



Industrie 4.0 – demnächst auch im Wald! Industry 4.0 – Coming to your forest soon!

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann
Institut für Mensch-Maschine-Interaktion, RWTH Aachen
Institut für Forschung und Transfer, Dortmund



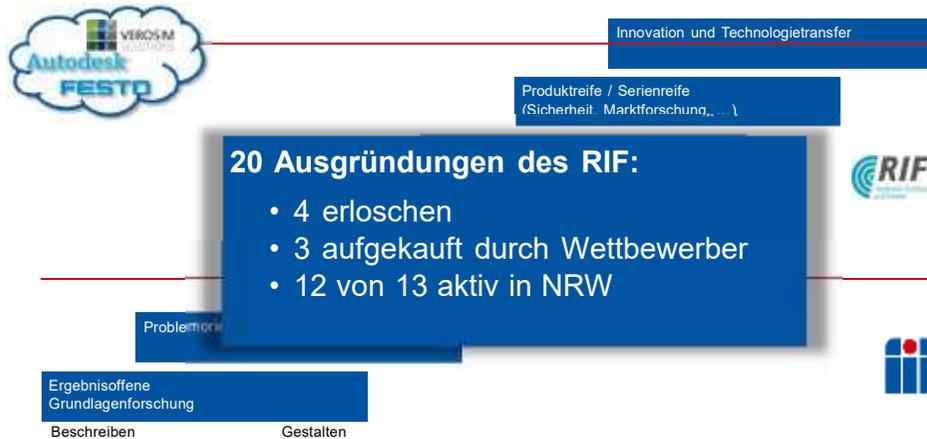
eRobotik-Anwendungen im Umweltbereich, in der Industrie und im Weltraum



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mimi.rwth-aachen.de



MMI und RIF: Von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mimi.rwth-aachen.de



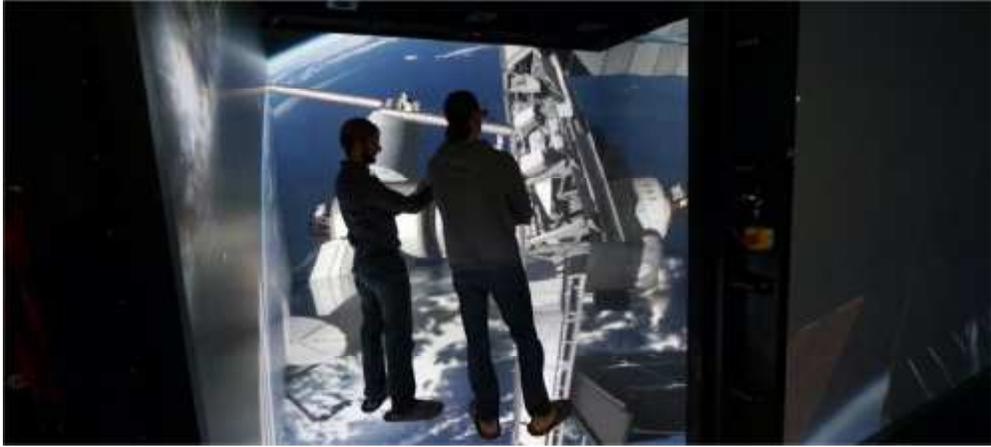
Die Raumfahrt-Robotik ist Motor vieler aktueller Entwicklungen



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mimi.rwth-aachen.de



Die Raumfahrt-Robotik ist Motor vieler aktueller Entwicklungen



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

Industrie 4.0 kann man nicht ohne den Aspekt „Arbeit 4.0“ betrachten



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

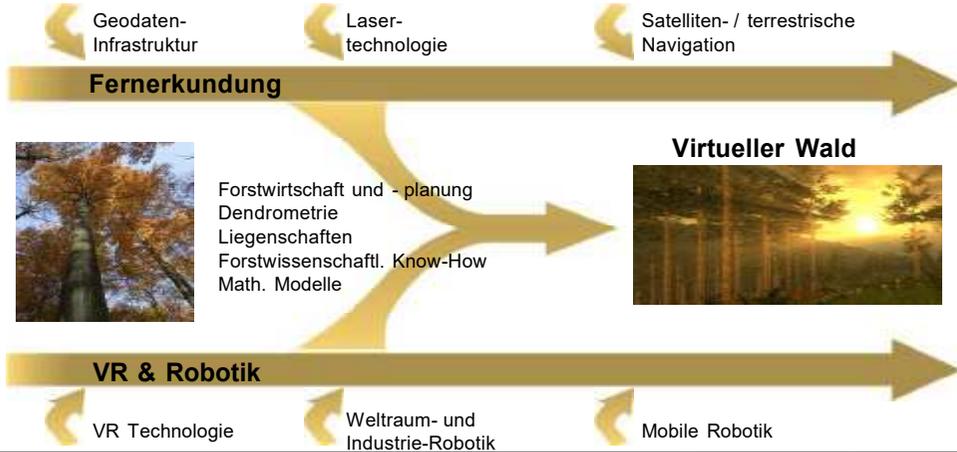
Mit Logistik-Anwendung sind wir Vorreiter auf dem Gebiet von Industrie 4.0



