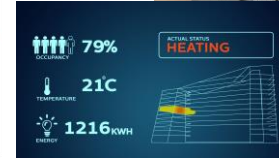




© ASML



© Philips



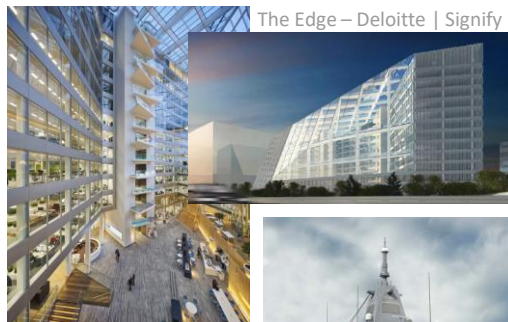
© Philips / Signify / Deloitte

Digital Twins | Digitale Zwillinge

Was sie sind – und wie sie nützen

Dr. Michael Borth

DAS WARUM ZUERST



energy savings



Smart Industry - ASML



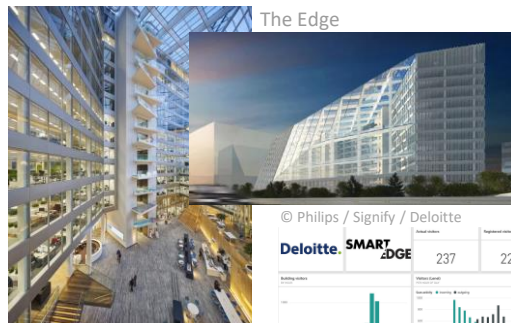
Port of Rotterdam
critical infrastructures



Naval Forces - Thales
capability sustainment

**Digitale Zwillinge sind das
Herz zukünftiger Systeme**

DAS WARUM ZUERST



The Edge

energy savings

**Digitale Zwillinge sind nicht umsonst,
aber sie rentieren sich.**



Monitoring

10% - 30% weniger
Verbrauch



Optimierung



Präventive Instandhaltung

Ausfallzeiten Reduzierung
1 Jahr ROI >> 100%



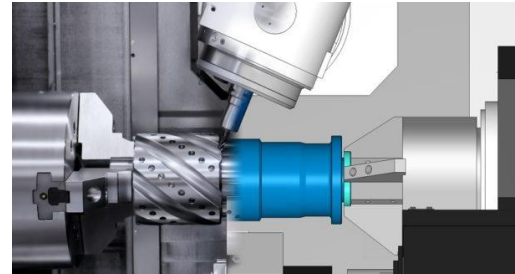
Inbetriebnahme

DAS WARUM ZUERST :: WARUM HIER?

Digitale Zwillinge in der herstellenden Industrie



Planung



Modell-basierte
Kontrolle

Flexible Produktion
made-to-order | lot-size 1
kleiner Umstellungsaufwand



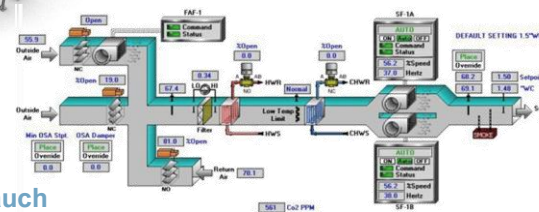
adaptives just-in-time
Intelligente Logistik
passendes Inventar



Monitoring
10% - 30%
weniger Verbrauch



Optimierung



Präventive Instandhaltung



Ausfallzeiten Reduzierung
1 Jahr ROI >> 100%

A 3D rendering of a large commercial airplane being loaded onto a truck by a smaller truck, symbolizing logistics and supply chain management.

A 3D rendering of a modern factory floor. The scene includes various industrial machines, conveyor belts, and workers. In the foreground, there's a large black machine with a yellow robotic arm. To the right, a yellow forklift is parked. In the background, there are more machines, including a large black one with a yellow arm, and several workers in white uniforms. The floor is light gray, and there are yellow safety barriers and signs. The word "Fabrik" is written in blue at the bottom left, and "10.1" is in a small box at the bottom right.

