

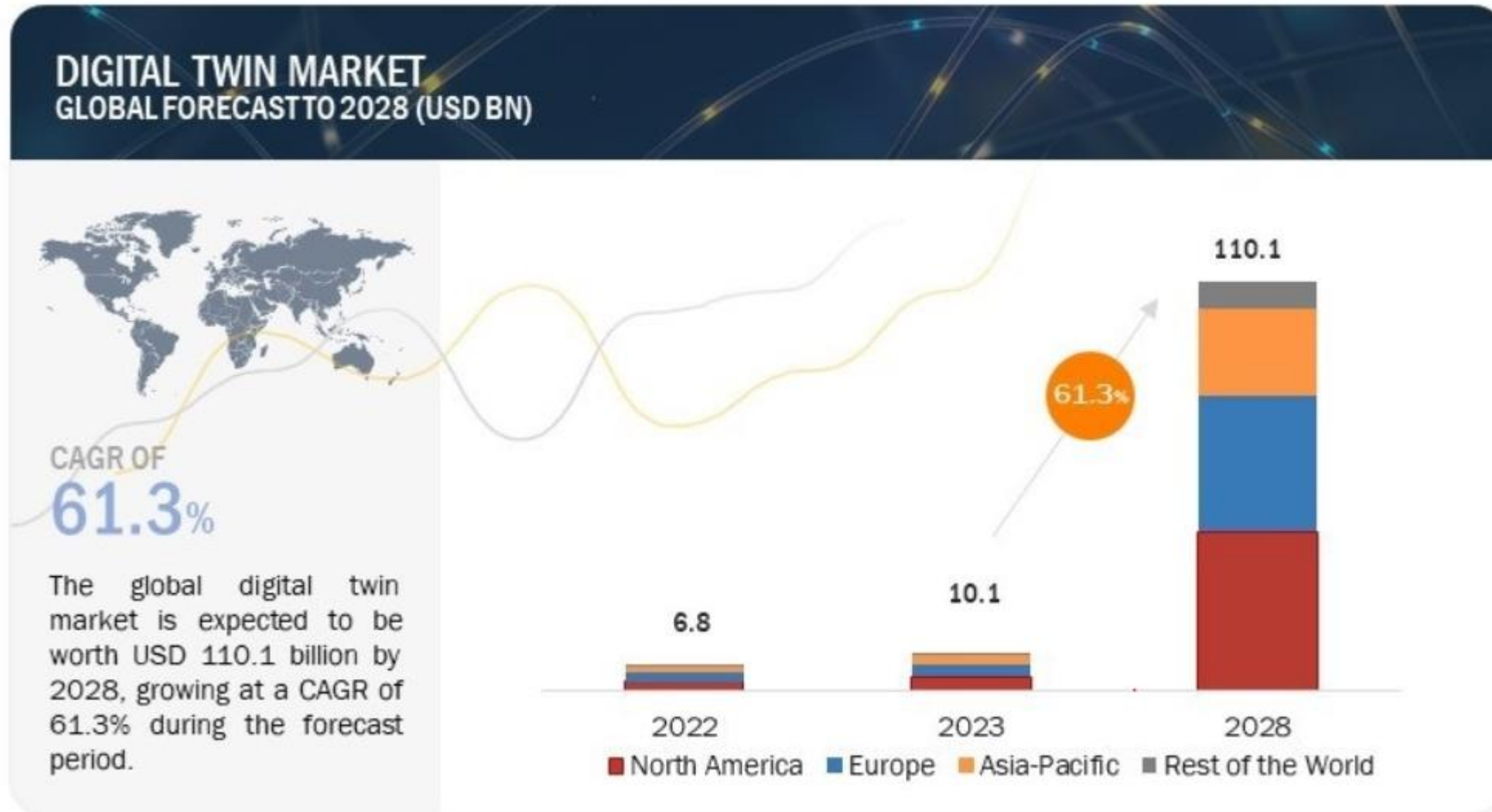
# **Digitale Zwillinge – Klassifikation, Beispiele, Trends**

**Michael Schreiner**

**RhySearch**

**Digital Innovation Lab**

[www.rhysearch.ch](http://www.rhysearch.ch)



(<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html>)

## Was ist ein digitaler Zwilling?

- In einer Studie von engineering.com (250 Ingenieure) findet man folgende Antworten:
  - A fully defined model, able to simulate the full behavior of a product (30%)
  - A model similar to a real product that receives data from sensors on the real product (17%)
  - A 3D model (12%)
  - A model of a manufacturing process that receives data from sensors of the real plant (6%)
  - Simulation of a manufacturing process (5%)
  - A moving model (2%)
  - An impossible ideal or marketing hype (1%)
  - I don't know (10%)

