




## Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0

Von der Anlagenkonzeption über die virtuelle Inbetriebnahme bis zur operativen Produktionssteuerung

Dr. Markus Vorderwinkler  
„Die Produktion der Zukunft“, Salzburg, 15. Mai 2014

**LEADING INNOVATIONS**

[WWW.PROFACTOR.AT](http://WWW.PROFACTOR.AT)



## Turbulenzen prägen zunehmend die industrielle Produktion

**Kundenerwartungen**  
*Individualisierung, Preisdruck, steigende Qualitätsanforderungen, sinkende Markenloyalität, wachsendes Ökologiebewusstsein, ...*

**Marktverhalten**  
*Trends, Kaufverhalten, Globalisierung, kurzfristige Entscheidungen, Spontanität, ...*

**Produkttechnologie**  
*Neue Materialien, Funktion folgt dem Design, Miniaturisierung, Verschiebung von Hardwarefunktionalität in Software, ...*

**Prozesstechnologie**  
*Flexibilisierung, Automatisierung, Dezentralisierung, Qualität, Ressourceneffizienz, Toleranzen, generative Fertigungsverfahren, ...*

**Rohstoffmärkte**  
*Preise, Verfügbarkeiten, Lieferzeiten, ...*

**Politik / Gesellschaft**  
*Vorschriften, Emissionsgrenzen, Normen, Alterung der Bevölkerung, ...*



Quelle: www.mikeolbinski.com

**Finanzmärkte**  
*Kapitalmarkt, Wechselkurse, Börsen, Ratings, ...*

**... und bringen Entscheider zunehmend in Bedrängnis.**

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 2  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

## Mögliche Reaktionen auf diese Turbulenzen

- Erhöhung der Flexibilität
- Stärkung der Wandlungsfähigkeit
- Steigerung der Agilität und Resilienz
- Ganzheitliche Sichtweise (Fabrik 4.0)



Quelle: www.payoff.ch

**Alle Maßnahmen führen zu einer steigende Komplexität.**

*Die Herausforderung ist es,  
diese Komplexität wirtschaftlich zu beherrschen.*

## Die These

**Der erste Schritt zum Beherrschen von Systemen  
ist, diese zu verstehen.**

*Allerdings erschweren steigende Komplexität,  
zunehmende Volatilität und Sensitivität das  
Systemverständnis und die Entscheidungsfindung.*

## Der Ansatz

---

**Komplexität durch geeignete Werkzeuge  
beherrschbar machen.**



***Abkehr von den typischen „Excel-Berechnungen“  
hin zur simulationsgestützten Prognose und  
„intelligenten“ Entscheidungsunterstützung.***

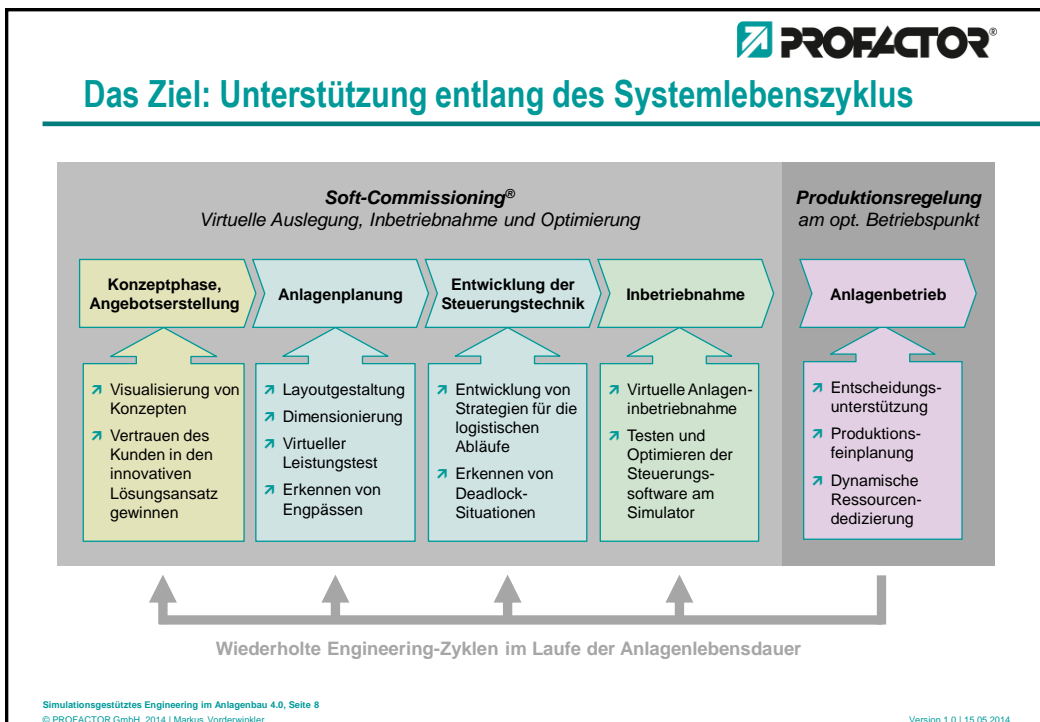
## Die Vision


---

**Parallel zur realen Produktion stehen  
Simulationsmodelle jederzeit und an jedem Ort für  
Experimente zur Verfügung.**



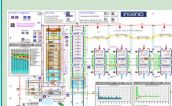

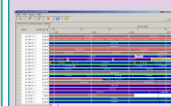
**Sie berücksichtigen Wechselwirkungen,  
stochastische Einflüsse und dynamische Effekte.**

***Die Modelle unterstützen das Systemverständnis,  
zeigen Optimierungspotentiale auf und  
sichern Entscheidungen ab.***






