

VIRTUELLE INBETRIEBNAHME

METHODEN – VORGEHENSWEISE – NUTZEN



WHITEPAPER

INHALTSVERZEICHNIS

1. ALLGEMEINES.....	4
1.1 Was ist Virtuelle Inbetriebnahme?.....	4
1.2 Nutzenbetrachtung: Warum VIBN ein Gamechanger ist.....	5
1.3 Modellgenerierung und der Einsatz von KI.....	5
1.4 Tipps zur Auswahl von VIBN-Lösungen.....	5
2. HERAUSFORDERUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU	6
2.1 Komplexität der Projekte.....	6
2.2 Globalisierung und Wettbewerb	6
2.3 Digitalisierung und Industrie 4.0	6
2.4 Fachkräftemangel.....	6
2.5 Nachhaltigkeit und gesetzliche Vorgaben.....	6
2.6 Kostendruck und Wirtschaftlichkeit.....	6
2.7 Flexibilität und kürzere Lieferzeiten	7
2.8 Zunehmende Bedeutung der virtuellen Inbetriebnahme	7
2.9 Veränderung des Engineering-Prozesses.....	7
2.10 Verlagerung von Prozessen in die digitale Welt.....	8
2.11 Höhere Qualität und Fehlerreduktion.....	8
2.12 Veränderung der Zusammenarbeit.....	8
2.13 Einsatz moderner Technologien	8
2.14 Iterativer Entwicklungsansatz.....	8
2.15 Verschmelzung von Entwicklung und Betrieb.....	9
2.16 Wirtschaftliche und strategische Veränderungen	9
3. EINSATZBEREICHE UND ZIELSETZUNG.....	10
3.1 Typische Einsatzszenarien einer Anlagensimulation	10
4. ZIELSETZUNG UND NUTZEN EINER VIBN-LÖSUNG	11
4.1 Erklärung der Zehnerregel.....	11
4.2 Warum steigen die Kosten?	12
4.3 Nutzen der VIBN.....	12
4.4 Kosteneinsparungen	13
4.5 Beschleunigung der Markteinführung	13
4.6 Höhere Qualität und Zuverlässigkeit	13
4.7 Risikominimierung	13
4.8 Flexibilität und Skalierbarkeit	13
4.9 Wettbewerbsvorteil	13
4.10 Bessere Zusammenarbeit und Kommunikation.....	14
4.11 Langfristige Kosten- und Effizienzvorteile	14
4.12 Nachhaltigkeit und Umweltschutz	14
4.13 Grenzen der VIBN	14
5. GENERIERUNG DES MODELLS	15

INHALTSVERZEICHNIS

6. CAD-DATEN ALS GRUNDLAGE ZUR MODELLERSTELLUNG	16
6.1 Hilfreiche Informationen zur Modellerstellung.....	16
6.2 Datenquellen und Informationen für die Modellerstellung	16
6.3 CAD-Daten	17
6.4 Nutzung einer API	17
6.3.1 Steuerungstechnische Daten	17
6.3.2 Weitere Informationsquellen.....	17
6.5 Verhaltensmodelle und die drei Säulen des Digitalen Zwillings	18
6.6 Aufgabe des Verhaltensmodells	19
6.7 Unabhängige Beschreibungssprache für Verhaltensmodelle.....	19
6.8 Medienbrüche im Engineering-Prozess	19
6.9 Neutrales Datenformat AML.....	20
6.10 Asset Administration Shell (AAS) als zentraler Baustein	20
7. HARDWARE: SIMULATIONSARTEN IM ÜBERBLICK	21
7.1 Model-in-the-loop (MIL).....	21
7.2 Software-in-the-loop (SIL)	21
7.3 Hardware-in-the-loop (HIL)	21
7.4 Beispiel einer SIL- und HIL-Kopplung.....	21
8. VORGEHEN BEI MODELLERSTELLUNG UND VIBN	22
8.1 Nutzung von KI in der Modellerstellung.....	23
8.2 Automatische Generierung von Modellen	23
8.3 Simulation und Verhaltensmodellierung	23
8.4 Optimierung von Fertigungsprozessen	23
8.5 Fehlererkennung und Qualitätskontrolle.....	24
8.6 Erstellung von digitalen Zwillingen.....	24
8.7 Ergonomie und Benutzerinteraktion.....	24
8.8 Vorausschauende Wartung und Simulation von Störungen	24
9. PROJEKTPHASEN EINER VIBN-EINFÜHRUNG.....	25
9.1 Systematik Auswahlverfahren	26
9.2 Empfehlung zur Auswahl einer Softwarelösung für die VIBN	26
9.3 Projektphasen.....	28
9.4 Projektbeteiligte	29
10. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG	30
10.1 Kennzahlen.....	30
10.2 Ökonomische Grundgrößen	31
11. WEITERFÜHRENDE LITERATUR.....	33
12. DER AUTOR.....	33
13. IHR ANSPRECHPARTNER.....	33

1. ALLGEMEINES

Die industrielle Produktion steht vor einem neuen Zeitalter: Digitalisierung, Vernetzung und Automatisierung prägen die modernen Produktionslandschaften. Gerade im Maschinen- und Anlagenbau werden die Anforderungen immer komplexer.

Steigende Kundenerwartungen nach Individualisierung, kürzeren Lieferzeiten und absoluter Zuverlässigkeit, gepaart mit zunehmendem globalen Wettbewerb und wachsenden technologischen Herausforderungen, stel-

len die Unternehmen vor immensen Aufgaben.

Viele Herausforderungen, sind eng mit der Transformation der Automobil- und Fahrzeugindustrie hin zur Elektromobilität verbunden. Diese Veränderungen betreffen nicht nur die Produkte selbst, sondern auch die gesamten Wertschöpfungsketten und Produktionsprozesse.

Der Übergang zur Elektromobilität erfordert nicht nur neue Technologien, sondern auch eine

stärkere Digitalisierung der Produktion. Die Produktion von Elektrofahrzeugen erfordert hochautomatisierte, flexible und digital vernetzte Fabriken. Maschinenbauer müssen entsprechende Technologien anbieten können, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Die Entwicklung und Einführung neuer Fertigungslinien werden zunehmend digital simuliert, bevor physische Maschinen gebaut werden. Unternehmen, die diese Technologien beherrschen, können ihre Position stärken.

1.1 WAS IST VIRTUELLE INBETRIEBNAHME?

Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) ist die digitale Simulation und Validierung von Maschinen, Anlagen oder Produktionssystemen, bevor diese physisch installiert oder in Betrieb genommen werden. Dabei wird ein virtueller Zwilling des Systems erstellt, der die mechanischen, elektrischen und softwaretechnischen Funktionen realitätsnah abbildet.

In der VIBN können Steuerungsprogramme, Bewegungsabläufe, Sicherheitskonzepte und Schnittstellen getestet werden, ohne dass eine reale Maschine vorhanden ist. Dadurch können Fehler frühzeitig erkannt, Entwicklungszeiten verkürzt und Kosten reduziert werden.

Kommunikationslücken und mangelnde Synchronisation zwischen der mechanischen Konstruktion, Steuerungstechnik und Softwareentwicklung führen häufig zu Verzögerungen, Nacharbeiten und hohen Kosten in der Inbetriebnahmephase. Hier zeigt sich besonders der Nutzen virtueller Technologien, die eine durchgängige digitale Arbeitsweise ermöglichen.



Die virtuelle Inbetriebnahme setzt genau an diesen Punkten an. Sie ermöglicht es, Entwicklungs-, Simulations- und Validierungsprozesse in die digitale Welt zu verlagern. Bereits in frühen Projektphasen können Maschinen und Anlagen in einer virtuellen Umgebung getestet und optimiert werden.

Zentrale Einsatzgebiete der VIBN sind unter anderem die Simulation von Steuerungsprogrammen, die Kollisionsprüfung mechanischer Systeme, die Optimierung von Taktzeiten und Produktionsabläufen sowie die Schulung von Bedienpersonal.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind dabei so vielfältig wie

die Branchen, in denen sie zum Einsatz kommen – von der Automobilindustrie über den Sondermaschinenbau, Intralogistik, klassische Automatisierung bis hin zur Prozessindustrie.

Dieses Whitepaper beleuchtet, wie die Virtuelle Inbetriebnahme dazu beitragen kann, den Entwicklungs- und Inbetriebnahmeprozess im Maschinen- und Anlagenbau effizienter, flexibler und fehlerfreier zu gestalten.

Es bietet einen umfassenden Einblick in die aktuellen Herausforderungen der Branche, zeigt auf, wie VIBN als Lösungsansatz fungieren kann und gibt praktische Tipps zur Implementierung und Auswahl geeigneter Werkzeuge.