## Was ist ein digitaler Zwilling?

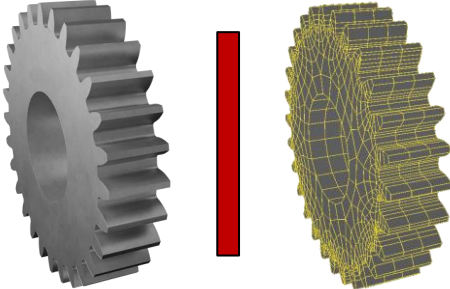
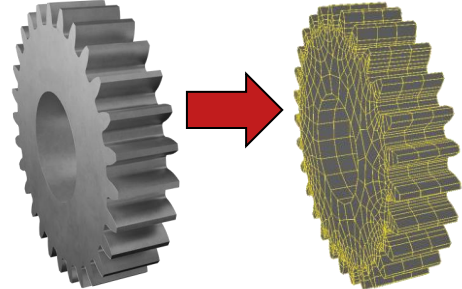
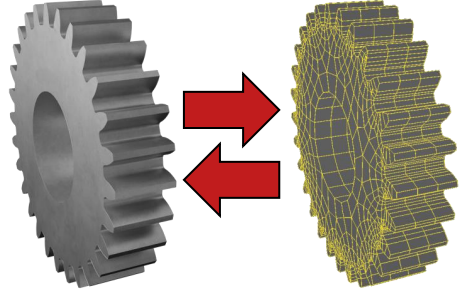






### ■ Definition der Gesellschaft für Informatik (Informatik-Lexikon)

Ein digitaler Zwilling (engl. digital twin) ist eine **digitale Repräsentanz** eines materiellen oder immateriellen **Objekts aus der realen Welt** in der digitalen Welt. **Es ist unerheblich, ob das Gegenstück in der realen Welt bereits existiert oder zukünftig erst existieren wird.** Digitale Zwillinge ermöglichen einen übergreifenden Datenaustausch. Sie sind mehr als reine Daten und bestehen aus Modellen des repräsentierten Objekts und können daneben **Simulationen, Algorithmen** und Services enthalten, die Eigenschaften oder Verhalten des repräsentierten Objekts beschreiben, beeinflussen, oder Dienste darüber anbieten.

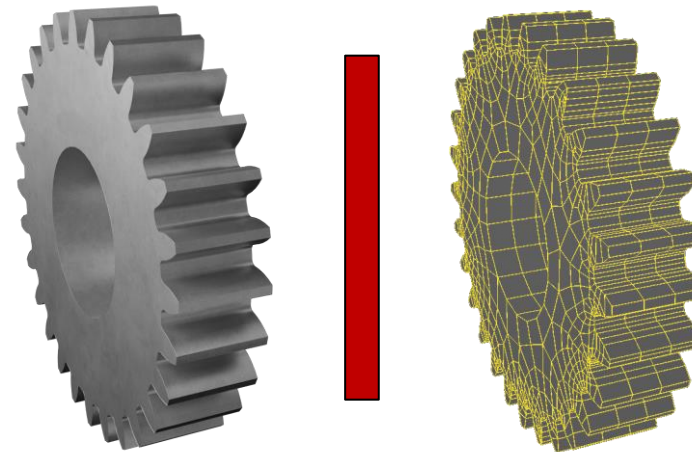
### ■ Definition von Industrie 2025:

Ein Digitaler Zwilling (engl. «digital twin»), ist ein digitales oder virtuelles Abbild von Anlagen, Prozessen, Produkten oder Dienstleistungen unserer physischen Welt. Er verwendet reale Daten. Physischer Gegenstand und virtuelle Repräsentanz **sind miteinander verbunden und synchronisiert** und können sich gegenseitig in **Echtzeit** beeinflussen.

