

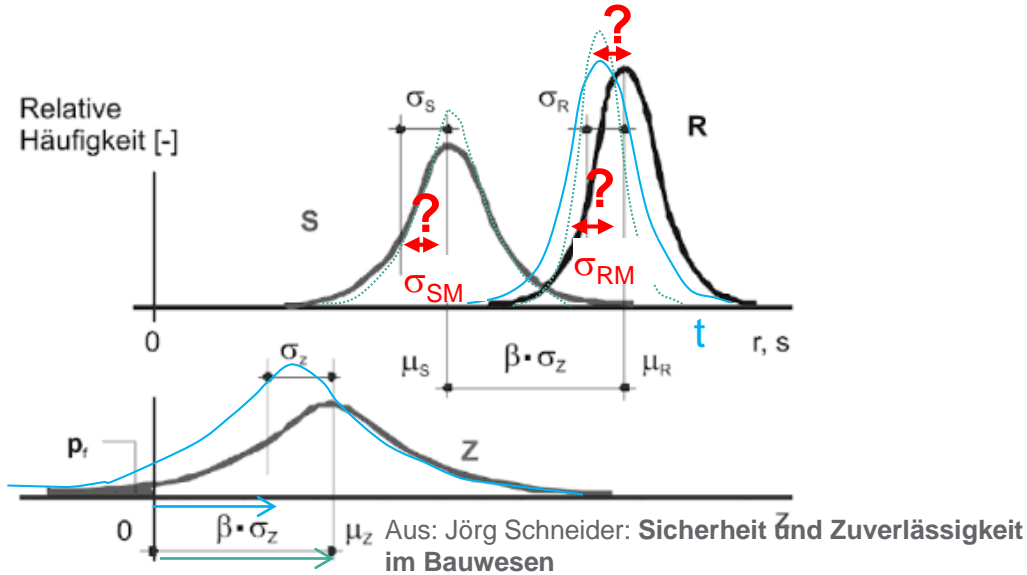


# QUANTIFIZIERUNG DER ZUVERLÄSSIGKEIT VON DAUERÜBERWACHTEN BRÜCKEN

Alois Vorwagner, Marian Ralbovsky



# DEFINITION UND STREUUNG VON EINWIRKUNG UND WIDERSTAND



Grenzzustandsfunktion  $G$  -  
 Versagenswahrscheinlichkeit  $p_f = P(G = R - S < 0)$

Zuverlässigkeitsindex  $\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G}$

Für normalverteilte  $G$ :  $p_f = \Phi(-\beta)$



# DAUERÜBERWACHUNG VERWENDUNG BRÜCKENBAU

## Schadenserkennung

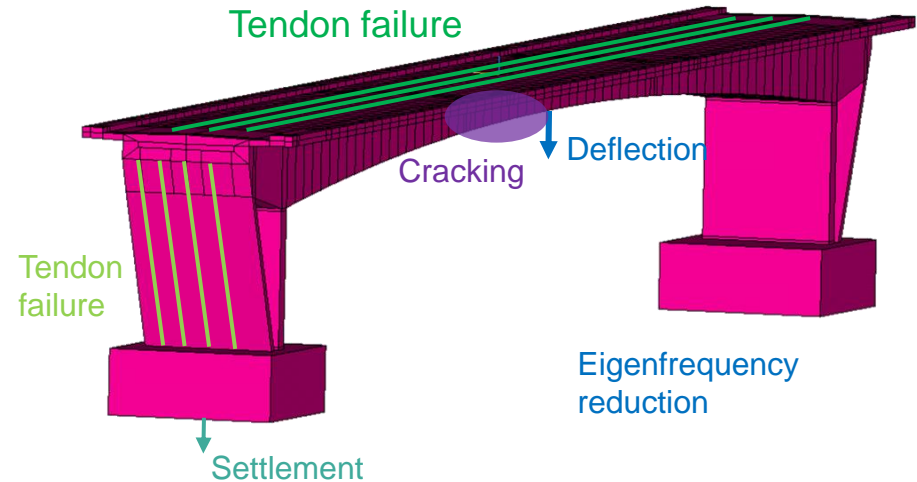
- Indikatoren ( $w, f, \dots$ ) → Erkennung von Schadenspräsenz, Schadensstelle, Schadensausmaß

