Verlässliche Echtzeitsysteme

Übungen zur Vorlesung

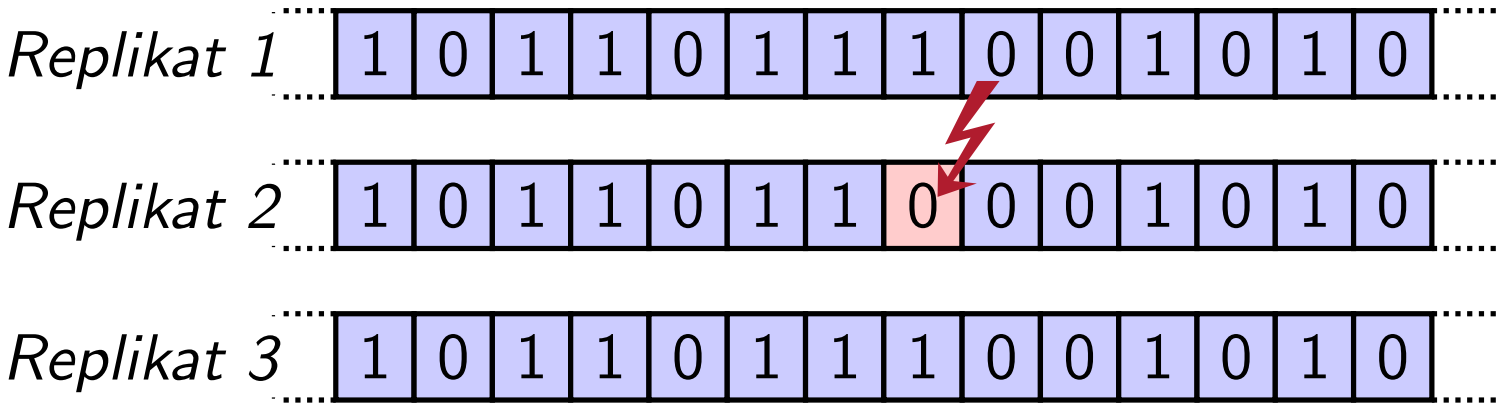
Aufgabe 3: TMR

Phillip Raffeck, Tim Rheinfels, Simon Schuster, Peter Wägemann

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
https://sys.cs.fau.de

Wintersemester 2022

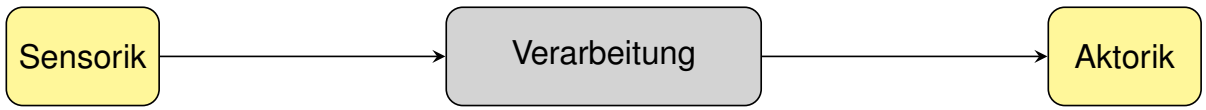
Fehlerhypothese



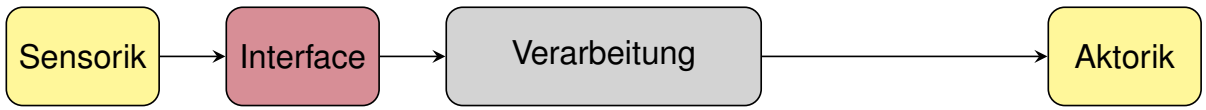
- **Wie viele Replikate** benötigt man zur Fehlermaskierung?
- Arten des Fehlverhaltens (von n Replikaten sind f fehlerhaft)

1. fail-silent $\mapsto$ Anzahl Replikate: $n = f + 1$
2. fail-consistent $\mapsto$ Anzahl Replikate: $n = 2f + 1$
3. malicious $\mapsto$ Anzahl Replikate: $n = 3f + 1$, bösartige verteilte Systeme