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

Der Virtuelle Wald

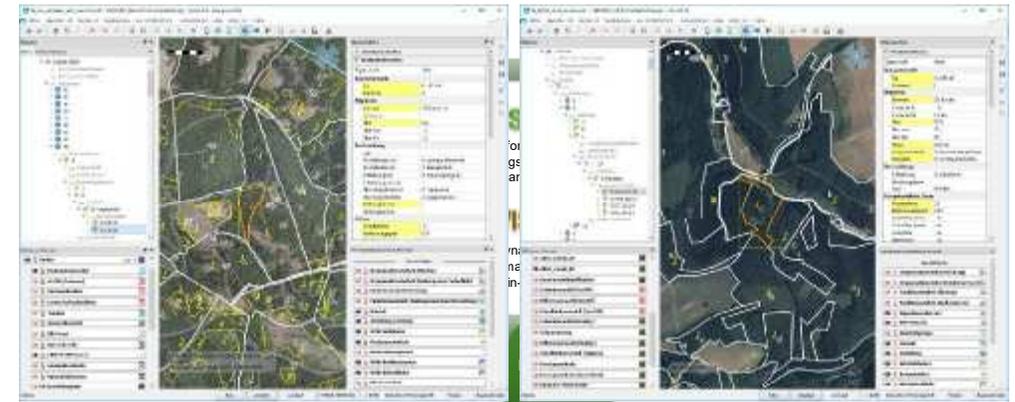
Der Virtuelle Wald als „Kristallisationspunkt“



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de



Praxiseinführung der Bausteine des Virtuellen Waldes mit GRIPS-RLP und KlimaWIS.NRW



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de



Der Virtuelle Wald als nD-Waldmanagementsystem



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de



Vom Virtuellen Wald zu „Wald und Holz 4.0“



Neue Technologien verändern die Welt – sehr schnell

2005: Besucher des Vatikan nach dem Tod von Papst Johannes Paul II

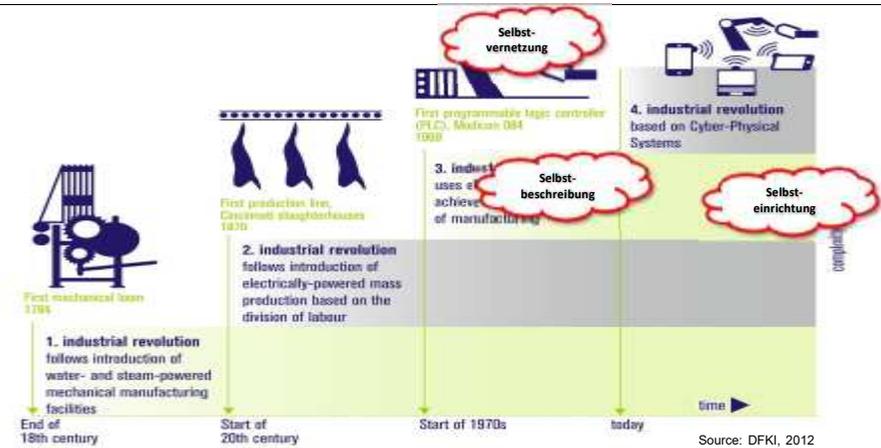
2013: Besucher des Vatikan nach dem Rücktritt von Papst Benedikt XVI



Quellen: www.spiegel.de, Christian Klettner / BASF

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

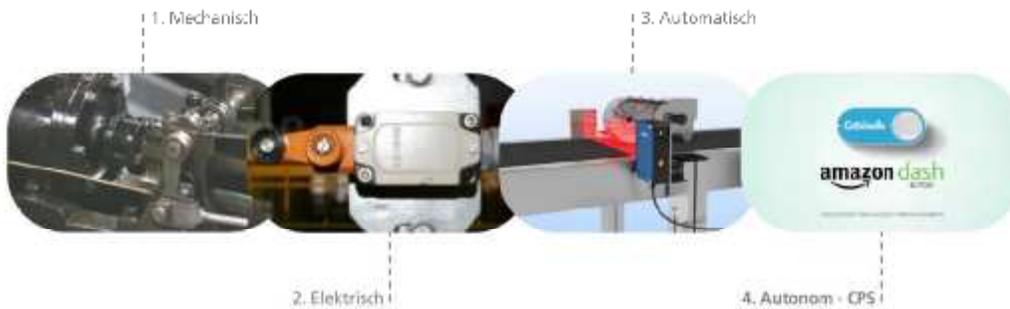
Von der ersten bis zur 4. Industriellen Revolution



Source: DFKI, 2012

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

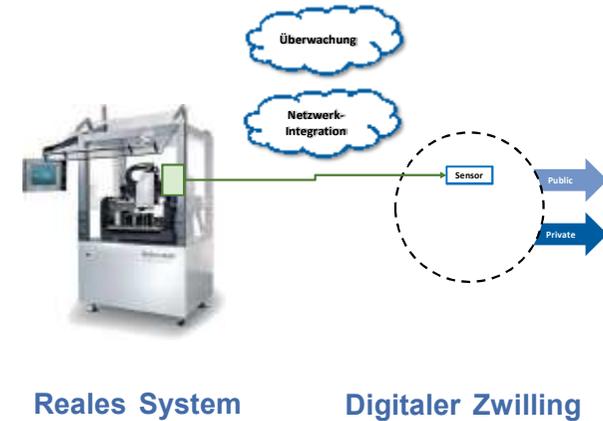
Die 4. industrielle Revolution am Beispiel – eines Schalters



