

Positionsbestimmung drahtloser mobiler eingebetteter Systeme mittels Time Difference of Arrival

präsentiert von

Oliver Koepp

Zur Erlangung des akademisches Grades

Bachelor of Engineering

24.01.2020

Gliederung

- Einleitung
- Grundlagen
- Implementierung
 - Zeitsynchronisation
 - Modultest
 - Software ← welche schritte macht die software zur positionsbestimmung
- Auswertung
 - Unit tests ← Vielleicht mit in die Implementierung Software nehmen

Einleitung

Problem:

„Eine Positionsbestimmung im Zentimeterbereich durchzuführen“

Lösung:

- Kommunikation zwischen Master und Slave
 - 2,4GHz Funk
 - Hörbaren Schall
- Zeitsynchronisation
 - Precision Time Protocol (PTP)
- Positionsgleichungen lösen
 - Time Difference of Arrival

Grundlagen – Master /Slave

Software:

- RIOT – The friendly Operating System for the Internet of Things
 - Echtzeitfähig
 - Fokus – Drahtlose Sensornetzwerke
 - Multithreading
 - Ist mit SAMR21 kompatibel

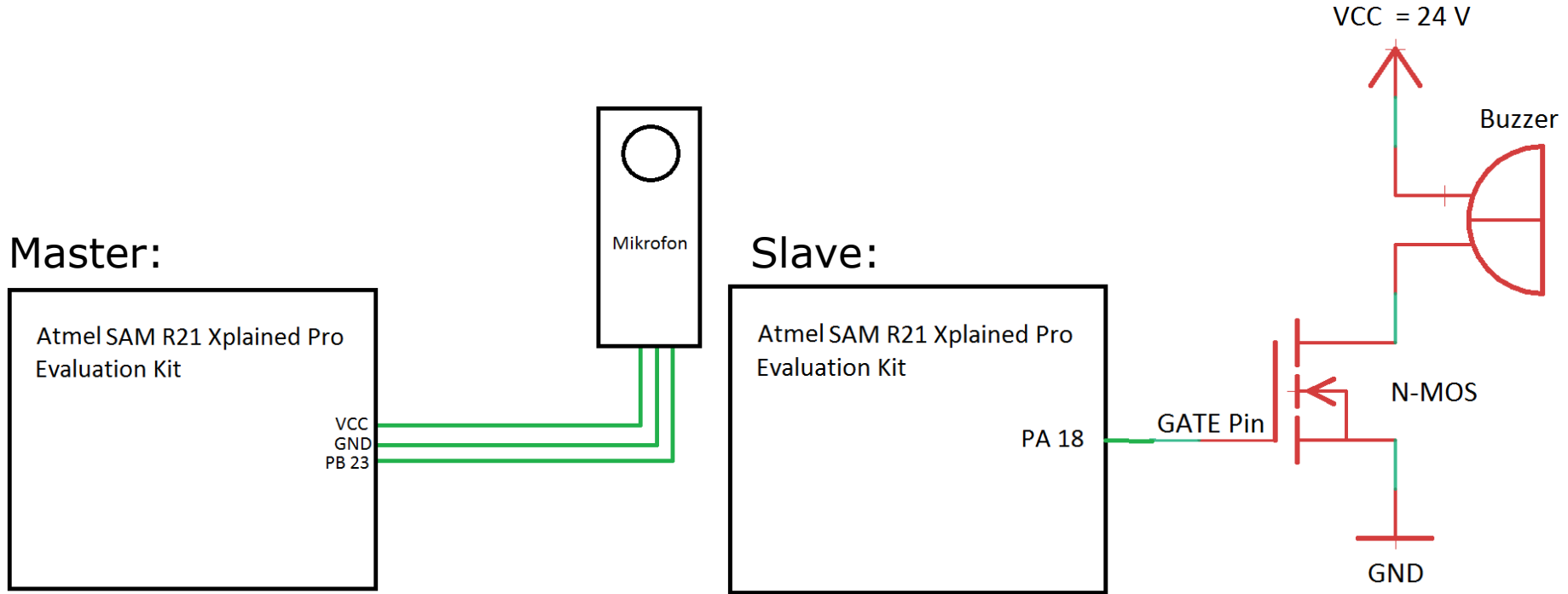
Hardware:

- Atmel SAM R21 Xplained Pro Board
 - RIOT OS
 - Integriertes 2,4GHz Funkmodul
 - Integrierbarkeit in vorhandene Systeme

Grundlagen – Master /Slave

- SparkFun Sound Detector
 - Detektion von Hörbarem Schall
 - TTL – Ausgang
 - Veränderbare Empfindlichkeit
- Lautsprecher
 - Lauter PIEP – Ton → andere Töne werden überlagert

Grundlagen – Master / Slave



Grundlagen – Zeitsynchronisation

Problem:

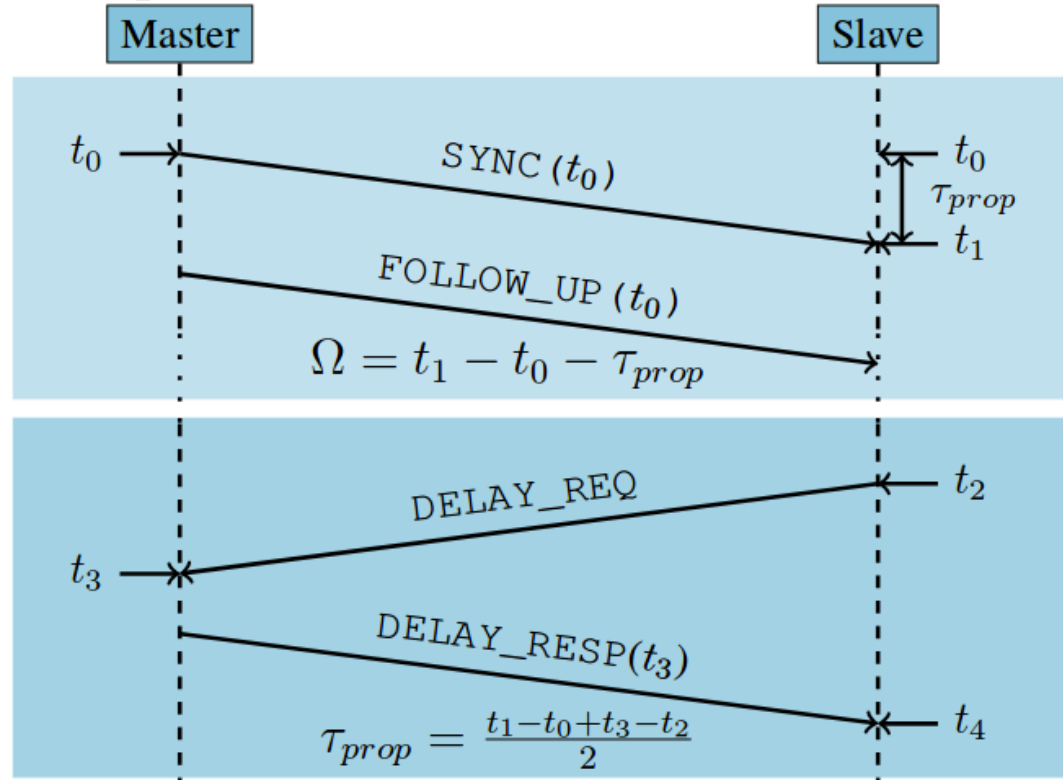
„Keine gemeinsame Zeitbasis vorhanden“

Lösung:

- Precision Time Protocol (PTP)
- Hierarchielose kleine Sensornetzwerke spezialisiert
- Hohe Genauigkeit