## Einsatz unterschiedlicher Simulationsmodelle

Angebot- und Entscheidungsphase	Planung & Entwicklung	Inbetriebnahme	Betrieb	
<p style="text-align: center;"><b>Prinzipmodelle</b></p>  <p><b>Kennzeichen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Schematisches Layout</li> <li>➤ Idealisierte Eingangsdaten</li> <li>➤ Korrekte Ablauflogik</li> </ul> <p><b>Anwendung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kommunikation von Lösungskonzepten</li> <li>➤ Vergleich unterschiedlicher Produktions- und Logistikstrategien</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Visualisierungsmodelle</b></p>  <p><b>Kennzeichen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kundenspezifische Layoutvarianten</li> <li>➤ Realistische Eingangsdaten</li> <li>➤ Vereinfachte Ablauflogik</li> </ul> <p><b>Anwendung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diskussion eines konkreten Layouts</li> <li>➤ Entwurf von Lösungskonzepten</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Engineering Modelle</b></p>  <p><b>Kennzeichen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kundenspezifische Layoutvarianten</li> <li>➤ Definierte Eingangsdaten</li> <li>➤ Detaillierte Ablauflogik</li> </ul> <p><b>Anwendung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Detailplanung und Dimensionierung</li> <li>➤ Optimierung von Layout und Strategie</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>SoftCom Modelle</b></p>  <p><b>Kennzeichen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Finales Layout</li> <li>➤ Spezifizierte Testdaten</li> <li>➤ Reale Steuerung/Logik</li> </ul> <p><b>Anwendung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Testen der realen Leit- und Steuerungssoftware</li> <li>➤ Optimierung von Strategien</li> <li>➤ Virtuelle Inbetriebnahme</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Operative Modelle</b></p>  <p><b>Kennzeichen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realisiertes Layout</li> <li>➤ Reale Produktionsdaten und Datenkopplung</li> <li>➤ Reale Steuerung/Logik</li> </ul> <p><b>Anwendung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entscheidungsunterstützung für Planer und Disponenten</li> <li>➤ Automatisierte Produktionsfeinplanung</li> <li>➤ KVP-Unterstützung</li> </ul>

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 9  
 © PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler Version 1.0 | 15.05.2014



## Das Grundprinzip: Sim.-basierte Entscheidungsunterstützung & Optimierung

**Prinzipielle Tätigkeit eines Planers oder Disponenten**

```

    graph LR
    A[Information sammeln] --> B[Szenarien bilden]
    B --> C[Szenarien bewerten]
    C --> D[Vergleichen und Entscheiden]
    
```

↓

**Abbildung dieser Tätigkeiten in einem simulationsgestützten Entscheidungswerkzeug**

```

    graph LR
    subgraph "Informationen bereitstellen."
    I1[PPS, BDE, MDE]
    I2[Ankopplung]
    I3[Leitsystem]
    I4[Ergebnisse umsetzen.]
    end
    subgraph "Planungskern"
    P1[Szenarien durchspielen.]
    P2[Szenarien bewerten.]
    P3[Planungs- und Optimierungsverfahren]
    end
    subgraph "Bediener informieren."
    B1[Management/Operator Cockpit]
    B2[Benutzeroberfläche]
    B3[Strategie-Dialog / Interaktive Plantafel]
    B4[Einfluss auf Planung und Optimierung nehmen.]
    end
    I1 --> P1
    I2 --> P1
    I3 --> P1
    I4 --> P1
    P1 --> P2
    P2 --> B1
    P2 --> B2
    P2 --> B3
    P2 --> B4
    
```

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 10  
 © PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler Version 1.0 | 15.05.2014



## Im Einklang mit der Umsetzungsempfehlung zur Industrie 4.0

### Durchgängigkeit und Integration

- Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke
- **Digitale Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette**
- Vertikale Integration und vernetzte Produktionssysteme

### Vernetzung von digitaler und realer Welt

- Die angestrebte digitale Durchgängigkeit des gesamten Engineerings und die daraus resultierende Verschmelzung der digitalen und realen Welt über die Wertschöpfungskette eines Produkts über Firmengrenzen hinweg und unter Einbeziehung von Kundenforderungen
- **Ein zentraler Punkt ist hierbei die Modellierung als Hebel zur Beherrschung der zunehmenden Komplexität der technischen Systeme**

Quelle: Forschungsunion/acatech: Umsetzungsempfehlung Industrie 4.0, 04/2013

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 11  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014



## Planungs- und Erklärungsmodelle

### Planungsmodelle

- ermöglichen, die kreative Wertschöpfung von Ingenieuren transparent zu machen, und schaffen damit die Grundlage, komplexe Systeme überhaupt bauen zu können.
- Planungsmodelle repräsentieren das Wissen des Ingenieurs.

### Erklärungsmodelle

- bilden ein existierendes System ab, um durch das Modell Wissen über das System zu erhalten.
- Oft ist das Ziel von Erklärungsmodellen, Design-Entscheidungen von Ingenieuren zu verifizieren.

### Fazit

- **Über die Planungsmodelle hat die digitale Welt also signifikanten Einfluss auf das Design der realen Welt, über die Erklärungsmodelle hat umgekehrt die reale Welt Einfluss auf die Modelle der digitalen Welt.**

Quelle: Forschungsunion/acatech: Umsetzungsempfehlung Industrie 4.0, 04/2013

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 12  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014



## Handlungsfeld „Beherrschung komplexer Systeme“

### Potentiale

- Erklärungsmodelle, welche die Wirkzusammenhänge und das Verhalten der realen Welt abbilden, **können nicht nur in der Entwicklungs- und Auslegungsphase zur Verifizierung, sondern zukünftig vor allem in der Betriebsphase genutzt werden**, um den regulären Betriebszustand zu überwachen, Verschleiß ohne Produktionsunterbrechung zu erkennen oder Komponenten ausfälle und Störungen vorherzusagen.

