

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
 - Software
 - Modultest
- Auswertung
- Praktische Durchführung

Einleitung

Problem:

„Eine Positionsbestimmung im Zentimeterbereich durchzuführen“

Lösung:

- Kommunikation zwischen Master und Slave
 - 2,4GHz Funk
 - Hörbaren Schall
- Zeitsynchronisation
 - Precision Time Protocol (PTP)
- Positionsbestimmung
 - 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

Master:

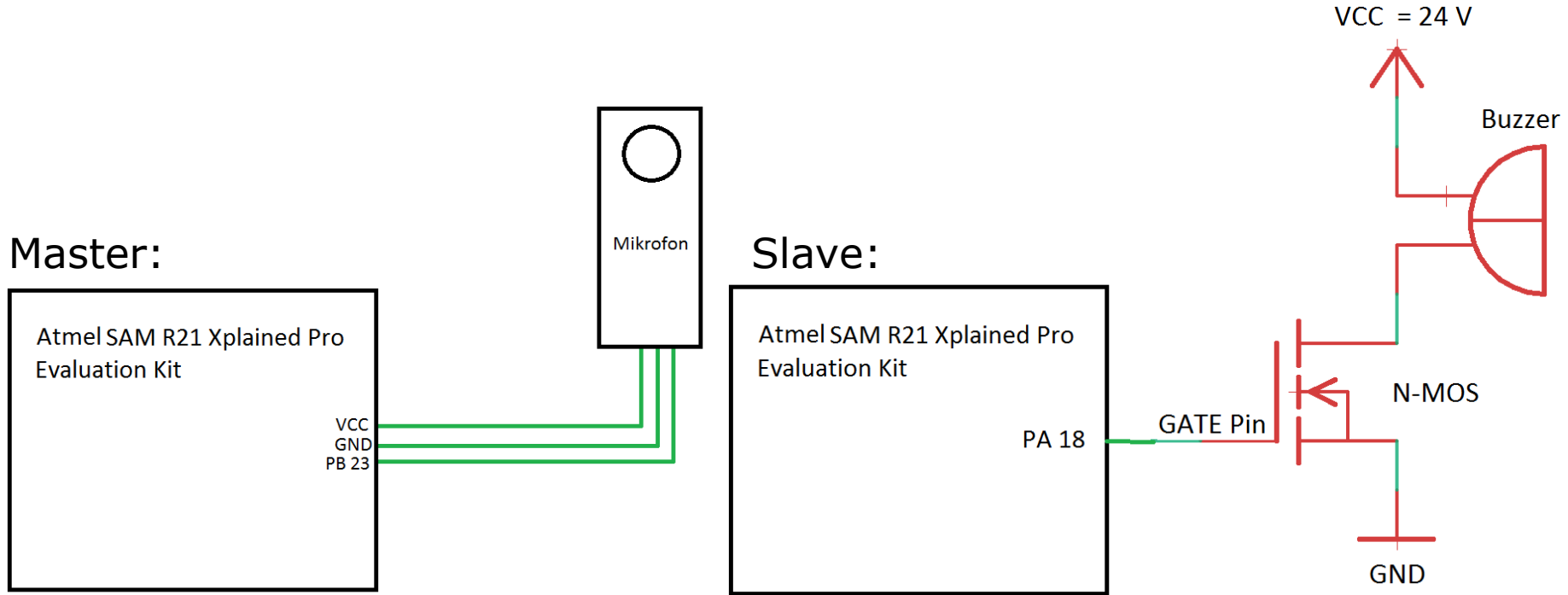
- Unbekannte Position
- SparkFun Sound Detector
 - Detektion von Hörbarem Schall
 - TTL – Ausgang
 - Veränderbare Empfindlichkeit

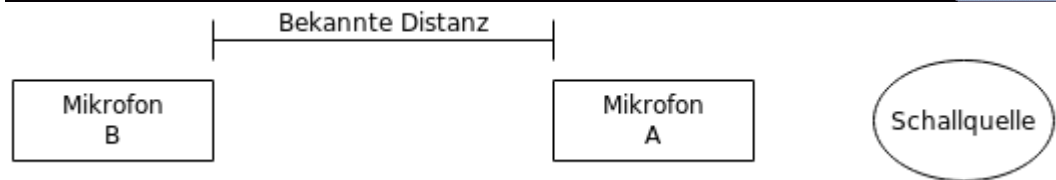
Slave:

- Sitzt bei bekannten Positionen (Koordinaten)
- Lautsprecher
 - PIEP – Ton → andere Töne werden überlagert



Grundlagen – Master / Slave





Grundlagen – Zeitsynchronisation

Problem:

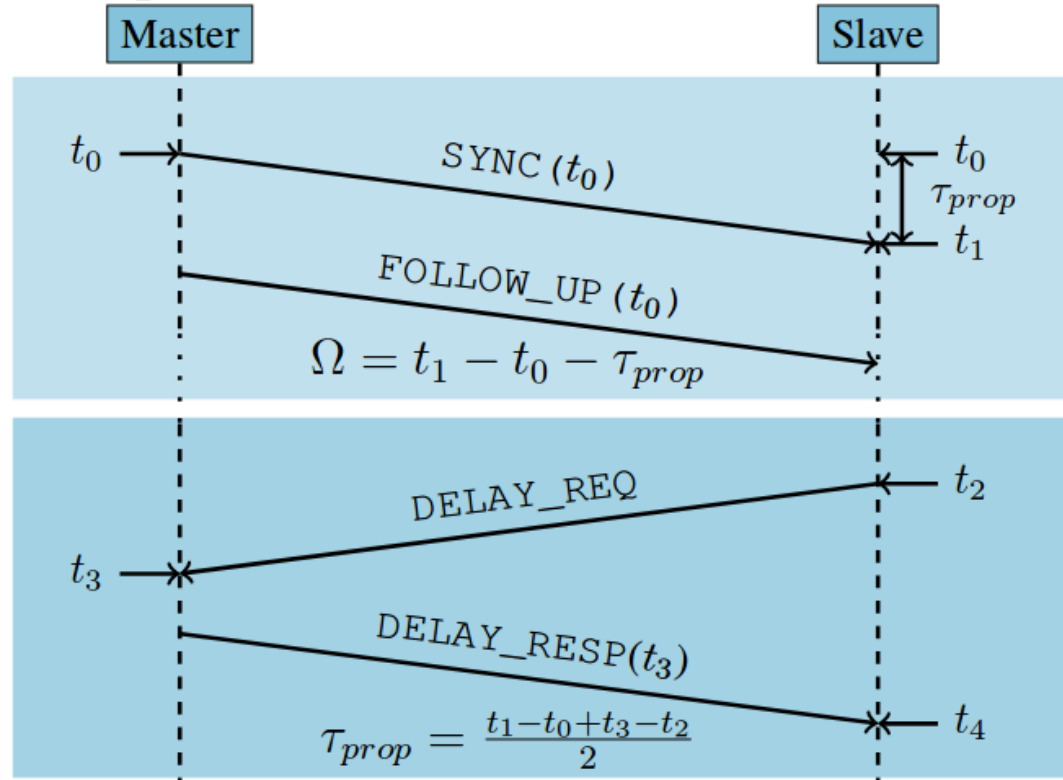
„Keine gemeinsame Zeitbasis vorhanden“

Lösung:

- Precision Time Protocol (PTP)
- Hierarchielose kleine Sensornetzwerke spezialisiert
- Hohe Genauigkeit
- Genauigkeit bis $5ms$ ohne Hardwareunterstützung

