KOGNITIVE GROßBEARBEITUNGSZENTREN – VERFÜGBARKEITSSTEIGERUNG UND EIGENSCHAFTSABSICHERUNG

Dipl.-Ing. Uwe Frieß, Abteilung Werkzeugmaschinen Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Entwicklungstrends für Werkzeugmaschinen der Großteilebearbeitung

Chemnitz, 10. November 2016

© Fraunhofer IWU

VERFÜGBARKEITSSTEIGERUNG UND EIGENSCHAFTSABSICHERUNG

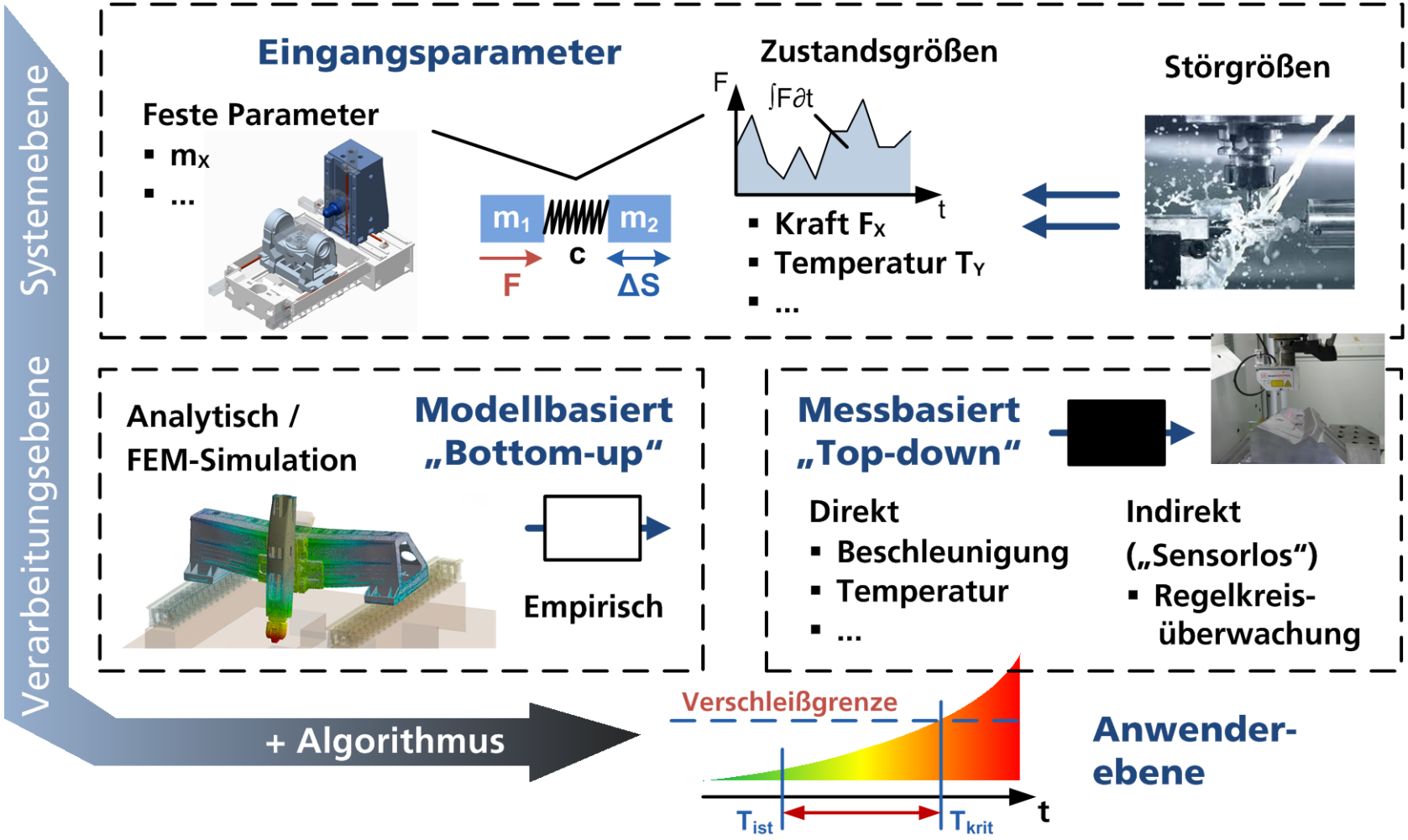
Agenda

1. Einordnung
2. Modellbasierte Verfahren
3. Messbasierte Verfahren
4. Exkurs: Lernbasierte Verfahren

© Fraunhofer IWU

Einordnung

Unterschiedliche Herangehensweisen der Eigenschaftsabsicherung



Fraunhofer IWU

Einordnung

	Bottom-up (Modellbasiert):	Top-down (Messbasiert):
Notwendige Definitionen:	▪ CAD-Daten der Maschine ▪ Informationen zum Komponentenaufbau ▪ Repräsentativer Lastzyklus für die Maschine und/oder fortlaufende Berechnung auf Basis von Realdaten	▪ Welche Komponenten sollen überwacht werden? ▪ Welche (Mess-)Informationen stehen zur Verfügung ▪ IT-System, Schnittstellen, … ▪ Festlegung des Algorithmus (eher Ereignisorientiert oder vorausschauend)
Vorgehen:	▪ Modellerstellung inklusive Festlegung des Verschleißmodells ▪ Simulationslauf auf Basis von repräsentativem Zyklus oder realen Daten	▪ Planung der Datenerfassung ▪ Festlegung wie eine Vergleichsbasis geschaffen werden kann (Testzyklen, zustandsbasierte Ansätze, …) ▪ Datenerfassung und -verteilung

© Fraunhofer IWU

VERFÜGBARKEITSSTEIGERUNG UND EIGENSCHAFTSABSICHERUNG

Agenda

1. Einordnung
2. Modellbasierte Verfahren
3. Messbasierte Verfahren
4. Exkurs: Lernbasierte Verfahren

© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

Vorgehen und Eigenschaften modellbasierter Verschleißprognosen

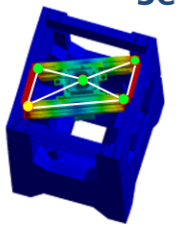
Systemebene → Verarbeitungsebene → Anwenderebene

Komponente X

Messdaten

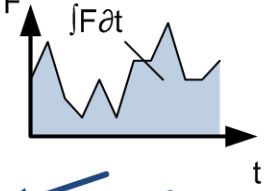
- Temperatur
- Kräfte
- …

+ virtuelle Sensorik



Modellebene

Systemlast



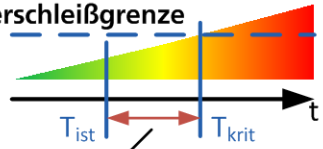
Verschleiß-modell

ΔS_i
F_i
Ver_{WZ}
δ_i

Modell-parameter

Ablei-tung

Verschleißgrenze



Restlebensdauer

Ergebnis

Prognose
- Wartung
- Lebensdauer

T_{L_x} 12.000 h
T_{L_y} 2.000 h
T_{L_z} 600 h

Eigenschaften

Echtzeitfähig

Prognosecharakteristik

Abhängig von Modellgüte

Kein direkter Bezug zu real ermittelten (Mess-)Daten

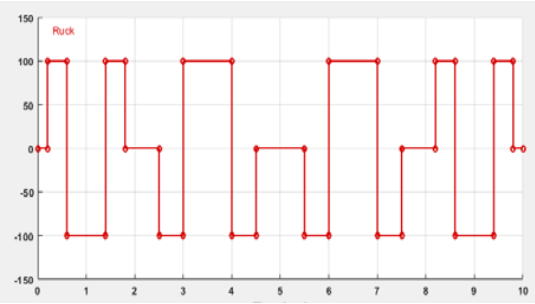
Begrenzte Berücksichtigung spezifischer Gegebenheiten (Konfiguration, Prozess …)