# Klassifikation Digitaler Zwillinge

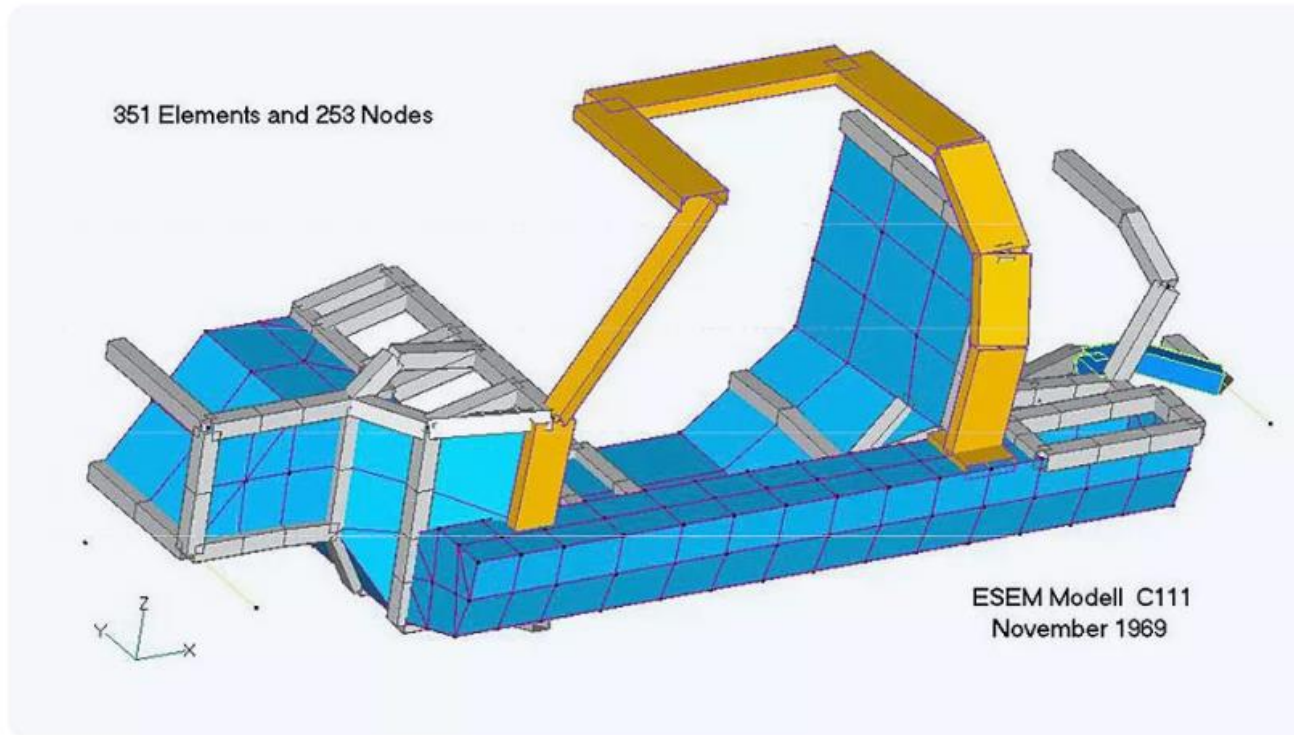
		Kommunikation		
				
Geschwindigkeit	Echtzeit			
	langsam			

# Ohne Kommunikation

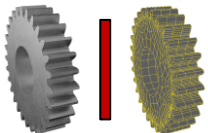
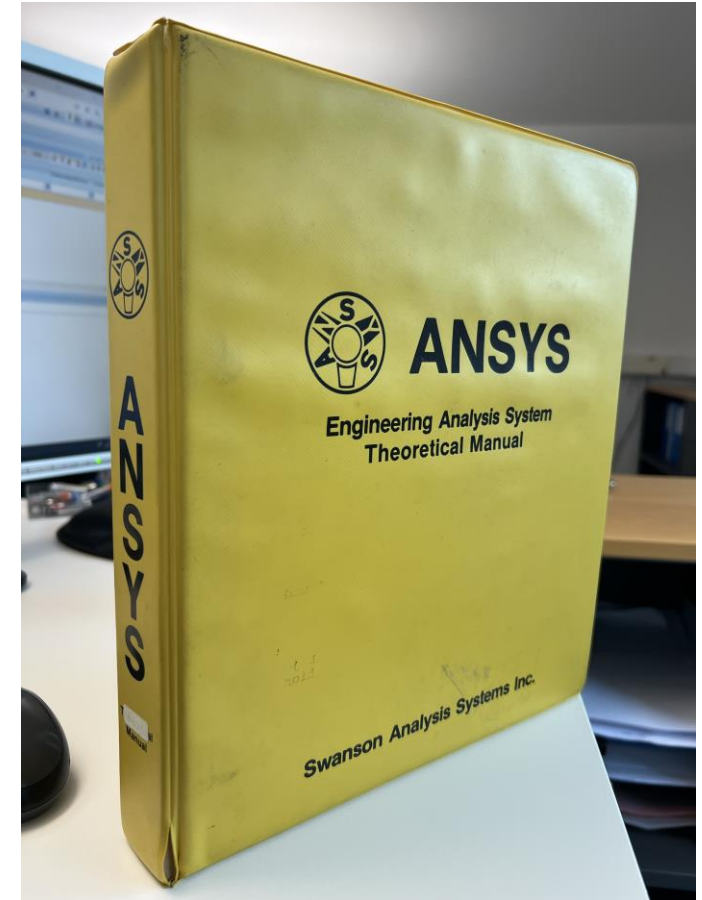


# Ohne Kommunikation, langsam

- Typische Simulationsaufgaben zur Analyse und Optimierung von Prozessen und Produkten

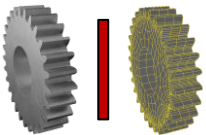


ESEM Modell C 111 mit 351 Elementen und 253 Knoten (Bild: Prof. Dipl.-Ing. Prof. Peter J.M. Groth)



## Ohne Kommunikation, in Echtzeit

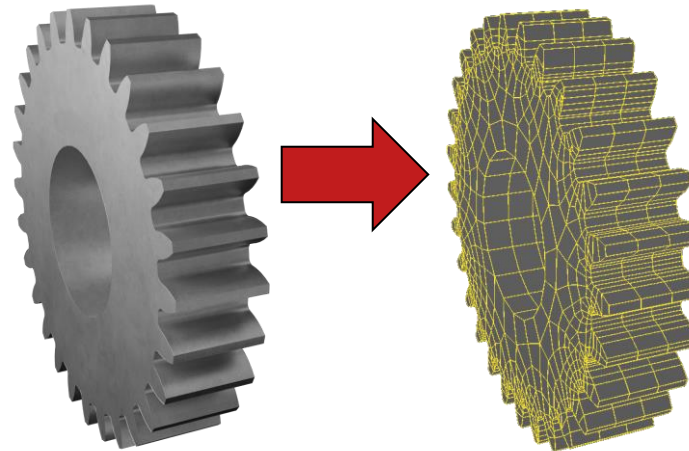
- Digitale Zwilling zur Interaktion mit Menschen. Ausbildung und Schulung.
- Digitaler Zwilling einer Schleifmaschine von Reishauer