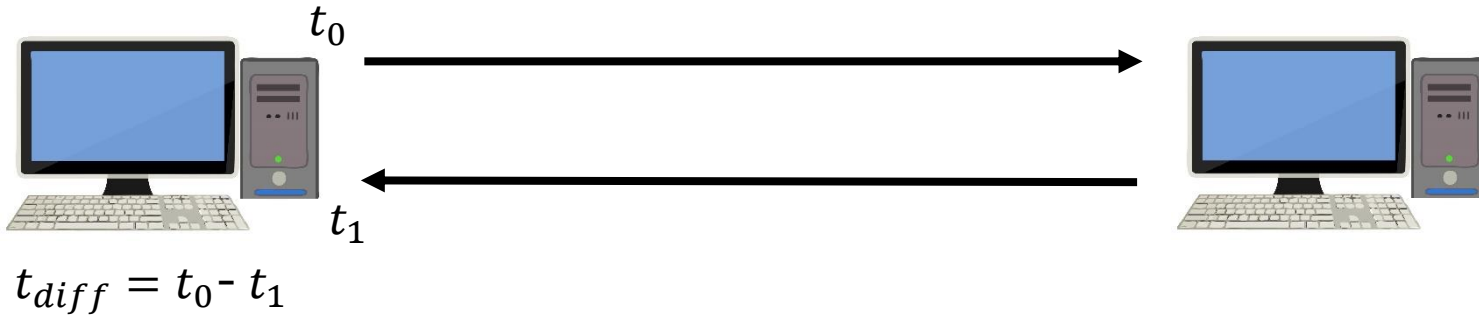
Grundlagen – Zeitsynchronisation

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



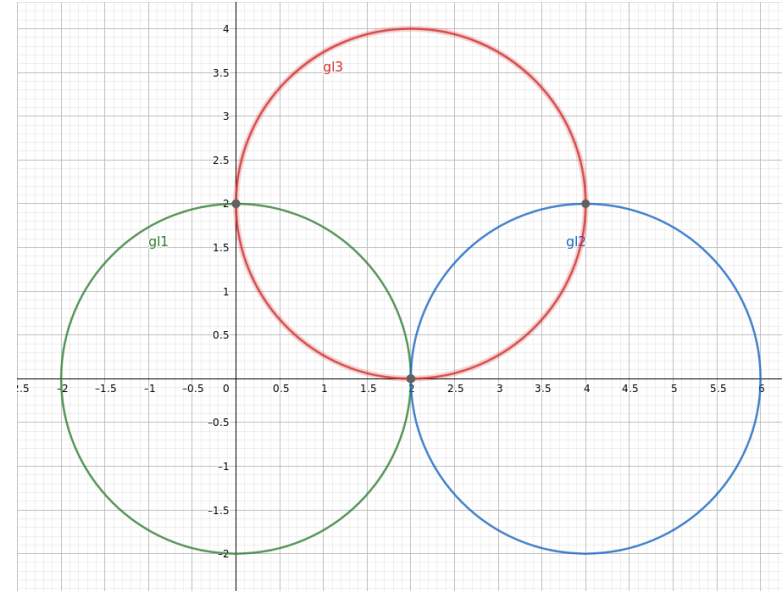
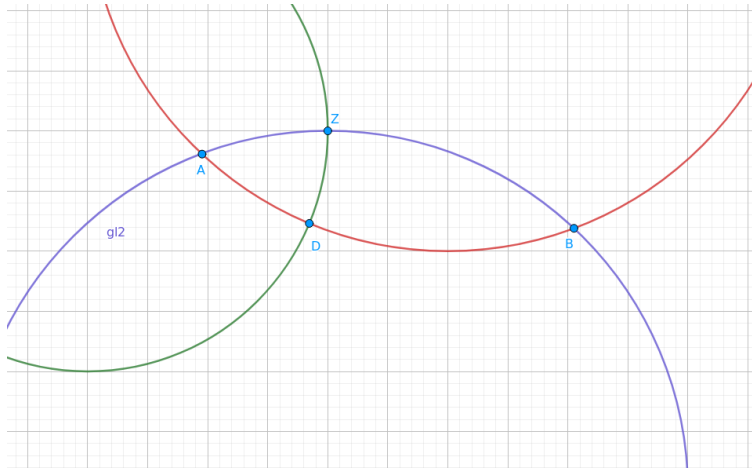
Grundlagen – Time Difference of Arrival