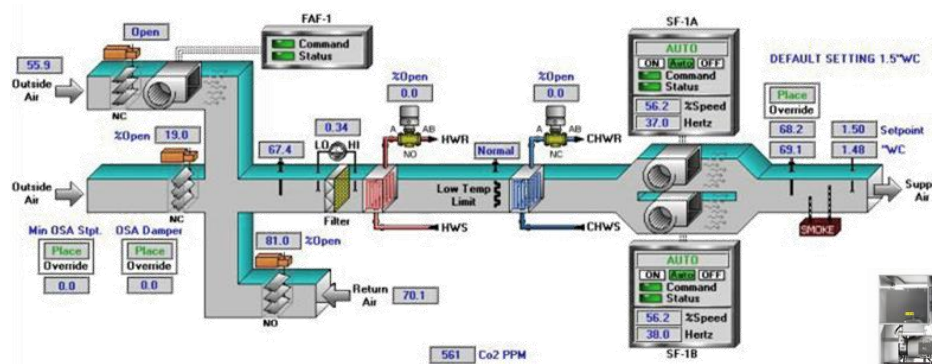
The schematic diagram illustrates the experimental setup for a PEMFC system. Air enters from the left, passes through a compressor (labeled 'Open'), and then through a humidifier (labeled '15.5'). The humidified air then flows through a gas distribution system (GDS) and a water management system (WMS) before entering the fuel cell stack. The fuel cell stack is connected to a load (labeled 'Load') and a water management system (WMS). The output of the fuel cell stack is connected to a gas distribution system (GDS) and a water management system (WMS). The diagram also shows the flow of hydrogen (H₂) through a compressor (labeled '1.5 bar') and a humidifier (labeled '1.5 bar') before entering the fuel cell stack. The fuel cell stack is connected to a load (labeled 'Load') and a water management system (WMS). The output of the fuel cell stack is connected to a gas distribution system (GDS) and a water management system (WMS). The diagram includes various sensors and control units, such as a '501 Cx2 PWM' and a '501 Cx2 PWM'. The fuel cell stack is labeled 'PEMFC' and '1.5 bar'. The load is labeled 'Load' and '1.40 V'. The water management system is labeled 'WMS' and '1.5 bar'. The gas distribution system is labeled 'GDS' and '1.5 bar'. The humidifier is labeled '15.5' and '1.5 bar'. The compressor is labeled '1.5 bar' and '1.5 bar'. The diagram also shows the flow of air and hydrogen through various components, including a '501 Cx2 PWM' and a '501 Cx2 PWM'. The fuel cell stack is labeled 'PEMFC' and '1.5 bar'. The load is labeled 'Load' and '1.40 V'. The water management system is labeled 'WMS' and '1.5 bar'. The gas distribution system is labeled 'GDS' and '1.5 bar'. The humidifier is labeled '15.5' and '1.5 bar'. The compressor is labeled '1.5 bar' and '1.5 bar'.

Maschinerie

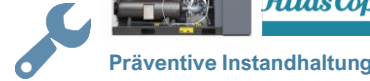
DIGITALE ZWILLINGE

Digitale Zwillinge spiegeln Aspekte von Systemen, Prozessen, oder Produkten:

- über live Daten gekoppelt
- Sehen & Verstehen
- Vorhersehen



Sie erfüllen ihren Zweck – das Warum – über ihre Integration in Geschäftsprozesse.



© AtlasCopco

Atlas Copco

DIE KONSEQUENZ DARAUS

Keine interaktive Verbindung
= Kein Digitaler Zwilling

Virtualisierung – ein Digitalisierungsschritt –
ist wichtig, aber nicht das Gleiche.

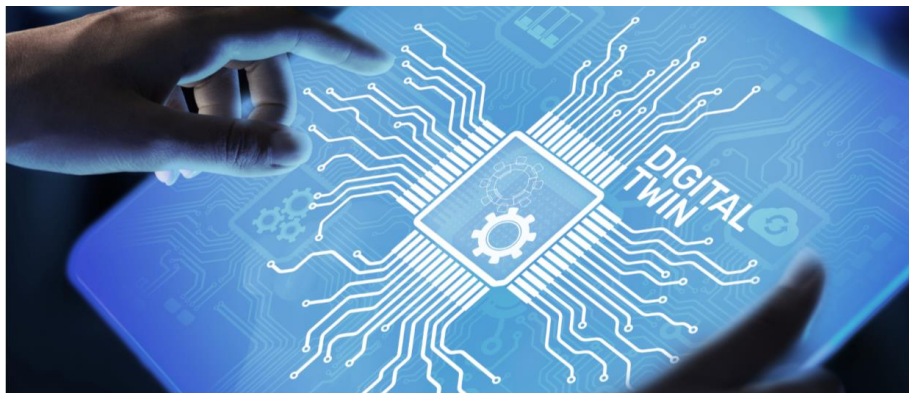
- über live Daten gekoppelt
- Sehen & Verstehen
- Vorhersehen

Dies sind Berechnungen.

= Kein Wert ohne Interpretation und Nutzung in Geschäftsprozessen

Die Informationsverarbeitung in digitalen Zwillingen kann stark variieren.