© Fraunhofer IWU

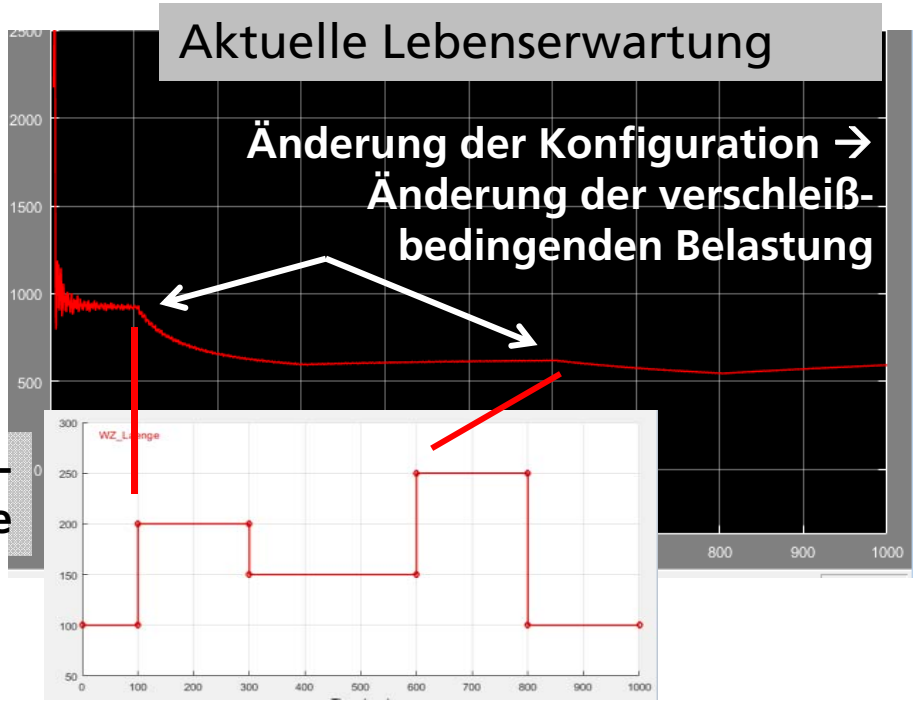
Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

1) Repräsentativer Zyklus und/oder reale Messdaten



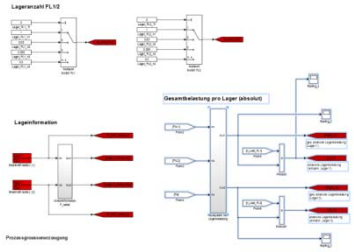
Ruck → Last



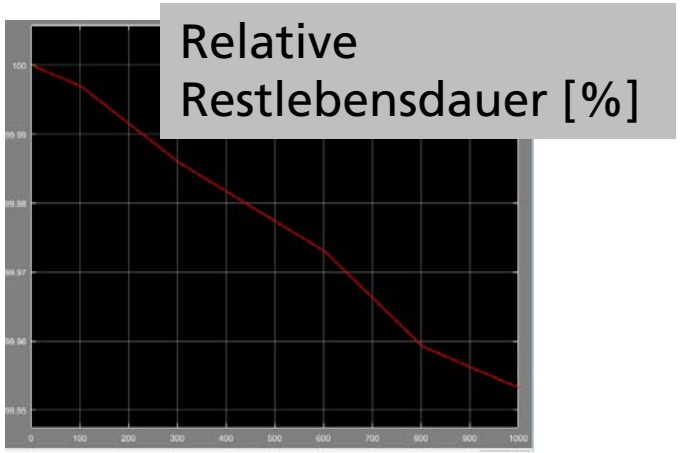
Werkzeug-länge

2) Modellbasierte <u>Verschleißsimulation</u> einer speziellen Komponente

=



Ergebnis

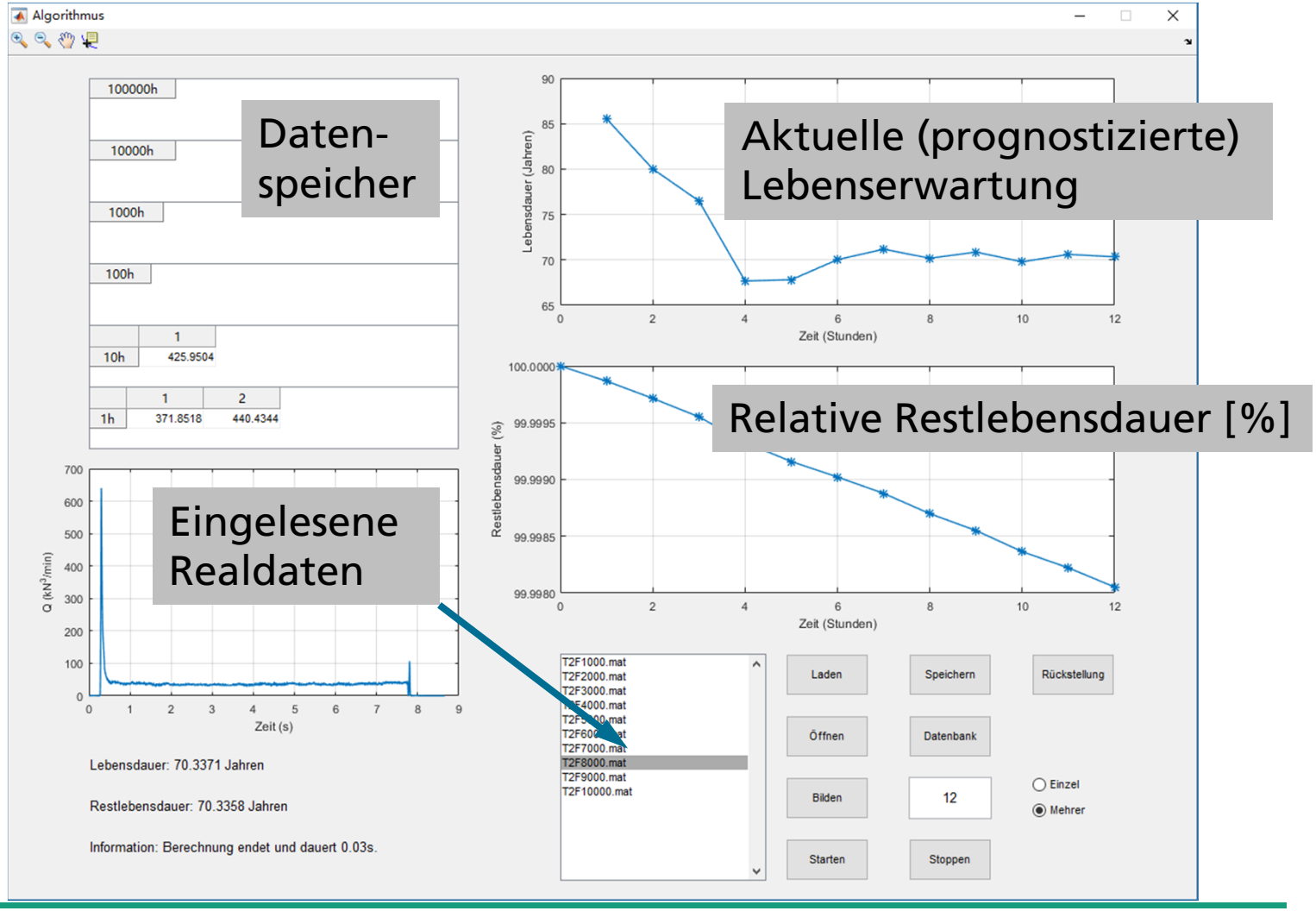


© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

Aktuelle Arbeiten - GUI



© Fraunhofer IWU

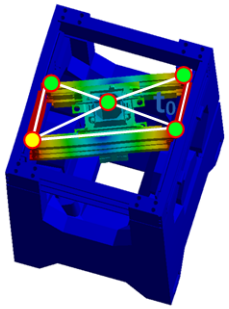
Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

Verbesserungsansätze

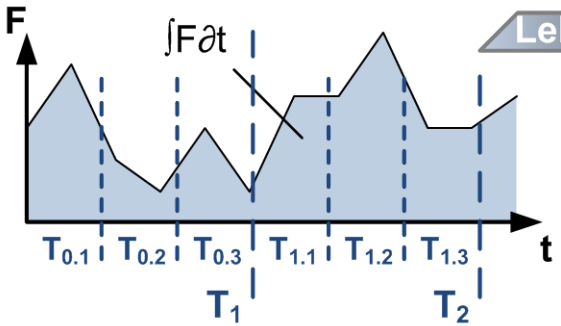
Ⓐ Input

- Exakte zeitliche und lokale Erfassung der Komponenten-belastung per Sensorik
  -
  -
  -
- Ergänzung vorhandener Sensoren durch virtuelle Sensoren
- Prozessparalleles Mehrkörpermodell + Sensoren



Last

(Empirisches) Modell



Lebensdauer T1:

$$L^{i}_{10} \times 10^6 = \left[\frac{C_a}{F_i \times k1 \times \ldots}\right]^3$$

