

Digitale Zwillinge – Klassifikation, Beispiele, Trends

Michael Schreiner

RhySearch

Digital Innovation Lab

www.rhysearch.ch

Was wir tun

Grundlagenforschung

angewandte F+E

Skalierung

Markterfolg

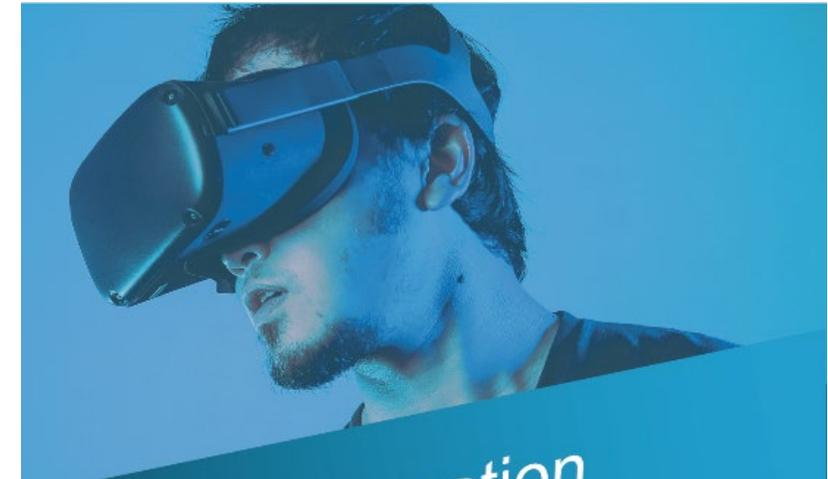
RhySearch: Innovative Projekte



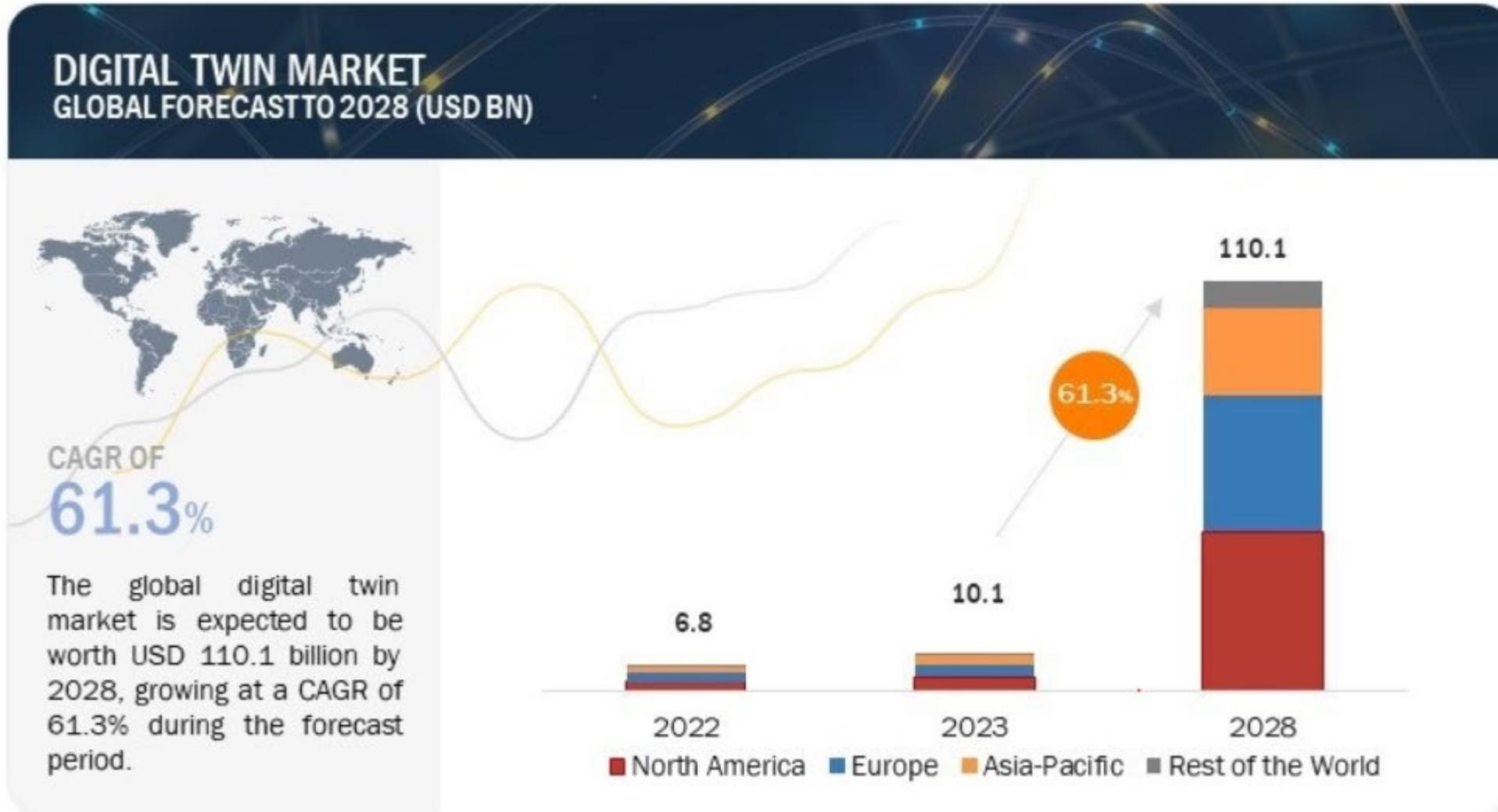
Optical Coating and
Characterization Lab