### Herausforderungen

- Die Simulation mittels einer Modellbildung wird **vor allem in KMU heute noch nicht standardmäßig** zur Auslegung und Optimierung von Fertigungsprozessen eingesetzt.
- Eine große Herausforderung für Industrie 4.0 besteht daher darin, der breiten Masse der Ingenieure die Potenziale von Modellen zu vermitteln und ihnen Methoden und Werkzeuge an die Hand zu geben, wie sie Systeme aus der realen Welt mittels geeigneter Modelle in der virtuellen Welt abbilden.
- Die explizite Erstellung von Modellen in Industrie 4.0 bedeutet **zunächst einmal ein zusätzliches Investment** im Vergleich zu einer Vorgehensweise ohne explizite Modellierung. **Denn man verlagert Wertschöpfung in eine frühere Phase mit dem Ziel, Folgekosten in späteren Phasen zu reduzieren.**

Quelle: Forschungsunion/acatech: Umsetzungsempfehlung Industrie 4.0, 04/2013



## Cyber-Physical Systems (CPS) im Sinne von Industrie 4.0

### Beschreibung

- Verbund informatischer, softwaretechnischer Komponenten mit mechanischen und elektronischen Teilen, die über eine Dateninfrastruktur, wie z. B. das Internet, kommunizieren.
- CPS verknüpfen physikalische Prozesse mit der virtuellen Welt.
- Mithilfe von Sensoren verarbeiten diese Systeme Daten aus der physikalischen Welt und machen sie für netzbasierte Dienste verfügbar, die durch Akteure direkt auf Vorgänge in der physikalischen Welt einwirken können.
- Die physikalische Welt wird durch Cyber-Physical Systems mit der virtuellen Welt zu einem Internet der Dinge, Daten und Dienste verknüpft.

### Fazit

- **Auch logistische Gesamtsystemmodelle im Anlagenbau lassen sich als Cyber-Physical Systems einstufen.**

Quelle: acatech: Cyber-Physical Systems: Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion, 2011



## Ein Anwendungsbeispiel entlang der Engineering-Kette

---

# Simulationsgestützte Optimierung von hochautomatisierten Feuerverzinkungsanlagen

*von der Anlagenkonzeption bis zur Unterstützung im operativen Betrieb*

Ergebnisse aus einer Serie von gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekten

Generalunternehmer  
Planung, Anlagenbau, Projektmanagement



INGENIA GmbH, [www.ingenia.at](http://www.ingenia.at)

Simulationsgestützte  
Analyse & Optimierung



PROFACTOR GmbH, [www.profactor.at](http://www.profactor.at)

Leit- und Steuerungstechnik



AREC Automatisierungstechnik GmbH, [www.arec.at](http://www.arec.at)

Teile der Entwicklung wurden im Rahmen eines OÖ-Cluster-Projektes des K1-Zentrums CEST durchgeführt und gefördert.

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 15  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014



## Das Betrachtungsobjekt: Feuerverzinkungsanlagen

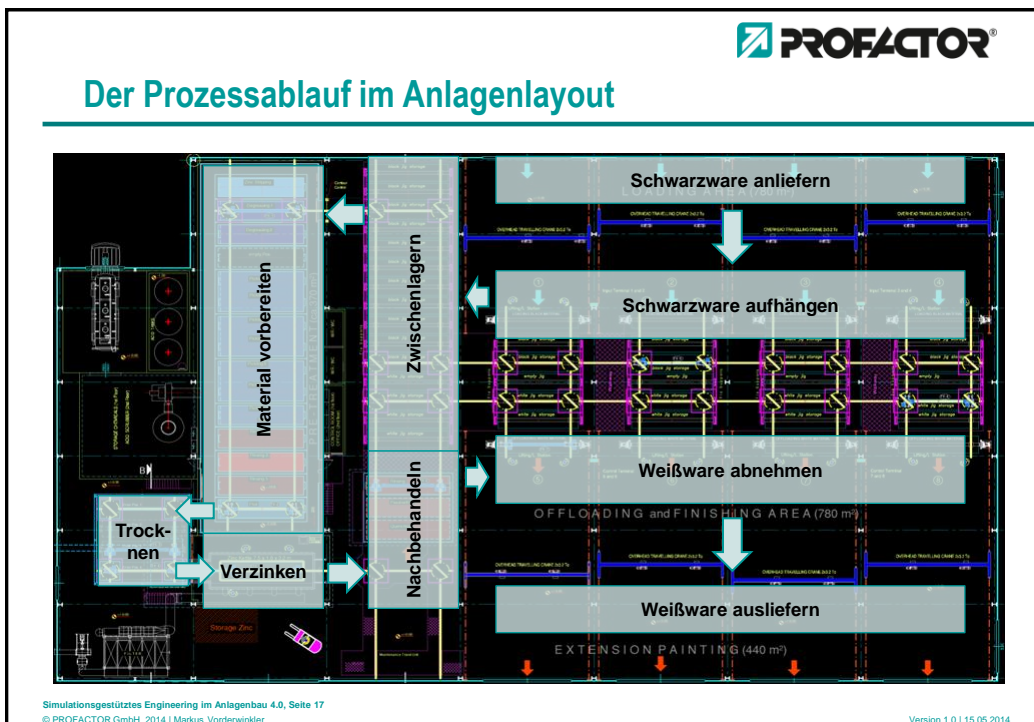
---



Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 16  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014





**PROFACOR**<sup>®</sup>

## Autonome Deckenkräne als Transportmittel



- agieren ähnlich einem fahrerlosen Transportsystemen
- Stellen sich die Weichen selbst
- kommunizieren mit Leitsystem über Wireless LAN

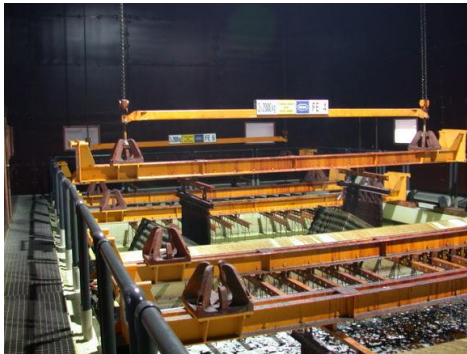
- Ein autonomer Deckenkran besteht aus jeweils 2 Fahrereinheiten
- Fahrereinheiten laufen auf einem Netzwerk aus Schienen und Weichen
- Traglast bis zu 15 t



Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 18  
© PROFACOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

## Gekapselter Prozessbereich



- Bei längeren Verweilzeiten in den Prozessbecken werden die Traversen automatisch ausgekoppelt

- Fahrinheiten der autonomen Deckenkräne laufen außerhalb der Kapselung
- Keine Verschmutzung der Antriebe und Steuerungen



Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 19  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

## Der Zinkofen als Engpass der Anlage



- Logistik gruppiert sich um den Zinkofen
- Tauchen wird manuell gesteuert
- Streuung der Prozesszeiten muss durch Puffer kompensiert werden




Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 20  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

## Evolutionstufe 1:

### Analyse/Gegenüberstellung von Struktur- & Layoutvarianten



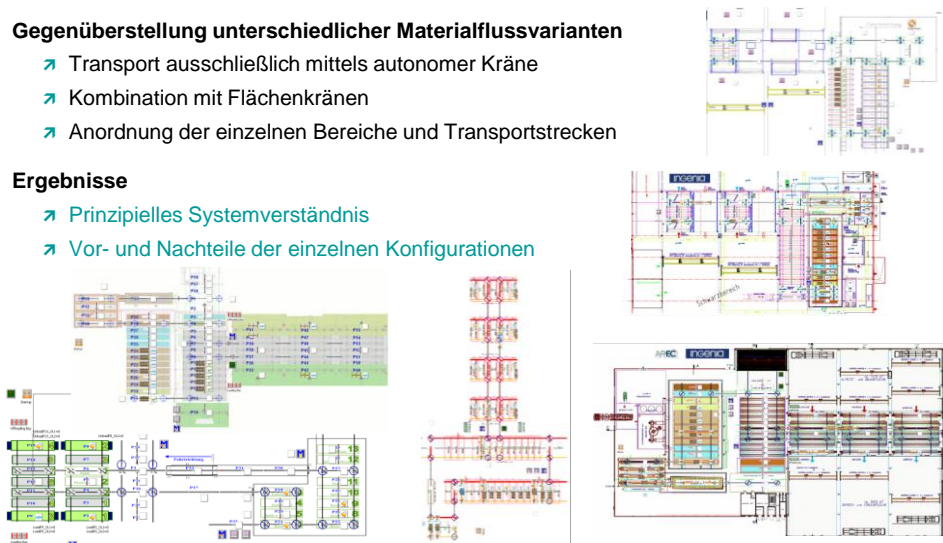
---

**Gegenüberstellung unterschiedlicher Materialflussvarianten**

- Transport ausschließlich mittels autonomer Kräne
- Kombination mit Flächenkränen
- Anordnung der einzelnen Bereiche und Transportstrecken

**Ergebnisse**

- Prinzipielles Systemverständnis
- Vor- und Nachteile der einzelnen Konfigurationen



Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 21  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

## Evolutionstufe 2:

### Dimensionierung / Entwicklung der Steuerungsstrategien



---

**Ziel**

- Finden der „optimalen“ Konfiguration zur Erfüllung der Kundenspezifikationen

**Dimensionierung**

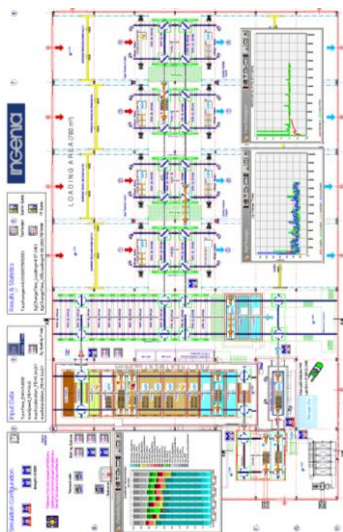
- Anzahl der Becken und Transporteinheiten
- Fahrgeschwindigkeiten, Hub-/Senkzeiten
- Verfahrenstechnische Parameter, Prozesszeiten

**Entwicklung und Optimierung der Steuerungsstrategien**

- Routenplanung
- Zwischenpufferung und Sequenzbildung
- Ein-/Ausklinken im Prozessbereich


**Ergebnis: Virtueller Leistungstest**

- Nachweis der Systemleistung gegenüber dem Kunden am Simulationsmodell

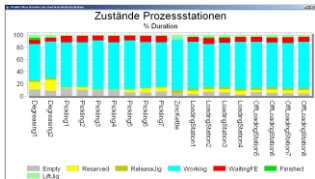


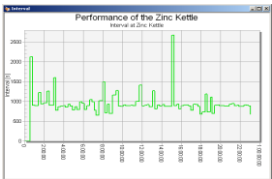
Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 22  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

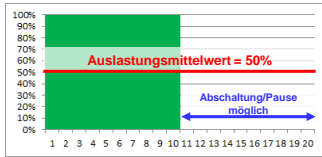
Version 1.0 | 15.05.2014

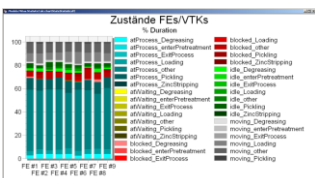


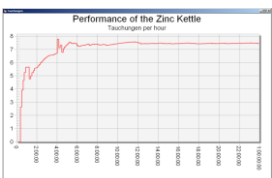
## Leistungsnachweis durch Zustandsauswertungen, Zeitreihen und Kennzahlen

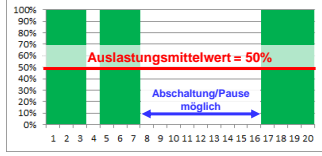


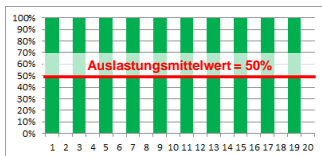













**Vorteil**

- Die Ablaufsimulation bildet die Systemdynamik nach und berücksichtigt Wechselwirkungen und Stochastik
- Vermeidung der „Mittelwertfalle“

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 23  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler
Version 1.0 | 15.05.2014



## Evolutionsstufe 3: Umsetzung der Strategien in der Leit- und Steuerungssoftware

**Traditionelle Vorgehensweise: Erprobung am Realsystem**



**Nachteile**

- Hoher Aufwand durch doppelte Implementierung der Steuerungsstrategien in Modell und Leitsystem
- Fehleranfällig durch erforderlichen Wissenstransfer
- Steuerungssoftware kann erst an der realen Anlage vollständig getestet werden.