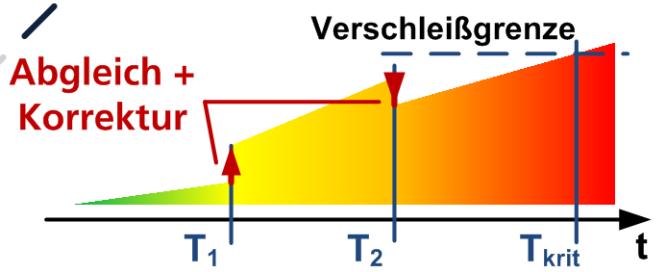
Lebensdauer T2:

$$L^{gesT2}_{10} \times 10^6 = \ldots$$

Lebensdauer

Ⓑ Output

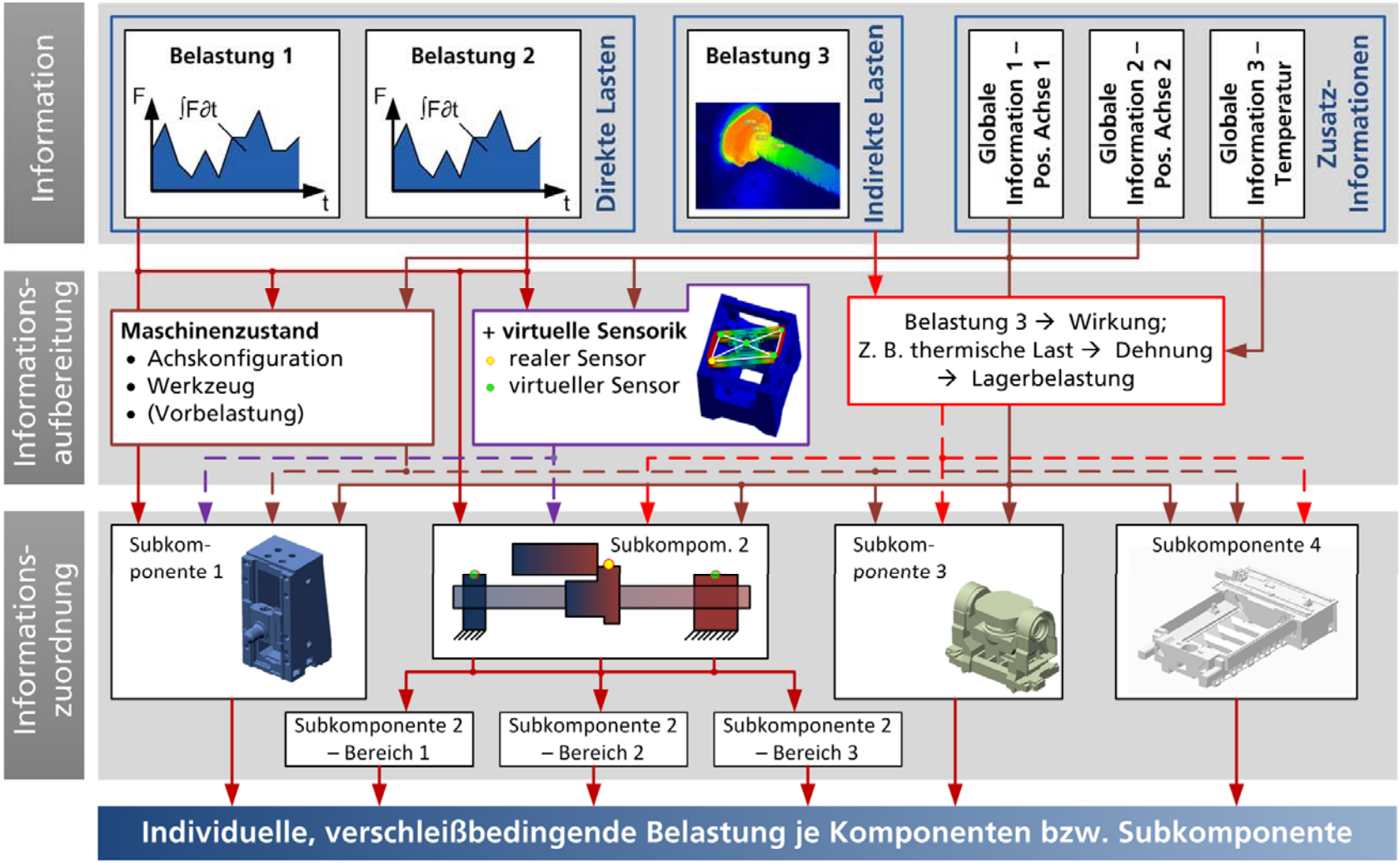
- Korrektur durch messtechnischen Abgleich
- Korrektur der Parameter durch Realwerte (echter Ausfallzeitpunkt)
- Erfahrungsbasierte „Lernalgorithmen“



Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

Verbesserung Modell-Input – Ermittlung der „Mikrolast“

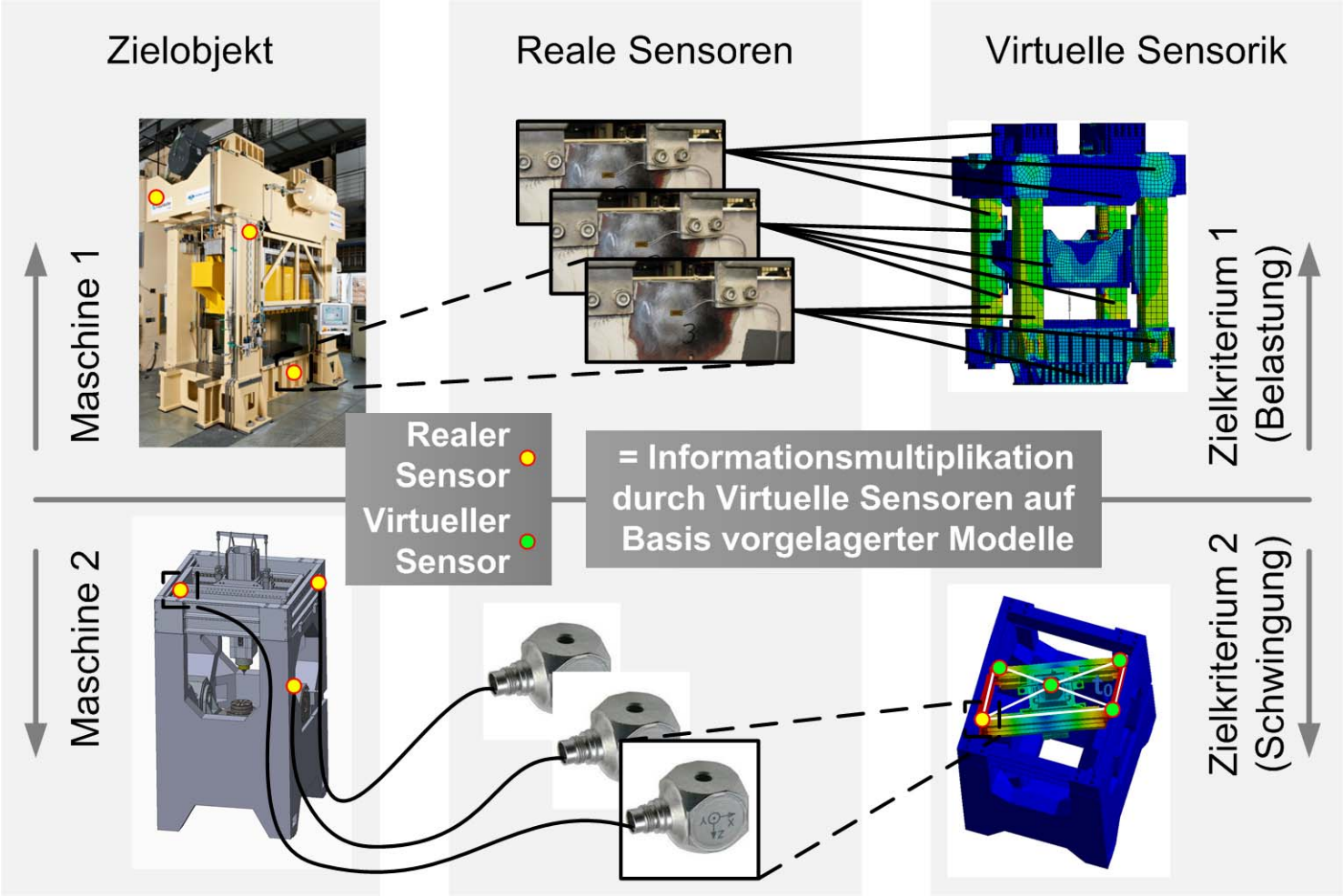


© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

Verbesserung Modell-Input – Prinzip virtueller Sensorik



© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

Verbesserung Modell-Output – Ereignisbasiertes Modellupdate

Theoretische Lebensdauer

$$L^{i}_{10} \times 10^{6} = \left[\frac{C_a}{F_i \times k1 \times k2 \times \ldots} \right]^{3}$$

Komponentenparameter (C_a)

Empirisch ermittelter Zusammenhang (3)

Lebensdauer mit 10%-iger Ausfallwahrscheinlichkeit (L^{i}_{10})