Quelle: Fraunhofer IML, Dortmund

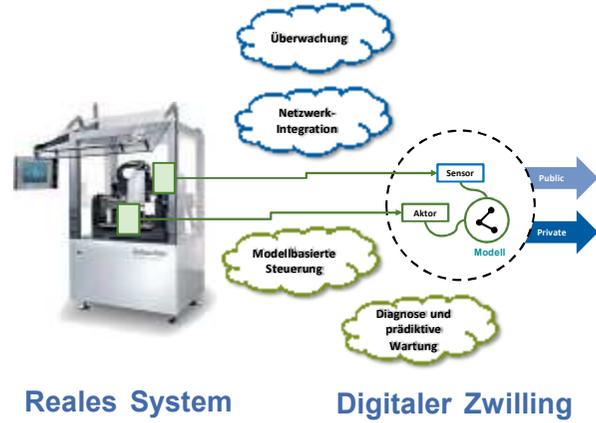
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

Im Mittelpunkt steht der „Experimentierbare Digitale Zwilling“



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

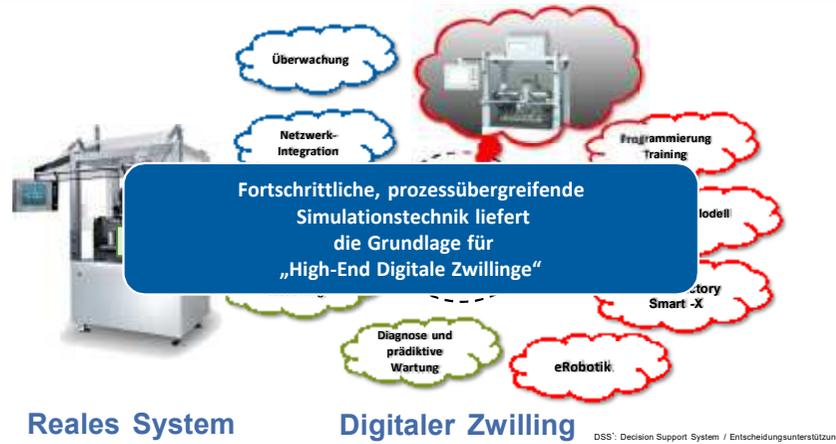
Im Mittelpunkt steht der „Experimentierbare Digitale Zwilling“



Im Mittelpunkt steht der „Experimentierbare Digitale Zwilling“ – auch für Wald und Holz 4.0



Im Mittelpunkt steht der „Experimentierbare Digitale Zwilling“



„Wald und Holz 4.0“ ist in guter Gesellschaft



Aber passen Industrie 4.0-Konzepte zum Cluster Wald und Holz?

- Der Cluster Wald und Holz ist **vielschichtiger**:
 - Produkt? Fabrik? Produktionsstandort? Unternehmung?
- Der Wald ist **multifunktional** und hat diverse Produkte:
 - Holz
 - Wild/Jagd
 - CO₂-Speicher
 - Schutz- und Erholungsfunktionen
 - Weitere Ökosystemleistungen und Waldfunktionen
- Es gibt **diverse Produktionsprozesse**:
 - Biologische Produktion
 - Technische Produktion
 - Jagd
 - CO₂-Speicher
 - Schutz- und Erholung
- Es gibt **keine verlässliche Kommunikationsinfrastruktur**



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling

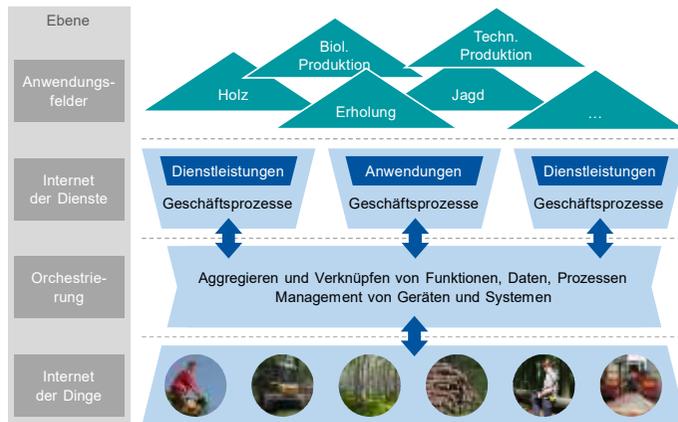
- Digitaler Zwilling: Virtuelles Abbild realer „Dinge“ im Internet
 - Daten
 - Funktionen
 - Kommunikation
 - Metadaten
- Verschmelzung von realer und virtueller Welt
 - Verbinden reale und virtuelle Welt
 - Erfassen Daten mit Sensoren
 - Wirken über Aktoren
 - Sind miteinander verbunden
 - Nutzen Daten und Dienste
 - Kommunizieren mit dem Menschen