1. ALLGEMEINES

1.2 NUTZENBETRACHTUNG: WARUM VIBN EIN GAMECHANGER IST

Die Vorteile der VIBN liegen auf der Hand: Kostenreduktion, Fehlervermeidung und Zeitersparnis sind nur die offensichtlichsten. Darüber hinaus ermöglicht sie eine verbesserte interdisziplinäre Zusammenarbeit und eine höhere Flexibilität im Entwicklungsprozess. Fehler können bereits in der Planungsphase erkannt und behoben werden, was

teure Korrekturen in späteren Phasen vermeidet. Nicht zuletzt bietet VIBN auch strategische Vorteile: Unternehmen, die diese Technologie frühzeitig einsetzen, können sich einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil verschaffen, indem sie schneller auf Marktanforderungen reagieren und innovativere Produkte anbieten.

1.3 MODELLGENERIERUNG UND DER EINSATZ VON KI

Ein zentrales Element der VIBN ist die Erstellung präziser digitaler Modelle. Die Erstellung solcher Modelle kann jedoch eine zeitaufwändige und anspruchsvolle Aufgabe sein, insbesondere, wenn komplexe Systeme und Prozesse abgebildet werden sollen. Hier zeigt sich das Potenzial der Künstlichen Intelligenz (KI), die zunehmend in der Lage ist, diese Prozesse zu unterstützen.

KI-gestützte Algorithmen können aus vorhandenen Datenquellen – wie CAD-Dateien oder Steuerungsprogrammen – automatisch Modelle generieren.

Darüber hinaus helfen sie, in der virtuellen Simulation Optimierungspotenziale aufzudecken und Vorhersagen über mögliche Schwachstellen oder Engpässe zu treffen.

1.4 TIPPS ZUR AUSWAHL VON VIBN-LÖSUNGEN

Die Implementierung einer VIBN-Lösung ist kein Plug-and-Play-Prozess, sondern erfordert eine sorgfältige Planung und die Auswahl geeigneter Tools.

Unternehmen müssen nicht nur die technischen Anforderungen berücksichtigen, sondern auch die Kompatibilität mit bestehenden Systemen und Prozessen prüfen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Akzeptanz der neuen Technologie durch die Mitarbeitenden.

Dieses Whitepaper gibt konkrete Tipps und Hinweise, worauf bei der Auswahl einer VIBN-Lösung zu

achten ist, um eine reibungslose Implementierung und maximale Effizienz zu gewährleisten.

Ich möchte darauf hinweisen, dass dieses Whitepaper keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Die dargestellten Methoden, Vorgehensweisen und Nutzenbetrachtungen sollen als Leitfaden dienen, um Unternehmen einen ersten Überblick über die Potenziale der virtuellen Inbetriebnahme zu geben.

Jede Implementierung erfordert eine individuelle Betrachtung, die an die spezifischen Anforderungen und Rahmenbedingungen des jeweiligen Unternehmens angepasst werden muss.

EIN AUSBLICK

Die Virtuelle Inbetriebnahme ist kein bloßer Trend, sondern ein zentraler Bestandteil der digitalen Transformation in der Industrie. Sie wird die Art und Weise, wie Maschinen und Anlagen entwickelt, getestet und in Betrieb genommen werden, grundlegend verändern.

Unternehmen, die jetzt in diese Technologie investieren, legen den Grundstein für langfristigen Erfolg in einem zunehmend dynamischen und wettbewerbsorientierten Umfeld.

Dieses Whitepaper lädt Sie ein, tiefer in die Welt der Virtuellen Inbetriebnahme einzutauchen, von den aktuellen Herausforderungen bis hin zu den praktischen Lösungsansätzen, die diese Technologie bietet. Nutzen Sie die Erkenntnisse, um die Zukunft Ihres Unternehmens aktiv zu gestalten.

2. HERAUSFORDERUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Neben dem bereits vorher beschriebenen Herausforderungen im Maschinen- und Anlagenbau möchte ich im Folgenden die zentralen Herausforderungen näher beschreiben:

2.1 KOMPLEXITÄT DER PROJEKTE

Die Projekte im Maschinen- und Anlagenbau werden immer komplexer. Kunden erwarten maßgeschneiderte Lösungen, die spezifische Anforderungen erfüllen.

Dies führt zu einem steigenden Bedarf an interdisziplinärem Wissen, enger Zusammenarbeit zwischen

verschiedenen Abteilungen und der Integration von modernen Technologien wie Automatisierung, Robotik und IoT.

Die Entwicklung solcher Lösungen erfordert präzise Planung, ein hohes Maß an Ingenieurskunst und ein tiefes Verständnis für die Bedürfnisse der Kunden.

2.2 GLOBALISIERUNG UND WETTBEWERB

Die zunehmende Globalisierung hat den Wettbewerb im Maschinen- und Anlagenbau erheblich verschärft. Unternehmen müssen sich gegen internationale Wettbewerber behaupten, die oft mit niedrigeren

Kostenstrukturen operieren. Gleichzeitig steigt der Druck, neue Märkte zu erschließen und sich in einem globalen Geschäftsumfeld zu positionieren.

2.3 DIGITALISIERUNG UND INDUSTRIE 4.0

Die Digitalisierung hat den Maschinen- und Anlagenbau tiefgreifend verändert. Industrie 4.0 und die zunehmende Vernetzung von Maschinen und Anlagen stellen neue Anforderungen an Unternehmen. Die Integration von digitalen Technologien wie z.B.

virtuelle Zwillingen, ermöglichen es, Maschinen effizienter und intelligenter zu gestalten. Gleichzeitig sind erhebliche Investitionen in IT-Infrastrukturen, Software und Fachkräfte erforderlich, um mit dieser Entwicklung Schritt zu halten.

2.4 FACHKRÄFTEMANGEL

Der Mangel an qualifizierten Fachkräften stellt eine weitere Herausforderung dar. Ingenieure, IT-Spezialisten und Facharbeiter sind in vielen Regionen knapp. Dies erschwert nicht nur die Umsetzung von

Projekten, sondern auch die Entwicklung innovativer Technologien. Unternehmen müssen daher verstärkt in Ausbildung und Weiterbildung investieren, um ihre Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu sichern.

2.5 NACHHALTIGKEIT UND GESETZLICHE VORGABEN

Die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeit und Umweltschutz zwingt Maschinen- und Anlagenbauer, ihre Produkte und Prozesse umweltfreundlicher zu gestalten. Kunden fordern energieeffiziente Ma-

schinen, die den CO₂-Ausstoß reduzieren. Darüber hinaus nehmen gesetzliche Vorschriften im Bereich Nachhaltigkeit zu, was zusätzliche Anforderungen an die Entwicklung und Produktion stellt.

2.6 KOSTENDRUCK UND WIRTSCHAFTLICHKEIT

Der anhaltende Kostendruck zwingt Unternehmen dazu, ihre Prozesse und Produkte kontinuierlich zu optimieren. Die Herausforderung besteht darin, innovative Technologien und maßgeschneiderte Lösungen anzubieten, ohne die Wirtschaftlichkeit aus

den Augen zu verlieren. Dies erfordert effiziente Entwicklungsprozesse, eine enge Zusammenarbeit mit Lieferanten und Kunden sowie die Implementierung moderner Methoden wie der virtuellen Inbetriebnahme (VIBN), um Zeit und Kosten zu sparen.

2. HERAUSFORDERUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

2.7 FLEXIBILITÄT UND KÜRZERE LIEFERZEITEN

Kunden erwarten heute eine hohe Flexibilität und deutlich kürzere Lieferzeiten. Maschinen- und Anlagenbauer müssen ihre Produktions- und Entwicklungsprozesse entsprechend anpassen. Agile

Methoden, modulare Konstruktionen und digitale Simulationen spielen hierbei eine entscheidende Rolle, um den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden.

2.8 ZUNEHMENDE BEDEUTUNG DER VIRTUELLEN INBETRIEBNAHME

Aus den oben genannten Gründen gewinnt die „Virtuelle Inbetriebnahme“ (VIBN) zunehmend an Bedeutung.

Bei der virtuellen Inbetriebnahme wird vor der realen Montage und Inbetriebnahme durch Import der Konstruktionsdaten ein sogenannter „digitaler Zwilling“ der Anlage erstellt.