Ermittelte Belastung (F_i)

Korrekturfaktoren (k1, k2, …)

Fraunhofer IWU

Modellbasierte Verfahren

Verbesserung Modell-Output – Ereignisbasiertes Modellupdate

Angepasste Lebensdauer

$$L^{i}_{10} \times 10^{6} = \left[\frac{C_a \times a + C_{a,\,real(10\%)} \times b}{F_i \times \cancel{k1} \times \cancel{k2} \times \ldots} \right]^{3}$$

Update Komponentenparameter

Empirisch ermittelter Zusammenhang

a + b = 1

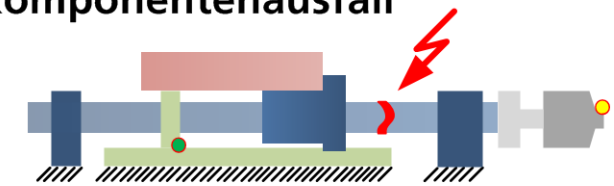
Lebensdauer mit 10%-iger Ausfallwahrscheinlichkeit

Korrekturfaktoren

Ermittelte Belastung

Korrektur Ausfallwahrscheinlichkeit

Komponentenausfall



$C_{a,\,real(50\%)}$

Fortwährende adaptive Modellverbesserung im Kontext der konkreten Komponentennutzung

© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

VERFÜGBARKEITSSTEIGERUNG UND EIGENSCHAFTSABSICHERUNG

Agenda

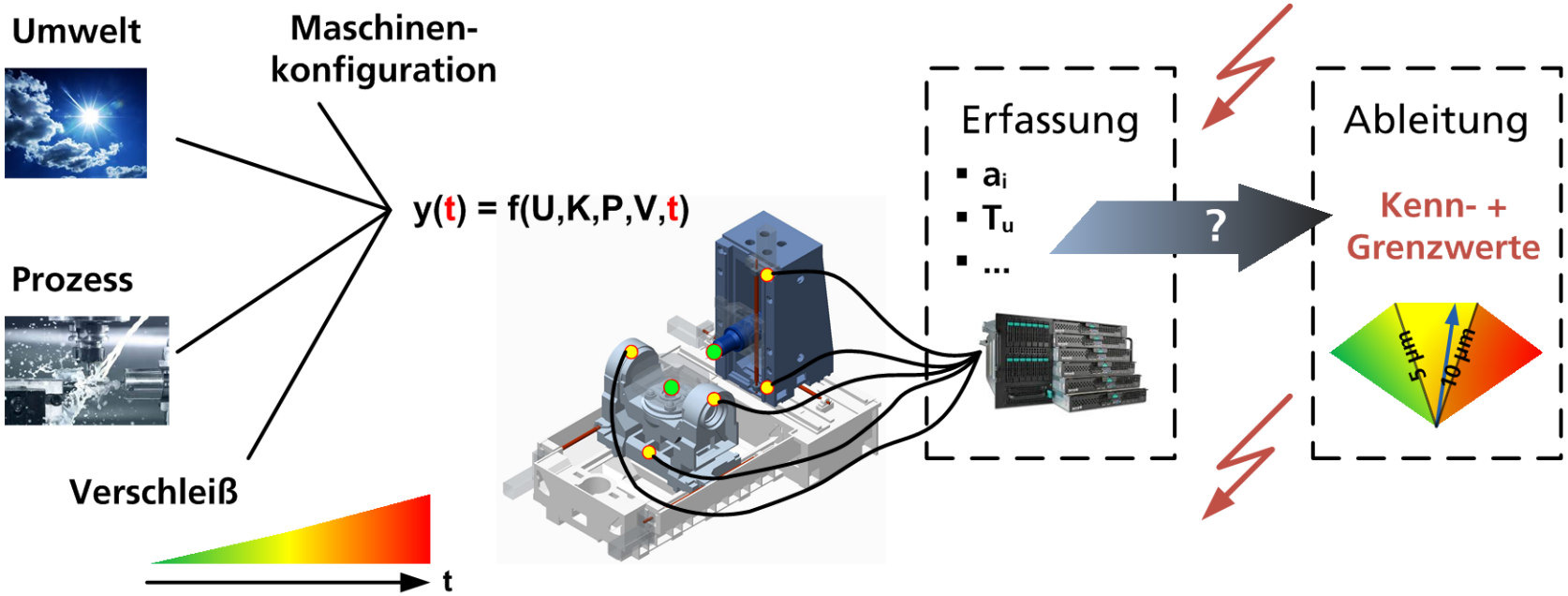
1. Einordnung
2. Modellbasierte Verfahren
3. Messbasierte Verfahren
4. Exkurs: Lernbasierte Verfahren

© Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

Ausgangspunkt

Änderung des Maschinenzustands über der Zeit in Abhängigkeit interner und externer Faktoren



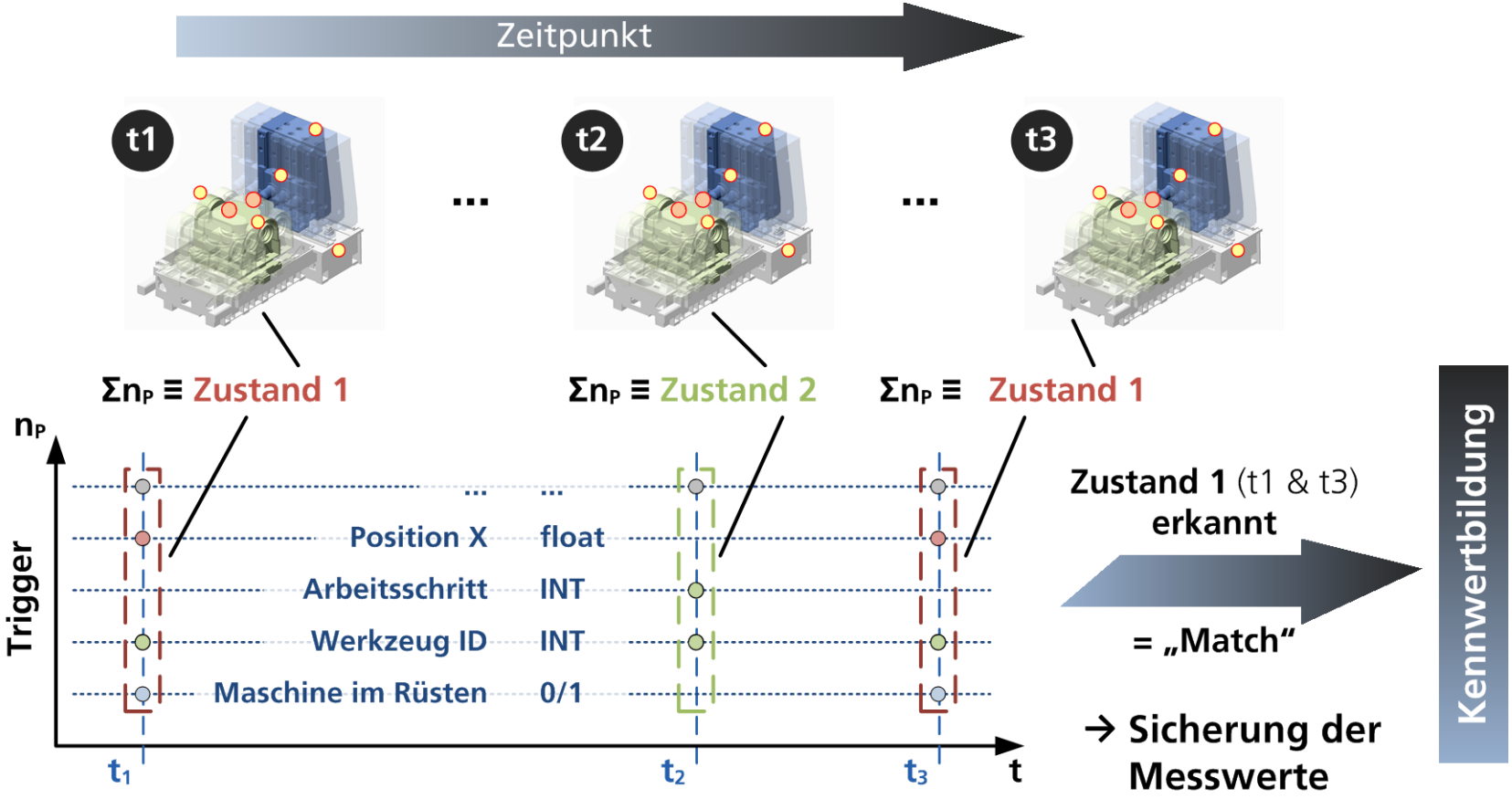
Entwicklung von zustandsbasierten und selbstadaptiven Algorithmen zur Kenn- und Grenzwertbildung

© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

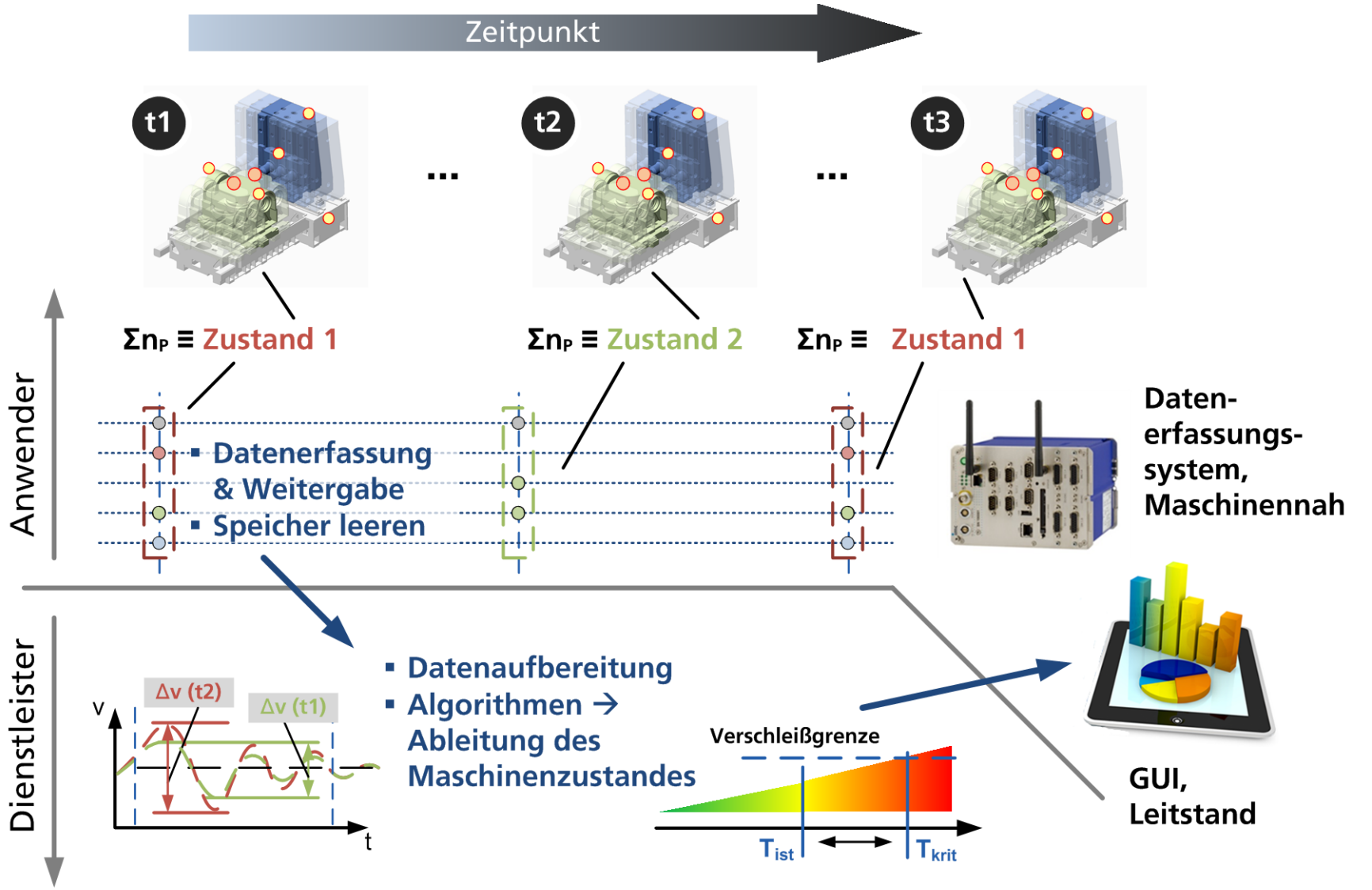
Messbasierte Verfahren

Detektierung gleicher Systemzustände



Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren



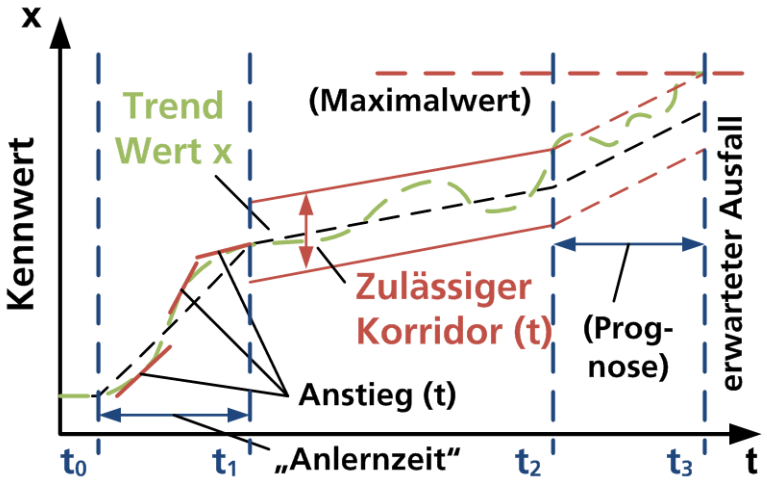
© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

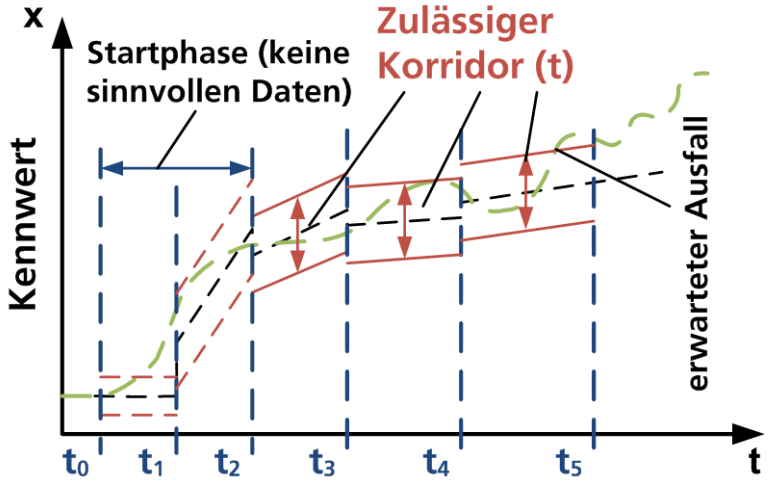
Strategien für die adaptive Kennwertbildung

"Teach-in Ansatz"



- Anlernphase zur Parametrierung
- Robust gegenüber kurzfristigen Werteschwankungen
- Ideal und etabliert in Serienprozessen

"Permanente Anpassung"