Ultra-Precision
Manufacturing Lab



Digital Innovation
Lab



(<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?

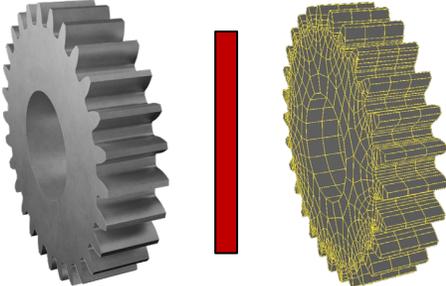
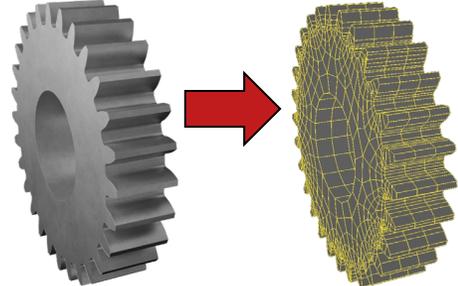
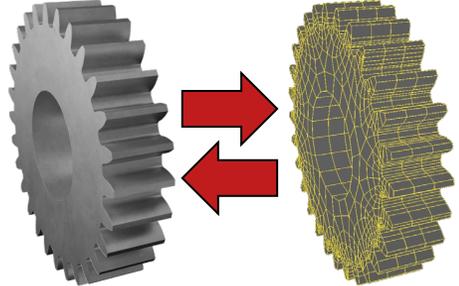
- Definition der Gesellschaft für Informatik (Informatik-Lexikon)

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.

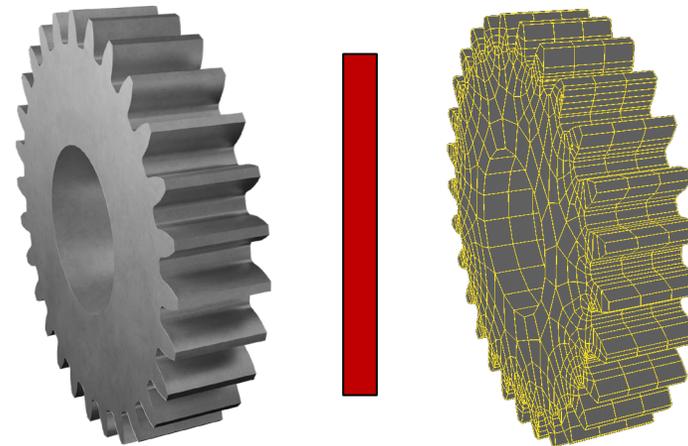
- Definition von Industrie 2025 (Next Industries, SwissMem):

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

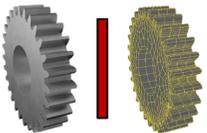
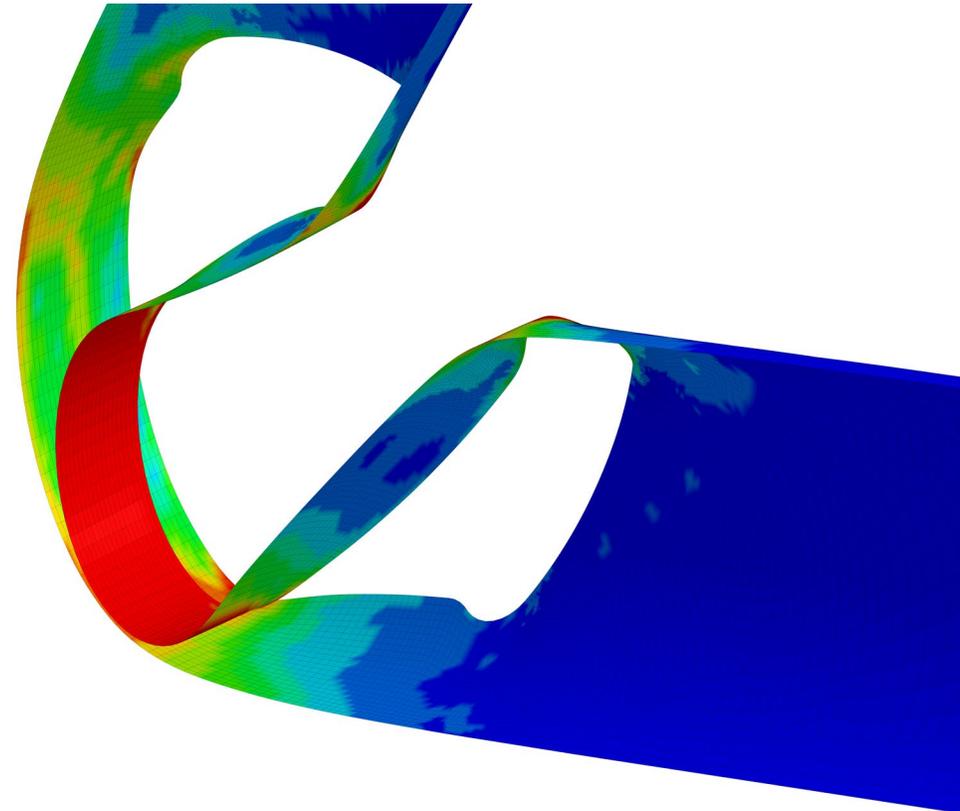
		Kommunikation		
				