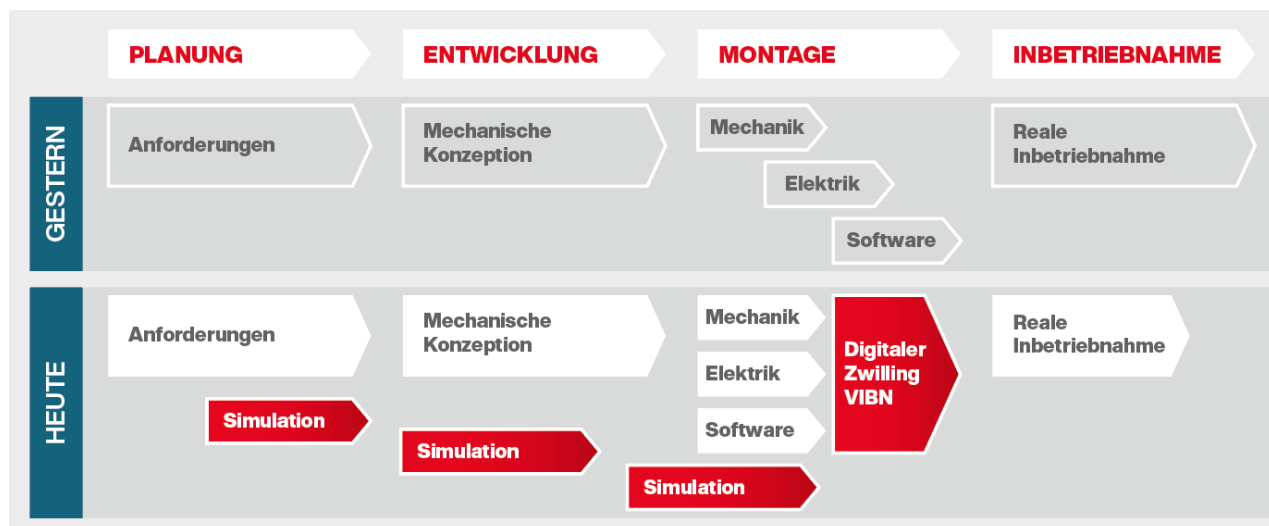
Dabei kommen spezielle Softwarelösungen zum Einsatz, die es ermöglichen, alle vorhandenen Daten auf das virtuelle Modell zu übertragen und so das Verhalten der geplanten Anlage zu simulieren.

Mit der Erstellung des virtuellen Anlagenmodells kann bereits in einer frühen Engineering-Phase begonnen werden.

2.9 VERÄNDERUNG DES ENGINEERING-PROZESSES

Der Engineering-Prozess wird durch die virtuelle Inbetriebnahme digitaler, schneller und agiler. Die VIBN ermöglicht es, Entwicklungsphasen zu parallelisieren, frühzeitig Fehler zu erkennen und die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Disziplinen zu verbessern.

Für Unternehmen bedeutet dies nicht nur Effizienzgewinne, sondern auch eine höhere Produktqualität und eine verbesserte Marktposition. Der Prozess wandelt sich von einem sequentiell geprägten Workflow zu einer parallelen Bearbeitung im Engineering und spart so Zeit und Kosten.



In den meisten Unternehmen wird der sequentielle Engineering-Prozess praktiziert. Durch den Einsatz einer VIBN-Lösung wird die Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen intensiviert und optimiert. Für eine erfolgreiche Implementierung und Integration sind jedoch Veränderungen

in der Organisation des Engineering-Prozesses notwendig, die im Rahmen des Digitalisierungsprozesses umgesetzt werden müssen. Dieser Veränderungsprozess birgt eine Vielzahl an Vorteilen.

2. HERAUSFORDERUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

2.10 VERLAGERUNG VON PROZESSEN IN DIE DIGITALE WELT

FRÜHERES TESTEN UND VALIDIEREN:

Durch die VIBN werden viele Tests und Validierungen, die zuvor in der realen Welt stattgefunden haben, in die digitale Domäne verlagert. Das bedeutet, dass Steuerungslogik, Automatisierung und Prozessabläufe bereits in virtuellen Modellen überprüft werden können.

DIGITAL-FIRST-ANSATZ:

Der Engineeringprozess wird zunehmend von digitalen Zwillingen und virtuellen Modellen dominiert. Dies führt dazu, dass physische Prototypen und reale Tests erst in späteren Phasen benötigt werden, wenn digitale Tests abgeschlossen sind.

SIMULTANEOUS ENGINEERING:

Konstruktion, Steuerungsentwicklung und Softwaretests können parallel stattfinden, da die VIBN die Synchronisation unterschiedlicher Teams erleichtert. Zum Beispiel können Steuerungstechnik und Maschinenbau simultan arbeiten, ohne auf physische Maschinen warten zu müssen.

BESCHLEUNIGTE ENTWICKLUNGSZYKLEN:

Die Möglichkeit, mehrere Entwicklungsphasen gleichzeitig voranzutreiben, reduziert die Zeit von der Planung bis zur Markteinführung erheblich.

2.11 HÖHERE QUALITÄT UND FEHLERREDUKTION

FRÜHZEITIGE FEHLERERKENNUNG:

Durch die Simulation von Prozessen und Steuerungen in der virtuellen Umgebung können Fehler bereits in der Designphase entdeckt und behoben werden. Dies reduziert Nachbesserungen und Änderungen in späteren Phasen.

REALITÄTSNAHE TESTS:

Die VIBN ermöglicht es, Maschinen und Anlagen in realitätsnahen Szenarien zu testen, bevor sie physisch gebaut werden. Dies verbessert die Qualität des Endproduktes erheblich.

2.12 VERÄNDERUNG DER ZUSAMMENARBEIT

INTERDISZIPLINÄRE INTEGRATION:

Teams aus unterschiedlichen Bereichen – wie Konstruktion, Automatisierung, IT und Fertigung – arbeiten enger zusammen, da alle auf einheitliche digitale Modelle zugreifen können.

GLOBALE VERNETZUNG:

Die VIBN fördert die Zusammenarbeit über Standorte hinweg. Teams können weltweit auf dieselben Simulationsumgebungen zugreifen und gemeinsam an Projekten arbeiten.

2.13 EINSATZ MODERNER TECHNOLOGIEN

SIMULATION UND DIGITALE ZWILLINGE:

Der Engineering-Prozess wird durch den Einsatz von Digital Twins unterstützt, die nicht nur als virtuelles Abbild der Maschine dienen, sondern auch dynamisch mit Echtzeitdaten angereichert werden können.

AUTOMATISIERUNG UND KI:

Künstliche Intelligenz und Machine Learning werden vermehrt eingesetzt, um komplexe Simulationsmodelle zu erstellen, Prozesse zu optimieren und potenzielle Fehlerquellen automatisch zu identifizieren.

2.14 ITERATIVER ENTWICKLUNGSANSATZ

SCHNELLE ITERATIONEN:

Virtuelle Tests ermöglichen schnelle Anpassungen und Optimierungen, ohne dass physische Ressourcen betroffen sind. Änderungen am Design oder an der Steuerung können sofort implementiert und getestet werden.

AGILES ENGINEERING:

Die VIBN unterstützt agile Arbeitsweisen, da Tests und Verbesserungen in kurzen Zyklen durchgeführt werden können.

2. HERAUSFORDERUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

2.15 VERSCHMELZUNG VON ENTWICKLUNG UND BETRIEB

CLOSED-LOOP-ENGINEERING:

Durch die Integration der VIBN in den gesamten Lebenszyklus einer Anlage werden Rückmeldungen aus dem realen Betrieb direkt in den Entwicklungsprozess zurückgespielt. Dies verbessert zukünftige Iterationen und führt zu kontinuierlicher Optimierung.

LEBENSZYKLUSORIENTIERTE ENTWICKLUNG:

Der Fokus des Engineerings verlagert sich stärker auf den gesamten Lebenszyklus der Maschine, da virtuelle Modelle auch in der Betriebsphase genutzt werden können, z. B. für Wartung oder Prozessoptimierung.

2.16 WIRTSCHAFTLICHE UND STRATEGISCHE VERÄNDERUNGEN

WETTBEWERBSVORTEIL:

Unternehmen, die VIBN effektiv nutzen, können schneller auf Marktanforderungen reagieren und sich durch höhere Qualität und kürzere Entwicklungszeiten differenzieren.

KOSTENREDUKTION:

Durch die Reduzierung von physischen Prototypen und die Vermeidung von Fehlern sinken die Entwicklungs- und Produktionskosten erheblich.

3. EINSATZBEREICHE UND ZIELSETZUNG

Die Methoden der virtuellen Inbetriebnahme werden in nahezu allen Bereichen der Automatisierung eingesetzt. So finden sich Einsatzgebiete nicht nur in der allgemeinen Absicherung der SPS- und Roboterprogrammlogik, sondern auch in der Sicherstellung der Kollisionsfreiheit zwischen Robotern und der von einer SPS gesteuerten Mechanik.

Einige Anwendungsgebiete sind:

- **Maschinenbau**, um komplexe Produktionsmaschinen virtuell zu testen und zu optimieren, bevor sie physisch aufgebaut werden.
- **Anlagenbau** um komplexe Fertigungsszenarien mit SPS, Robotik etc. virtuell an einem Modell abzusichern.
- **Logistik und Fördertechnik** zur Simulation von Fördertechnikanlagen inklusive Leittechnik, Transportsysteme, Warehouse etc.
- **Prozessautomatisierung** zur Validierung von Steuerungstechnik ggf. auch dann, wenn noch keine Daten aus der mechanischen Konstruktion vorhanden sind.
- **Prozesstechnik** zur Steuerung und Überwachung von Prozessen.
- **Forschung und Entwicklung** zur Absicherung von Konzepten und Prototypen-Tests.
- Und viele weitere...