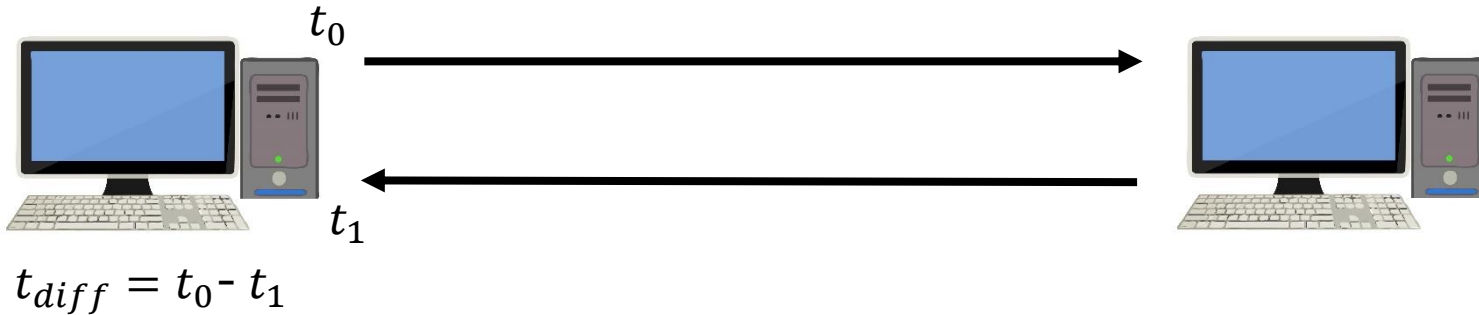
Grundlagen – Zeitsynchronisation

- Laufzeitverzögerung
- Bestimmung des PINGs
- Synchronisation der Zeit
- Request / Response – Nachrichtenaustausch



Grundlagen – Time Difference of Arrival

- Verfahren zur Laufzeitmessung
- Laufzeitunterschied von zwei Zeitstempel
- Art des Signals ist irrelevant



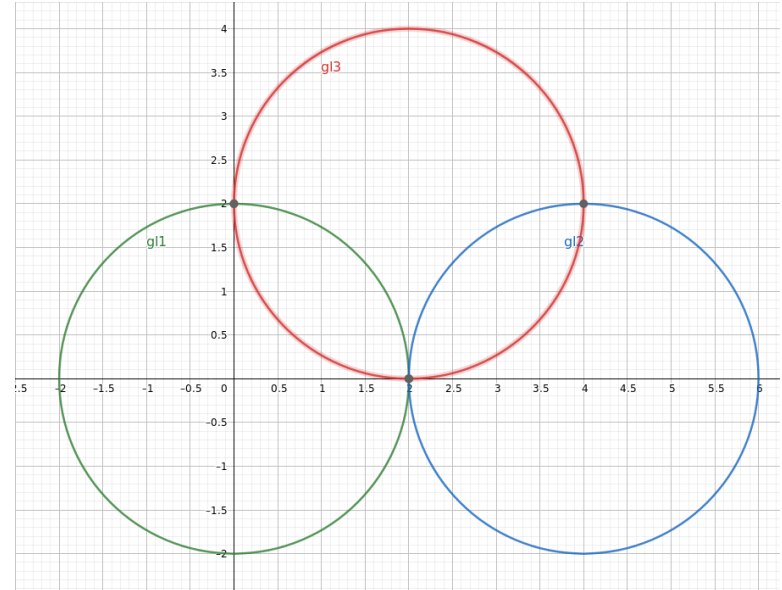
Grundlagen – Mathematik

- Schall breitet sich kreisförmig in 2D aus
- Schnittpunkt von drei Kreisen → eindeutige Punktidentifizierung
- Schnittpunkt von drei Kreisgleichungen