Geschwindigkeit	Echtzeit			
	langsam			

Ohne Kommunikation



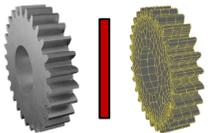
Ohne Kommunikation, langsam

- Typische Simulationsaufgaben zur Analyse und Optimierung von Prozessen und Produkten
- Beispiel Antenne von JUICE (Start 04/2023, Ankunft Jupiter: 07/2031), OST



Ohne Kommunikation, in Echtzeit

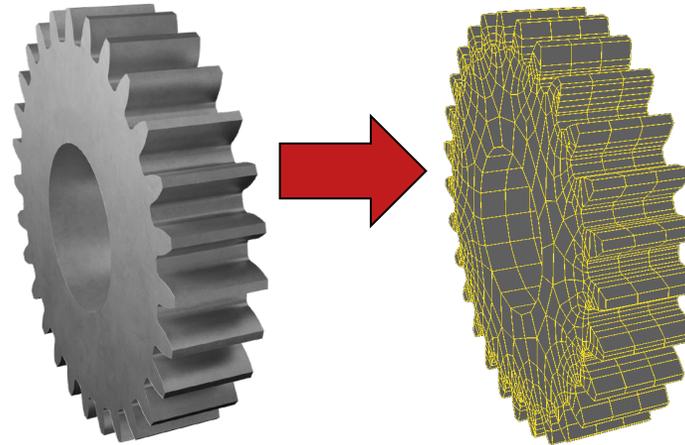
- Digitale Zwilling zur Interaktion mit Menschen. Ausbildung und Schulung.
- Digitaler Zwilling einer Schleifmaschine von Reishauer



Einseitige Kommunikation

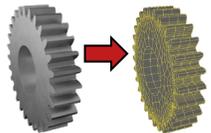
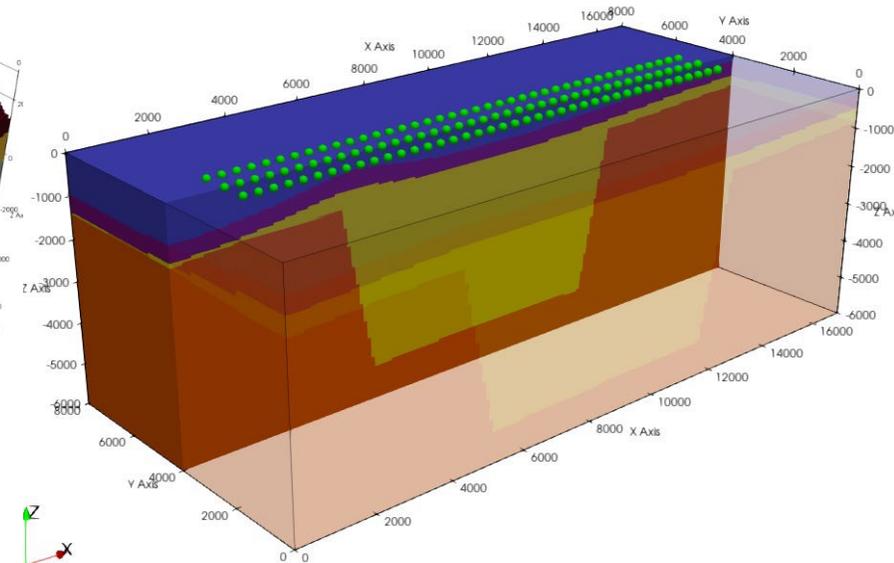
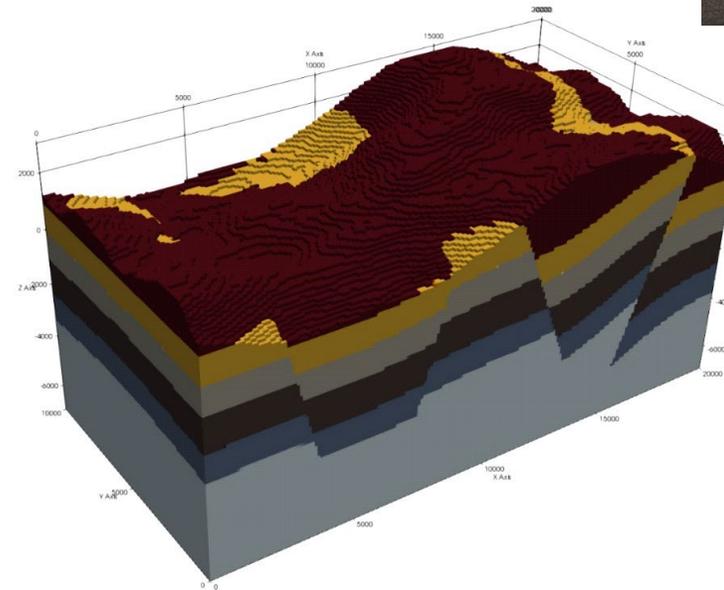
(Digital Shadow)