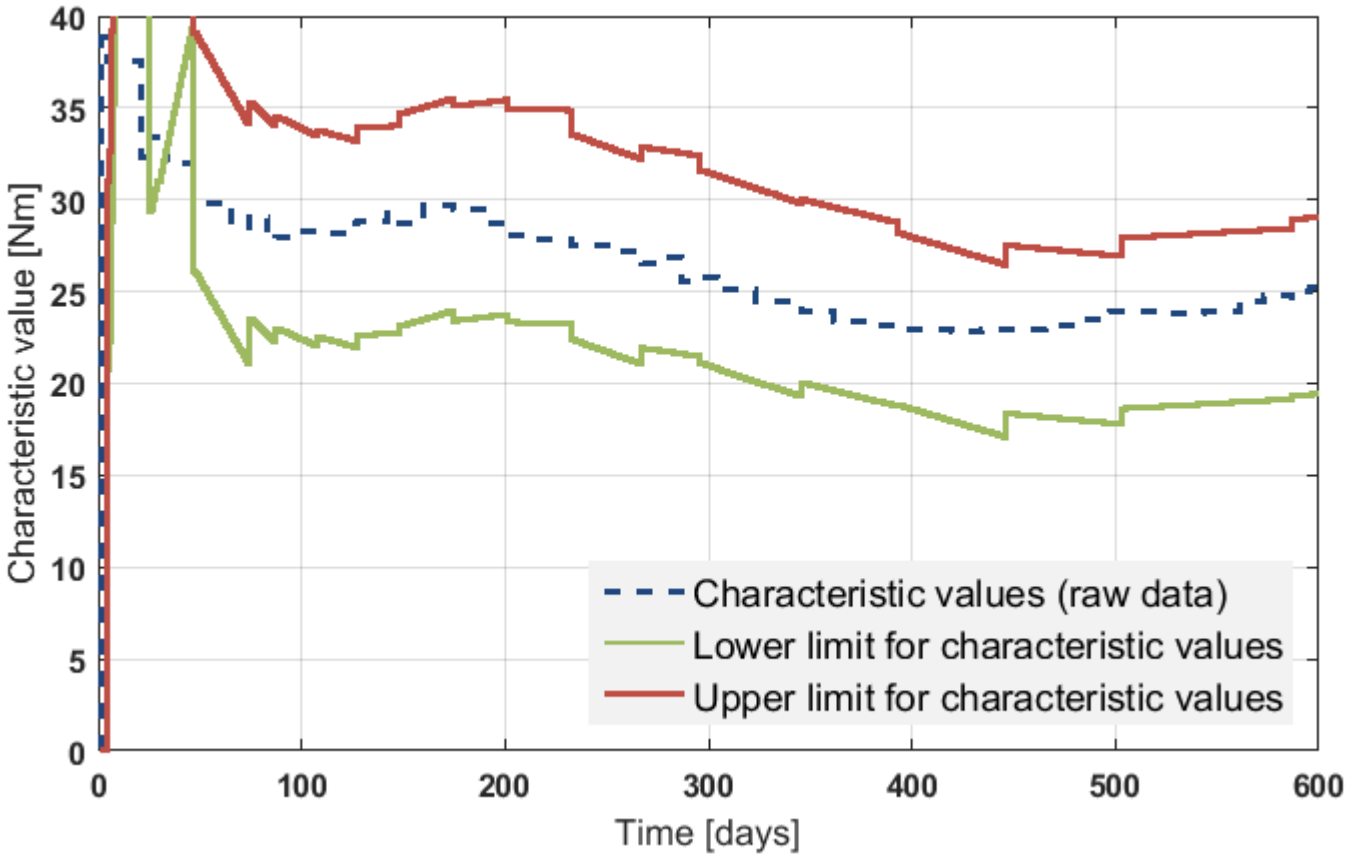
- Permanente Berechnung des Durchschnittswertes und des Trends
- Berücksichtigung von Prozeßschw.
- Langfristige Trends werden n. erkannt

© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

Kennwertbildung Umsetzung I – Feste Limits auf Basis der Absolutwerte

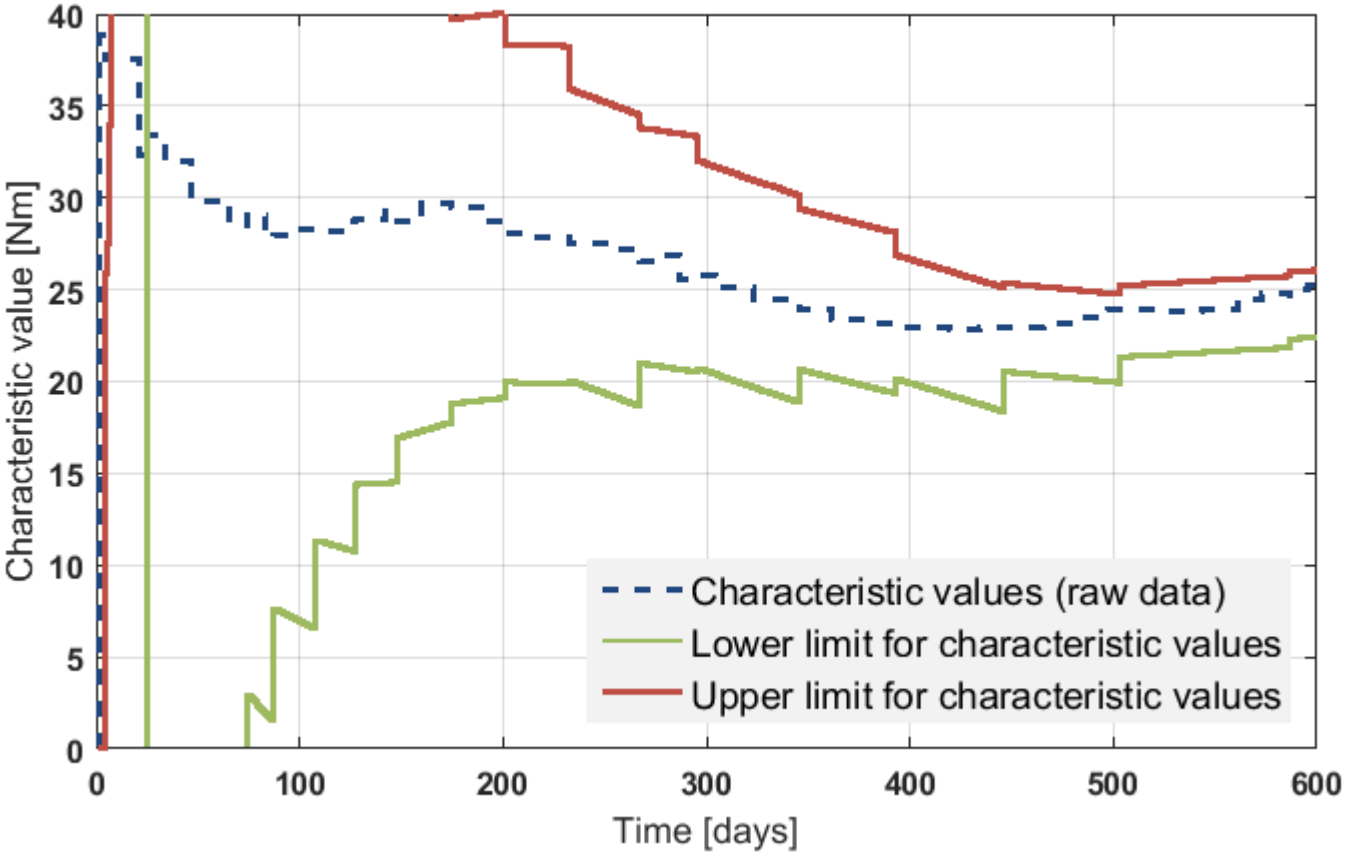


© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

Kennwertbildung Umsetzung II – Variable Limits auf Basis der aktuellen Schwankungsbreite

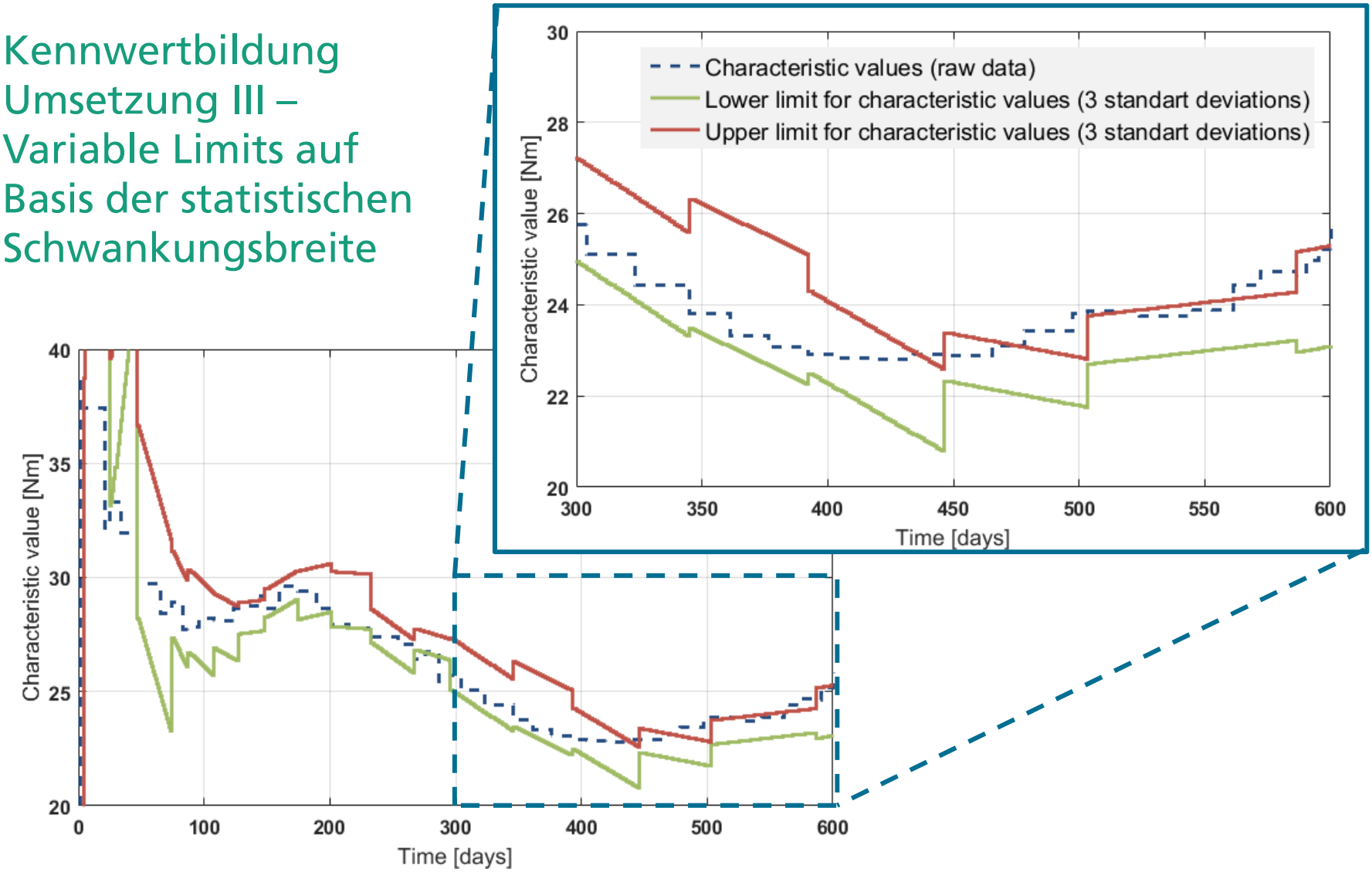


© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

Kennwertbildung Umsetzung III – Variable Limits auf Basis der statistischen Schwankungsbreite