3.1 TYPISCHE EINSATZSZENARIEN EINER ANLAGENSIMULATION

- Virtuelle Inbetriebnahme
- Funktionsprüfungen
- Ableitung von Taktzeitaussagen
- Integration neuer Technologien
- Fehlerdiagnose und Debugging
- Prozessoptimierung
- Schulungsszenarien
- Regelungs- und Steuerungsstrategien testen
- Umrüstungen von bestehenden Anlagen
- Ergonomie-Betrachtungen
- Kollisionsprüfungen
- Machbarkeitsanalysen
- Logistik und Materialflussplanung
- HMI-Bedienkonzept-Prüfungen
- und noch viele weitere Anwendungen

Auch die Entwicklungen im Bereich der menschlichen Interaktion (Human Interaction) gewinnen in Simulationsprojekten zunehmend an Bedeutung. Hier wird z. B. in einer kompletten Anlagensimulation, in der z. B. auch Montage- oder manuelle Tätigkeiten durchgeführt werden, das Zusammenspiel von Automatisierung und menschlicher Interaktion getestet. Mit dem Einsatz von z. B. Datenhandschuhen in der virtuellen Umgebung ergeben sich weitere neue Einsatzmöglichkeiten.

4. ZIELSETZUNG UND NUTZEN EINER VIBN-LÖSUNG

Generell ist der Trend zu immer komplexeren Funktionsabläufen im Maschinen- und Anlagenbau zu beobachten. Das Testen und Optimieren der Steuerungssoftware im Vorfeld der Inbetriebnahme ist von großer Bedeutung. Ziel der VIBN ist es, Fehler frühzeitig zu erkennen und zu beheben oder anders ausgedrückt, das Zusammenspiel von Anlagenmechanik und Steuerungssoftware abzusichern. Das komplexe Zusammenspiel von Mechanik, Elektrik, speicherprogrammierbaren Steuerungen, Robotik und

vorhandenen Leitsystemen kann frühzeitig betrachtet, analysiert und optimiert werden. So wird die Anlagensoftware bereits vor der eigentlichen Inbetriebnahme getestet.

Dabei ist es besonders wichtig, Fehler möglichst in einem frühen Entwicklungsstadium zu erkennen und zu beseitigen. Darüber hinaus hat der Maschinen- und Anlagenbauer die Möglichkeit, die vom jeweiligen Kunden geforderten Funktionen und Taktzeiten frühzeitig zu testen und

ggf. zu optimieren, bevor die Anlage physisch vorhanden ist. Das Grundprinzip der Zehnerregel besagt, dass die **Kosten** zur Behebung eines Problems oder Fehlers in einem Produkt im Verlauf des Entwicklungsprozesses oder des Lebenszyklus exponentiell steigen. Wenn ein Problem in einer späteren Phase des Prozesses entdeckt wird (z. B. während der Produktion oder nach der Markteinführung), sind die Kosten, es zu beheben, etwa zehnmal so hoch wie in der vorherigen Phase.

4.1 ERKLÄRUNG DER ZEHNERREGEL

FRÜHE PHASEN DER ENTWICKLUNG (DESIGN UND PLANUNG):

In den frühen Phasen eines Projekts, insbesondere während der **Planung, Konzeption oder Entwicklung**, sind die Kosten zur Fehlerbehebung am niedrigsten.

Wenn ein Fehler in dieser Phase identifiziert wird, können Änderungen kostengünstig vorgenommen werden, da noch keine umfangreichen Ressourcen in die Umsetzung investiert wurden.

FERTIGUNGS- UND PRODUKTIONSPHASE:

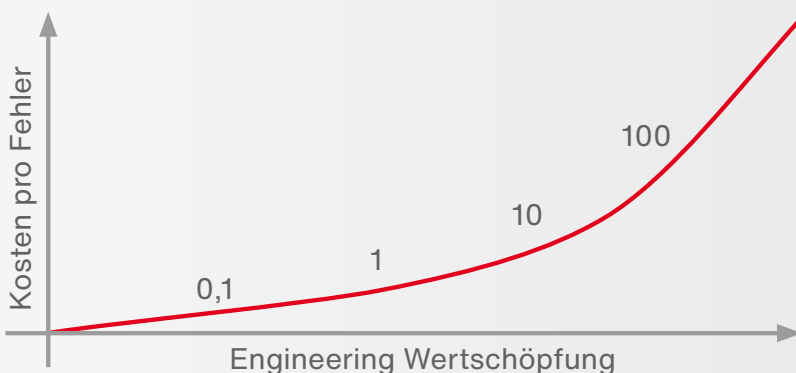
In der **Produktionsphase** steigen die Kosten noch weiter, wenn ein Fehler entdeckt wird. Es müssen möglicherweise Maschinen umgerüstet, zusätzliche Materialien beschafft und Arbeitsstunden investiert werden, um den Fehler zu korrigieren. Die Kosten können auch durch Verzögerungen und Produktionsausfälle steigen.

PROTOTYPEN- UND TESTPHASE:

Wenn ein Fehler erst in der **Prototypen- oder Testphase** entdeckt wird, steigen die Kosten erheblich an, da Änderungen nun mit dem Testaufbau oder dem ersten Prototyp verbunden sind. Hier müssen oft zusätzliche Tests durchgeführt oder ganze Prototypen umgebaut werden.

NACH DER MARKTEINFÜHRUNG UND SERVICEPHASE:

In der **Servicephase** nach der Markteinführung steigen die Kosten exponentiell. Hier können zusätzliche Kosten durch **Rückrufe, Kundendienst und Reparaturen** entstehen. Ein Fehler, der im Betrieb auftritt, kann das Vertrauen der Kunden in das Produkt beeinträchtigen, was zu **Rufschäden und erhöhten Supportkosten** führt.



An dieser Stelle sei auch auf die 10er-Regel der **Fehlerkosten** (rule of ten) verwiesen.

Diese sagt aus, dass sich die Fehlerkosten für einen nicht entdeckten Fehler bei jeder Stufe der Wertschöpfung, also von Projektabschnitt zu Projektabschnitt, um den Faktor 10 erhöhen.

4. ZIELSETZUNG UND NUTZEN EINER VIBN-LÖSUNG

4.2 WARUM STEIGEN DIE KOSTEN?

Die Gründe, warum die Kosten zur Behebung eines Fehlers mit jeder späteren Phase des Projekts exponentiell steigen, liegen in mehreren Faktoren:

- **Komplexität der Änderung/Anpassung:**

Je weiter das Produkt fortgeschritten ist, desto mehr Ressourcen, Zeit und Infrastruktur sind in den aktuellen Zustand investiert. Eine Änderung erfordert daher mehr Arbeit, um das bestehende System oder Design anzupassen.

- **Verpasste Chancen zur Fehleridentifikation:**

Fehler, die in frühen Phasen nicht entdeckt werden, entwickeln sich möglicherweise weiter, wodurch die Korrektur immer aufwändiger wird. In

der Fertigung oder nach der Markteinführung sind die Auswirkungen eines Fehlers oft viel umfangreicher.

- **Zusatz-Korrekturmaßnahmen:**

In späteren Phasen müssen oft zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, wie z. B. das Umschreiben von Software, das Anpassen von Produktionsprozessen oder das Implementieren von Rückrufaktionen. Diese Maßnahmen verursachen zusätzliche direkte und indirekte Kosten.

4.3 NUTZEN DER VIBN

Der Nutzen einer virtuellen Inbetriebnahme muss für jedes Unternehmen individuell betrachtet werden.

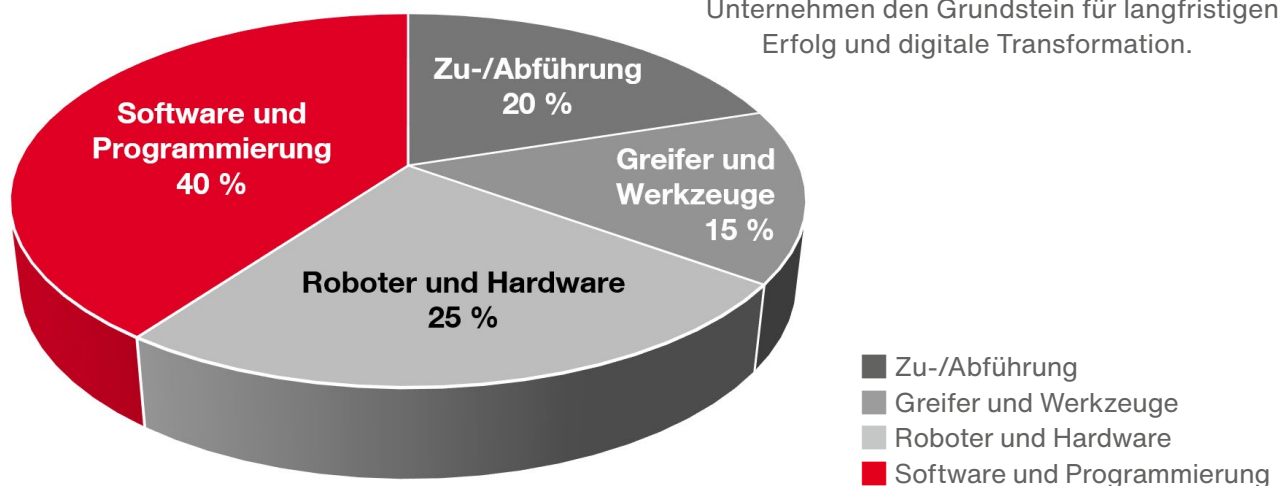
Vor dem Hintergrund der Kostentreiber in einem Projekt kann eine Bewertung des Nutzens einer VIBN vorgenommen werden. Dies muss jedoch im Kontext der jeweiligen Projekte betrachtet werden. Eines der Hauptprobleme z. B. im Maschinen- und Anlagenbau ist die Fehlerbehebung in der Steuerungssoftware. Hier werden bis zu 60 Prozent der Inbetriebnahmezeit für solche Korrekturen aufgewendet, die in der Regel erst nach vollständiger Montage der Anlage durchgeführt werden können.