- Inverse Probleme
- Virtuelle Sensoren
- Predictive Maintenance



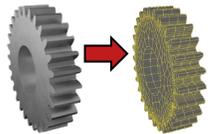
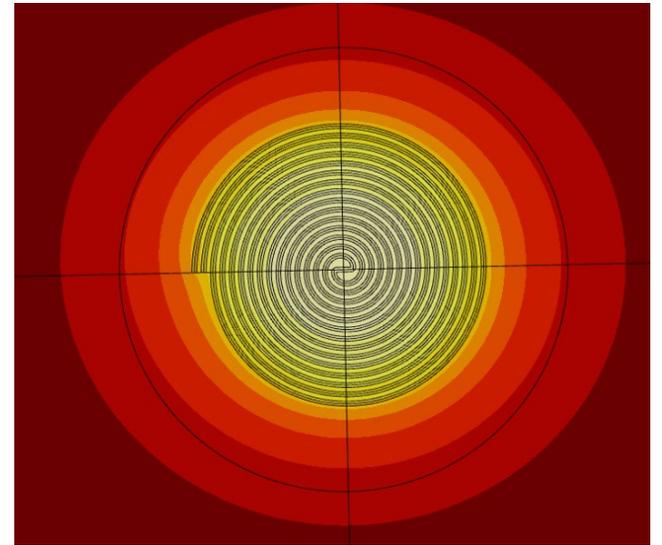
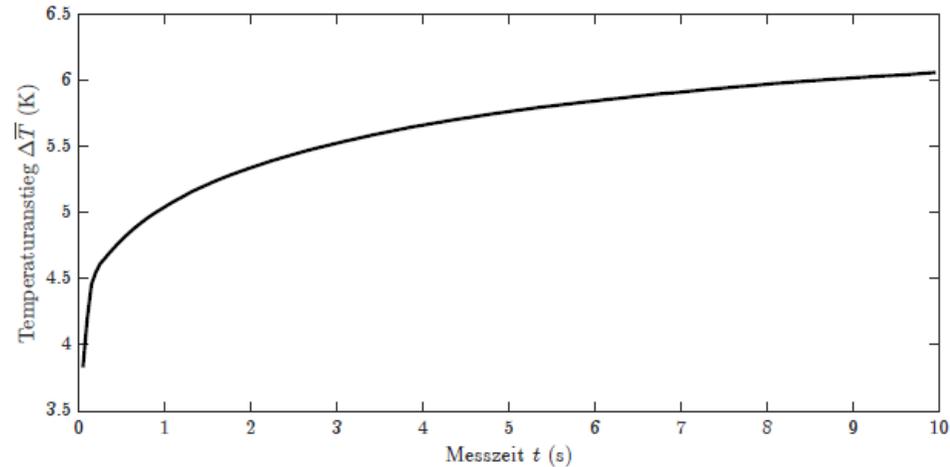
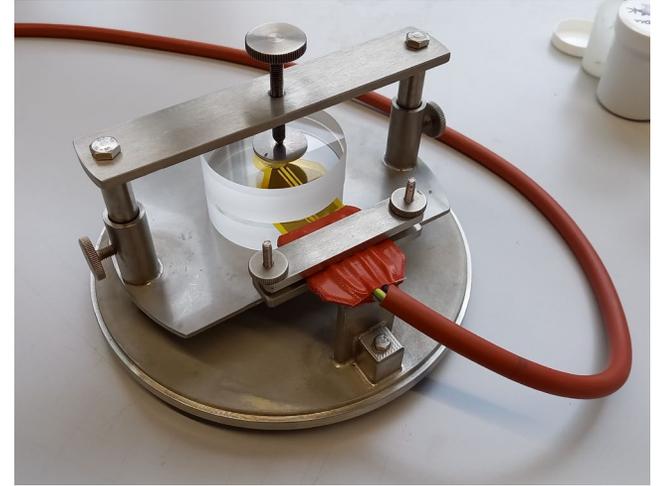
Inverse Probleme