Triple Modular Redundancy

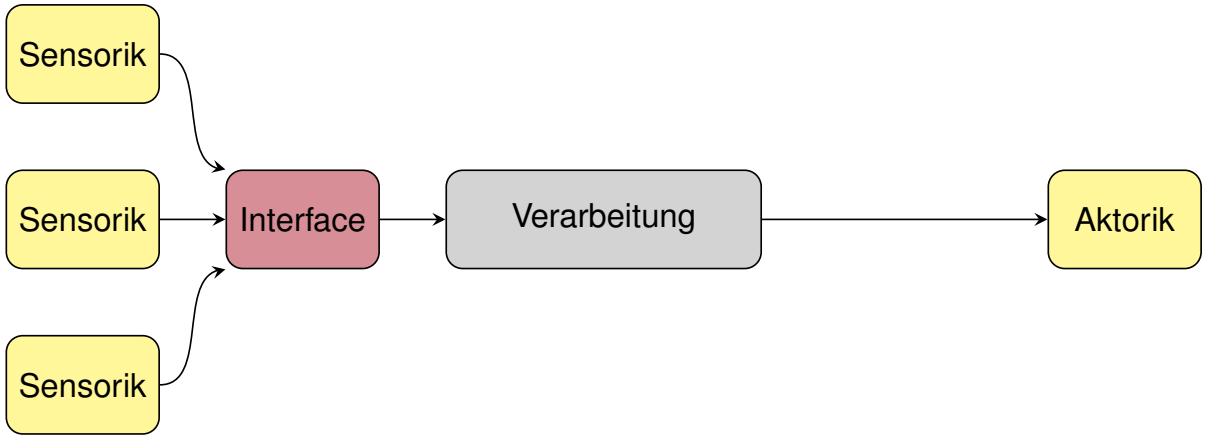


Triple Modular Redundancy



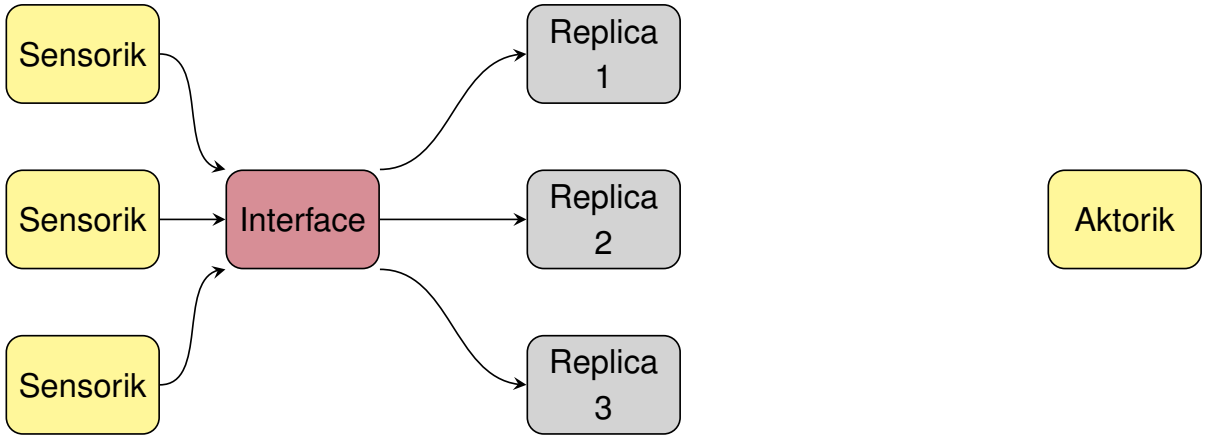
- Schnittstelle sammelt Eingangsdaten (Replikdeterminismus)

Triple Modular Redundancy



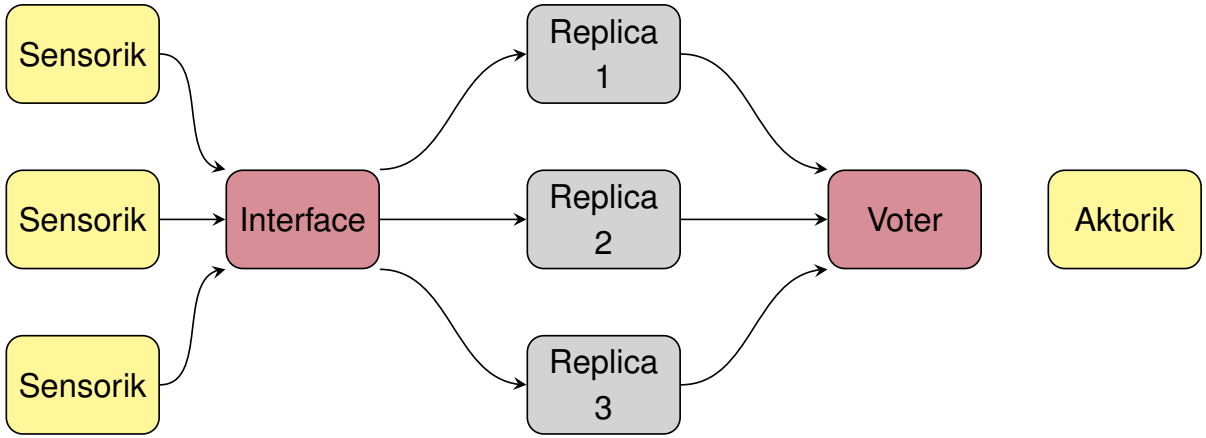
- Schnittstelle sammelt Eingangsdaten (Replikdeterminismus)
- Insbesondere: Mögl. Mehrheitsentscheid für redundante Sensordaten