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 24  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler
Version 1.0 | 15.05.2014

## Evolutionstufe 4:

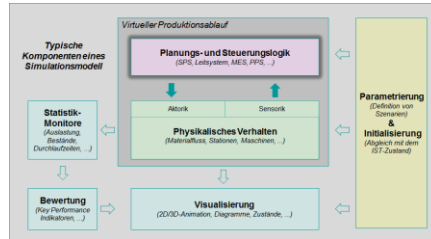
### Virtuelle Inbetriebnahme Leitsystem / Soft-Commissioning®



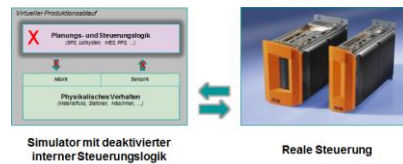
#### Ankopplung des realen Leitsystems and das Simulationsmodell

- Simulationsmodell fungiert als Emulation der realen Anlage und wird vollständig vom Leitsystem (MES) kontrolliert.
- Die Kopplung fungiert über ein TCP/IP basiertem Protokoll
- Eine Zeitsynchronisation ist nicht erforderlich, da das Steuerungssystem ausschließlich zustandsbasiert agiert.
- Lösung funktioniert sowohl für reale Steuerungen wie auch für Soft SPS.
- System wird genutzt, um Deadlock-Situationen der Routing-Algorithmen für die autonomen Deckenkräne zu erkennen wie auch um die Systemleistung zu optimieren.

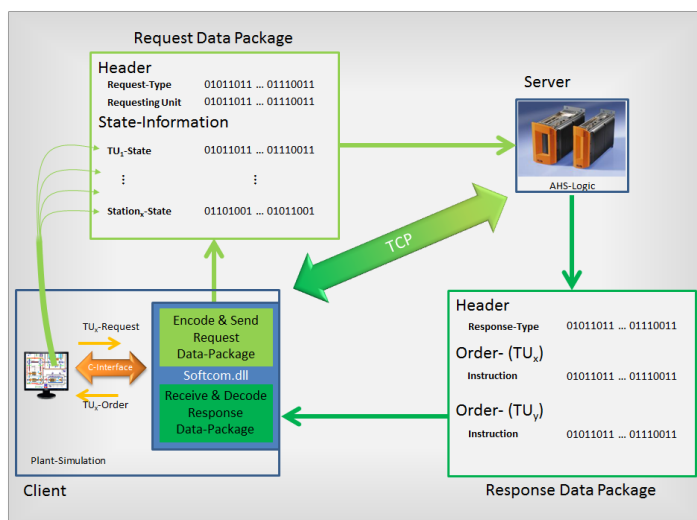
Planungs- und Steuerlogiken sind die zentralen Komponenten eines Simulationsmodells.



Um das reale Steuerungs-/Leitsystem zu testen, wird die interne Logik durch das reale Leitsystem ersetzt.



## Virtuelle Inbetriebnahme - Technische Realisierung







## Virtuelle Inbetriebnahme - Ergebnisse

### Lösungsansatz

- Deaktivieren der Steuerungslogik im Simulationsmodell
- Ersetzen der Logik durch Interface zu realem Leitsystem
- Kommunikation erfolgt über TCP/IP (LAN/WLAN)
- Steuerung des nunmehr als Emulation agierenden Simulationsmodells



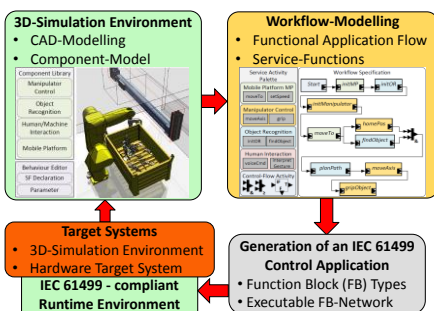
### Ergebnisse

- Großteil der Funktionalität kann im Büro getestet werden
- Reduzierung der Inbetriebnahmezeiten vor Ort von 4-5 auf 1-2 Wochen
- Möglichkeit, Testszenarien zu erproben, welche an der realen Anlage nicht möglich sind
- Kein Stillstand der realen Anlage bei neuen Tests

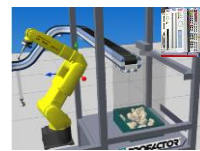


Simulator: Siemens Tecnomatix Plant Simulation, Steuerung: Bernecker & Rainer Industrie-PC, B&R-Soft SPS; Leitsystem: Eigenentwicklung AREC

## Evolutionsstufe 5: Modellbasierte Steuerungsentwicklung




www.fordiac.org



### Lösungsansatz / Innovation

- Integration von Simulator und Steuerungsumgebung
- Keine Portierung: gleicher Code für Simulation und Realsystem
- IEC 61499: offene Architektur für verteilte Prozess-, Mess- und Steuerungssysteme; plattformunabhängige Applikationsentwicklung; Verteilung von Steuerungszintelligenz; Dynamische Rekonfiguration

## Evolutionstufe 6: Bestehende Systeme optimal betreiben



---

**Systemplanung und Errichtung**

Konzeptio-  
nierung

Planung

Engi-  
neering

...