Ein Beispiel aus der Robotik zeigt, dass die Systemintegration, also die Software und deren Pro-

grammierung, mit 40 Prozent der Kostentreiber bei einem Projekt ist. Hier macht es Sinn, zunächst die Wertschöpfungskette im Unternehmen zu betrachten und Kostentreiber zu identifizieren. Eine Reduzierung der Inbetriebnahme-Zeiten um 25 bis 30 Prozent hat bei einem großen Anlagenbauer in der Logistik eine andere Bewertung als bei einem Maschinenbauer mit einer kleinen Serienfertigung.

Die virtuelle Inbetriebnahme ist nicht nur eine technische Innovation, sondern ein strategisches Werkzeug zur Steigerung von Effizienz, Qualität und Wettbewerbsfähigkeit. Sie bietet klare wirtschaftliche Vorteile, reduziert Risiken und ermöglicht es, schneller und flexibler auf Marktanforderungen zu reagieren.

Durch die Investition in eine VIBN-Lösung legen Unternehmen den Grundstein für langfristigen Erfolg und digitale Transformation.



4. ZIELSETZUNG UND NUTZEN EINER VIBN-LÖSUNG

4.4 KOSTENEINSPARUNGEN

- **Reduktion der physischen Inbetriebnahmezeit:**
Durch frühzeitiges Testen und Validieren der Steuerungslogik und Mechanik in der Simulation können teure Verzögerungen bei der physischen Inbetriebnahme minimiert werden.
- **Weniger Fehler und/oder Nacharbeiten:**
Fehler werden frühzeitig im virtuellen Modell er-

kannt, bevor sie teure Anpassungen an der realen Anlage erfordern.

- **Optimierung der Ressourcennutzung:**
Mitarbeitende, Werkzeuge und Anlagen stehen schneller für andere Projekte zur Verfügung.

4.5 BESCHLEUNIGUNG DER MARKTEINFÜHRUNG

- **Zeitgewinn durch parallele Entwicklung:**
Mechanische Konstruktion, elektrische Planung und Softwareentwicklung können zeitgleich erfolgen, da alle Teams mit dem virtuellen Modell arbeiten können.

- **Verkürzte Anlaufzeiten:**
Die Produktionsanlage erreicht schneller ihre volle Kapazität, was zu einem früheren Return on Investment (ROI) führt.

4.6 HÖHERE QUALITÄT UND ZUVERLÄSSIGKEIT

- **Frühe Fehlererkennung:**
Probleme in der Steuerungslogik, Mechanik oder im Zusammenspiel verschiedener Komponenten können vor der physischen Umsetzung identifiziert und behoben werden.
- **Realitätsnahe Testszenarien:**
Die VIBN ermöglicht es, auch seltene oder ext-

reme Betriebsbedingungen zu simulieren, die im echten Betrieb schwer nachzustellen wären.

- **Optimierung der Prozesse:**
Durch iterative Simulationen lassen sich Prozesseffizienz und Produktivität maximieren.

4.7 RISIKOMINIMIERUNG

- **Vermeidung von Produktionsunterbrechungen:**
Da Tests in der virtuellen Umgebung durchgeführt werden, wird der laufende Betrieb nicht beeinträchtigt. Insbesondere bei Anlagenumbauten ist das von entscheidender Bedeutung.

- **Sicherheitsprüfungen:**
Risiken für Mitarbeitende und Anlagen werden minimiert, indem potenzielle Gefahren vorab in der Simulation untersucht werden.

4.8 FLEXIBILITÄT UND SKALIERBARKEIT

- **Schnelle Anpassungen:**
Änderungen oder Erweiterungen an der Anlage können unkompliziert in der Simulation umgesetzt und getestet werden.
- **Einführung neuer Technologien:**
Neue Maschinen, Robotik oder IoT-Komponenten

können problemlos in die bestehende Infrastruktur integriert werden.

- **Reaktionsfähigkeit:**
Kundenspezifische Anpassungen werden schneller umgesetzt, was die Wettbewerbsfähigkeit erhöht.

4.9 WETTBEWERBSVORTEIL

- **Innovationsführerschaft:**
Unternehmen, die VIBN nutzen, positionieren sich als Vorreiter in der Digitalisierung und modernen Produktionsmethoden.

- **Attraktivität als Arbeitgeber:**
Die Arbeit mit innovativen Technologien zieht qualifizierte Fachkräfte an und fördert die Mitarbeiterbindung.

4. ZIELSETZUNG UND NUTZEN EINER VIBN-LÖSUNG

4.10 BESSERE ZUSAMMENARBEIT UND KOMMUNIKATION

- **Abteilungsübergreifende Transparenz:**

Alle Projektbeteiligten arbeiten mit einem einheitlichen, virtuellen Modell, was Missverständnisse reduziert.

- **Effektive Entscheidungsfindung:**

Geschäftsführer und andere Entscheidungsträger

können komplexe Zusammenhänge dank Visualisierungen im virtuellen Modell besser verstehen.

- **Einfache Einbindung von Partnern und Kunden:**

Kunden können frühzeitig in den Entwicklungsprozess eingebunden werden, um Feedback zu geben oder Anforderungen zu spezifizieren.

4.11 LANGFRISTIGE KOSTEN- UND EFFIZIENZVORTEILE

- **Digitale Zwillinge:**

Die VIBN bildet die Grundlage für die Erstellung eines digitalen Zwillings, der während des gesamten Lebenszyklus einer Anlage zur Optimierung genutzt werden kann.

- **Schulung und Weiterbildung:**

Bediener und Wartungspersonal können in der vir-

tuellen Umgebung geschult werden, bevor die reale Anlage in Betrieb geht, was Schulungskosten senkt.

- **Optimierung des Anlagenbetriebs:**

Regelmäßige Simulationen helfen, die Effizienz und Auslastung der Anlage kontinuierlich zu verbessern.

4.12 NACHHALTIGKEIT UND UMWELTSCHUTZ

- **Reduzierter Materialeinsatz:**

Weniger Prototypen und physische Tests bedeuten weniger Materialverschwendung.

- **Energieeinsparungen:**

Optimierte Prozesse und reduzierte Anlaufzeiten verringern den Energieverbrauch.

- **Nachhaltigkeitsnachweis:**

Unternehmen, die nachhaltige Technologien wie die VIBN einsetzen, können dies aktiv in ihrem Marketing und bei Ausschreibungen nutzen.

4.13 GRENZEN DER VIBN

Die virtuelle Inbetriebnahme basiert auf der Verwendung von Simulationsmodellen, die das reale Verhalten der realen Anlage nachbilden.

Durch die Abstraktion der Realität kann die Simulation daher nur realitätsnahe Ergebnisse liefern.

Im Hinblick auf die Wahl der Modellierungstiefe sollte folgender Satz stets die **LEITLINIE** sein:



**SO GENAU WIE NOTIG –
SO IDEALISIERT WIE MÖGLICH!**



Dementsprechend beginnt man mit einem möglichst einfachen Modell bzw. einer möglichst geringen Modellierungstiefe. Erst wenn man feststellt, dass der geforderte Realitätsausschnitt nicht hinreichend genau beschrieben werden kann, erhöht man die Modellierungstiefe bzw. den Detaillierungsgrad.

Letztlich verbleiben auch bei einer virtuellen Inbetriebnahme Tätigkeiten, die nur vor Ort an der realen Anlage durchgeführt werden können und im Rahmen einer Simulation nur schwer umsetzbar sind.

5. GENERIERUNG DES MODELLS

Die zunehmende Komplexität der Engineering-Prozesse in den Unternehmen führt unter anderem zu einer großen und stetig wachsenden Anzahl von Softwarelösungen. Dabei stellt neben dem Umgang mit großen Datenmengen auch die häufig fehlende Datendurchgängigkeit der eingesetzten Systeme und Werkzeuge viele Unternehmen vor große Herausforderungen.

Die schiere Menge an Daten und Systemen führt häufig zu redundanten Datenbeständen

und unter Umständen zu einer Vielzahl nicht aktueller Informationen – u. a. weil Änderungen nicht korrekt eingepflegt wurden. Solche Informationsverluste und Medienbrüche erschweren auch die Modellerstellung für die virtuelle Inbetriebnahme und verursachen vermeidbare Kosten.