## Modellanpassung

- Randbedingungen
- Einflusslinien
- Trägerverteilungsfaktoren

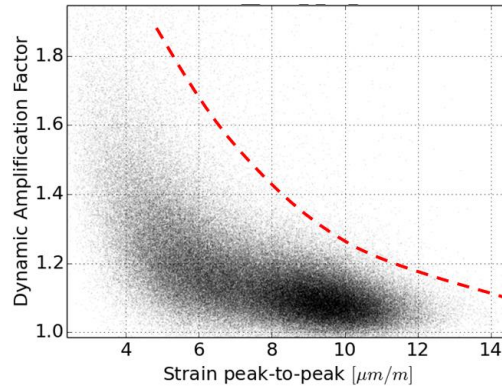
## Anpassung von Belastungsannahmen

- Auftretende Verkehrslasten
- Spannungszyklen (Ermüdung)

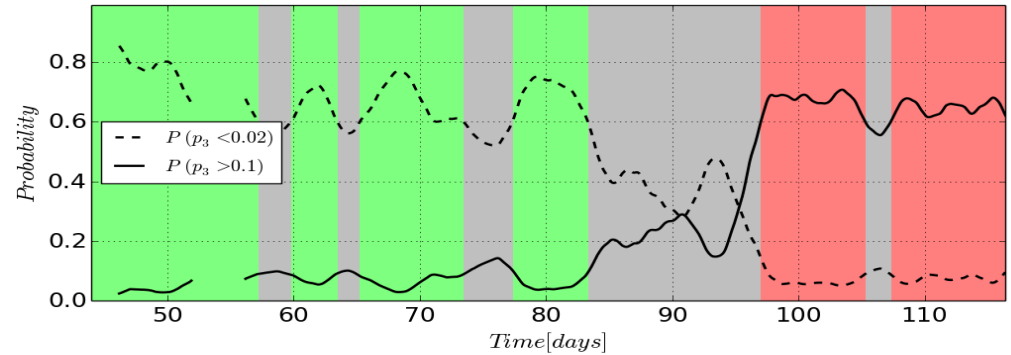
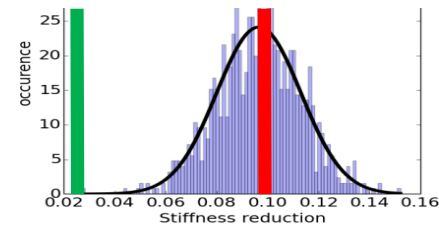


# DAUERÜBERWACHUNG VERWENDUNG

## Bsp. Dynamische Lasterhöhung



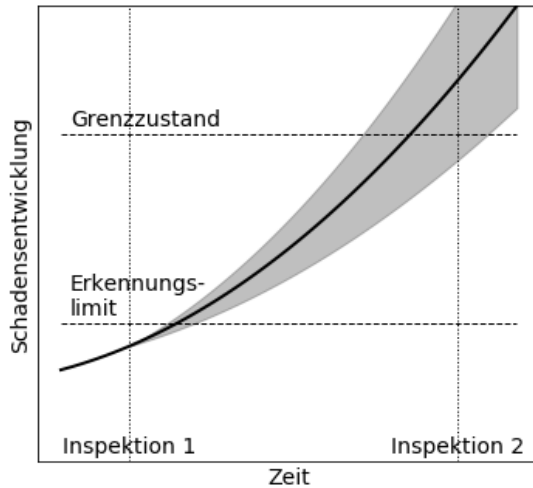
## Bsp. Probabilistische Modellierung



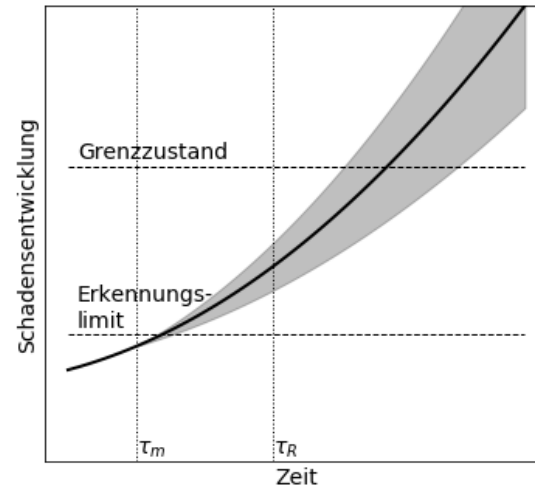
# DAUERÜBERWACHUNG UND ZUVERLÄSSIGKEIT

Operative Zuverlässigkeit – Versagenswahrscheinlichkeit ohne Erkennung eines gravierenden Schadens im Voraus