Inbetrieb-  
nahme

SOP

**Umfangreiche Freiheiten während der Planung**  
Vor der Errichtung eines Produktionssystems stehen im Prinzip alle Möglichkeiten zur Optimierung offen:

- Auswahl von Konzepten und Strategien
- Festlegen von Standorten
- Layoutplanung
- Auswahl und Dimensionieren von Anlagen

Optimale Auslegung

**Operativer Produktionsbetrieb**

Produktionsplanung  
& -steuerung

Erweiterungen  
& Anpassungen

Varianten-  
management

**Eingeschränkte Möglichkeiten im Betrieb**  
Nach der Errichtung beschränken sich die Möglichkeiten zumeist auf Planungs- und Steuerungsfunktionen:


- Erstellen optimierter Produktionspläne
- Festlegen geeigneter Losgrößen
- Dynamische Ressourcenzuordnung
- Optimierte Bestandsführung
- Optimiertes Störfallmanagement

Optimierte  
Produktionsplanung & -steuerung

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 29  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

## Einsatz der Modelle in Planung und operativen Produktionsbetrieb



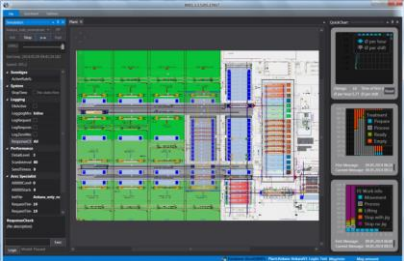
---

**Lösungsansatz**

- Kombination von Simulation, virtueller Inbetriebnahme und Capture Replay
- Initialisierung der Modelle mit Realdaten

**Innovation**

- Zentrale Konfiguration für Modell, Leitsystem und Prozessvisualisierung
- Replay von Vergangenheitsdaten








Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 30  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014



## Auftragsreihenfolgeplanung & Produktionssteuerung

---

**Zielsetzung**

- Finde jene Auftragsreihenfolgen, welche die bestmögliche „Anlagenleistung“ erbringen

**Eingriffsmöglichkeiten**

- Reihenfolge vor dem Aufhängen
- Umreihen im Zwischenpuffer
- Umreihen im Prozessbereich

**Zwei Szenarien**

- Großserienfertiger (Aufträge bekannt)
- Lohnfertiger (Aufträge unbekannt)

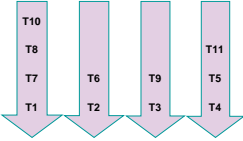
**Komplexitätsabschätzung**

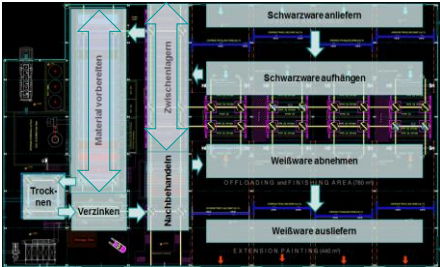
- bei 100 Aufträge pro Tag mehr als 100! =  $9 \cdot 10^{157}$  mögliche Sequenzen

Auftragspool aus ERP-System

T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 ...


Optimale Traversen-  
Sequenzen für die einzelnen  
Aufhängestationen





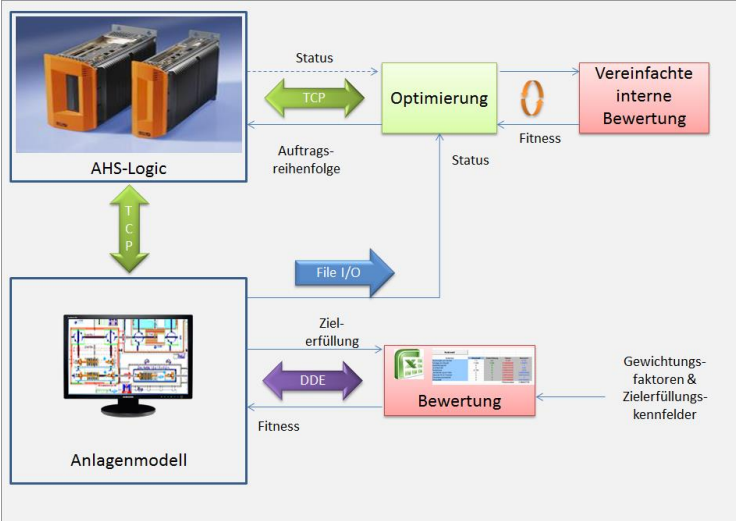
Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 31  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014