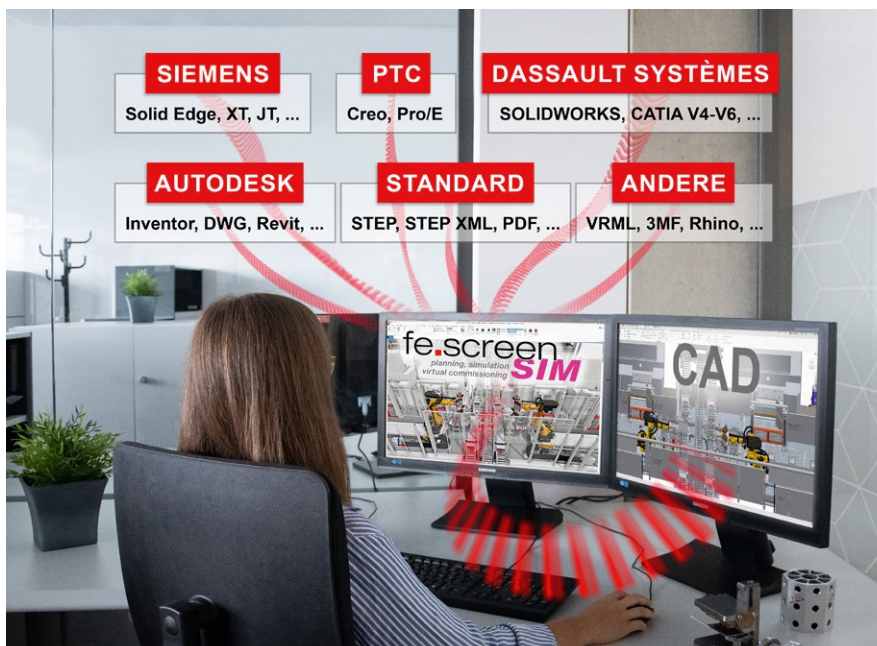
Dennoch ist es wichtig und sinnvoll, bei der Erstellung von digitalen Zwillingen auf bereits im Prozess vorhandenes Datenmaterial zurückzugreifen, da dies u. a. mit einer enormen Zeitersparnis verbunden ist. Die Möglichkeit, diese

Daten effizient für die Modellerstellung zu nutzen, hängt dabei maßgeblich vom Funktionsumfang des verwendeten Simulationswerkzeugs ab.

Problematisch wird es, wenn die Erstellung des Simulationsmodells länger dauert als der reale Entstehungsprozess. In diesem Fall sinkt der Nutzen eines VIBN. Das Modell kann jedoch später, z. B. bei Retrofit-Projekten, von großem Nutzen sein und eine schnelle Inbetriebnahme der Anlage ermöglichen.



6. CAD-DATEN ALS GRUNDLAGE ZUR MODELLERSTELLUNG



In der Regel bilden die Daten aus der mechanischen Konstruktion die Grundlage für den Modell-
aufbau. In diesem Fall werden die Daten aus dem CAD-System

in ein Format exportiert und der Simulationslösung zur Verfügung gestellt. Es sollte aber auch möglich sein, native CAD-Daten zu verarbeiten, um Datenverluste

durch die Konvertierung in ein Hilfsformat zu vermeiden.

Daten auf Basis der mechanischen Konstruktionsdaten zur Modellerstellung sollten jedoch nicht zwingend erforderlich sein, da oft erst in einer fortgeschrittenen Engineering-Phase brauchbare CAD-Daten zur Verfügung stehen.

In diesem Fall ist es wichtig, mit idealisierten Modellen zu arbeiten, um möglichst früh mit der Softwareentwicklung beginnen zu können. Dabei können auch andere Datenquellen als Grundlage für die Modellerstellung dienen. So muss es möglich sein, auch Datentöpfe wie Excel, Datenbanken, Visio-Layouts etc. für die Modellerstellung zu nutzen, um möglichst früh zu einem belastbaren Modell zu kommen.

6.1 HILFREICHE INFORMATIONEN ZUR MODELLERSTELLUNG

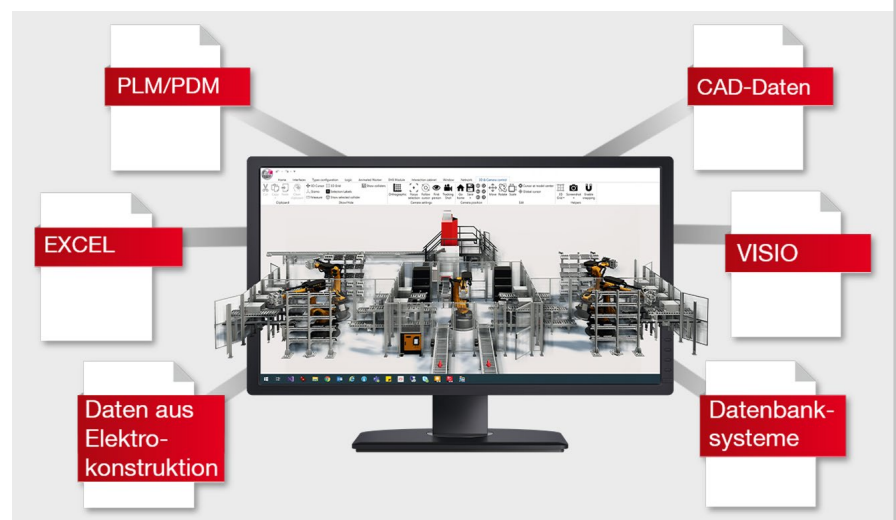
Ziel im Rahmen der Modellerstellung ist es, das Anlagenmodell möglichst automatisiert aus den vorhandenen Daten zu erstellen. Dies gelingt am besten, wenn

sich die Simulationslösung an die vorhandenen Datenstrukturen des Unternehmens anpassen und flexibel verschiedenste Datenquellen nutzen kann.

Dabei ist zu beachten, dass dieser Automatismus mit zunehmender Prozessoptimierung wachsen und sich etablieren muss.

6.2 DATENQUELLEN UND INFORMATIONEN FÜR DIE MODELLERSTELLUNG

Die VIBN-/Simulationslösung fe.screen-sim stellt dabei ein zentrales Werkzeug dar, das über eine Vielzahl offener Schnittstellen in der Lage ist, Daten aus unterschiedlichsten Quellen zu übernehmen und – soweit möglich – effizient für die automatisierte Erstellung von digitalen Zwillingen zu nutzen. Dazu gehören unter anderem Daten aus der Elektrokonstruktion sowie wie bereits erwähnt Daten aus der mechanischen Konstruktion.



6. CAD-DATEN ALS GRUNDLAGE ZUR MODELLERSTELLUNG

6.3 CAD-DATEN

- Daten aus CAD-Systemen in Form von 2D/3D-Daten.
- 3D-Modelle in einem lesbaren Format, wie JT, STEP, OBJ etc.
- Native Anbindung an gängige CAD-Systeme.
- Eventuell eigene idealisierte Modelle, wenn keine 3D-Daten zur Verfügung stehen.
- Roboter-Modelle der jeweiligen Hersteller.

6.3.1 STEUERUNGSTECHNISCHE DATEN

Definition der verwendeten I/Os

- Eplan.
- SPS-Projekt.
- Excel-Listen.

6.3.2 WEITERE INFORMATIONQUELLEN

Layouts/Technologieschema

- Viso.
- Excel.
- etc...

6.4 NUTZUNG EINER API

Hinsichtlich der Automatisierung der virtuellen Inbetriebnahme stellt auch eine Programmierschnittstelle (Application Programming Interface, kurz „API“), wie sie zum Beispiel „fe.screen-sim“ zur Verfügung stellt, einen wichtigen Faktor dar.

Die meisten im Engineering-Workflow verwendeten Programme verfügen heute über eine Makro-Schnittstelle, die einen Datenaustausch über die API er-

möglicht – und zwar nicht mittels Filetransfer, sondern über eine bidirektionale Kommunikation zwischen zwei verschiedenen Programmen. Durch die API können eigene Makros, Anwendungen, Tools sowie Informationen in die Simulationslösung eingebunden und Modelle automatisiert erstellt werden.

Neben der direkten makrobasier-ten Datenübernahme aus einem CAD-System in „fe.screen-sim“

lässt sich auch das Interface in Excel mittels VBA-Code einbin-den. Das ermöglicht die vollauto-matische Durchführung sich wiederholender Arbeitsschritte in der Simulation. Ist z. B. ein Be-zeichnungssystem etabliert, wel-ches die Herstellung eines Algo-rithmus zwischen mechanischer Konstruktion und Elektroplanung ermöglicht, können auch darauf basierend Modelle automatisiert erstellt werden.