DIGITALE ZWILLINGE IN SIEBEN SCHRITTEN



READY FOR DIGITAL TWINS

The TNO primer towards Smart Industry and Digitalization

- Start with Why** **1**
- Asset Selection** **2**
- Infrastructure** **3**
- Twin Building** **4**
- Live Operation** **5**
- Business Action** **6**
- Cradle to Grave** **7**

DIGITALE ZWILLINGE REALISIEREN

Infrastructure & Twin Building

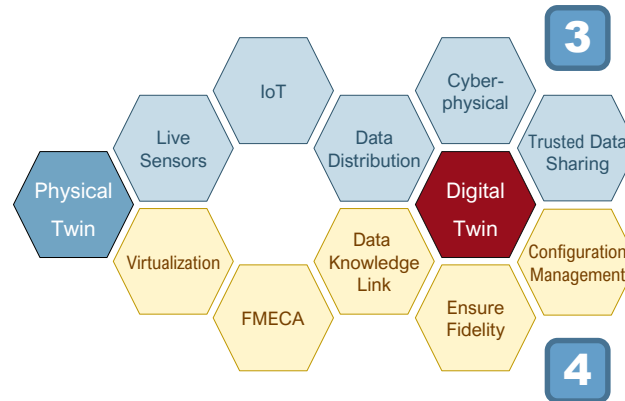
Sensoren online bringen

Datentransport aufbauen

von physikalisch zu digital

Vertrauen herstellen:

ein digitaler Zwilling ist ein System › Validierung und Verifikation



DIGITALE ZWILLINGE EINSETZEN

Live Operation 5

immer an & immer synchron

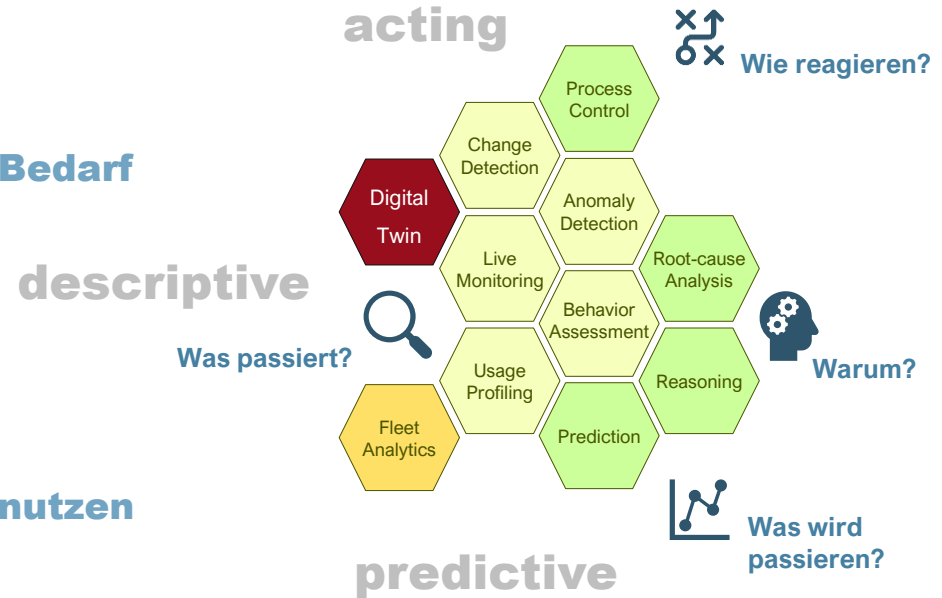
autonome Erkennung | Analysen bei Bedarf

Business Action 6

bereit, die Vorteile zu realisieren

Prozesse, welche die Informationen nutzen

Ergebnisse bewerten



DIGITALE ZWILLINGE EINSETZEN

Live Operation **5**

immer an & immer synchron

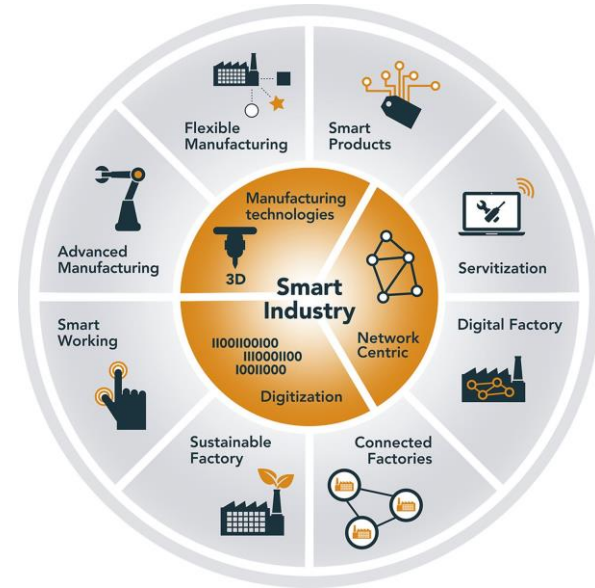
autonome Erkennung | Analysen bei Bedarf

