



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Faculty of Computer Science

Neue Ansätze für Predictive Maintenance

**Thomas Wagner
Jakob Krause**

2009-4-24

1. Einleitung

2. Einführung in die Thematik - Kontextsensitive Prognosen

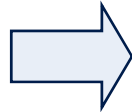
3. Anwendungsbeispiel – Filteranlage

4. Fazit

▪ Abnutzungsprozesse:

Beanspruchungen:

- biologisch
- chemisch
- physikalisch



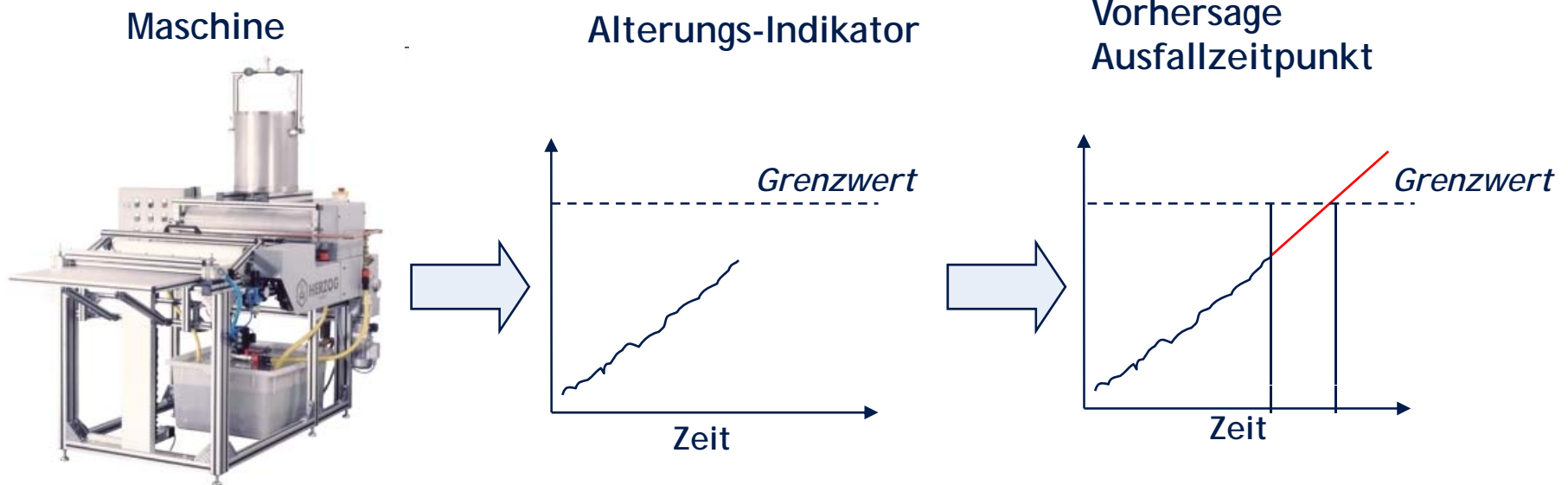
Wirkungen:

- Brüche
- Ermüdung
- Korrosion
- Verformung
- Verschleiß
- Verschmutzung
- usw.

▪ Folgen von Maschinenausfällen:

- Stillstandzeiten in der Produktion
- Überschreitung von Lieferfristen
- Entstehung von Kosten

▪ Predictive Maintenance - Konventionell



▪ Problem: Alterungsprozesse sind oft verhaltensvariant!