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

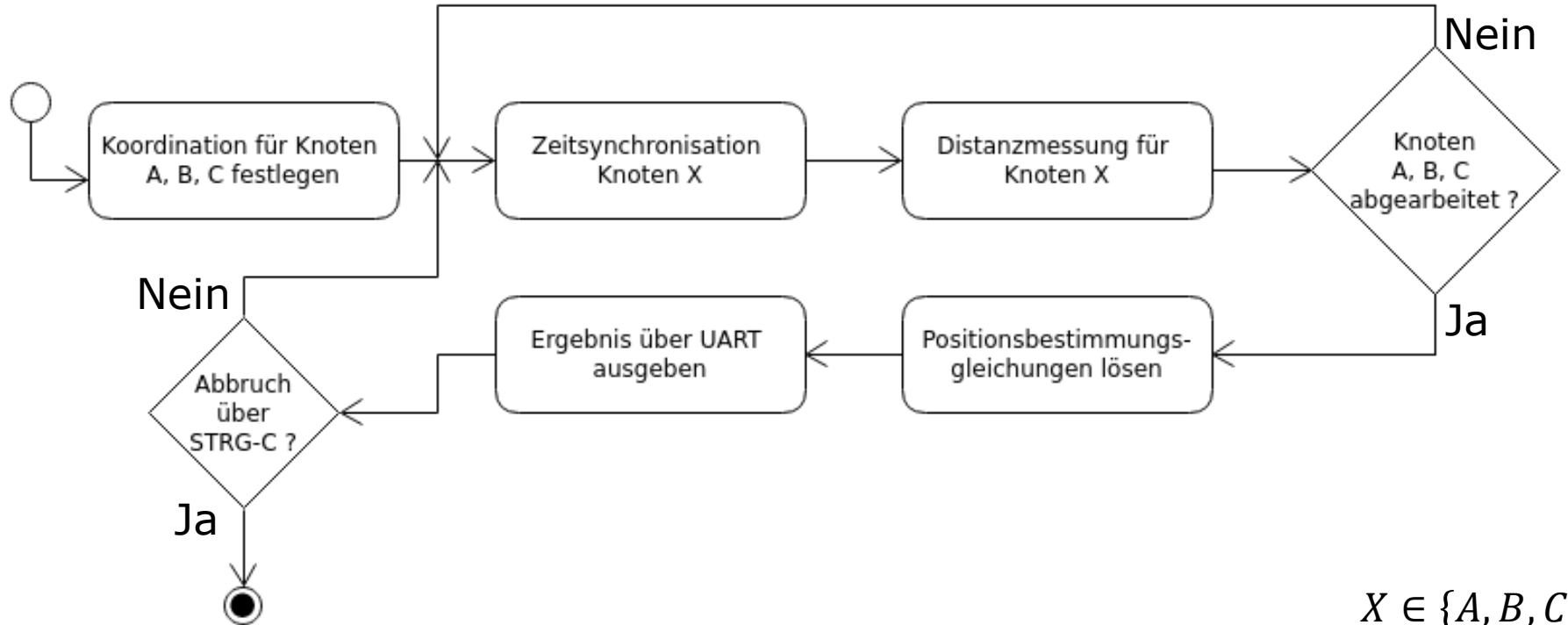


Grundlagen – Mathematik

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



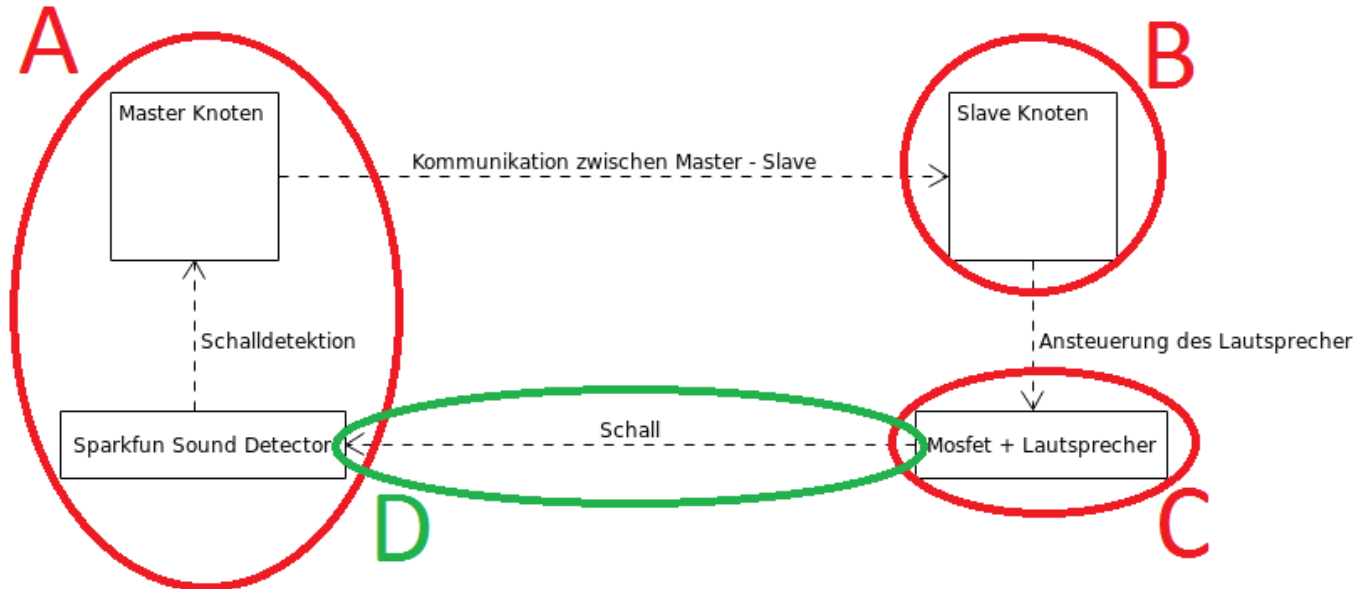
Implementierung – Software



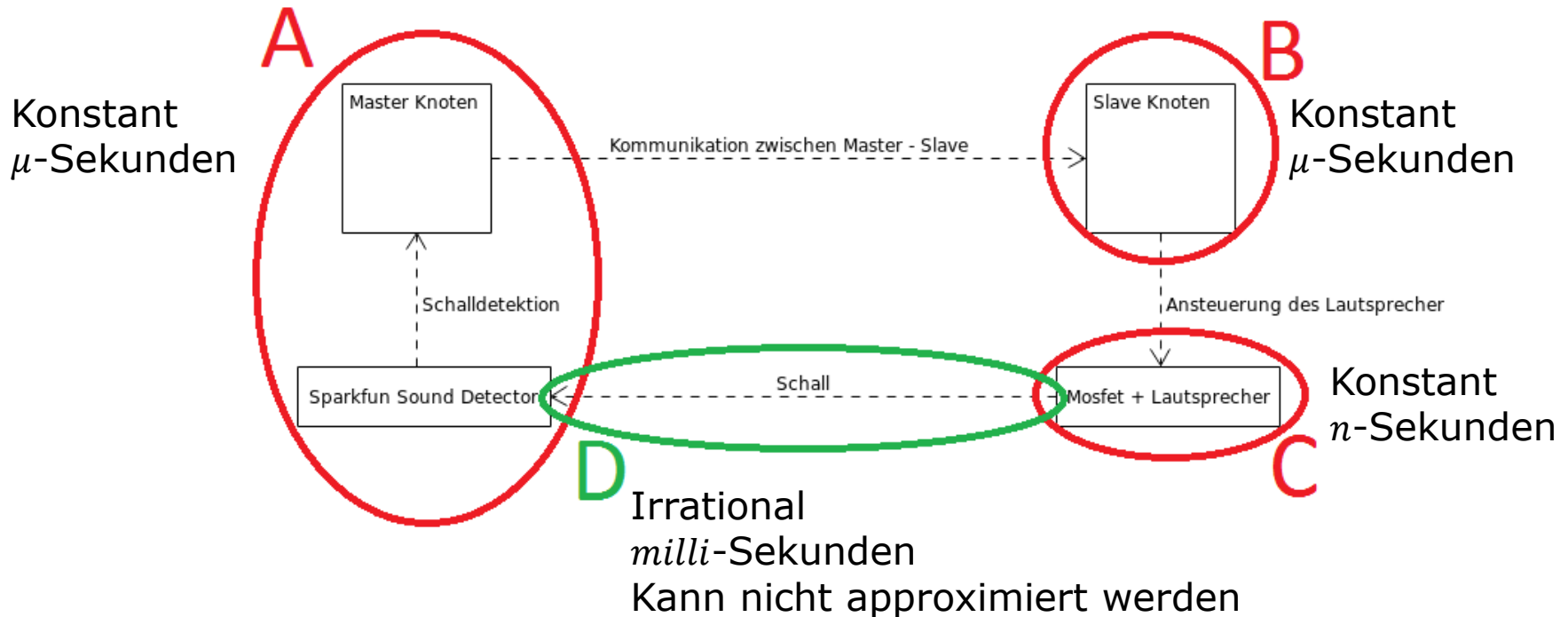
$X \in \{A, B, C\}$

Implementierung – Modultest

- Fehlereingrenzung durch unabhängige Module
- Abweichungen besser zu erkennen



Implementierung – Modultest



Vermutung – Modul D

- Keine Impulsabgabe des Tons
- Plausibilitätscheck war erfolgreich (Klatschen)
- Verzögerungen min. 5 ms durch Zeitsynchronisation
 - $343,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5\text{ ms} = 1,716\text{ m}$ Genauigkeit

Auswertung

- Positionsbestimmung → Technisch realisierbar
- Zentimetergenauigkeit nicht erfüllt
 - Einschränkungen bei der Hardware
- Irrationale Schwankungen
- Hardware nicht optimal ausgesucht

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



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences

www.htw-berlin.de