Ohne Überwachung

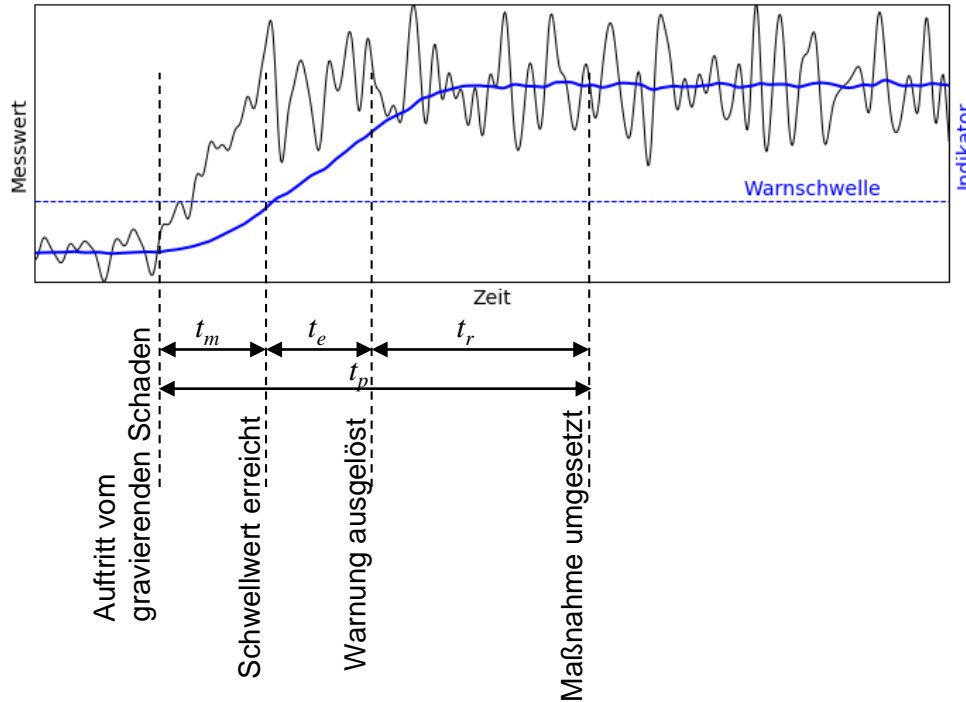


Mit Überwachung



# DAUERÜBERWACHUNG UND ZUVERLÄSSIGKEIT

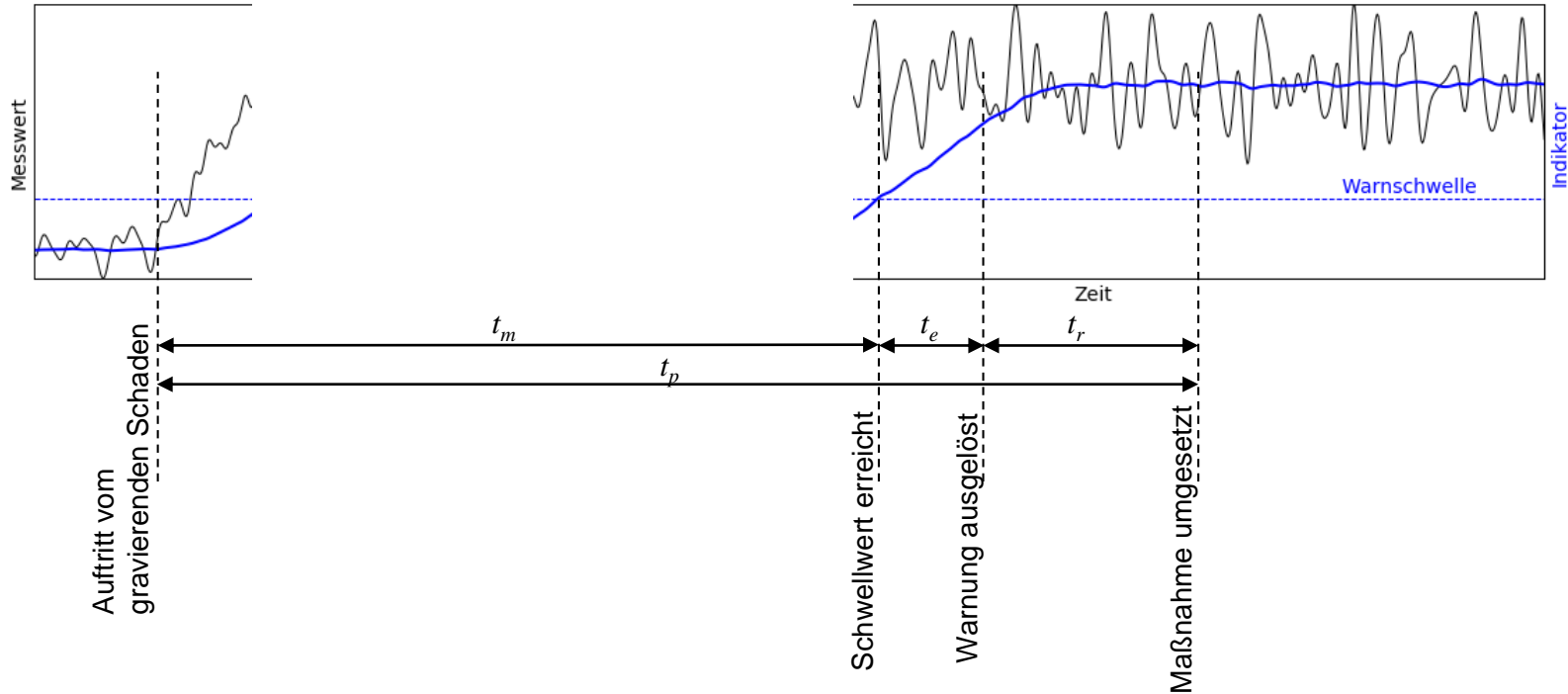
Verzögerung vom Schadensauftritt bis zur Umsetzung der Maßnahme



- $t_m$  – Sammlung benötigter Daten
- $t_e$  – Datenverarbeitung, Evaluierung, Interpretation
- $t_r$  – Organisation der Maßnahmenumsetzung, z.B.:
  - Lastreduktion - Verkehrseinschränkung
  - Instandsetzung

# DAUERÜBERWACHUNG UND ZUVERLÄSSIGKEIT

## Verzögerung bei Ausfall der Messkomponenten



# VERSAGENSWAHRSCHEINLICHKEIT

$P_{\ddot{U}V}$  : Versagenswahrscheinlichkeit der Schadenserkennung  
bei planmäßig funktionierender Überwachungsanlage

$P_{f,Re}$  : Versagenswahrscheinlichkeit des Tragwerks in der  
Datensammlung/Reaktionsphase