- Ultraschalluntersuchung (Echtzeit)
- Seismik (langsam)



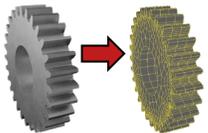
Virtuelle Sensoren

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



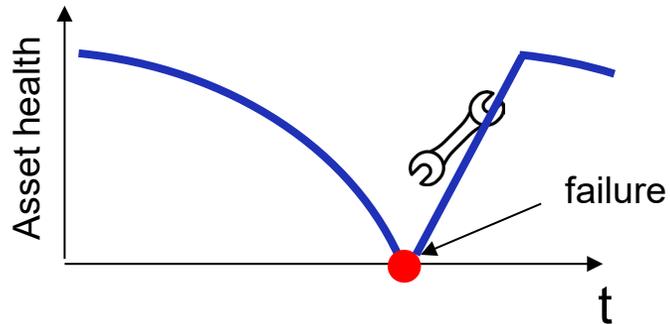
Zurück zur Studie von Markets and Markets ...

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

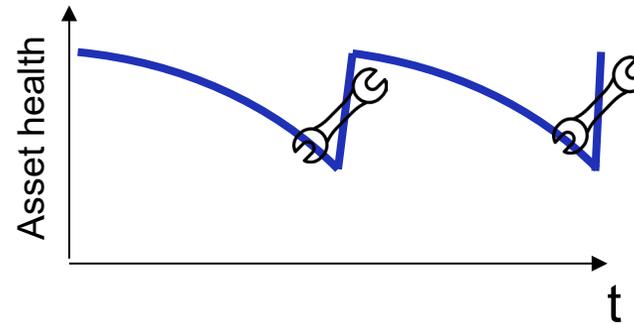


Predictive Maintenance

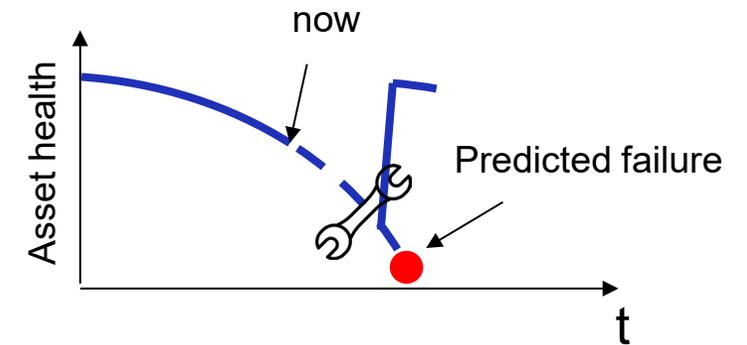
Reactive Maintenance



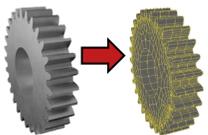
Preventive Maintenance



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.

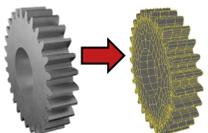
Wir benötigen:

WS(Ausfall in den nächsten Tagen | Systemstatus)

Wir messen für das Modell:

WS(Systemstatus | Ausfall in den nächsten Tagen)