- **Beispiel für Verhaltensvariante Alterung**
 - Fräsen verschiedener Materialien



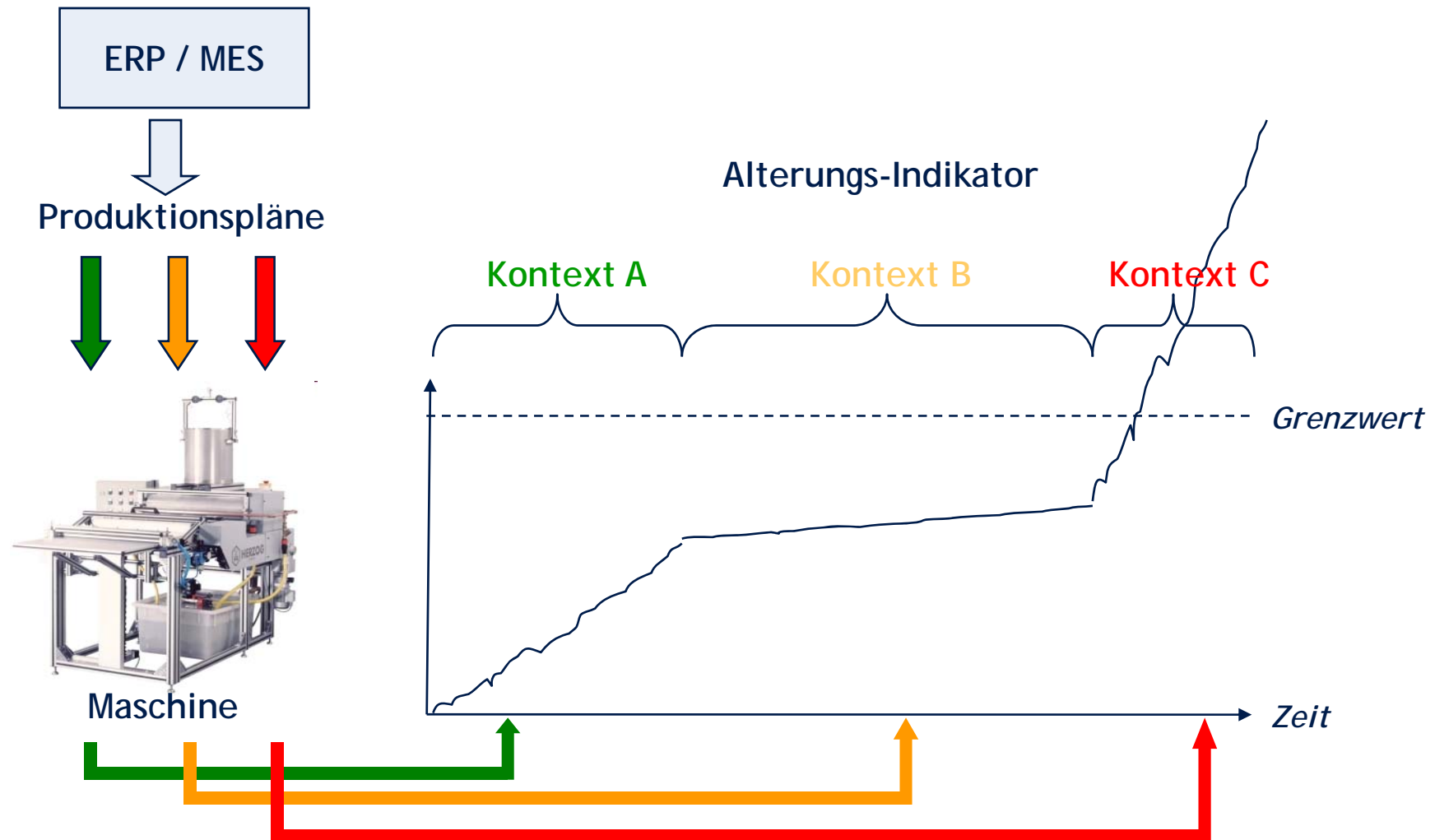
Verlauf des Verschleißes bei unterschiedlicher Härte der Werkstück-Materialien



- Je nach Härtegrad des Werkstücks altert (verschleißt) das Werkzeug unterschiedlich schnell

