zeitsynchronisation

2. Extrinsische Kalibrierung mit Hilfe IEKF

- **Noch in Bearbeitung und wird bald fertig sein**

### MATLAB Grader

CONTENTS

Close

MSS 2.Übung: Extrinsische Kalibrierung einer inertialen Messeinheit für ein Multi-Sensor System

Reorder Content

Data Preparation

Reading the ROSbag data and save the IMU measurements to a .mat file

Camera data preparation.

Camera pose refinement using Bundle Adjustment

Zeitsynchronisation zwischen Kamera und IMU mithilfe Polynom-Interpolation

ADD PROBLEM

Iterative-Kalman-Filter

ADD ASSIGNMENT

Manage People

Courses & Content

LMS Integration

Documentation & Support

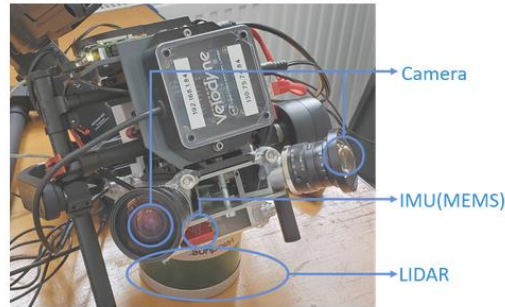
## MSS 2.Übung: Extrinsische Kalibrierung einer inertialen Messeinheit für ein Multi-Sensor System

Duration (UTC): 01 Nov 2021 - 29 Jan 2022

Products:  
, Computer Vision Toolbox, Image Processing Toolbox, MATLAB Compiler

### Course Description

In this exercise, you will particularly learn how to determine the extrinsic calibration parameter of an Inertial checkerboard.



The following steps should be done in this exercise for a successful calibration:

1. Reading the IMU data from a given rosbag file and saving it to a MATLAB variable.
2. Importing the initial camera poses (Positions and Orientations) of all epochs.
3. Refinement of the camera Poses using the Bundleblock Adjustment.
4. Time synchronization of the camera and IMU data
5. Determining the extrinsic calibration parameter of the IMU using an Iterative Extended Kalman filter
6. Saving the Calibration Parameter



- F. M. Mirzaei and S. I. Roumeliotis, "A Kalman Filter-Based Algorithm for IMU-Camera Calibration: Observability Analysis and Performance Evaluation," in IEEE Transactions on Robotics, vol. 24, no. 5, pp. 1143-1156, Oct. 2008, doi: 10.1109/TRO.2008.2004486
- J. Meyer, F. du Plessis and WA. Clarke, " Design Considerations for Long Endurance Unmanned Aerial Vehicles, ".2009 ISBN: 978-953-7619-41-1, doi:10.5772/6482.
- L. Jiayu Master Arbeit " Extrinsische Kalibrierung einer inertialen messeinheit für ein Multi-Sensor System " 2021.
- VectorNav VN200 user manual, Firmware v1.1.0.0, Document Revision 2.43