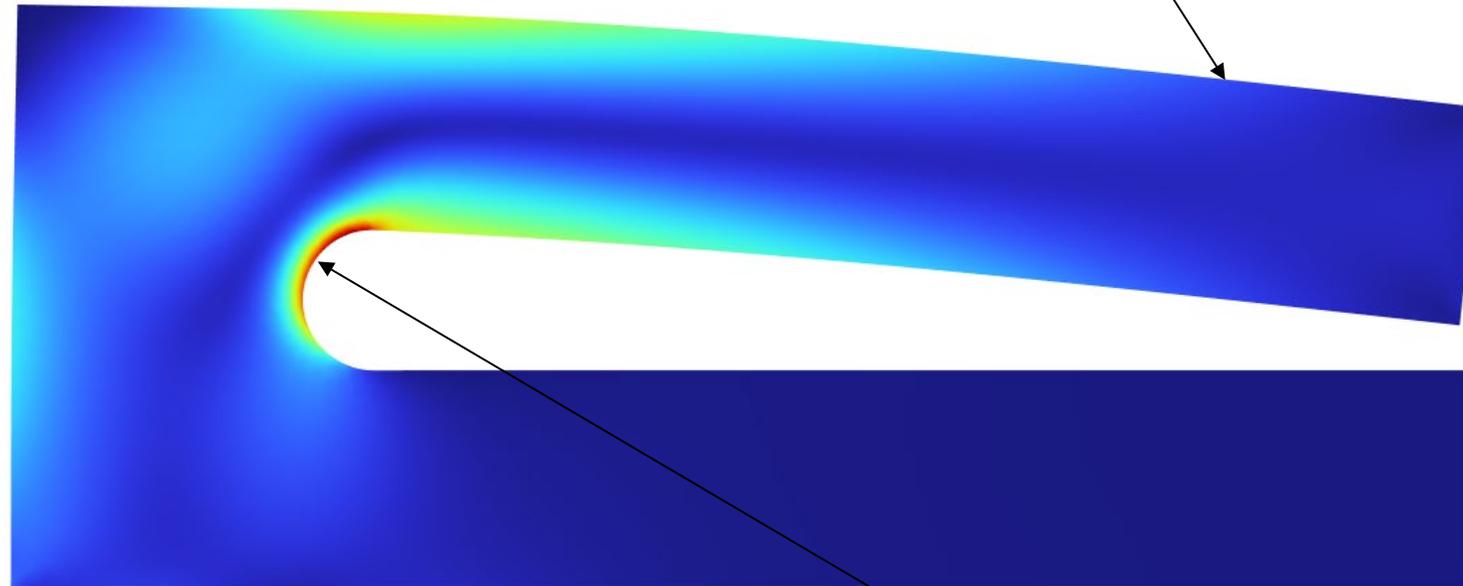
-> Satz von Bayes



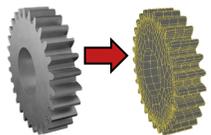
Predictive Maintenance - Lebensdauer

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

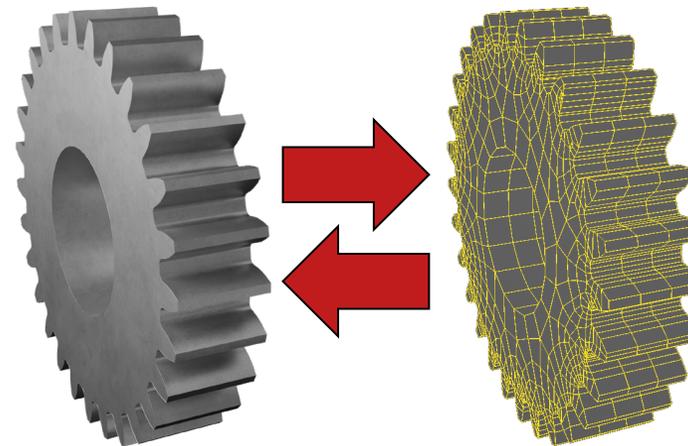
Messung der Dehnung



Berechnung der Spannungen

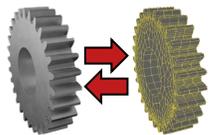
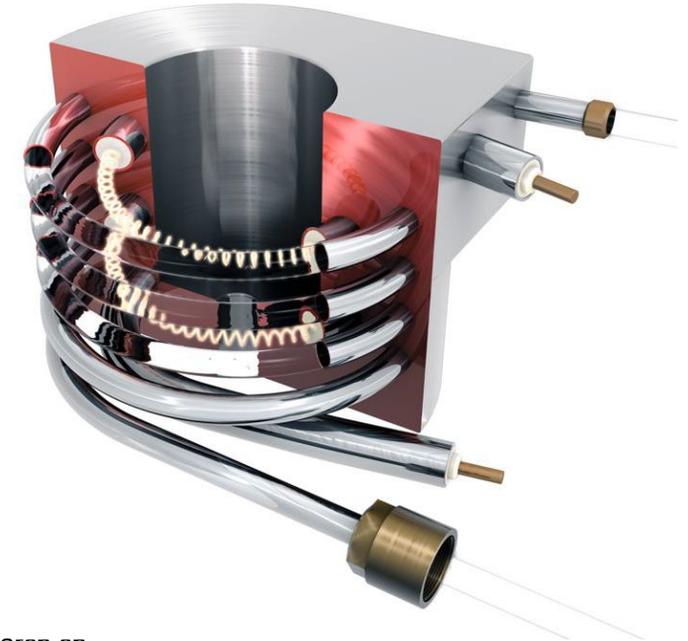
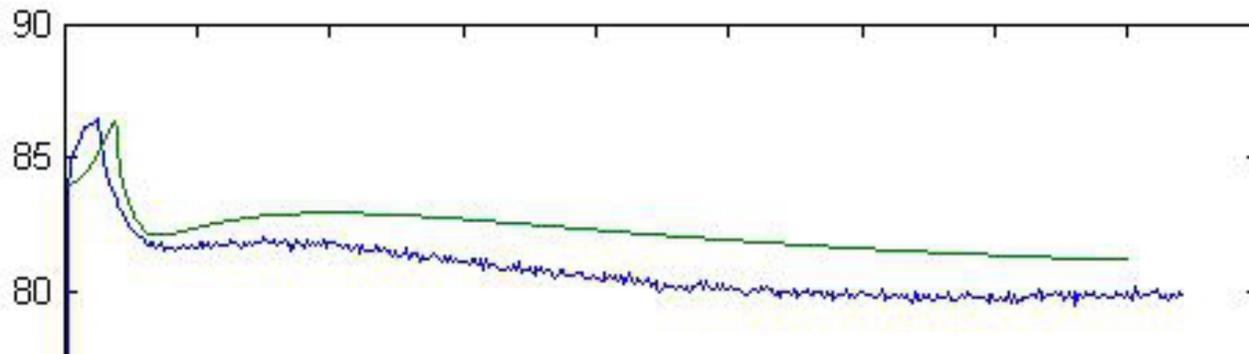