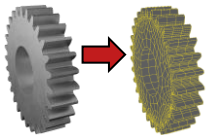
# Einseitige Kommunikation

- Inverse Probleme
- Virtuelle Sensoren
- Predictive Maintenance



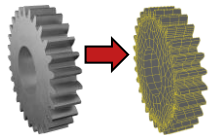
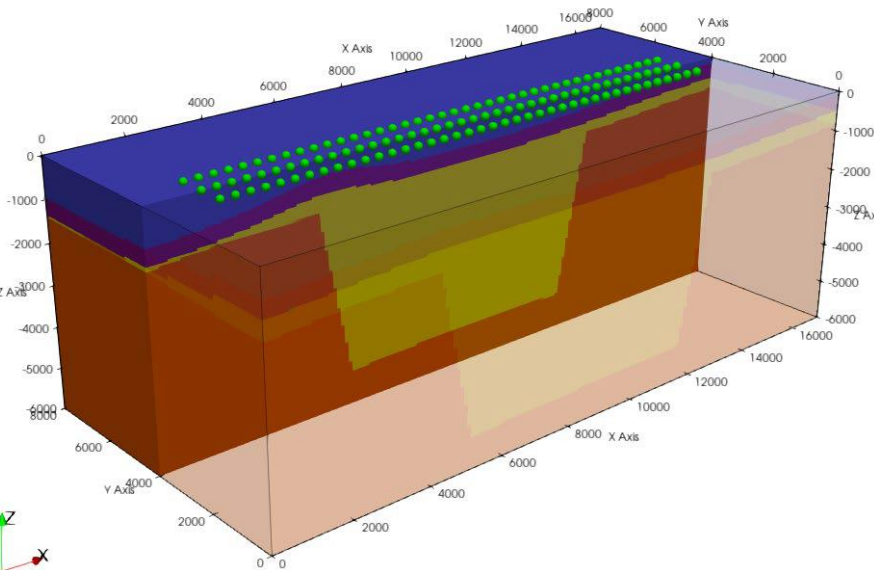
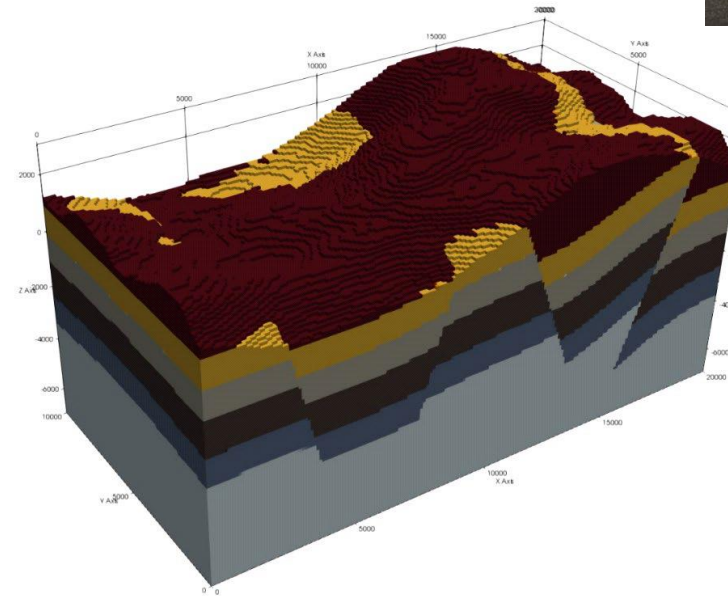
# Inverse Probleme

- Ultraschalluntersuchung (Echtzeit)



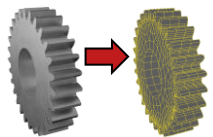
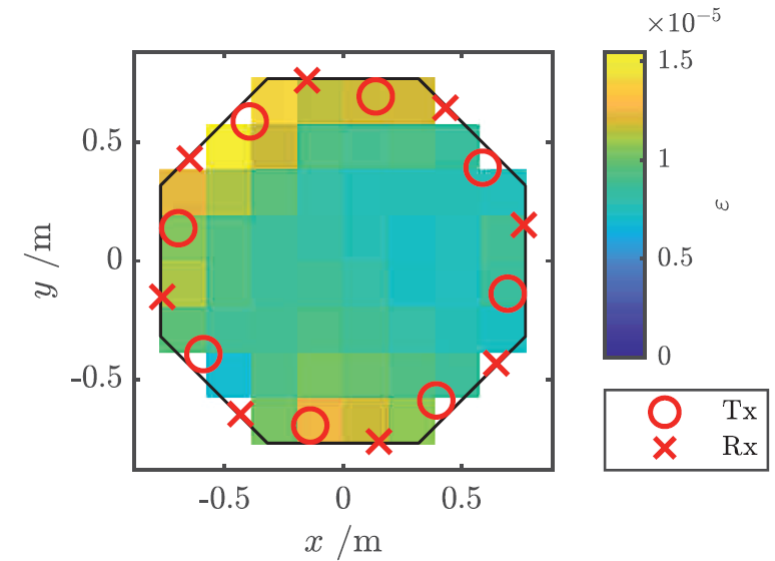
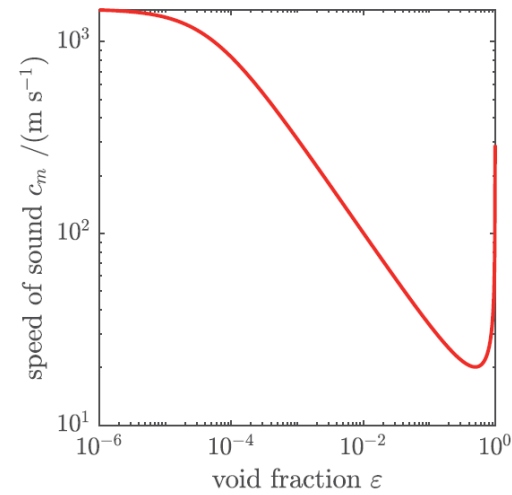
# Inverse Probleme