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de

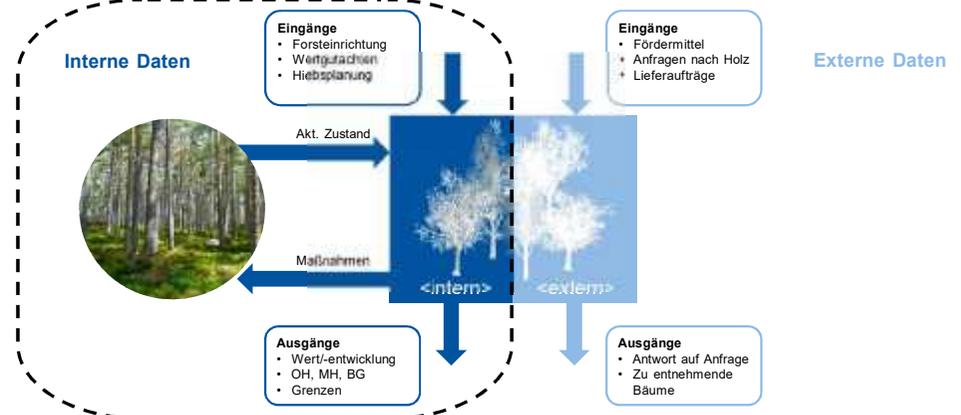
Von „Industrie 4.0“ zu „Wald und Holz 4.0“

- **Dinge** kommunizieren über das Internet
 - Maschinen
 - Maschinenkomponenten
 - Produkte
 - Daten und Beschreibungen
 - Menschen
- **Dienste** stellen Software-Bausteine und Dienstleistungen zur Verfügung
- Dinge und Dienste werden miteinander **verknüpft**
 - Für untersch. Anwendungsfelder
 - In untersch. Geschäftsprozessen



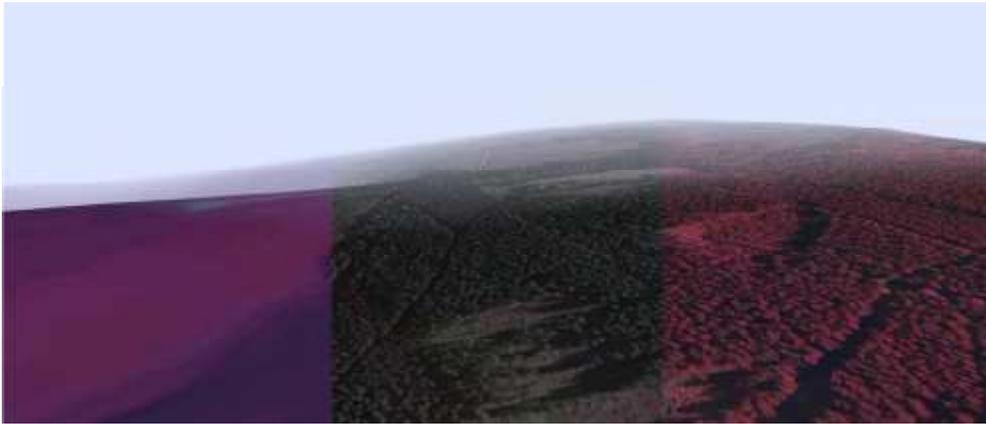
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling einer Bestandeseinheit



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling einer Bestandeseinheit – Waldinventur von oben ...



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de



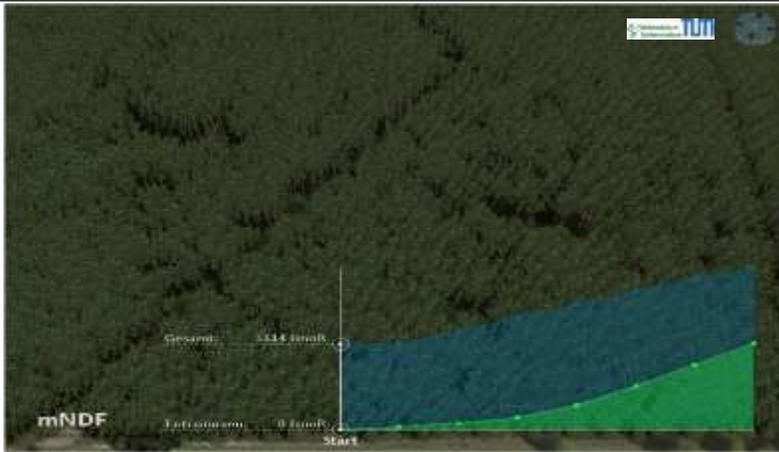
Der Digitale Zwilling – Kristallisationspunkt, Entscheidungsunterstützung, Teil des CPS



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de



Der Digitale Zwilling – Kristallisationspunkt für Zusammenarbeit mit TUM, Prof. Pretzsch



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de



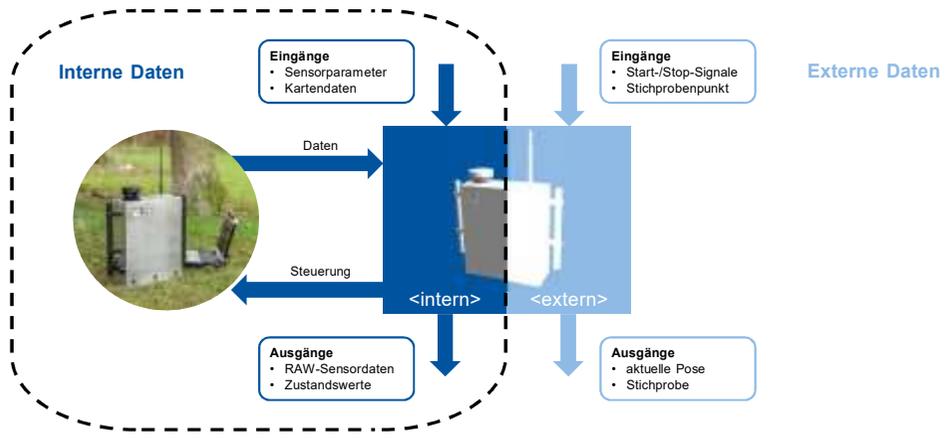
Der Digitale Zwilling – Kristallisationspunkt für Zusammenarbeit mit GAIAC, Prof. Schäffer