Triple Modular Redundancy



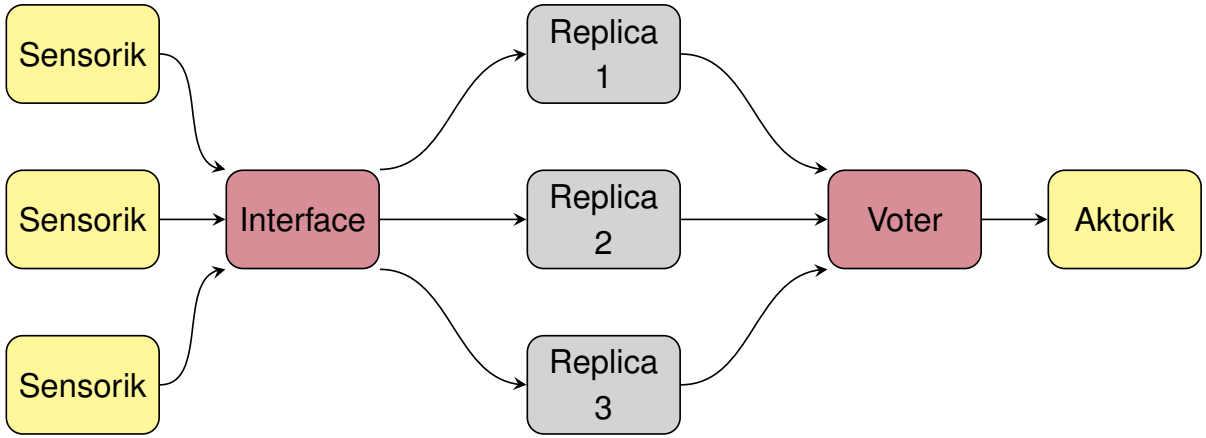
- Schnittstelle sammelt Eingangsdaten (Replikdeterminismus)
- Insbesondere: Mögl. Mehrheitsentscheid für redundante Sensordaten
- Verteilt Daten und aktiviert Replikate