- Ultraschalluntersuchung (Echtzeit)
- Seismik (langsam)



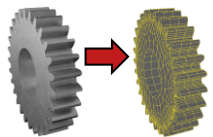
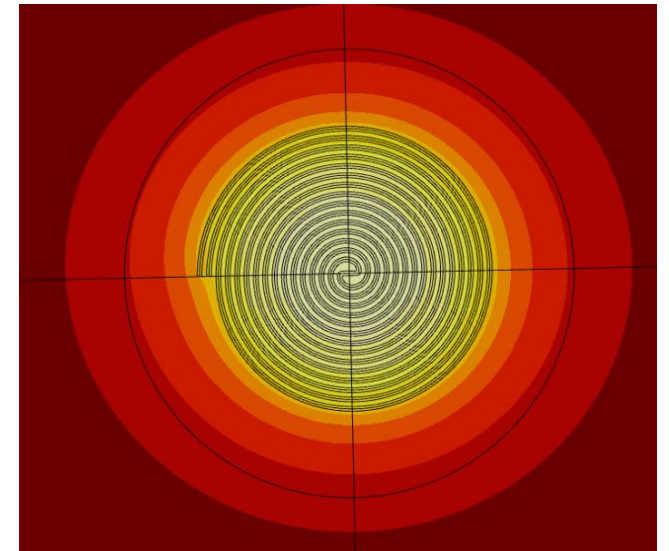
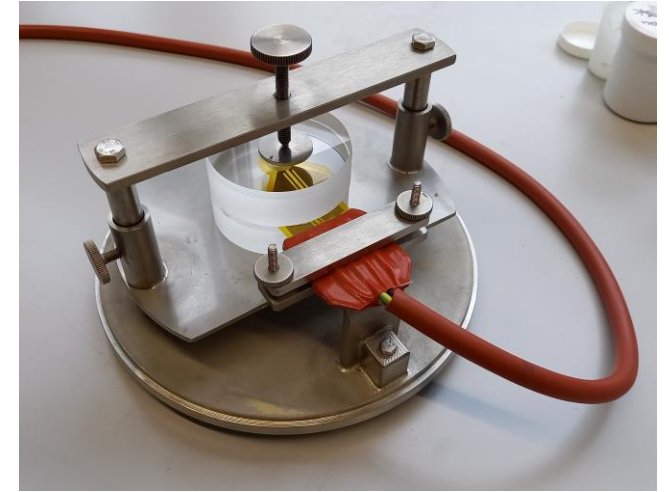
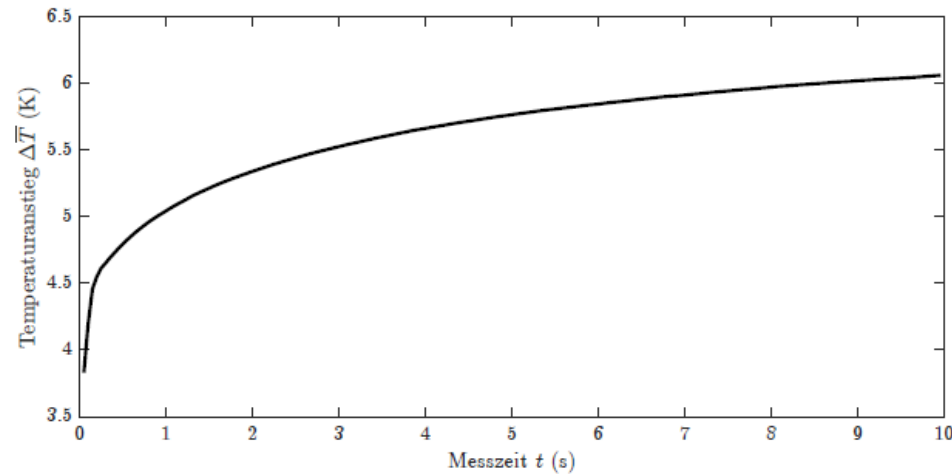
# Inverse Probleme