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de

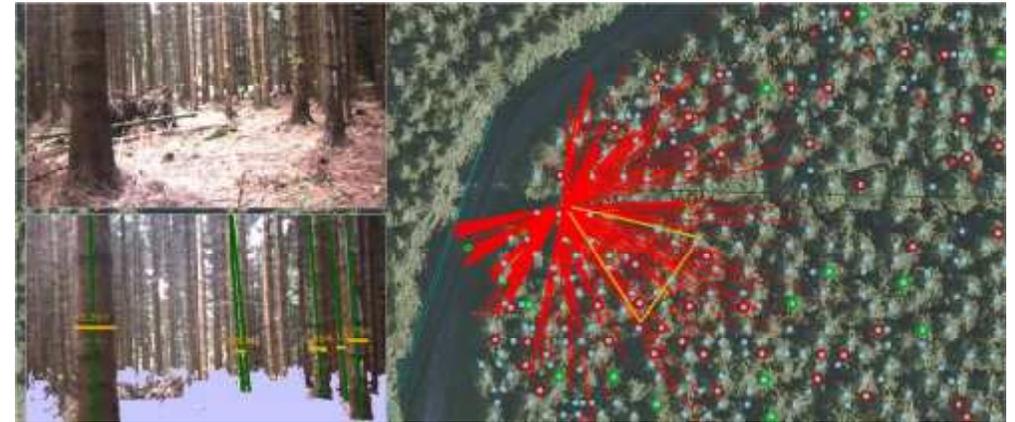


Der Digitale Zwilling eines Sensors zur Umwelterfassung und Lokalisierung



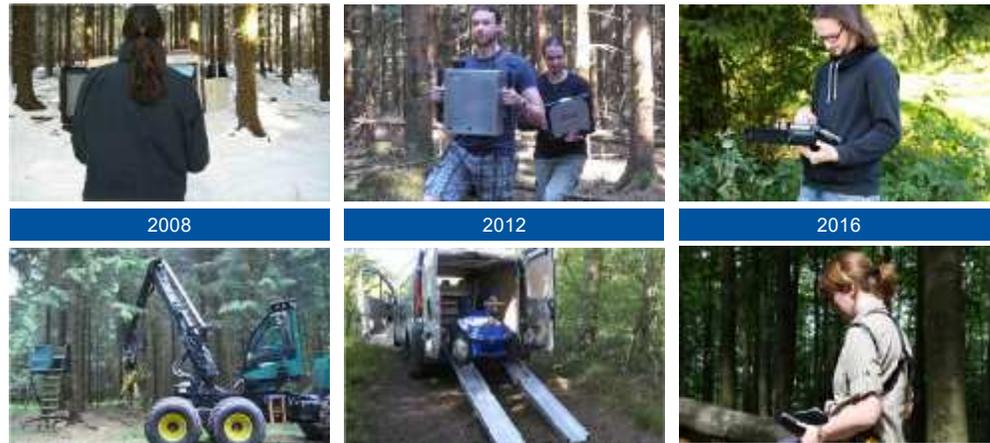
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling eines Sensors zur Umwelterfassung und Lokalisierung – Visualisierung



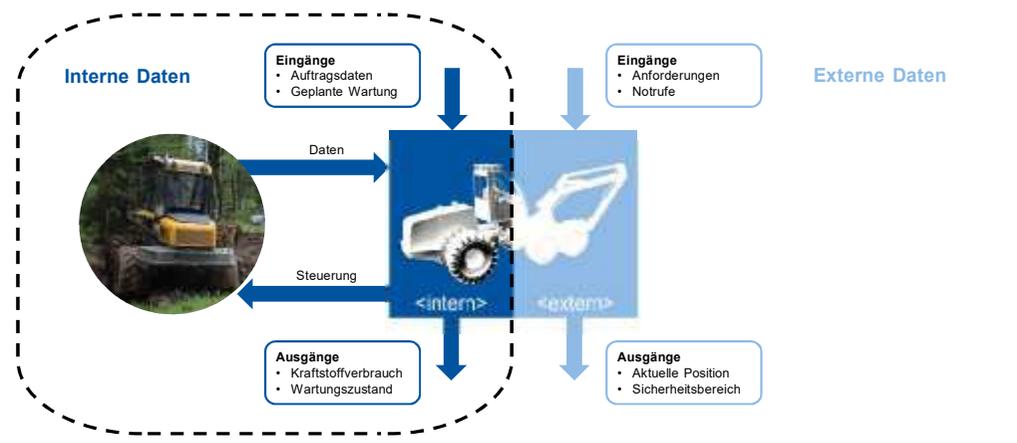
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling eines Sensors zur Umwelterfassung und Lokalisierung – Beispiele