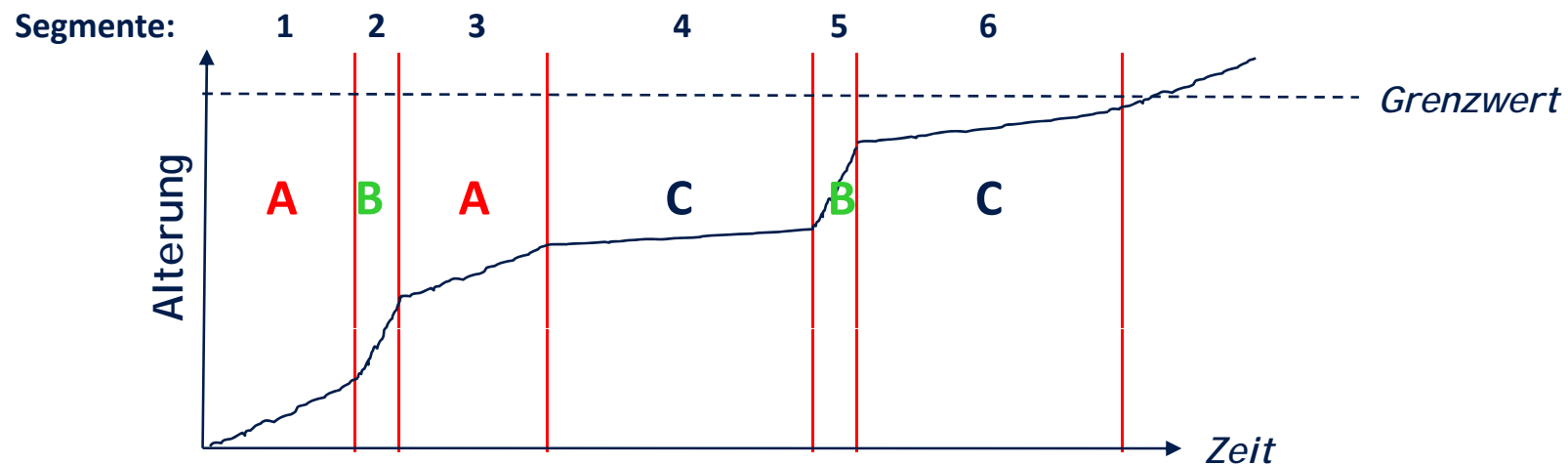
- **Das Alterungsverhalten von Maschinen hängt häufig von den Produktionsbedingungen ab (Kontexte)**
- **Beispiele für Kontexte:**
 - Produktionspläne
 - Materialeigenschaften der Werkstücke
 - Auslastung der Maschine
 - Reihenfolge der Produktionsschritte
 - ...
- **Das Einbeziehen der Kontexte führt zu besseren Vorhersagen der Maschinenalterung**

- Prinzipielles Vorgehen bei Kontextsensitiven Prognosen:



■ Identifizierung von Kontexten

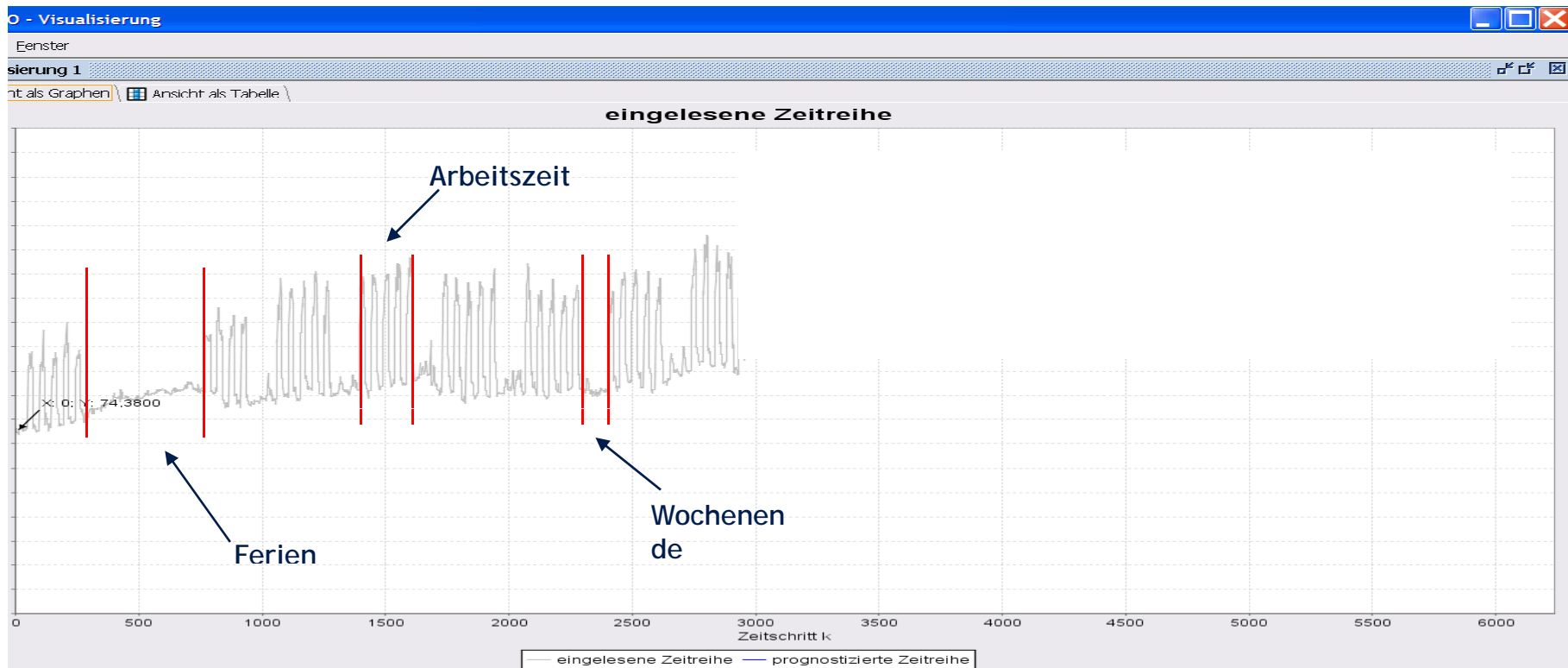
- Durch Experten mit Wissen über das Maschinenverhalten oder
- durch Analyse von Signaldaten der Maschine:
Untersuchungen mit entsprechenden Algorithmen wurden durchgeführt:
 - Segmentierung von Signalen
 - Zuordnung von Kontexten
 - Spezifizierung des Alterungsverhaltens unter Kontexteinflüssen