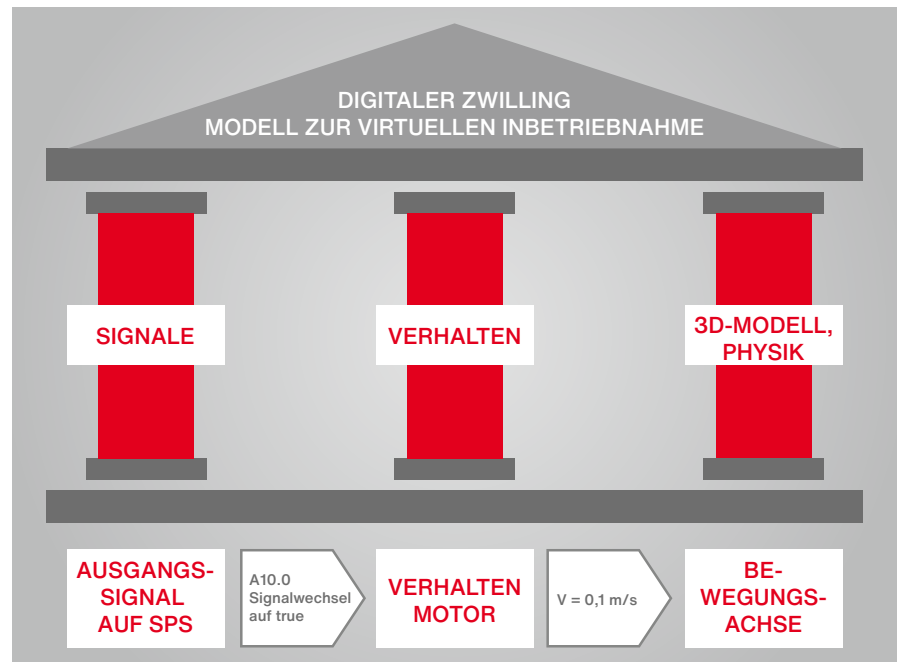
6. CAD-DATEN ALS GRUNDLAGE ZUR MODELLERSTELLUNG

6.5 VERHALTENSMODELLE UND DIE DREI SÄULEN DES DIGITALEN ZWILLINGS

Die am Markt befindlichen Simulationslösungen unterscheiden sich in vielen Bereichen erheblich voneinander, wie Daten innerhalb des digitalen Zwillings verarbeitet werden. Einen entscheidenden Unterschied im direkten Vergleich verschiedener Simulationstools stellt die Trennung zwischen Signalen, Verhaltensmodellen und der Visualisierung bzw. Physik dar.

Zur besseren Verdeutlichung wird nachfolgend der Sachverhalt im Hinblick auf die Unterschiede zwischen der realen Anlage und dem digitalen Zwilling anhand eines einfachen Beispiels näher erläutert:

In der Realität wird beispielsweise ein Motor durch einen Ausgang aus der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) angesteuert. Die Ansteuerung funktioniert im einfachsten Fall wie eine simple Schützschaltung. Der Motor



wiederum setzt z. B. ein Förderband für einen Materialtransport in Bewegung. In der virtuellen Umgebung sendet die SPS ebenfalls ein Ausgangssignal und die o. g. Schützschaltung wird in ei-

nem Verhaltensmodell definiert. Dieses Verhaltensmodell liefert dann ein Ausgangssignal mit einer aktuellen Geschwindigkeit für die im 3D-Modell dargestellte Förderstrecke.

Damit bringt die bei fe.screen-sim umgesetzte Aufteilung von Signalen, Verhaltensmodellen und der Visualisierung bzw. Physik in drei separate Bereiche eine Reihe entscheidender Vorteile mit sich:

- Eine Signalverarbeitung erfolgt einheitlich und unabhängig vom Quellsystem. Dadurch spielt es keine Rolle, von welchen Teilnehmern (SPS, Roboter, Datenbank, Subsysteme etc.) die Signale gelesen oder geschrieben werden. Die Kommunikationspartner können auch Signale untereinander problemlos austauschen.
- Ist beispielsweise keine 3D-Visualisierung zum Testen des SPS-Programms notwendig, muss diese auch nicht zwingend Verwendung finden. An dieser Stelle ist beispielsweise auch die Erstellung eines sehr stark vereinfachten (idealisierten) Modells in fe.screen-sim möglich. Somit trifft letztlich der Anwender selbst die Entscheidung, welcher Detaillierungsgrad – und damit welcher Erstellungs- und Zeitaufwand – für die Simulation notwendig und sinnvoll ist.
- Verhaltensmodelle lassen sich – unabhängig von physikalischen Eigenschaften – an beliebigen Stellen des Modells für Materialförderungen, Bewegungsachsen, Spannvorrichtungen etc. verwenden, womit der Aufwand für die Modellerstellung erheblich reduziert wird.

6. CAD-DATEN ALS GRUNDLAGE ZUR MODELLERSTELLUNG

6.6 AUFGABE DES VERHALTENSMODELLS

Das Verhaltensmodell hat die Aufgabe, das logische und zeitliche Verhalten der realen Betriebsmittel gegenüber den angeschlossenen Steuerungen zu simulieren. Die Modelle bestehen im Wesentlichen aus einzelnen Simulationsbausteinen der in der realen Anlage eingesetzten Komponenten wie z. B. Antriebe, Ventilinseln, Lesegeräte etc.

Die verwendeten Komponenten bzw. Betriebsmittel sind projektabhängig und müssen individuell betrachtet werden.

Die Simulationslösung sollte eine entsprechende Bibliothek mitbringen und auch die Möglichkeit bieten,

eigene Modelle zu erstellen, z. B. in einer effizienten Programmiersprache wie C# oder auch in FUP (Funktionsbaustein). An dieser Stelle wäre es wünschenswert, dass die Hersteller diese Verhaltensmodelle in einem unabhängigen Format zur Verfügung stellen, so dass diese dann herstellerunabhängig in der Simulationslösung verwendet werden können.

In diesem Zusammenhang ist es auch von Vorteil, wenn bereits vorhandene Bibliotheken, die zuvor in einer Simulationsumgebung erstellt wurden, z. B. über eine Schnittstelle in anderen Simulationslösungen in Form einer Co-Simulation anderweitig genutzt werden können.

6.7 UNABHÄNGIGE BESCHREIBUNGSSPRACHE FÜR VERHALTENSMODELLE

Gerade in Bezug auf Verhaltensmodelle wünschen sich Unternehmen eine unabhängige Beschreibungssprache, die es ermöglicht diese in unterschiedlichen Simulationslösungen verwenden zu können.

FMU (Functional Mock-up Units) und FMI (Functional Mock-up Interface) unterstützen die Erstellung von Verhaltensmodellen durch:

STANDARDISIERTE SCHNITTSTELLEN:

FMI ermöglicht den Austausch und die Integration von Modellen aus verschiedenen Tools, wodurch Verhaltensmodelle disziplinübergreifend kombiniert werden können.

INTEROPERABILITÄT:

FMU-Modelle lassen sich in verschiedene Simulationsumgebungen integrieren, was die Zusammenarbeit und Validierung erleichtert.

MODULARE WIEDERVERWENDBARKEIT:

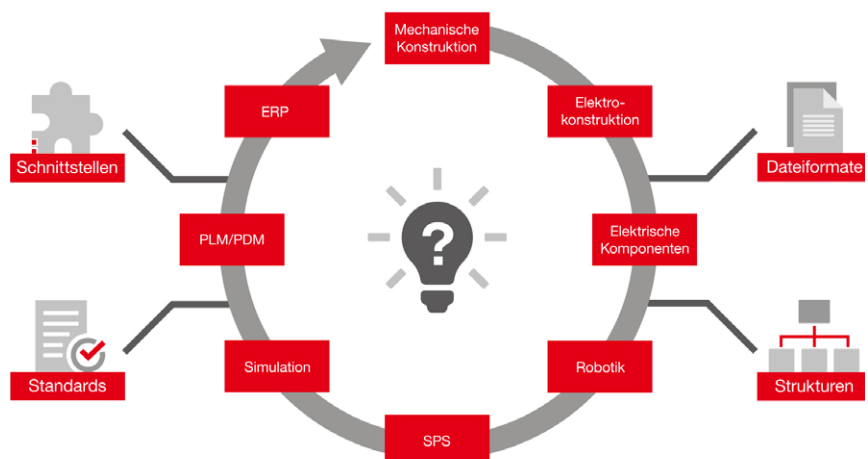
Mit FMUs können Verhaltensmodelle als eigenständige, austauschbare Bausteine erstellt und in unterschiedlichen Projekten genutzt werden.

EFFIZIENZ:

Modelle können iterativ getestet, erweitert und in der virtuellen Umgebung simuliert werden, ohne Abhängigkeit vom Ursprungssoftwaretool.

6.8 MEDIENBRÜCHE IM ENGINEERING-PROZESS

Die Vielzahl der beteiligten Werkzeuge im Engineering-Prozess verursachen hohe Kosten aufgrund fehlender Datenaustauschlösungen und der damit verbundenen Medienbrüche. Es existieren meist viele Schnittstellen der Systeme untereinander und es gibt noch keine wirklichen Datenformat-Standards. Man betrachte hier allein die Datenformate, die für einen Export aus CAD-Systemen bereitstehen: Step, OBJ, JT, VRML etc.



6. CAD-DATEN ALS GRUNDLAGE ZUR MODELLERSTELLUNG

6.9 NEUTRALES DATENFORMAT AML

Aus der Erkenntnis einer inhomogenen Datenstruktur wurde „AutomationML“, kurz AML, 2006 von Daimler ins Leben gerufen. AML ist ein neutrales XML-basiertes Datenformat für die Speicherung von Engineering-Informationen. AML ist ein Standard, der sowohl von Forschungseinrichtungen als auch von maßgeblichen Industrieunternehmen vorangetrieben wird.