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling eines Harvesters



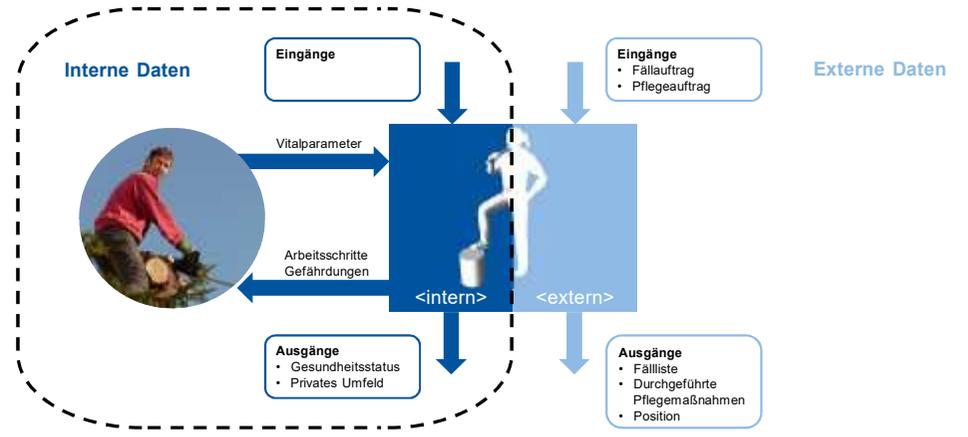
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling eines Harvesters – Simulation für Planung, Assistenz, mentales Modell



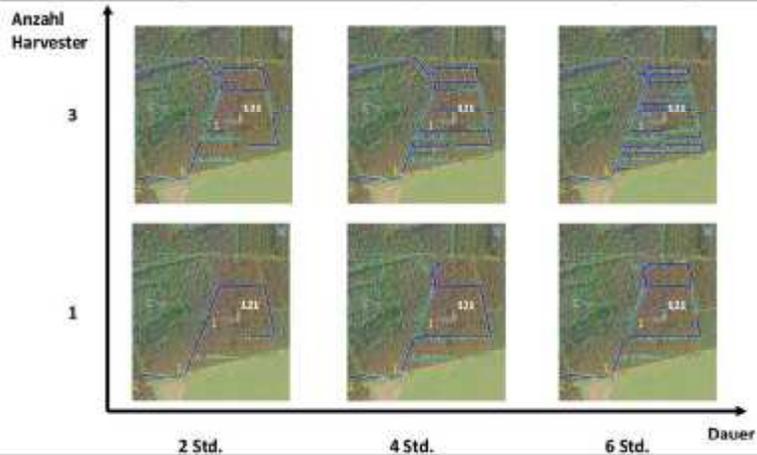
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling eines Waldarbeiters



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

Der Digitale Zwilling eines Harvesters – Optimierte Holzernteplanung

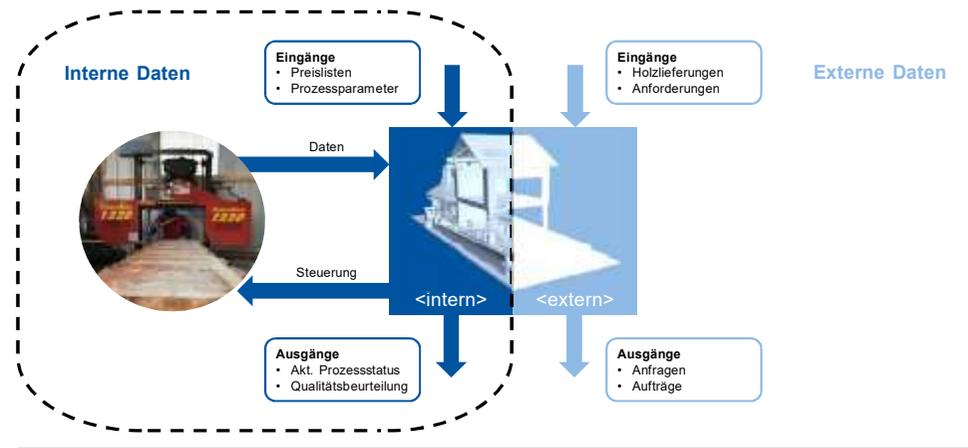


Optimierungsproblem über Digitale Zwillinge:

- Aufgabe u : Markierte Bäume fällen
- Zielfunktion y : Dauer
Kosten
Bodenschäden
- Parameter α : Harvester typ und Anzahl

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

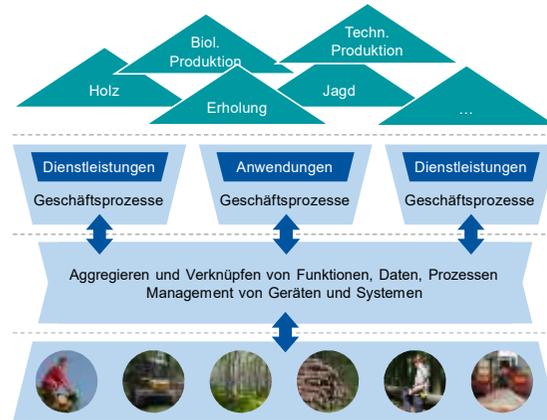
Der Digitale Zwilling eines Sägewerks



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mml.rwth-aachen.de

Vernetzung zu clusterübergreifenden Netzwerken mit Unterstützung des KWF, Prof. Seeling