- Ultraschallmethode zur Messung der Menge von gelösten Gasen (Elfering, Dissertation, TU Wuppertal)



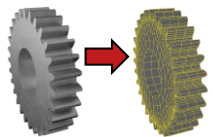
# Virtuelle Sensoren

- Hot-Disk. Gemessen wird die Erwärmung am Sensor
- Resultate sind Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität der Probe
- Mit digitalem Zwilling kann man viel mehr messen (Anisotropie)

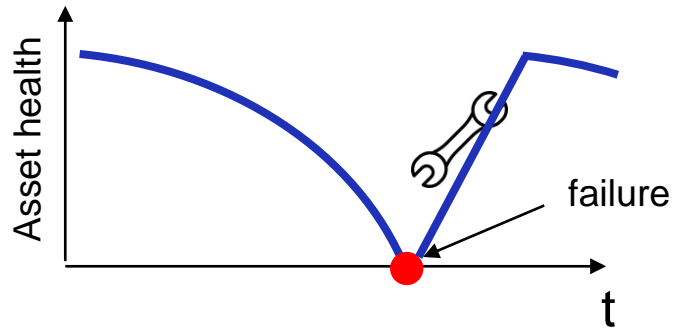


Zurück zur Studie von Markets and Markets ...

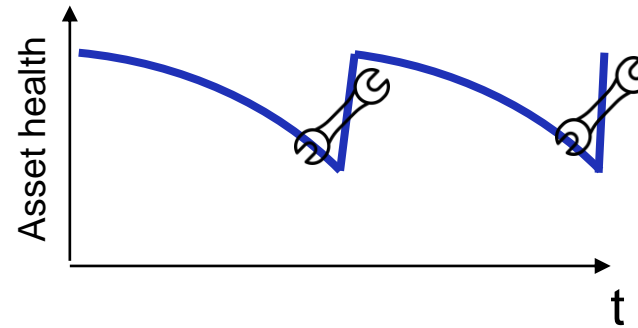
Predictive Maintenance application is  
expected to hold the largest market  
share in 2023



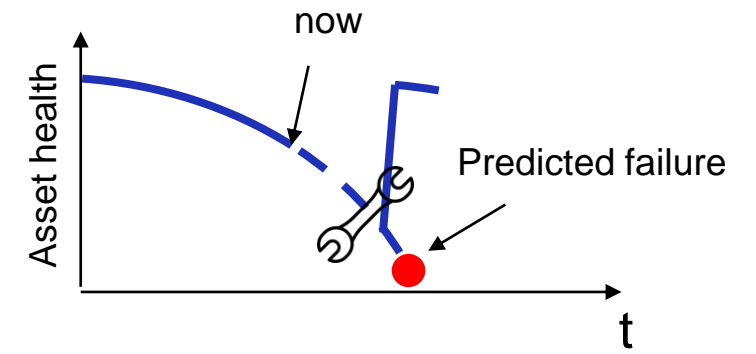
## Reactive Maintenance



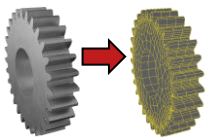
## Preventive Maintenance



## Predictive Maintenance



- Wie kann ein digitaler Zwilling den Zeitpunkt des Ausfalls mit einer hinreichenden Genauigkeit vorhersagen?



# Digitaler Zwilling für Predictive Maintenance ist schwierig

- Fehler und Ausfälle in die **Simulation** einbauen. ... sehr schwierig ....
- Also mit Daten. Sammeln von **Daten** schwierig, da Ausfall-Ereignisse typischerweise sehr selten vorkommen.
- Für eine Risikobewertung ist eine gute **Statistik** notwendig.

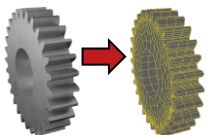
Wir benötigen:

$WS(\text{Ausfall in den nächsten Tagen} \mid \text{Systemstatus})$

Wir messen für das Modell:

$WS(\text{Systemstatus} \mid \text{Ausfall in den nächsten Tagen})$

-> Satz von Bayes

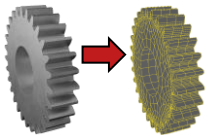




## Was sagt marketsandmarkets.com?

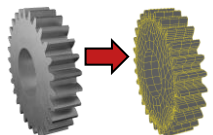
Predictive Maintenance application is expected to hold the largest market share in 2023

- Wie kann es sein, dass das Wachstum im Bereich Predictive Maintenance so hoch ist, obwohl die Umsetzung so schwierig ist?



## Wer ist am Markt für digitale Zwillinge?

- Ansys
- Autodesk
- AVEVA
- Bentley Systems
- Comsol
- Dassault Systems
- General Electric
- Hexagon
- IBM
- Mathworks
- Microsoft
- Oracle
- PTC
- Rockwell Automation
- SAP
- Siemens
- ...