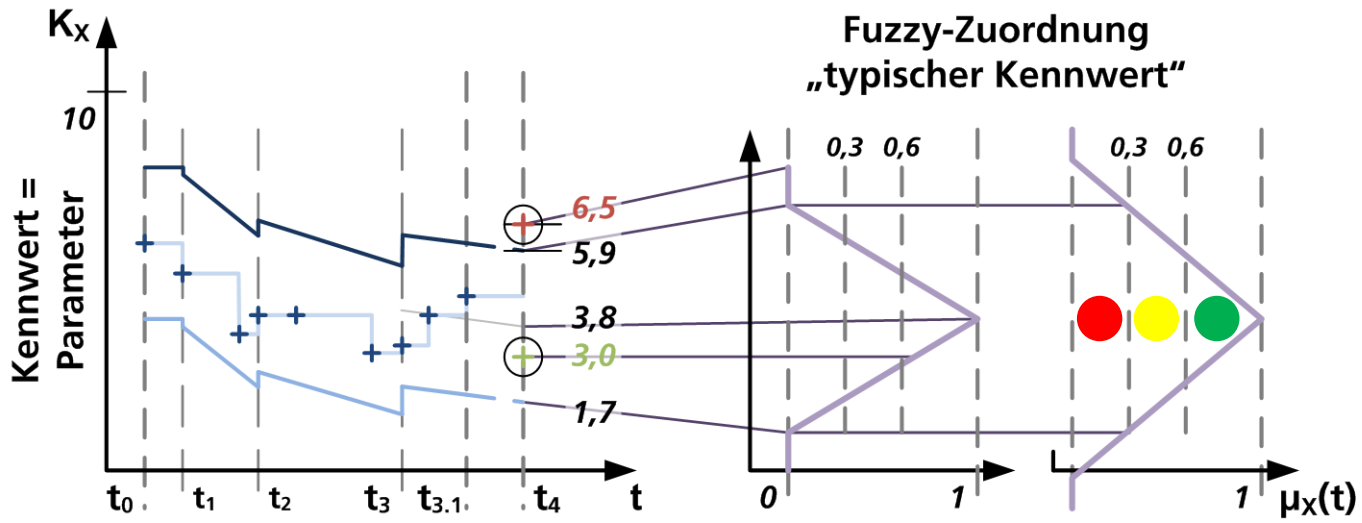


© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

Kennwertezuordnung zur Ableitung des Zustandes

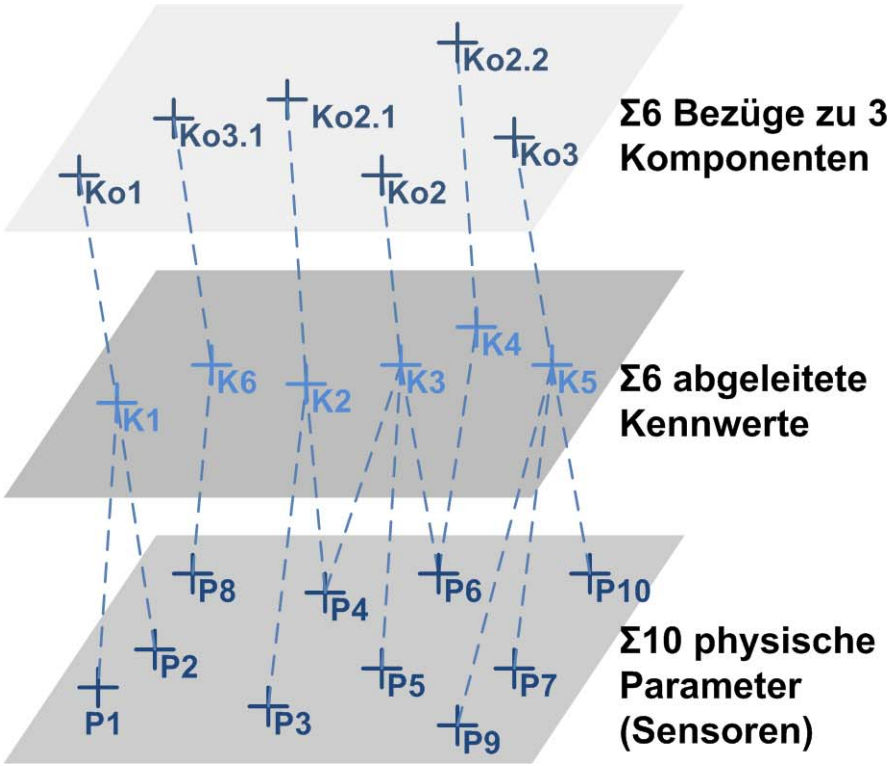


Kennwert	K_X zu t4	Fuzzy V1	Fuzzy V2	Bedeutung
Mittelwert	**3,8**	**1**	**1**	**-**
Oberer GW	**5,9**	**0**	**0,3**	**-**
Unterer GW	**1,7**	**0**	**0,3**	**-**
Bsp. 1	**3,0**	**0,62**	**0,733**	🟢
Bsp. 2	**6,5**	**0**	**0,1**	🔴

© Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

Kennwertkombination

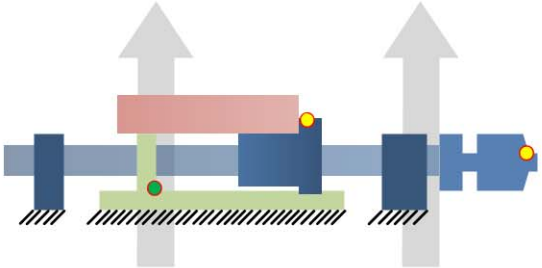


Beispiel für die Zuordnung

K4 = Ko2.2 = Beschleunigung Y

K3 = Ko2 = Vorschubachse Y

K2 = Ko2.1 = Kugelgewindetr. Y



P6 = IST-Beschleunigung Y

P5 = IST-Vorschub Y

P4 = Moment Vorschubachse Y

P3 = Temperatur Lager KGT Y

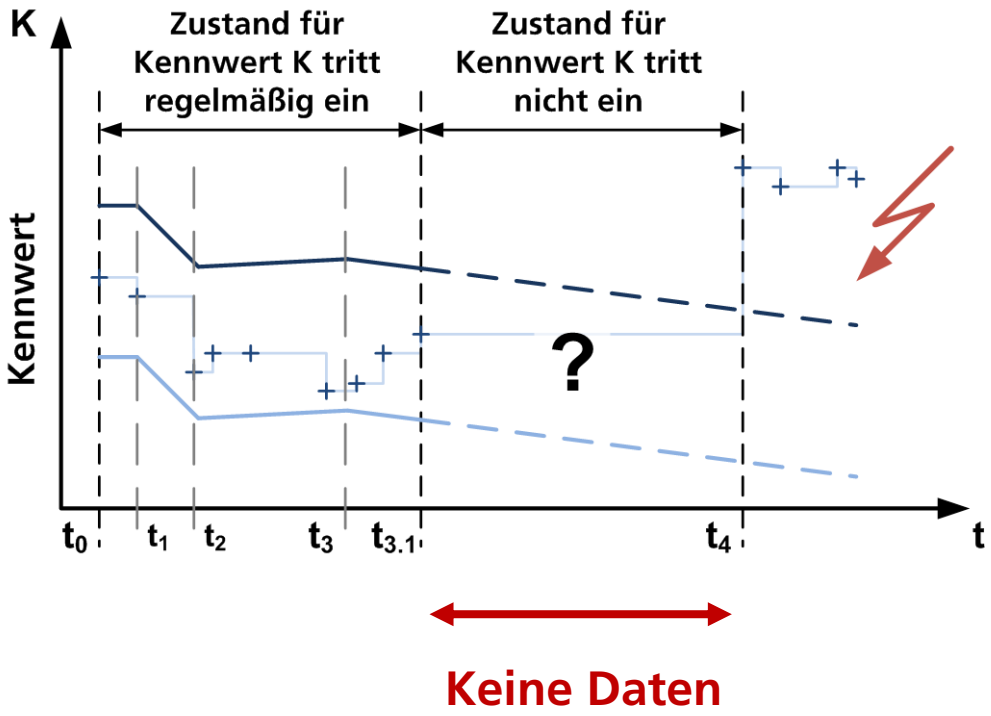
Strukturelle Zuordnung von Parametern über Kennwerte zu den Komponenten

© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

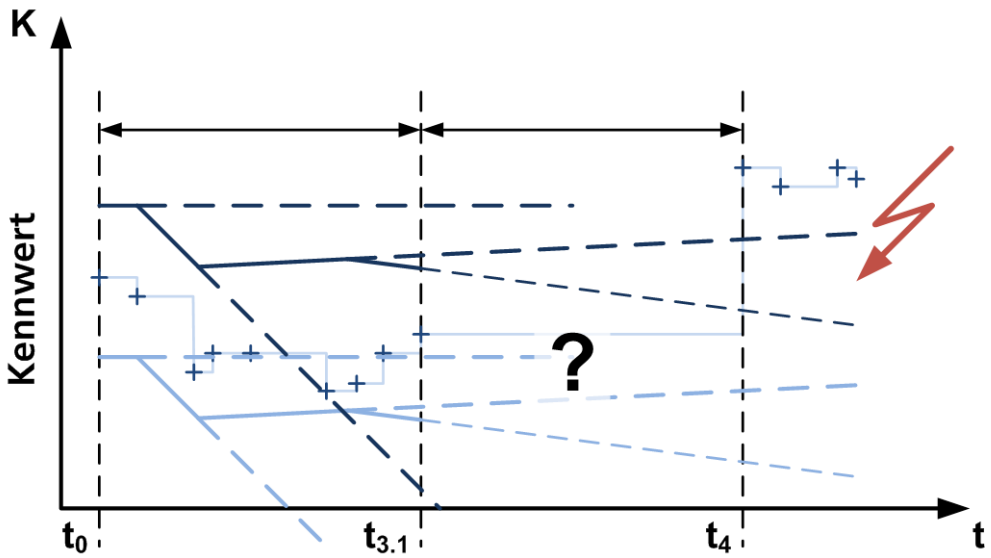
Messbasierte Verfahren

Berücksichtigung von Zustandsunterbrechungen I - Problemstellung



Messbasierte Verfahren

Berücksichtigung von Zustandsunterbrechungen II - Trendanalysen



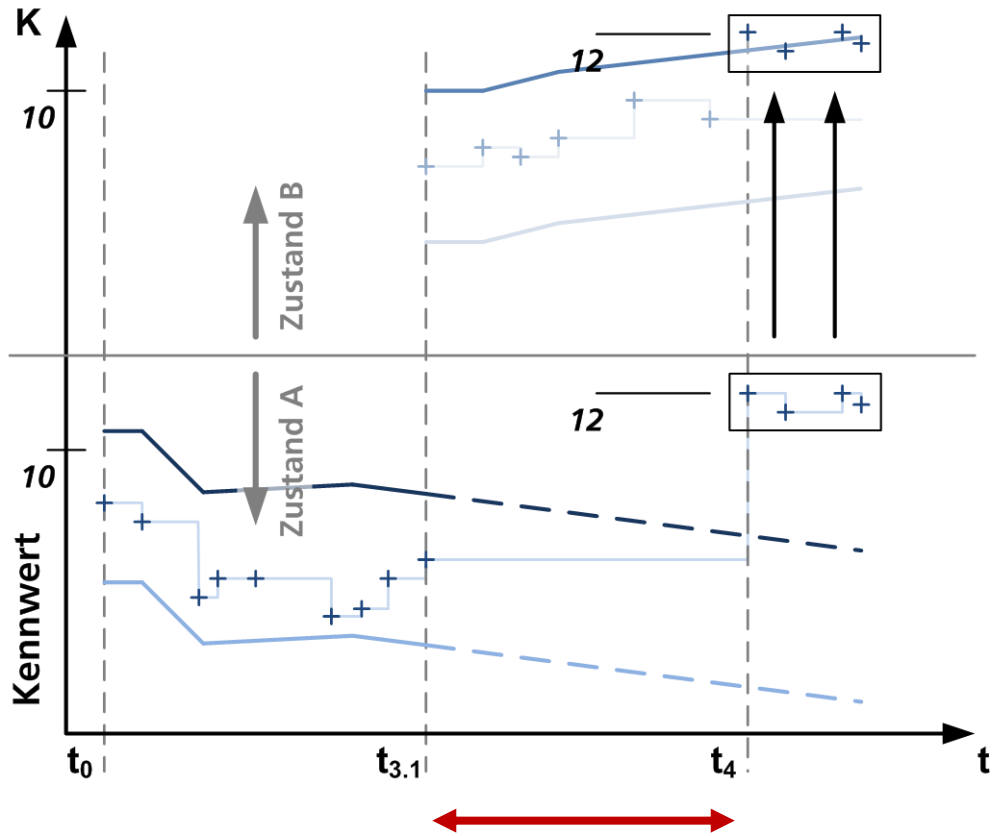
Prognose auf Basis vorhandener Trends

Fraunhofer IWU

Messbasierte Verfahren

Berücksichtigung von Zustandsunterbrechungen III – ähnliche Zustände

Zustand B ist „ähnlich“ Zustand A



Prognose auf Basis ähnlicher Zustände

© Fraunhofer IWU

VERFÜGBARKEITSSTEIGERUNG UND EIGENSCHAFTSABSICHERUNG

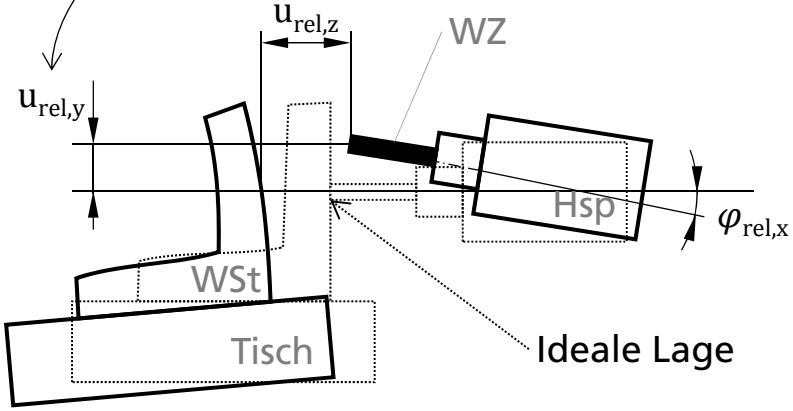
Agenda

1. Einordnung
2. Modellbasierte Verfahren
3. Messbasierte Verfahren
4. Exkurs: Lernbasierte Verfahren

© Fraunhofer IWU

4. Exkurs Lernbasierte Verfahren

Messung bei laufendem Betrieb -> Ableitung Arbeitsgenauigkeit



Relative Verlagerung

Maß-, Lage-, Formabweichungen, Oberflächenqualität des WSt

Direkte messtech. Erfassung während der Bearbeitung nicht möglich

Indirekte Ermittlung durch messtech. Erfassung des Systemzustandes

Arbeitsgenauigkeit

- Geometrisches V.
- Kinematisches V.
- Statisches V.
- Dynamisches V.
- Thermisches V.

$$u_{rel,stat} = \Sigma_I \, u_{i,rel}$$

Mehrstufiges Konzept

Stufe 1: Arbeitsgenauigkeit auf Basis der Messwerte darstellen

Stufe 2: Arbeitsgenauigkeit autonom bewerten u. Schwachstellen identifizieren

Stufe 3: autonom reagieren und Modelle updaten

© Fraunhofer IWU

Fraunhofer IWU

KOGNITIVE GROßBEARBEITUNGSZENTREN – VERFÜGBARKEITSSTEIGERUNG UND EIGENSCHAFTSABSICHERUNG

Fraunhofer IWU

Dipl.-Ing. Uwe Frieß
Gruppe Spanende Werkzeugmaschinen
Abteilung Werkzeugmaschinen
@: uwe.friess@iwu.fraunhofer.de
✆: +49 (0)371 53 97 1393

© Fraunhofer IWU