- Industrie 4.0 legt die Grundlagen:
 - MQTT, QPC UA, MTConnect
 - Aspekte: Daten, Semantik, Suche, Sicherheit
- Notwendig: Datenstandards
 - Viele etablierte und neue Standards vorhanden:
 - StanForD
 - ELDAT
 - papiNet
 - FWW
 - Shape
 - ForestGML
 - Decken nur einen kleinen Teil ab
 - Keine übergreifende Geltung
- Notwendig: Kommunikationsinfrastruktur
 - Problematisch, offline ist **nicht** die Ausnahme
 - Also: Clusterübergreifende Prozesse mit dezentralen Daten

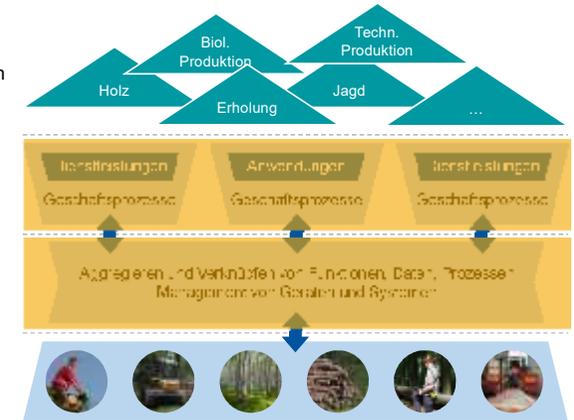


Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de



Vom „Internet der Dinge“ zum „Internet der Dienste“

- Übergang vom produkt- zum dienstorientierten Denken
- Nutzung klassischer Softwaredienste, z. B.
 - Daten (z. B. Orthofotos, Harvesterdaten)
 - Datenverarbeitung (z. B. pix4D)
 - Simulationen (z. B. Waldwachstum)
- Bereitstellung komplexer Dienste, z. B.
 - Aktuelle Bodenbeschaffenheit
 - Forsteinrichtung als Dienst
 - Holzernte als Dienst



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de



Kommunikationsinfrastruktur im Wald



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de



Cloud Computing

- Das Internet der Dinge und Dienste ist häufig mit der Nutzung von Cloud-Technologien verbunden
- „Plattformen“ werden im Cluster Wald und Holz häufig kritisch gesehen
 - Notwendig: Entscheidung über die Verwendung von Daten bleibt beim Eigentümer
 - IT-Sicherheit ist eines der Hauptthemen von I4.0
- „Cloud ist nicht gleich Cloud“:
 - Cloud-Technologien
 - Bereitstellung von Cloud-Infrastrukturen, z. B. „Public Cloud“ vs. „Private Cloud“



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mmi.rwth-aachen.de



Neue Anwendungsloesungen

Die klassische Sicht auf Industrie 4.0

Smart Forest Machine

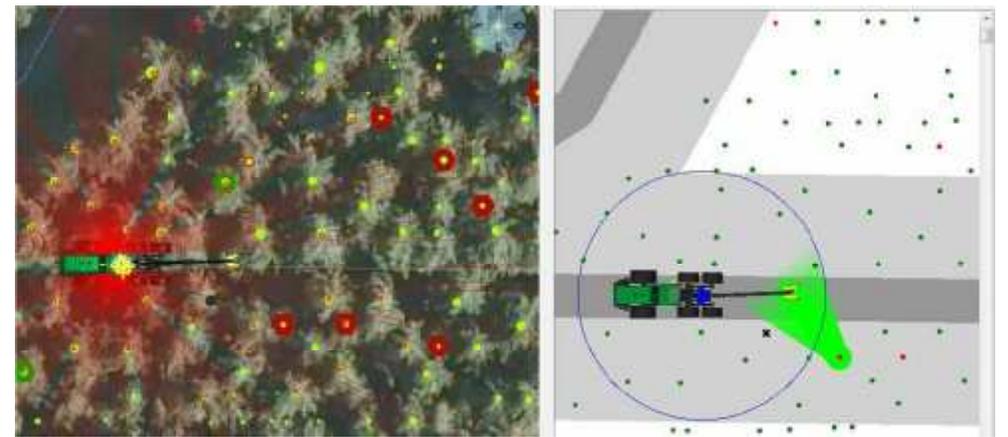
- **Plant** die eigene Arbeit
 - Arbeitsschritte, Koordination mit weiteren Akteuren
- **Unterstützt** den Fahrer bei seiner Arbeit
 - Umfassende und geeignet aufbereitete Datengrundlage (Ziele, Randbedingungen, Hinweise, ...)
 - Konsequente Optimierung der Umweltverträglichkeit, z. B. Bodenbelastungen
- Verbessert die **Arbeitsicherheit**
 - Ständige Überwachung der eigenen Arbeit
 - Hinweise auf (statische und dynamische) Gefährdungen
- Arbeitet teilweise **selbständig**
 - Automatisierung einzelner Arbeitsschritte
- Nimmt **zusätzliche Aufgaben** wahr
 - Umwelterfassung
 - Dokumentation von Maßnahmen