Business Action **6**

bereit, die Vorteile zu realisieren

Prozesse, welche die Informationen nutzen

Ergebnisse bewerten



DIGITALE ZWILLINGE EINSETZEN

Live Operation **5** um Anforderungen zu verstehen

immer an & immer synchron

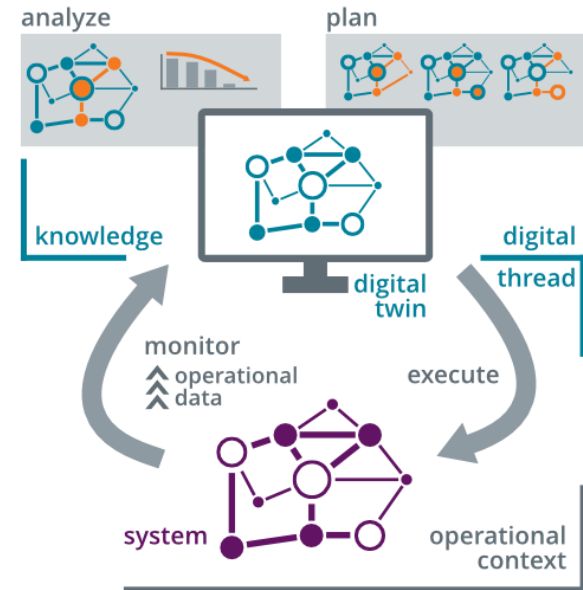
autonome Erkennung | Analysen bei Bedarf

Business Action **6** von hier denken

bereit, die Vorteile zu realisieren

Prozesse, welche die Informationen nutzen

Ergebnisse bewerten

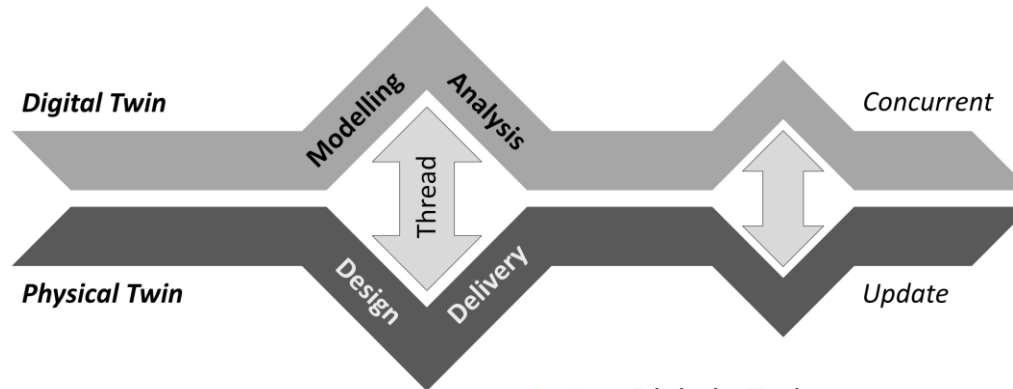


VERÄNDERUNG KOMMT SICHER

Cradle to Grave **7**

im Einsatz halten – den Nutzen erhalten

Wissens-Management



Digital Twin and Thread: based on MBE Diamond
from S. J. Hatakeyama et al (2019)

- › Der Digitale Faden (Digitale Thread) webt die Nachverfolgbarkeit des Systems über seine Lebensdauer.

DIGITALE ZWILLINGE

Digitale Zwillinge sind digitale Repliken von realen Assets oder Systemen.

- › per (live) Datenaustausch verbunden mit ihrem physikalischen Zwilling
- › ein Abbild wesentlicher Aspekte, dabei hinreichend genau um Entscheidungen zu unterstützen

Sie erfüllen den Zweck – das Warum – für den sie gebaut sind.

Somit sind sie oft entweder beschreibend, prädiktiv oder steuernd.

Sie werden optimalerweise in 7 Schritten realisiert:

Warum | Assets | Infrastruktur | Twinning | Live | Aktion | Pflege

IHRE REISE

als Teil der Digitalisierung oder innerhalb einer größeren Transformation

von verschiedenen Startpositionen und mit allen an Bord

- › weiter von virtuellen Prototypen
- › Twinning von existierenden Systemen
- › wachsend von Leuchtturm Projekten
- › organisiert als Transformations-Projekt



Management
100%



offen and bi-direktional

Kompetenz für
Entscheidungen
in der Firma



für Endbenutzer
und mit ihnen



Es geht um
Veränderung.

Hilfe für alle
dabei zu sein.



WEITERE INFORMATIONEN



Dr. Michael Borth
Senior Research Fellow at ESI (TNO)

Michael.Borth@tno.nl

CHANGE2TWIN

www.change2twin.eu



www.esi.nl



@ TNO mit

Peter Laloli, Jeroen Broekhuijsen,
Laura van den Aarsen, Ifigeneia
Athanasiadou und Paolo Pileggi