$$I: (x - x_a)^2 + (y - y_a)^2 = r_a^2$$

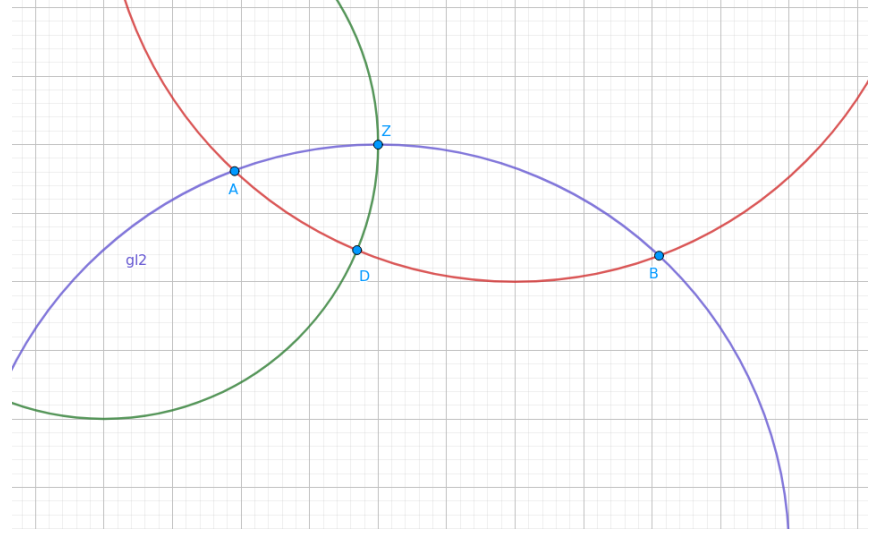
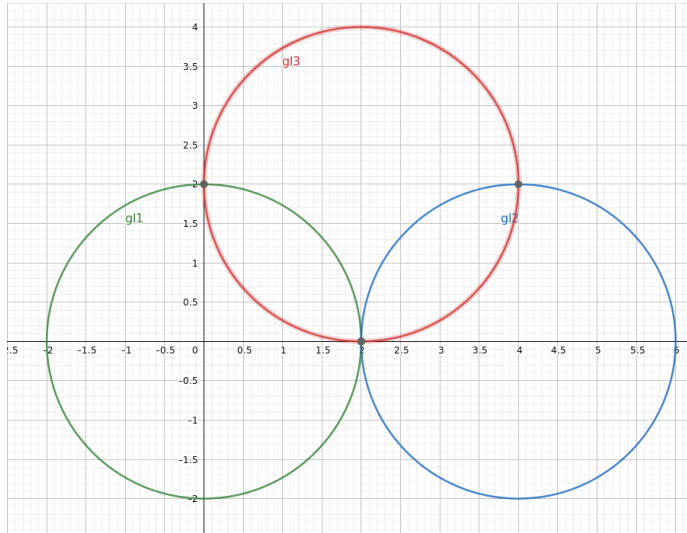
$$II: (x - x_b)^2 + (y - y_b)^2 = r_b^2$$

$$III: (x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = r_c^2$$



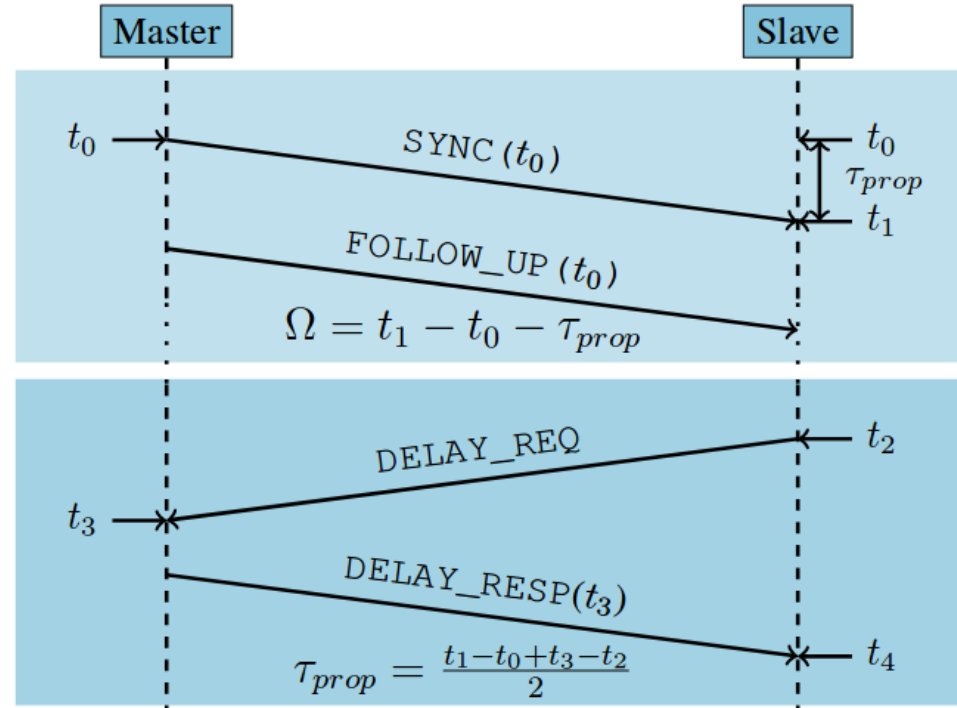
Grundlagen – Mathematik

- Unterscheidung
 - Schnittpunkt im Punkt → Keine Schwankungen
 - Schnittpunkt im Bereich → Schwankungen