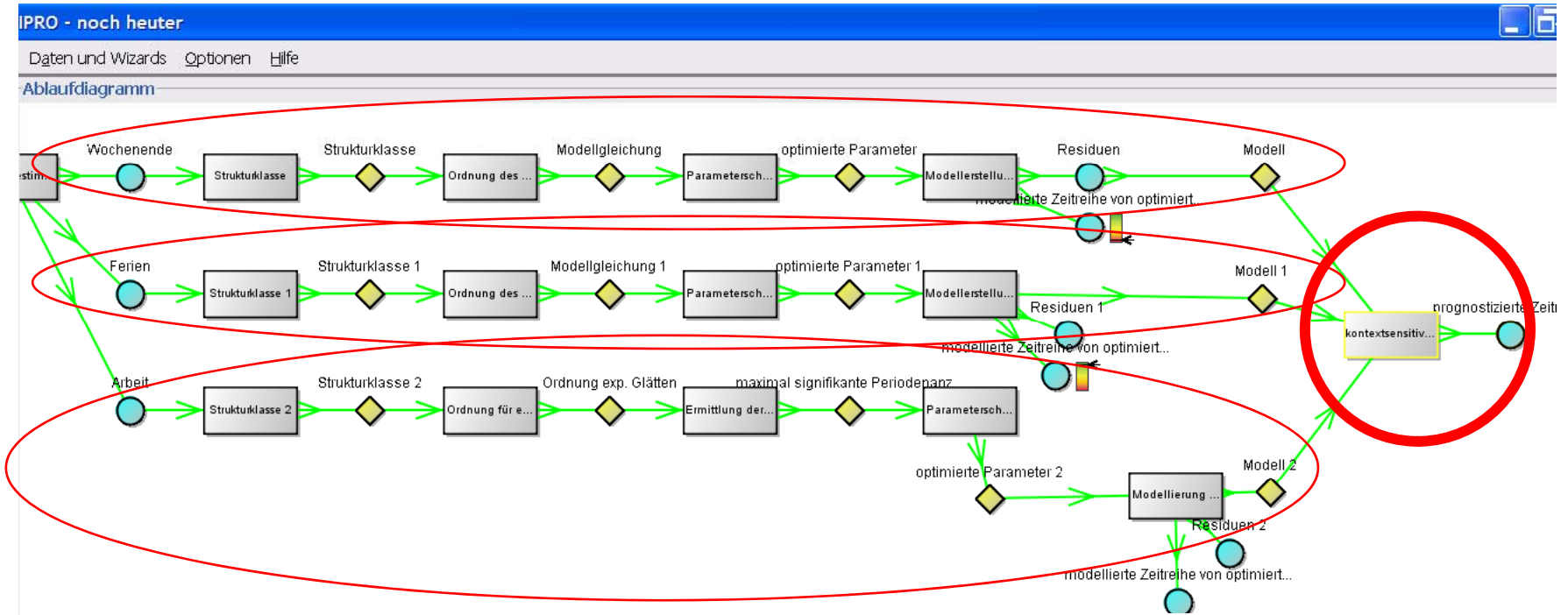
- **Anwendungsfall – Luftfilter (Air-Condition System der Fakultät Informatik)**
 - Alterungsprozess durch: Zusetzen (Verschmutzung) des Filters
 - Um gleichmäßigen Luftstrom zu gewährleisten muss Leistungsaufnahme des Motors angepasst werden → Alterungsindikator *Leistungsaufnahme*



- **Analyse der Datenbasis**
 - Indikatorwahl → Leistungsaufnahme
 - Identifizierung von Kontexten



Modellierung des jeweiligen Kontext-Verhaltens



Kontextsensitive Modellgleichung:

$$I(K, x) = \begin{cases} c_1(x) & \text{für } K = \text{"Wochenende"} \\ c_2(x) + c_3(x)^2 & \text{für } K = \text{"Ferien"} \\ s_k + t_k + i_{k-p+1} & \text{für } K = \text{"Arbeit"} \end{cases}$$