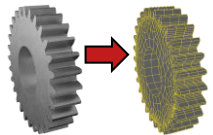
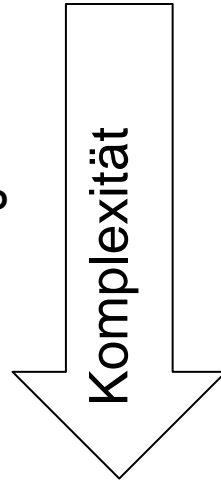


## Aus welchen Branchen kommen sie?

- CAD/Simulation
- Datenbanken
- IoT
- (Industrielle) Automatisierung
- Cloud

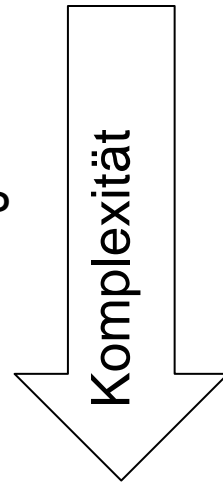
# Predictive Maintenance Technologies bei SAP

- IOT
- Cloud connectivity
- Modern database and ERP
- AI and machine learning
- Advanced analytics
- Digital twins

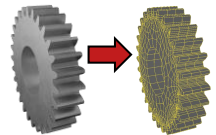
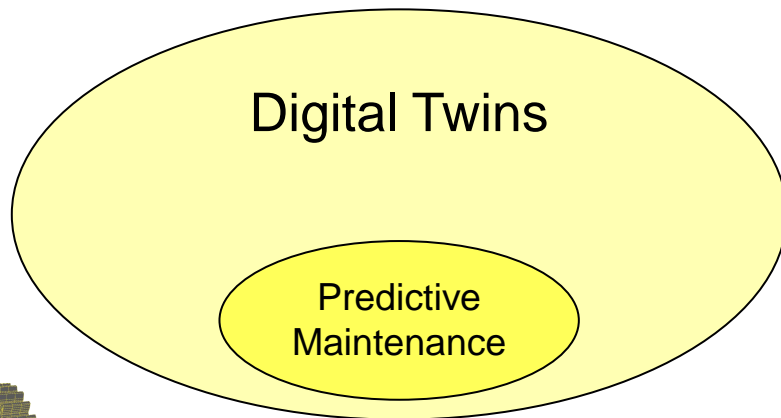


# Predictive Maintenance Technologies bei SAP

- IOT
- Cloud connectivity
- Modern database and ERP
- AI and machine learning
- Advanced analytics
- Digital twins