Zweiseitige Kommunikation



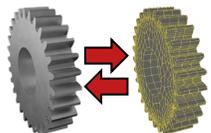
Digitaler Zwilling für Kaffemaschine, Echtzeit

- Um einen optimalen Kaffee zu erstellen, muss die Temperatur des Wassers am Pulver geregelt werden.
- Dort ist aus Kostengründen kein Temperatursensor.
- Digitaler Zwilling: Simuliere in Echtzeit die Wassertemperatur im kompletten System und regle mit der simulierten Temperatur am Pulver.



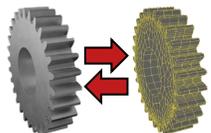
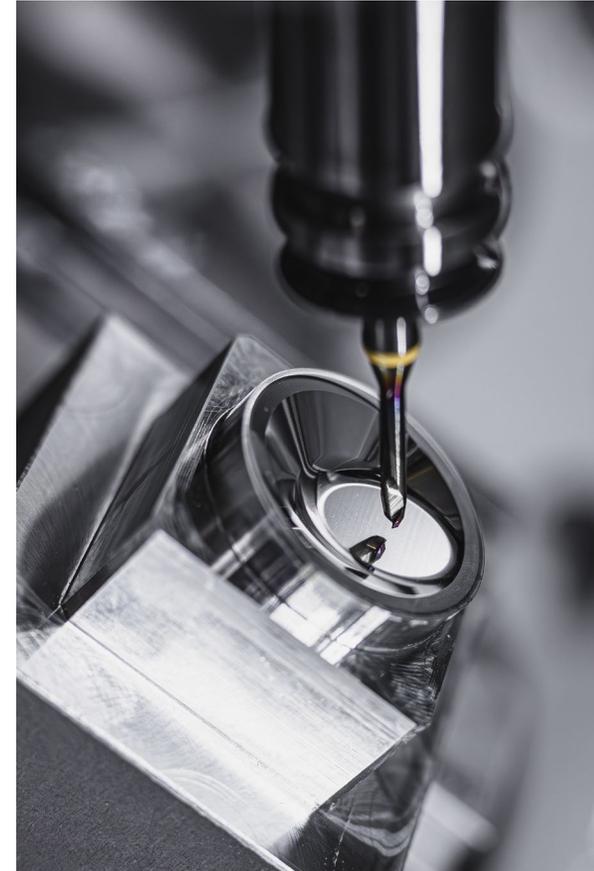
Digitaler Zwilling für Manufacturing Execution System (MES)

- MES beobachtet jeden Schritt in der Produktion, von Ausgangsmaterial bis zu Endprodukt
- Sammelt Real-Time-Daten von IOT-Sensoren, Maschinen und Bediener-Input
- Analysiert Performance, detektiert Probleme, reagiert auf Probleme in einer Maschine
- Schätzt schon früh in der Produktion das Ergebnis der End-of-Line-Prüfung (Predicted Quality)
- Plant und initiiert Wartungen an den Maschinen
- Plant den optimalen Produktionsablauf in Abhängigkeit von Bestellungen