Unsicherheit der Indikatoren  $\rightarrow P_{\ddot{U}V}$

Ausfall von Messkomponenten  $\rightarrow P_{f,Re}$

$$P_{f,\ddot{U}} = 1 - (1 - P_{f,ID})(1 - P_{f,Re})$$

$$P_{f,ID} = P[\min_{0 < \tau < \tau_m} g(\tau) < 0 \cap X_m < X_{lim}]$$

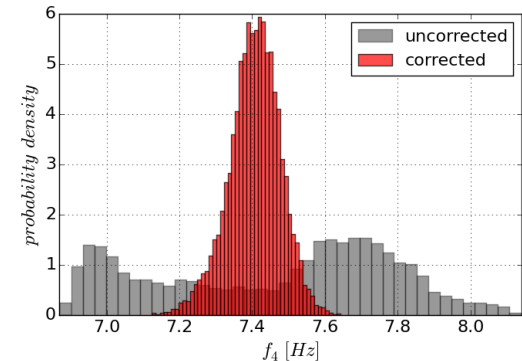
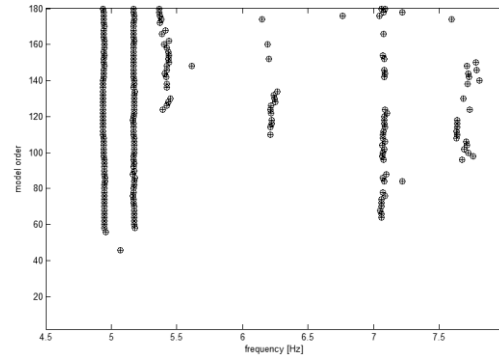
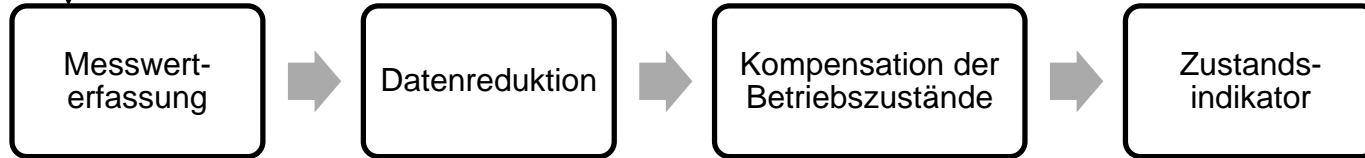
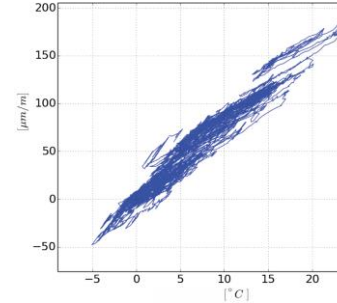
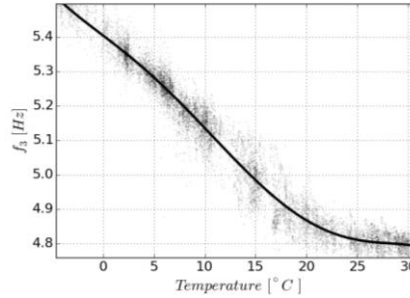
$$P_{f,ID} = P_f \cdot P_{\ddot{U}V}$$

$$P_{f,Re} = P[\min_{\tau_m < \tau < \tau_m + t_p} g(\tau) < 0]$$



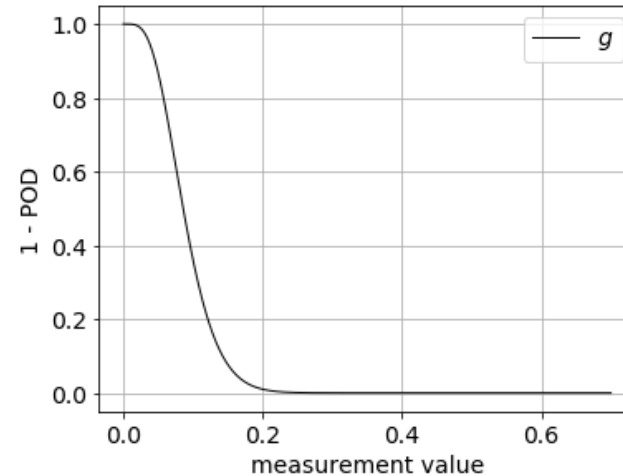
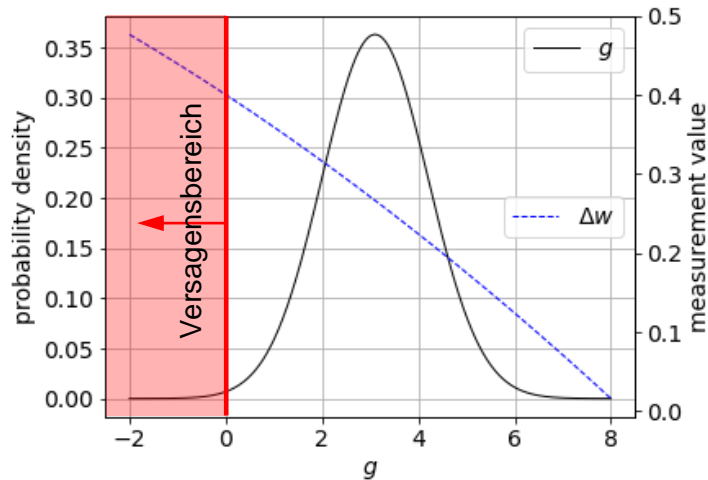
# UNSICHERHEIT DER INDIKATOREN