Neue Anwendungsloesungen am Beispiel des Virtuellen Waldes



Smart Forest Machine – Kennt ihre Umgebung, weiß wo sie ist, unterstützt den Fahrer



Smart Forest Machine – Führt einzelne Arbeitsschritte automatisiert aus



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mimi.rwth-aachen.de

Für reale Maschinen trainieren – im Digitalen Zwilling



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mimi.rwth-aachen.de

Für reale Maschinen trainieren – im Digitalen Zwilling



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mimi.rwth-aachen.de

Smart Forest Worker

- Bislang Fokussierung auf Maschinen
 - **Übertragung** auf Waldarbeiter, Maschinenführer, Forsteinrichter, forstliche Dienstleister, Waldbesitzer, ...
- **Menschen in die Lage versetzen, schnell und dezentral die richtigen Entscheidungen zu treffen**
 - Unterstützung der Menschen bei der Arbeit vor Ort
 - Planung der eigenen Arbeit, Koordination mit anderen
 - Umfassende und geeignet aufbereitete Datengrundlage
- Verbesserung der **Arbeitsicherheit**
 - Ständige Überwachung der eigenen Arbeit
 - Hinweise auf (statische und dynamische) Gefährdungen
- Nimmt **zusätzliche Aufgaben** wahr
 - Umwelterfassung
 - Dokumentation von Maßnahmen
 - Nicht „überladen“, auch entlasten, auf Mehrwert achten



[28]

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mimi.rwth-aachen.de

Smart Forest

- Die Bestandeseinheit als Digitaler Zwilling
 - Kennt ihre Historie, ihren aktuellen Zustand und alternative Wege zum Ziel
 - Tauscht **eigenständig** Informationen aus
 - Arbeitet dezentral und selbständig
 - Koordiniert sich selbständig mit anderen
- **Kommunikationspartner** für Digitale Zwillinge
 - z. B. zur Inbetriebnahme von „Produktionsanlagen“
- Grundlagen hierfür sind
 - Sensoren, Ferndiagnose, Simulationen o.ä.
- Unterschiedliche Ausprägungen, z. B.
 - Biologische/technische Produktion
 - Ökosystemdienstleistungen



[14]

[15]

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

Predictive Maintenance

- Predictive Maintenance für Maschinen und Werkzeuge im Wald
- **Vorausschauende** Wartung von Maschinen und Werkzeugen



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

Predictive X – Der proaktive Digitale Zwilling

Der digitale Zwilling erkennt frühzeitig „nichtnominale Ereignisse“ bevor diese auftreten und agiert dann rechtzeitig.

Predictive Forest Management

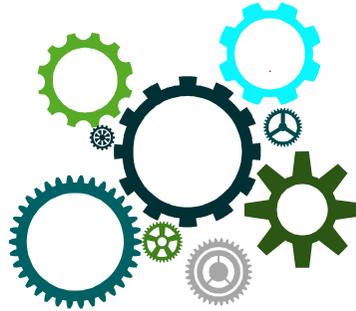
- **Vorausschauende** Pflege von Beständen
- Der Wald **meldet selbständig** notwendige Pflegemaßnahmen auf Grundlage von Sensordaten und Simulationen.



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de

Neue Geschäftsmodelle

- „As-a-service“
 - Abrechnung nach Nutzung oder als Abonnement
 - Anbieter: Kontinuierlicher Geldfluss
 - Kunde: Weniger Kapitalbindung, mehr laufende Kosten
- Plattformen
 - Technologien
 - B2B-/B2C-Plattformen (z. B. Waldinformation 4.0, Online-Marktplätze)
- IPR oder Know-How
 - Datenstandards
 - Consulting
- Daten
 - Direkt: Erhobene Daten verkaufen
 - Indirekt: Verarbeitete Daten verkaufen
 - Nutzung für eigene Zwecke (z. B. Weiterentwicklung, Wartung, Dienstleistungen)



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de



Was kann Industrie 4.0 also für den Cluster Wald und Holz leisten?

• Neue Technologien:

Dezentrale IT – das Internet der Dinge und Dienste – für einen dezentral organisierten Cluster Wald und Holz

• Neue Denkansätze und Strukturen für die Digitale Transformation:

Im Mittelpunkt steht der intelligente und proaktive Digitale Zwilling als Kristallisationspunkt

• Neue Geschäftsmodelle:

Von neuen Dienstleistungsformen bis hin zu übergreifenden und selbstorganisierenden Wertschöpfungsnetzwerken

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de



Zusammenfassung und Ausblick

Wie können die Akteure im Wald davon profitieren?

• Innovationsketten schaffen

Informieren → Demonstrieren → Qualifizieren → Konzipieren → Umsetzen

• Den Cluster Wald und Holz unterstützen

Kompetenzzentren, „Kristallisationspunkte“, Referenzszenarien

• Eng mit Industrie 4.0 verzahnen

Voneinander lernen und profitieren

• „Made in Germany“

Vertrauen in Machbarkeit, Sicherheit und Akzeptanz



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann | rossmann@mim.rwth-aachen.de



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann

Institut für Mensch-Maschine-Interaktion
RWTH Aachen

www.mmi.rwth-aachen.de
www.youtube.com/VEROSIMSimulation
rossmann@mmi.rwth-aachen.de