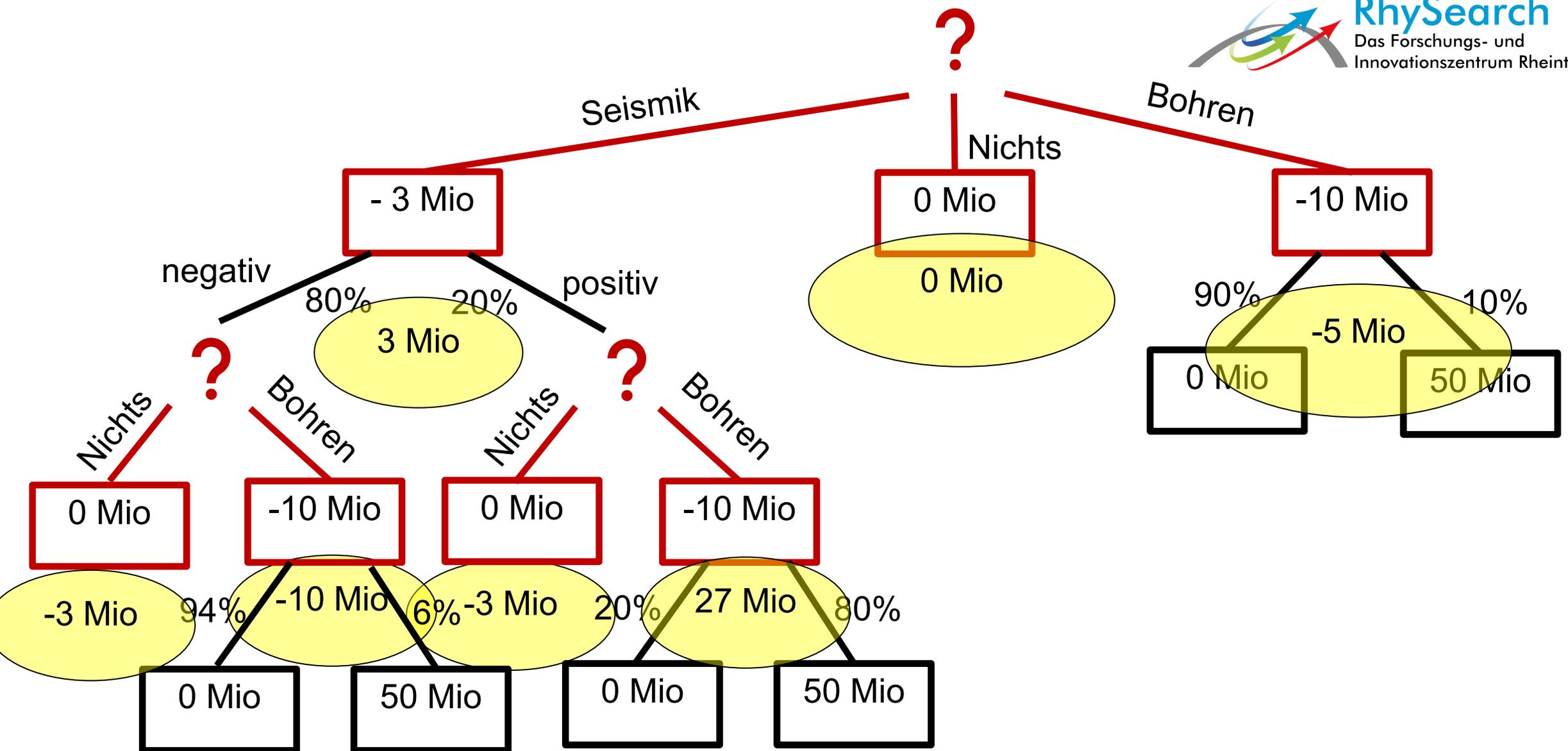
Digitaler Zwilling für Ultrapräzisionsfertigung

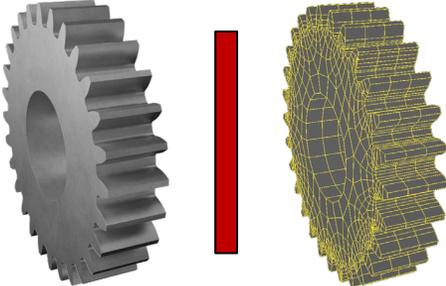
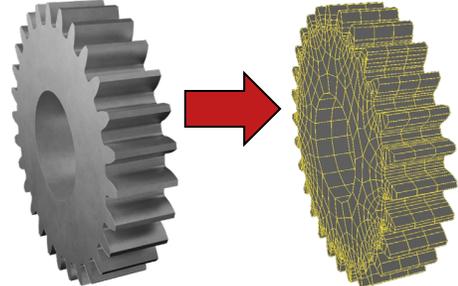
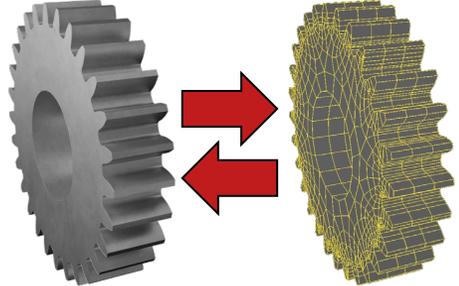
- Idee: Simuliere das thermische Verhalten der Maschine in einem digitalen Zwilling
- Wenige thermische Sensoren helfen bei der Kalibrierung im Laufe der Zeit
- Kompensiere thermische Dehnungen der Maschine
- Schnelle Berechnungen im digitalen Zwilling durch
 - Modellreduktion
 - Einsatz von Neuronalen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



Entscheidungs- und Risiko-Zwilling

- Digitaler Zwilling mit zweiseitiger Kommunikation, langsam
- Idee: Verwende einen statistischen Digitalen Zwilling, um
 - optimale Entscheidungen zu treffen
 - und Risiken zu quantifizieren.
- Projekt mit dem BFE: Welche Förderung ist in Geothermie-Projekten sinnvoll?



		Kommunikation		
				
Geschwindigkeit	Echtzeit			
	langsam			



Prof. Dr. habil. Michael Schreiner

RhySearch

Digital Innovation Lab

Werdenbergstr. 4

9471 Buchs

Michael.Schreiner@rhysearch.ch