Linearität : <1% vom Messbereich  
Hysterese : <0,2 % vom Messbereich  
Langzeitstabilität



# VERSAGENSWAHRSCHEINLICHKEIT BEI NICHTERKENNUNG

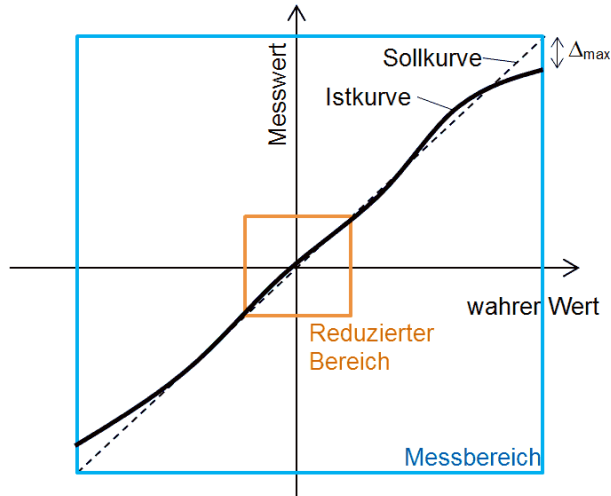
Wenn Messparameter sensitiv auf Schadensmechanismus  $\rightarrow$  hohe Erkennungswahrscheinlichkeit (POD)



# UNSICHERHEIT DER MESSWERTE

Abweichungen im reduzierten Messbereich

Informationen der Sensorhersteller nicht ausreichend zur Beschreibung der Messunsicherheit im Regelbetrieb



- MB<sub>tot</sub>.....gesamter Messbereich
- MB<sub>red</sub>.....reduzierter Messbereich
- Δ<sub>max</sub>....max. Abweichung im gesamten Messbereich
- Δ<sub>red</sub>....max. Abweichung im reduzierten Bereich
- L<sub>tot</sub>.....Linearität im gesamten Bereich
- L<sub>red</sub>.....Linearität im reduzierten Bereich
- $L_{tot} = \frac{\Delta_{max}}{MB_{tot}} ; L_{red} = \frac{\Delta_{red}}{MB_{red}}$
- $k_1 = \frac{L_{red}}{L_{tot}} = \frac{\Delta_{red}}{\Delta_{max}} * \frac{MB_{tot}}{MB_{red}}$

Beispiel Durchbiegungsmessung:

~~$$\Delta w = 2,5 \text{ mm} \pm 0,01 * 100 \text{ mm}$$~~

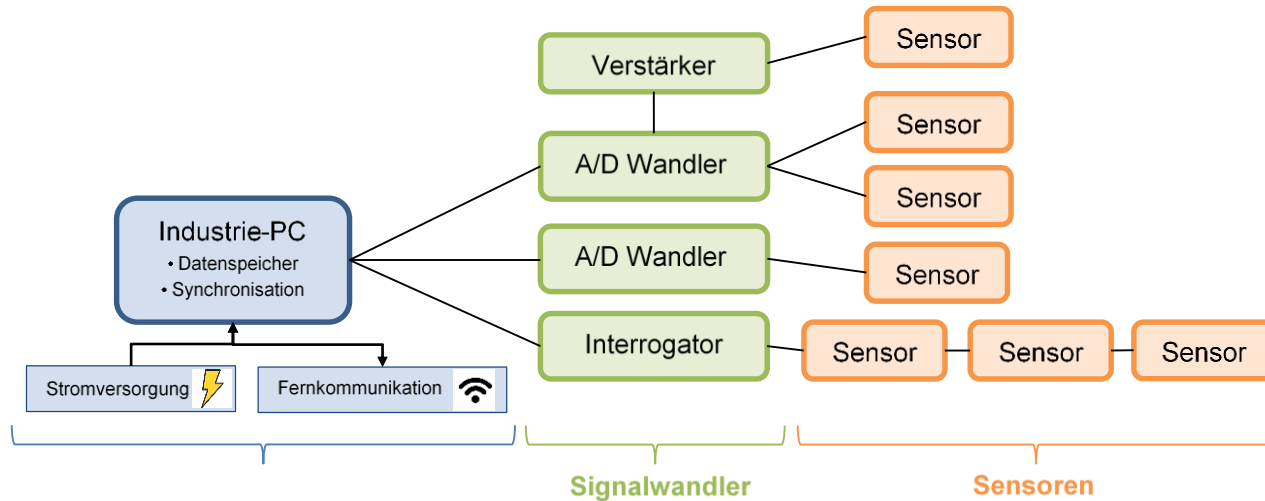
~~$$\Delta w = 2,5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$$~~