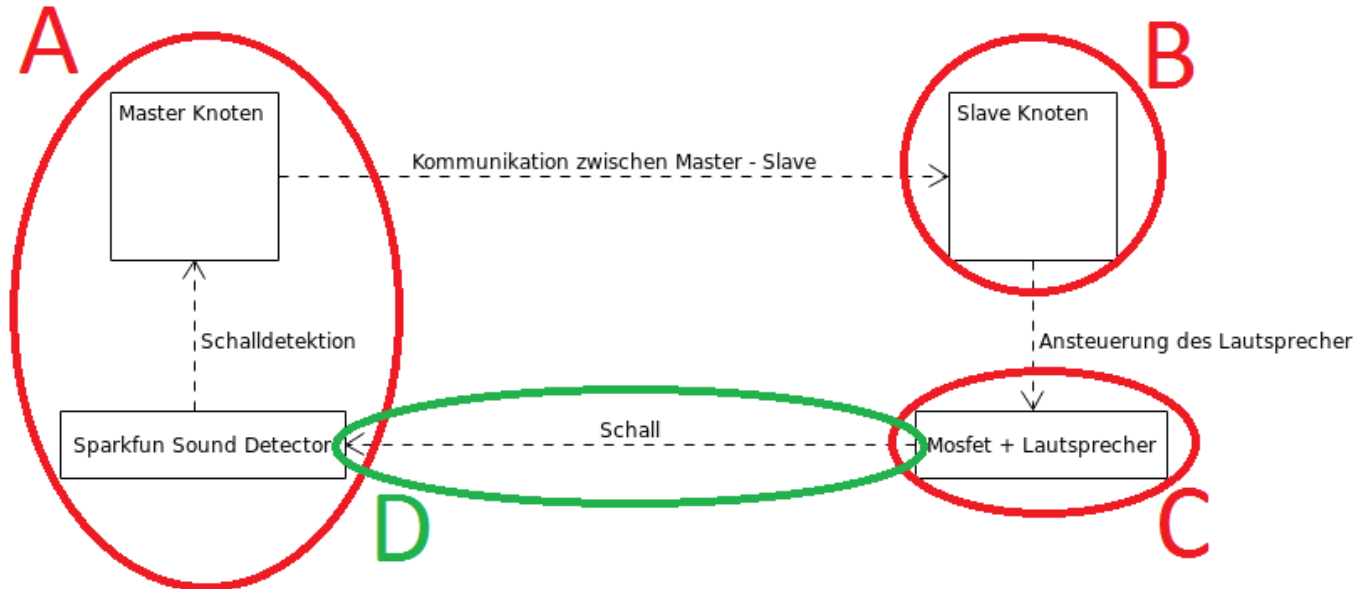
Implementierung – Zeitsynchronisation

- ???
- In der BA nachschauen
- Genauigkeit bis 5ms ohne Hardwareunterstützung

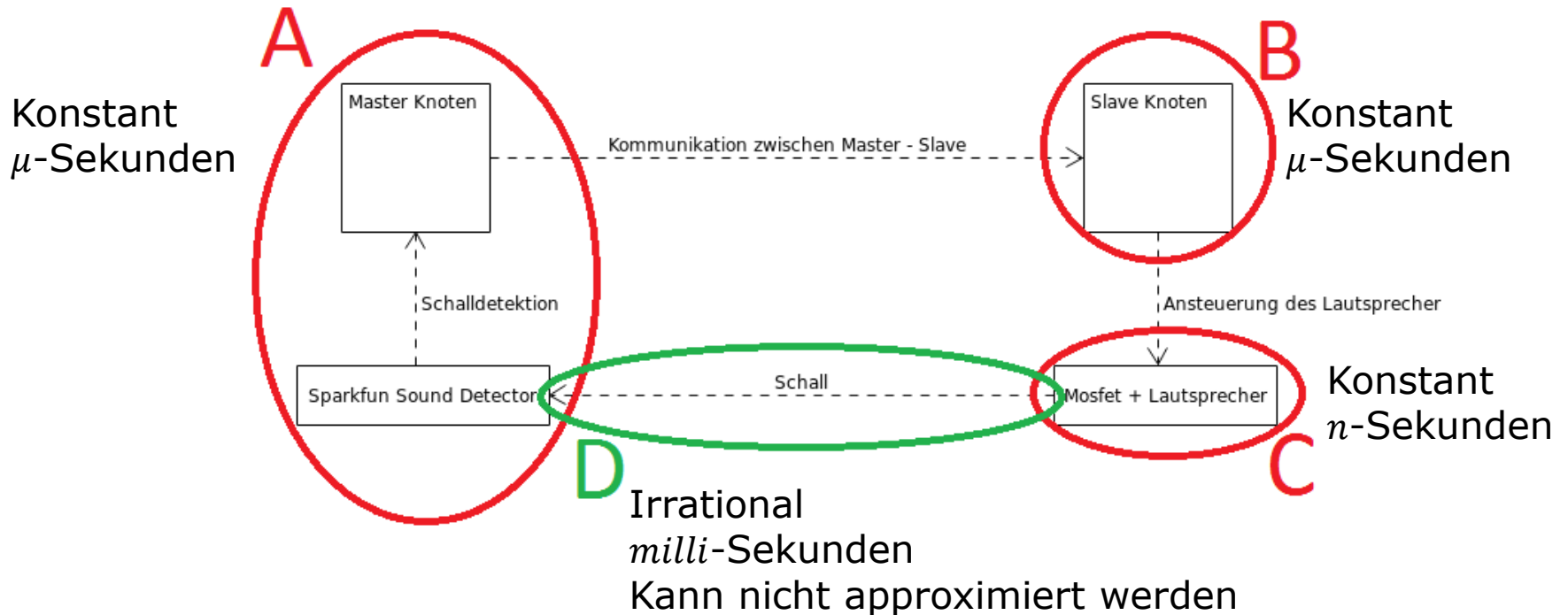


Implementierung – Modultest

- Fehlereingrenzung durch unabhängige Module
- Abweichungen besser zu erkennen

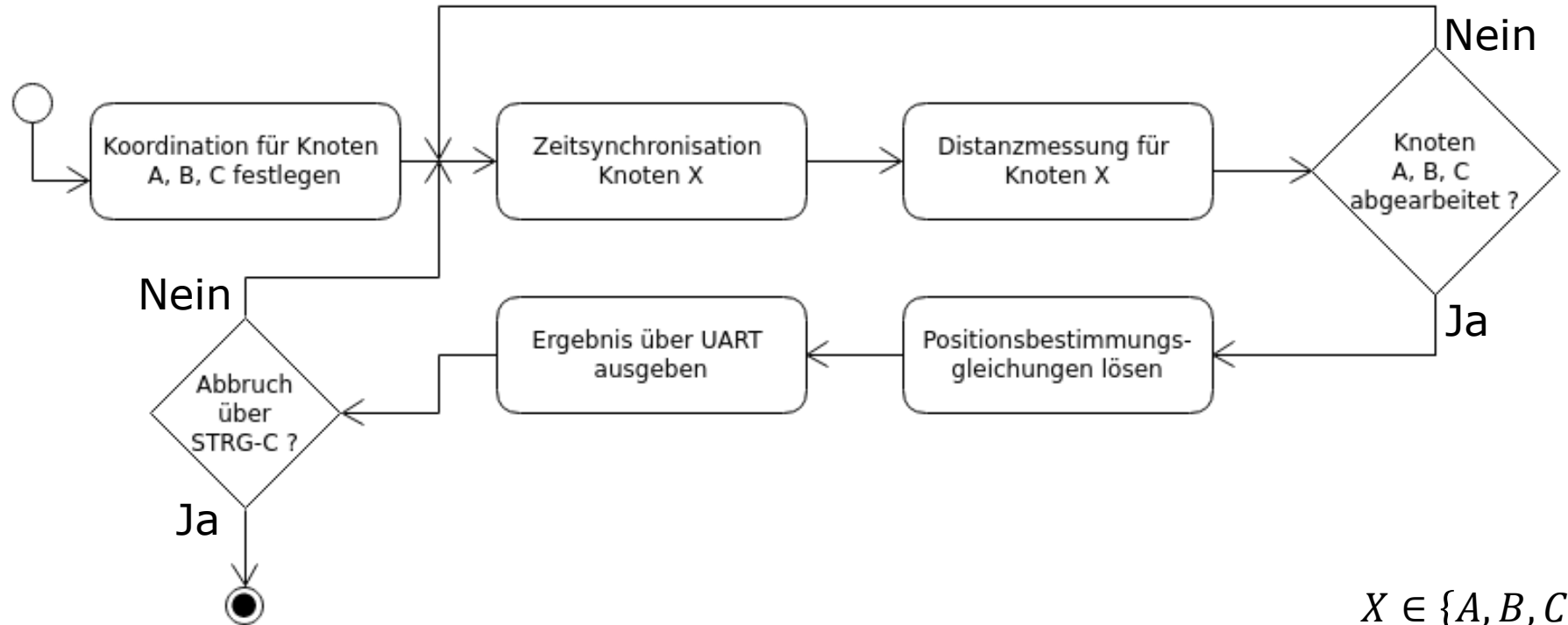