## Technische Realisierung

---



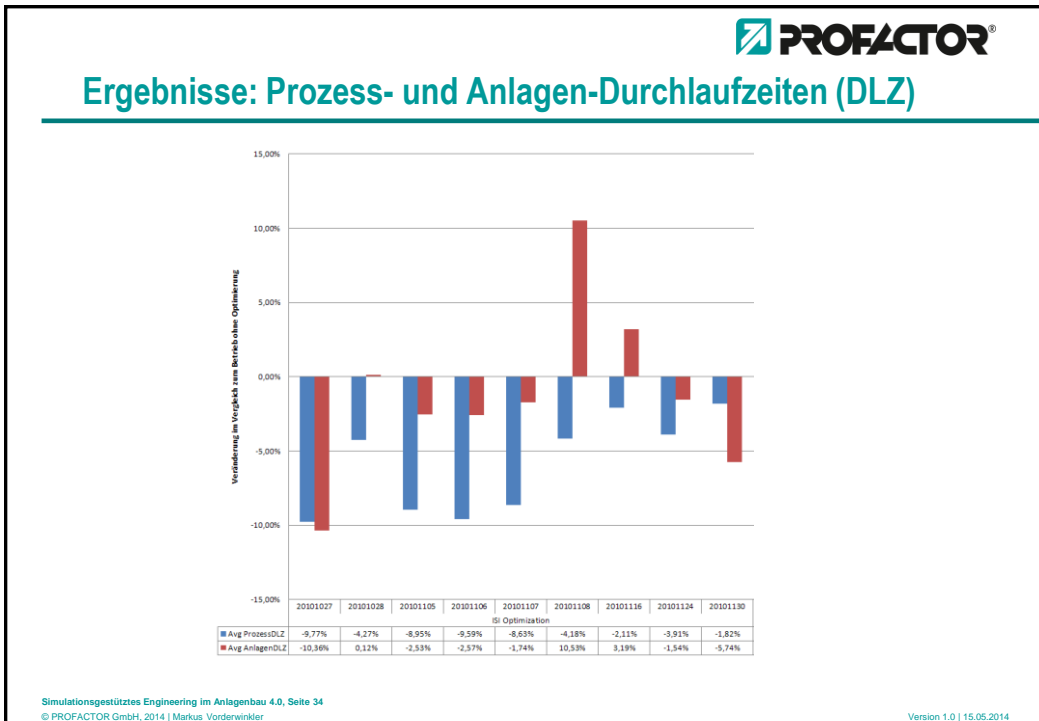
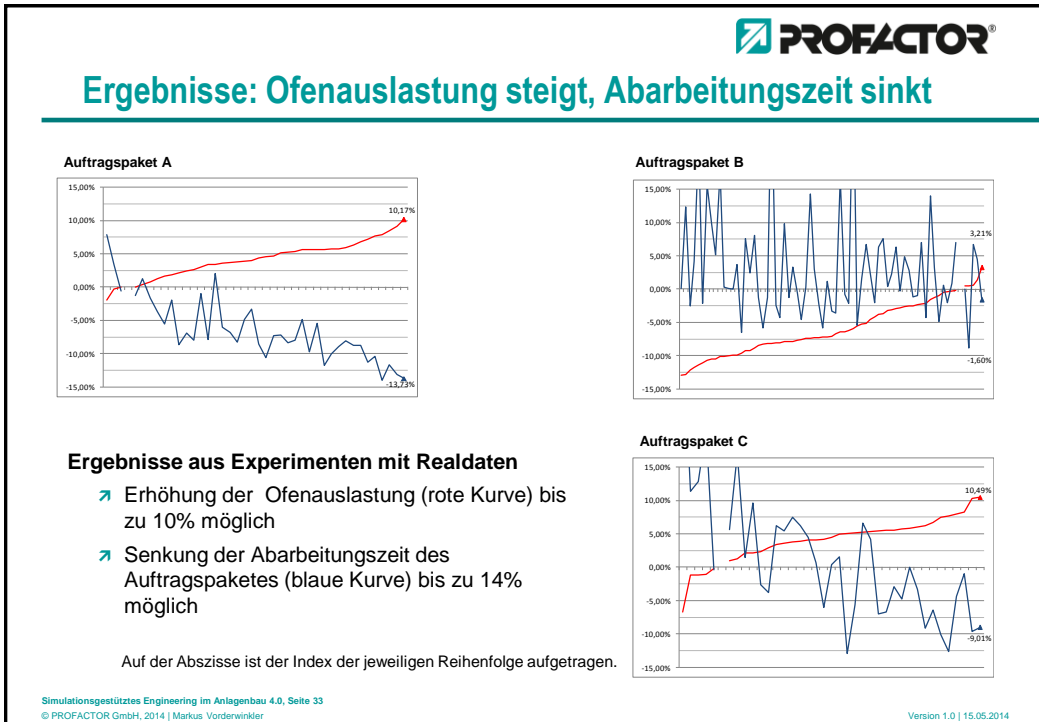
The diagram illustrates the technical realization process. It features several interconnected components:

- AHS-Logic** (top left) and **Anlagensmodell** (bottom left) are connected via a bidirectional **TCP** interface.
- Anlagensmodell** sends **Ziel-erfüllung** (goal fulfillment) to the **Bewertung** (evaluation) module.
- Bewertung** sends **Fitness** back to **Anlagensmodell** and also provides **Gewichtungs-faktoren & Zielerfüllungs-kennfelder** (weighting factors and goal fulfillment characteristics).
- Anlagensmodell** sends **Status** to the **Optimierung** (optimization) module.
- Optimierung** sends **Auftrags-reihenfolge** (order sequence) back to **AHS-Logic** via **TCP**.
- Optimierung** sends **Status** to the **Vereinfachte interne Bewertung** (simplified internal evaluation) module.
- Vereinfachte interne Bewertung** sends **Fitness** back to **Optimierung**.
- Optimierung** interacts with **Bewertung** via **File I/O**.

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 32  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014







## Ganzheitliche Sichtweise und nachhaltiges Bewerten


---

**Zusammenführung**  
**ökonomischer,**  
**ökologischer und**  
**arbeitspsychologischer**  
**Kennzahlen**  
**zum Auflösen von Zielkonflikten**



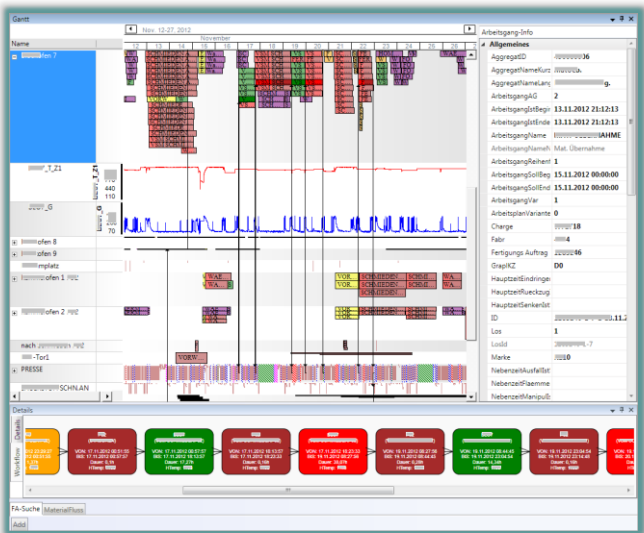
Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 35  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