$$e_k = x_k - \hat{x}_{k-1}$$

$$s_k = s_{k-1} + t_{k-1} + \alpha \cdot e_k$$

$$t_k = t_{k-1} + \alpha \cdot \beta \cdot e_k$$

$$i_k = i_{k-p} + \gamma \cdot (1 - \alpha) \cdot e_k$$

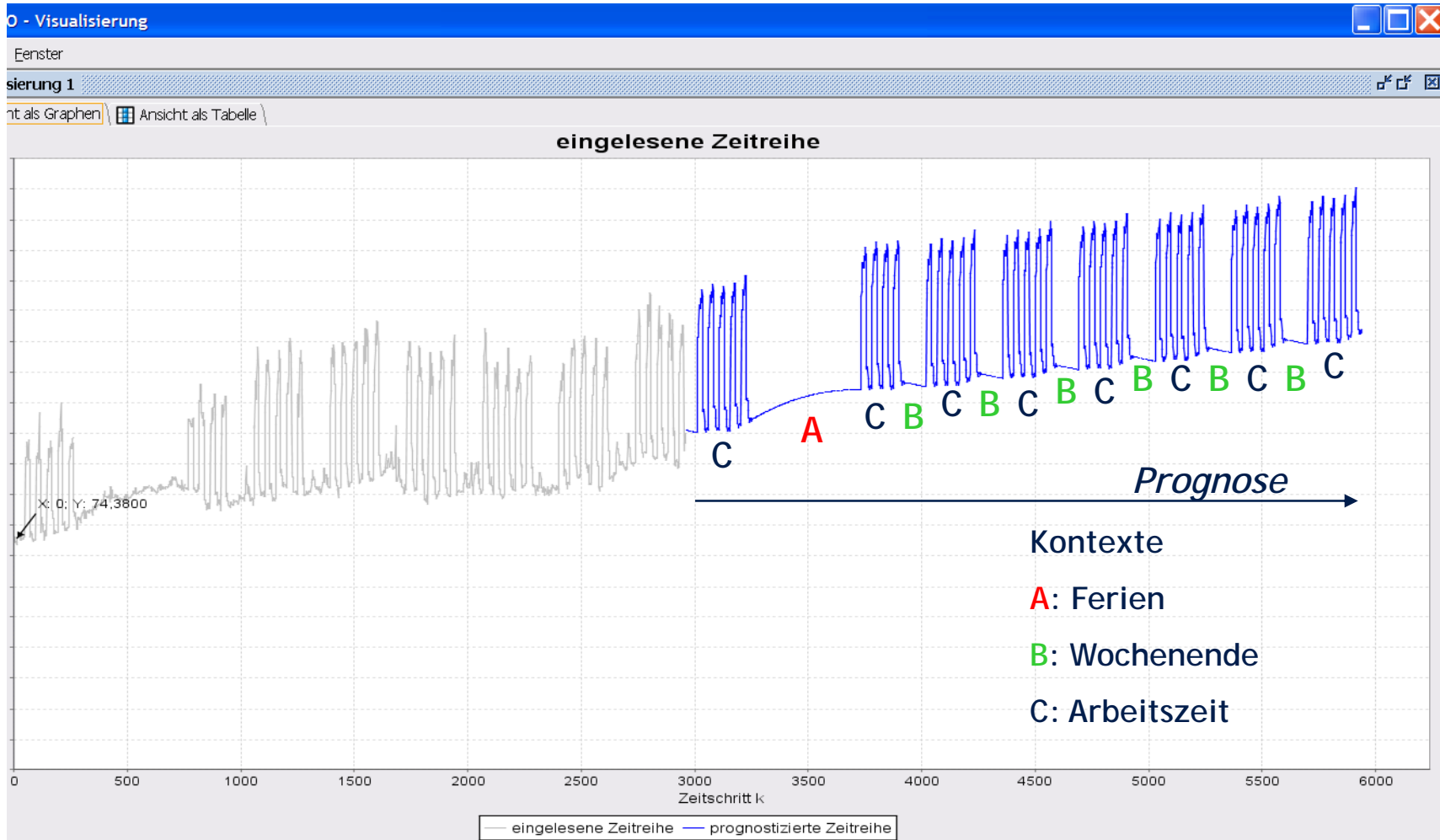
$$m_l = \sum_{i=(l-1) \cdot p + 1}^{l \cdot p} \frac{x_i}{p}$$

$$t_0 = \frac{m_N - m_0}{(N-1) \cdot p}$$

$$s_0 = x_0 - \frac{t_0 \cdot p}{2}$$

$$\hat{x}_0 = s_0 + t_0 + i_{1-p}$$

Erstellung einer Kontextsensitiven Prognose



- **Geeignetes Werkzeug zur Modellierung verhaltensvarianter Alterungsindikatoren**
- **Realitätsnahe Modellierung durch Einbeziehen von Kontext-Wechseln**
- **Potential zur Verringerung der Instandhaltungskosten**



Neue Ansätze für Predictive Maintenance

Vielen Dank!

Fragen...?

Thomas Wagner

Jakob Krause: jakob.krause@tu-dresden.de

2009-4-24