Implementierung – Modultest





Implementierung – Software



$X \in \{A, B, C\}$

Auswertung

Zeitsynchronisation

- Hardwareunterstützung
- Genauigkeit

Modul A

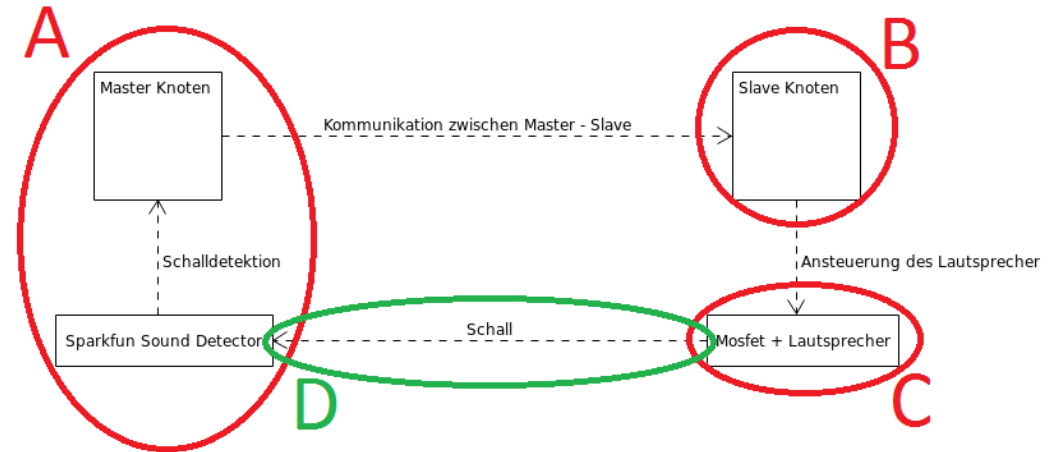
- Schallpegelerkennung

Modul C

- Ton-Impulsgeber

Modul D

- Genauigkeit



Auswertung

Unit Test

- Gleichungen für die Positionsbestimmung
 - Abstand zweier Punkte
 - Quadratische Gleichung

Praktische Durchführung

- Zeitsynchronisation
 - Precision Time Protocol
- Theoretische Positionsbestimmung
 - Schnittpunkt ohne Schwankung
 - Schnittpunkt mit Schwankung
- Praktische Positionsbestimmung
 - Zeitsynchronisation
 - Messung
 - Gleichung lösen



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences

www.htw-berlin.de