Triple Modular Redundancy



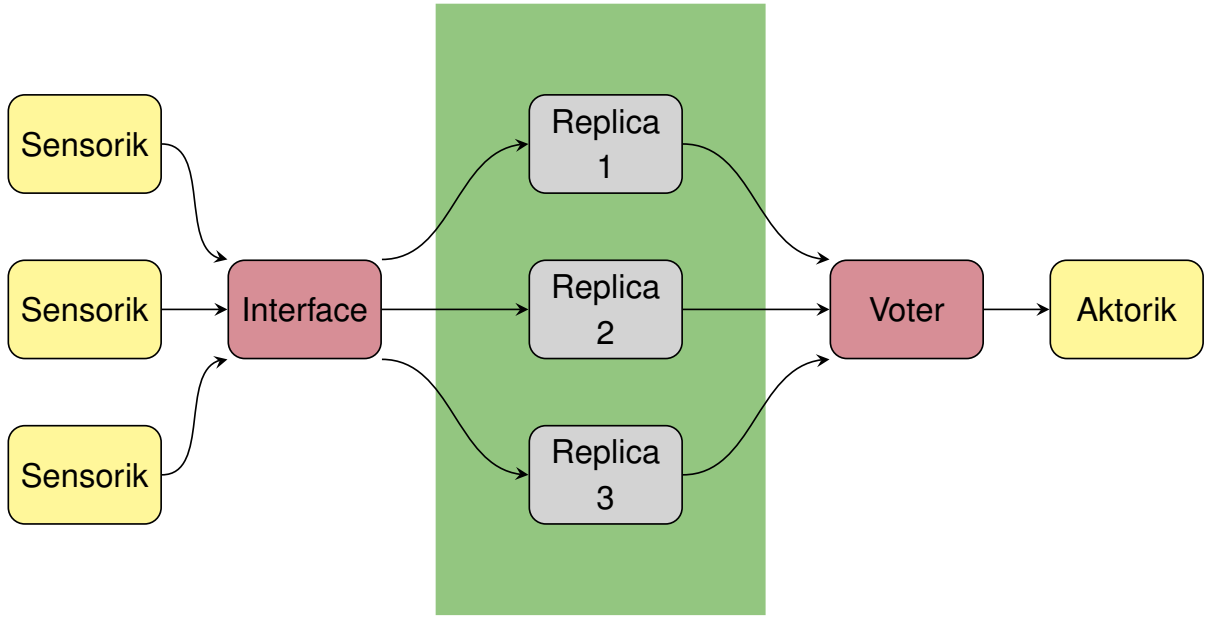
- Schnittstelle sammelt Eingangsdaten (Replikdeterminismus)
- Insbesondere: Mögl. Mehrheitsentscheid für redundante Sensordaten
- Verteilt Daten und aktiviert Replikate
- Mehrheitsentscheider (Voter) wählt Ergebnis

Triple Modular Redundancy



- Schnittstelle sammelt Eingangsdaten (Replikdeterminismus)
- Insbesondere: Mögl. Mehrheitsentscheid für redundante Sensordaten
- Verteilt Daten und aktiviert Replikate
- Mehrheitsentscheider (Voter) wählt Ergebnis
- Ergebnis wird an Aktuator versendet

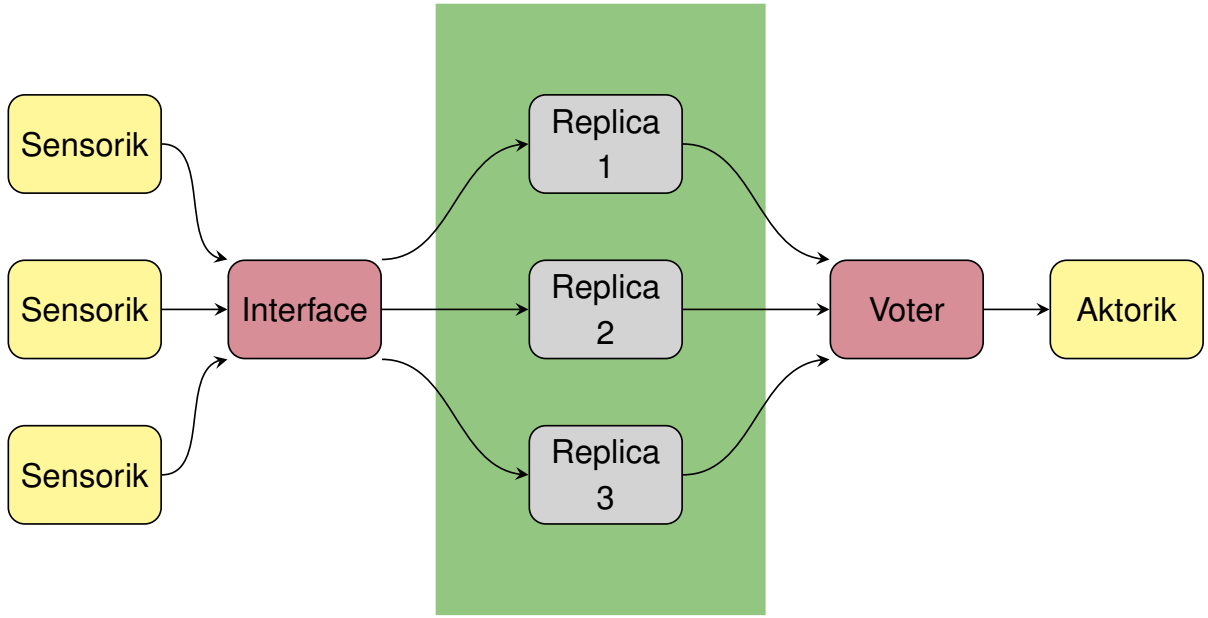
Triple Modular Redundancy



Redundanzbereich

Ausschließlich Replikatausführung

Triple Modular Redundancy



Redundanzbereich

Ausschließlich Replikatausführung

- Mehrheitsentscheid über Berechnungsergebnisse
- Erweiterung der Ausgangsseite mit Informationsredundanz