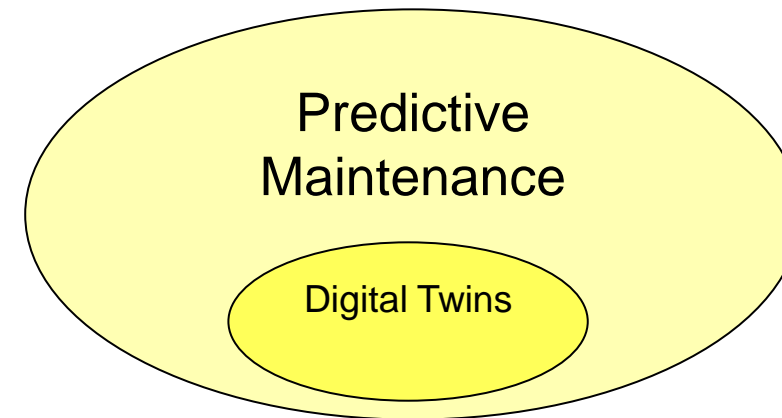


## Markets and Markets



Digitale Zwillinge

## SAP

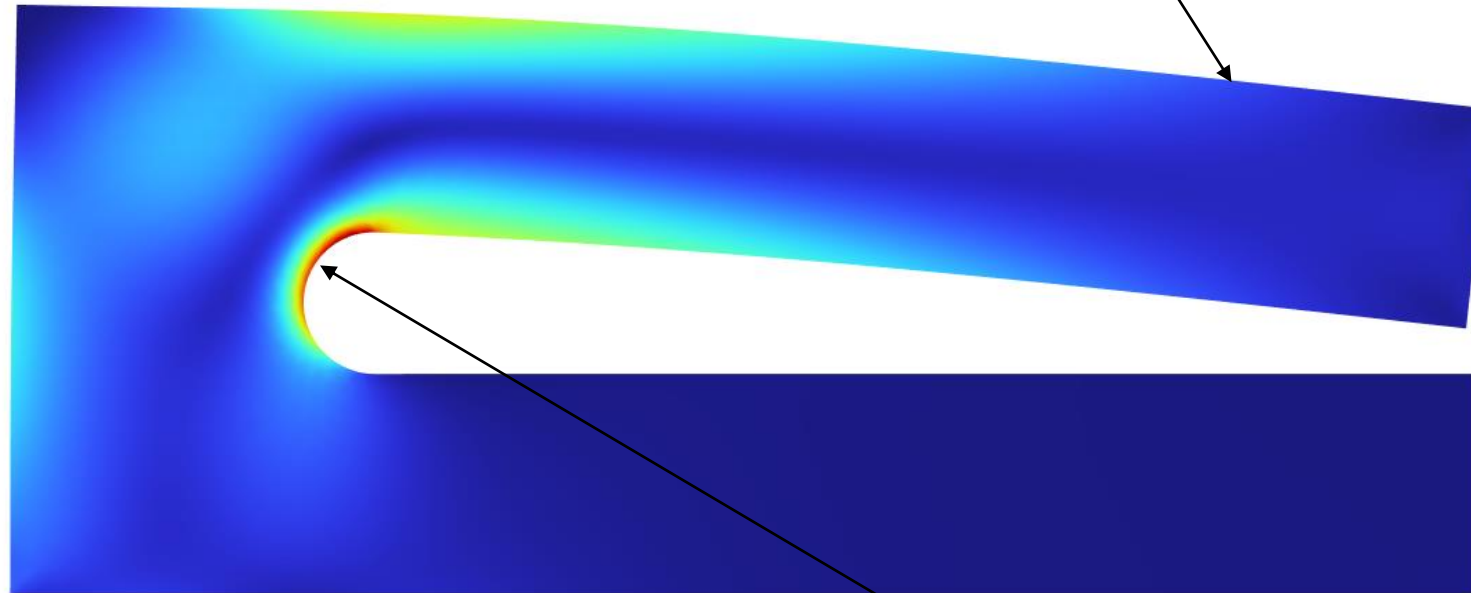


Michael.Schreiner@rhysearch.ch

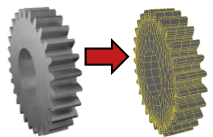
# Predictive Maintenance - Lebensdauer

- Messen der Dehnung
- Schätzen der Spannungen an anderer Stelle, z.B. mit (reduziertem) FE-Modell
- Lebensdauer-Schätzung durch Wöhlerlinie ...

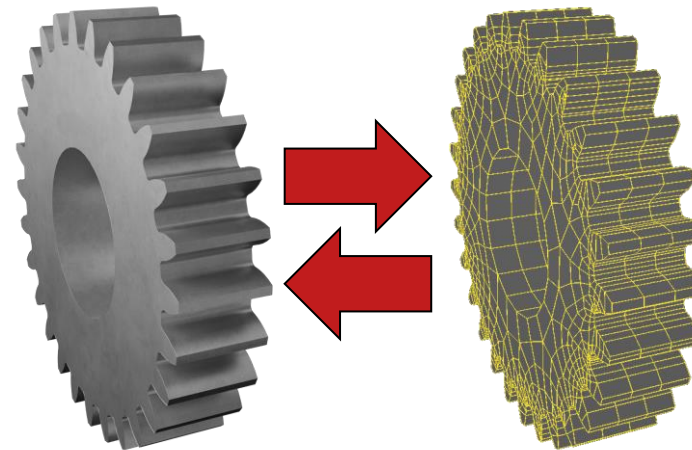
Messung der Dehnung



Berechnung der Spannungen

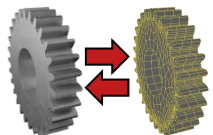


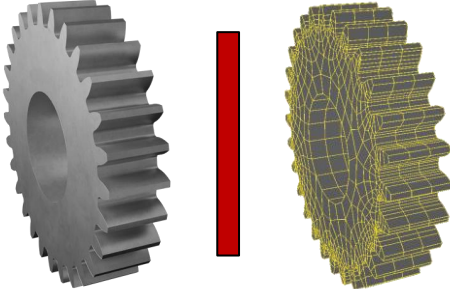
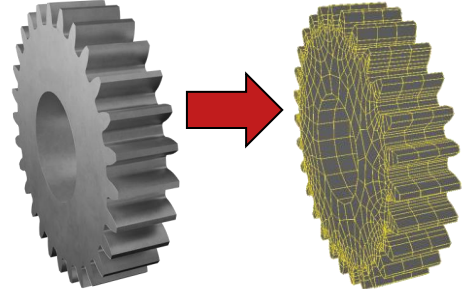
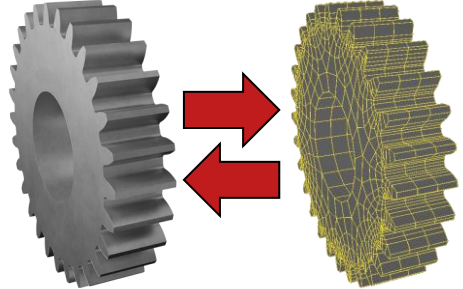






# Zweiseitige Kommunikation



# Digitaler Zwilling für Ultrapräzisionsfertigung

- Idee: Simuliere das thermische Verhalten der Maschine in einem digitalen Zwilling
- Wenige thermische Sensoren helfen bei der Kalibrierung im Laufe der Zeit
- Kompensiere thermische Dehnungen der Maschine
- Schnelle Berechnungen im digitalen Zwilling durch
  - Modellreduktion
  - Einsatz von Neuronalen Netzen



		Kommunikation		
				
Geschwindigkeit	Echtzeit			
	langsam			





AVEVA

Branchen

Angebote

## Der Digitale Zwilling des Unternehmens: Die Geldmaschine

Ein Digitaler Zwilling des Unternehmens verbessert die  
Ergebnisse auf der übergeordneten geschäftlichen Ebene.  
[Gartner nennt es "Digitaler Zwilling der Organisation"]

[Erfahren Sie mehr](#)