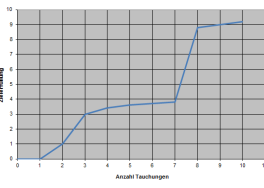


## Bewertung und intuitive Visualisierung der Kennzahlen

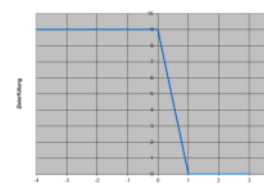
---



ZF Tauchungen pro Stunde



Termintreue



Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 36  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014



## Zukunftsthemen (Evolutionsstufen 7++)

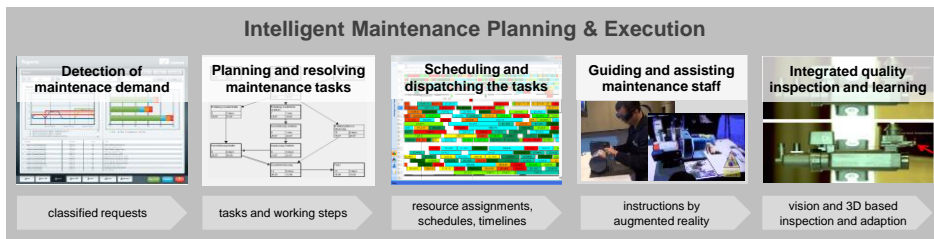
# Intelligente Wartungsplanung Dezentrale, selbstorganisierende Produktionssteuerung

Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 37  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014

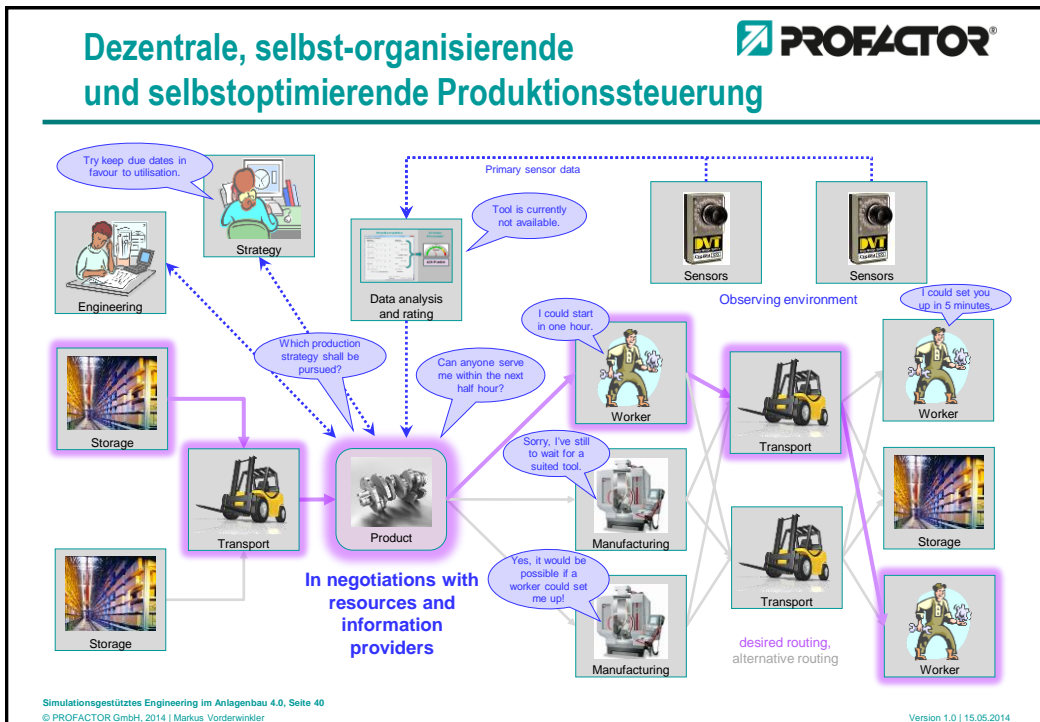


## Systemgestützte Planung und Ausführung von Wartung



Simulationsgestütztes Engineering im Anlagenbau 4.0, Seite 38  
© PROFACTOR GmbH, 2014 | Markus Vorderwinkler

Version 1.0 | 15.05.2014



## Das Resümee

---

**Die Erkenntnis:  
Wir beschäftigen uns bereits seit Jahren  
mit Themen der Industrie 4.0!**

***... und trotzdem gibt noch ausreichend weiße  
Flecken auf dem Weg zur simulationsgestützten  
Smart Production :-)***

## Einige ToDos ...

---

### aus der Sicht der Ablaufsimulation

- Etablierung relevanter branchenübergreifender Standards für Prozessbeschreibungen und Modellierung
- Austauschbare und konvertierbare Simulationsmodelle
- Schnittstellen zu SCADA und HMI-Systemen
- Werkzeuge für die verteilte, dezentrale Simulation
- Durchgängige, modellgetriebene Systementwicklung (Model Driven Design)
- Hardwarekomponenten werden mit standardisierten Modellen ausgeliefert
- Verstärkte Integration mit Verfahren der künstlichen Intelligenz
- Bewusstsein für den Wert von Simulationsmodellen steigern
- ...



**PROFACTOR®**

## Vielen Dank für Ihre Interesse!

**Dr. Markus Vorderwinkler**  
Simulationsgestützte Planung & Optimierung

PROFACTOR GmbH  
Im Stadtgut A2 | 4407 Steyr-Gleink | Austria  
Tel. +43 (7252) 885-350 | Fax +43 (7252) 885-101  
markus.vorderwinkler@profactor.at  
www.profactor.at

[WWW.PROFACTOR.AT](http://WWW.PROFACTOR.AT)