$$\Delta w = 2,5 \text{ mm} * (1 \pm \mathcal{N}(0, \sigma^2))$$

$$\sigma = 0,5 \cdot k_1 \cdot L_{tot}$$

# VERLÄSSLICHKEIT DER HARDWARE

Ausfälle der Messkomponenten  
Datenverluste, Datenübertragung  
Ungültige Messsignale



# UMFRAGE UNTER BETREIBERN DER ANLAGEN

Jährliche Ausfallraten

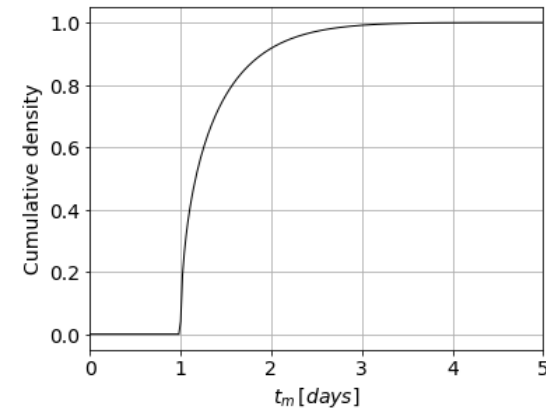
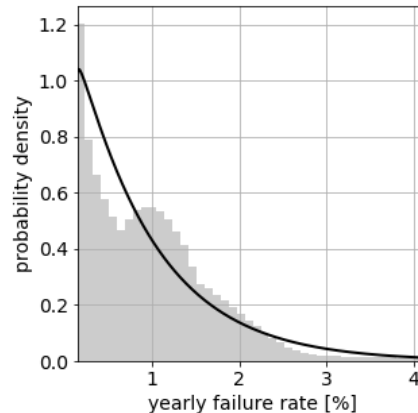
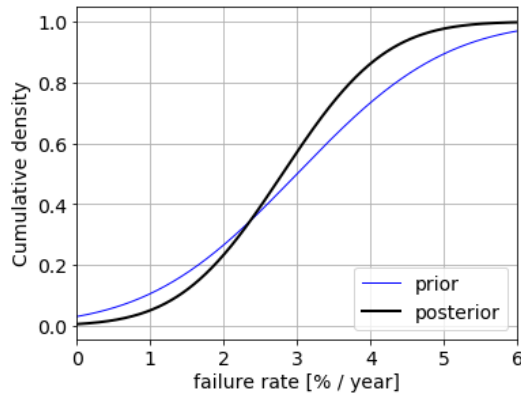
Temporäre Ausfälle

Ausfalls der Fernkommunikation

Reparaturdauer



Benötigte Dauer zur Bestimmung  
des Indikators



ÖSTERREICHS GRÖSSTE  
RESEARCH- UND  
TECHNOLOGY  
ORGANISATION

[Alois.Vorwagner@ait.ac.at](mailto:Alois.Vorwagner@ait.ac.at)

[Marian.Ralbovsky@ait.ac.at](mailto:Marian.Ralbovsky@ait.ac.at)

[www.ait.ac.at](http://www.ait.ac.at)



**1.300**  
FORSCHER/-INNEN

**9** STANDORTE

**8** CENTER

BESUCHEN SIE UNS AUF DER TRA,  
HALLE A IM AUSTRIAN VILLAGE

**TRA**  
TRANSPORT RESEARCH ARENA  
**VIENNA 2018**  
A digital era for transport

16-19 APRIL 2018  
Transport Research Arena  
Reed Exhibitions Messe Wien  
Vienna / Austria

The poster features a dark teal background with a network of green lines and nodes on the right side. The text is in white and green, with 'TRA' and 'VIENNA 2018' in large, bold letters.