Replikdeterminismus

Replikat 1

```
void repl_1(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 2

```
void repl_2(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 3

```
void repl_3(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikdeterminismus

Replikat 1

```
void repl_1(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 2

```
void repl_2(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 3

```
void repl_3(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Sicherstellung Replikdeterminismus

- Globale diskrete Zeitbasis
- Einigung über Eingabewerte
- Statische Kontrollstruktur der Replikate
- Deterministische Algorithmen

Replikdeterminismus

Replikat 1

```
void repl_1(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 2

```
void repl_2(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 3

```
void repl_3(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Sicherstellung Replikdeterminismus — Single Core

- Globale diskrete Zeitbasis
- Einigung über Eingabewerte
- Statische Kontrollstruktur der Replikate
- Deterministische Algorithmen

Replikdeterminismus

Replikat 1

```
void repl_1(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 2

```
void repl_2(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Replikat 3

```
void repl_3(void *p){
  ticks_t time =
    ezs_get_time();

  ...
}
```

Sicherstellung Replikdeterminismus — Single Core

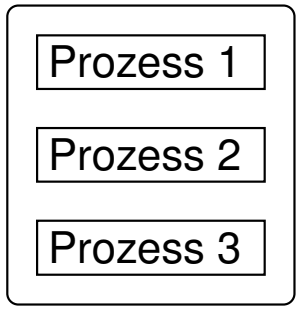
- Globale diskrete Zeitbasis
- Einigung über Eingabewerte
- Statische Kontrollstruktur der Replikate
- Deterministische Algorithmen

Sicherstellung Systemverhalten

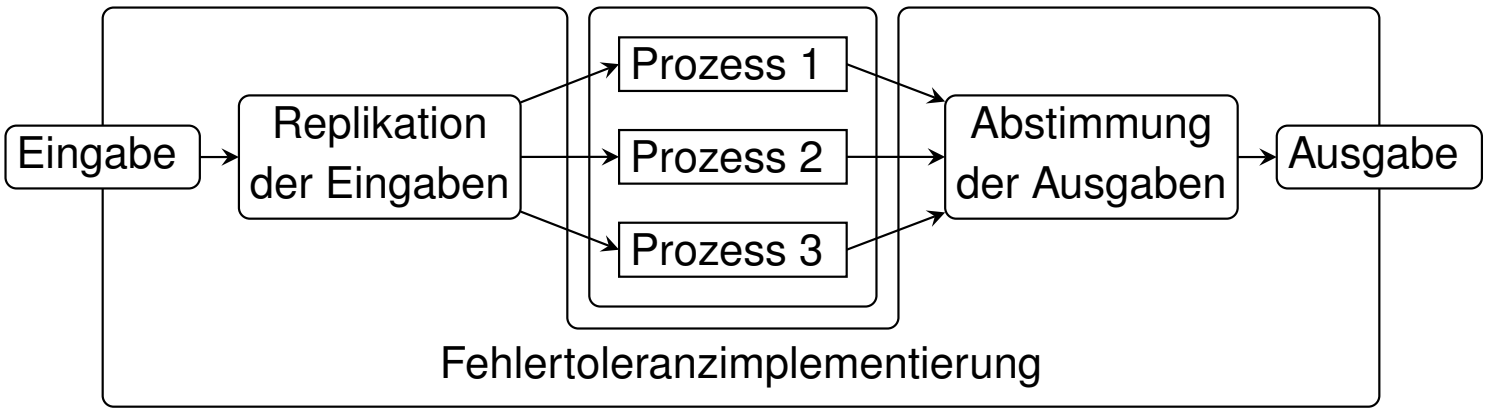
☞ Replikate müssen *innerhalb bestimmter Zeitspanne* terminieren

Process-Level Redundancy

Process-Level Redundancy



Process-Level Redundancy



Process-Level Redundancy