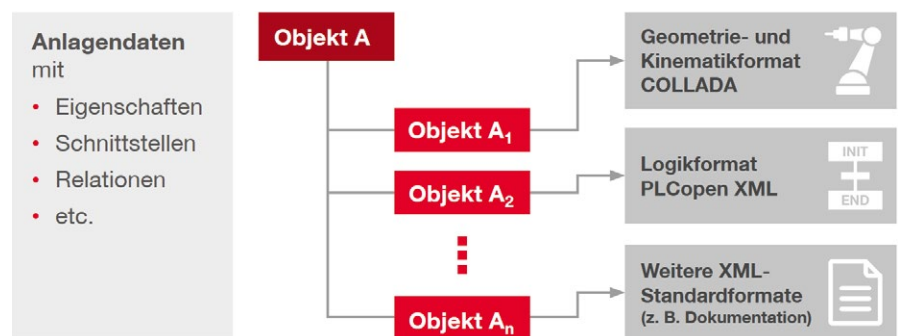
Die Beschreibung automatisierter Produktionseinrichtungen sowie ihrer Komponenten, ihres Verhaltens und der detaillierten Produktionsabläufe stehen dabei im Fokus des Standards. AML kombiniert die Dateiformate „CAEX“ (Computer Aided Engineering Exchange) zur Beschreibung der

Anlagestrukturen und Topologie, „Collada“ zur Beschreibung von geometrischen und kinematischen Informationen und „PLC Open XML“ zur Beschreibung von Verhaltensmodellen.

Es ist möglich, z. B. Daten aus E-Plan (projektierte Hardwarekonfiguration), Netzwerktopologie

und SPS-Variablen direkt über AML in das TIA-Portal zu überführen, um ein doppeltes Engineering zu vermeiden.

Die Simulationslösung sollte also die Möglichkeit bieten, die vorhandenen Engineering-Daten bestmöglich durch das AML-Format zu nutzen.



6.10 ASSET ADMINISTRATION SHELL (AAS) ALS ZENTRALER BAUSTEIN

Im Gegensatz zu oben aufgeführtem XML-basierten Format zur Beschreibung von Automatisierungsdaten und dem Ziel einen einfachen Austausch und Integration von Engineeringdaten zwischen verschiedenen Lösungen herzustellen, ist die Asset Administration Shell ein Verwaltungskonzept zur digitalen Repräsentation eines Assets, z. B. einer Maschine oder Komponente.

Die Asset Administration Shell (AAS) auch bekannt als Verwaltungsschale ist dabei ein zentraler Baustein der Industrie 4.0 und spielt im Kontext der virtuellen Inbetriebnahme (VIBN) eine wichtige Rolle, da sie als digitales Verwaltungselement für Anlagen, Maschinen und deren Komponenten fungiert.

Die AAS stellt alle relevanten Daten eines Assets (z. B. Steuerungslogik, 3D-Modelle, physikalische Parameter) in einem standardisierten Format bereit. Die konsistente und strukturierte Datenbasis erleichtert den Import und die Verwendung der Informationen in Simulationssoftware und vermeidet fehleranfällige Datenkonvertierungen.

AML kann z. B. als Datenquelle für die AAS dienen, um technische Details eines Assets zu integrieren.

WESENTLICHE ASPEKTE DER AAS:

▪ Digitale Abbildung:

Die AAS fasst Merkmale, Funktionen, Verhaltensweisen und

relevante Informationen eines Assets in einem einheitlichen Datenmodell zusammen.

▪ Interoperabilität:

Sie ermöglicht die nahtlose Kommunikation und Zusammenarbeit von Assets unabhängig vom Hersteller.

▪ Lebenszyklusorientierung:

Die Verwaltungsschale deckt alle Phasen des Lebenszyklus eines Produkts, Geräts, einer Maschine oder Anlage ab.

▪ Standardisierung:

Als international anerkannter Standard unterstützt sie die Implementierung digitaler Zwillinge in industriellen Anwendungen und schafft eine Grundlage für einheitliche Prozesse.

7. HARDWARE: SIMULATIONSARTEN IM ÜBERBLICK

7.1 MODEL-IN-THE-LOOP (MIL)

Eine Model-in-the-loop-Simulation wird komplett unabhängig von einem Steuerungsprogramm ausgeführt und ist dafür geeignet, in einer frühen Entwicklungsphase prototypisch implementierte Steuerungsalgorithmen zu testen. Die Steuerung wird

üblicherweise direkt in der Simulationsumgebung programmiert. Aktuelle Softwarelösungen für die VIBN unterstützen die direkte Anbindung an die Automatisierungshardware als SIL (Software-in-the-loop) oder HIL (Hardware-in-the-loop).

7.2 SOFTWARE-IN-THE-LOOP (SIL)

Entscheidend bei der SIL ist, dass keine Hardware benötigt wird und der Steuerungscode auf einer

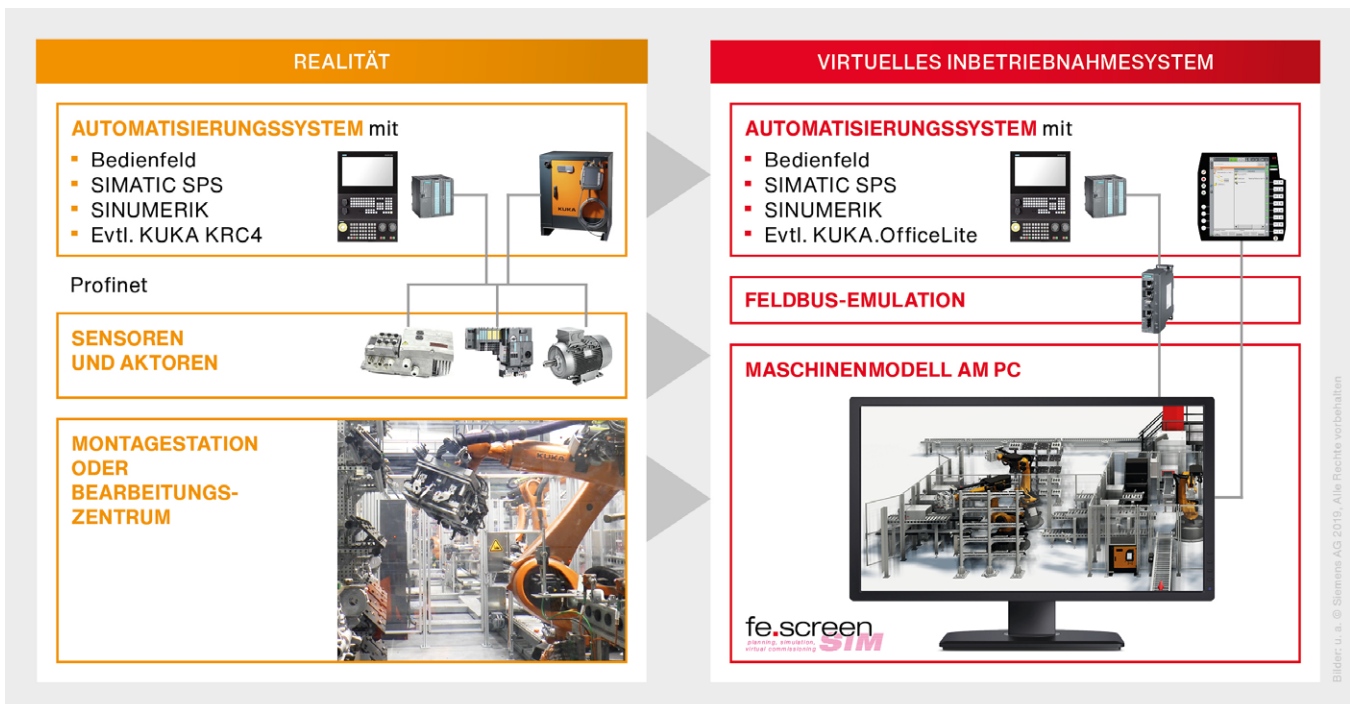
emulierten Steuerung ausgeführt wird. Ein Beispiel für eine emulierte Steuerung ist PLCSIM Advanced.

7.3 HARDWARE-IN-THE-LOOP (HIL)

Bei HIL-Simulation wird die reale Steuerung gegen das Simulationsmodell getestet und bietet somit die Möglichkeit, das SPS-Programm im Zusammenspiel mit der Hardware und dem Simulationsmodell zu testen. Für eine native Feldbusanbindung bieten

Hersteller spezielle Kommunikationshardware an. Die Kommunikationsbox von Siemens, emuliert z. B. hierbei die Profinet-Teilnehmer der SPS, so dass diese dann für die SPS im Netzwerk (inkl. Safety) verfügbar sind.

7.4 BEISPIEL EINER SIL- UND HIL-KOPPLUNG



Der schematische Aufbau des Systems zur virtuellen Inbetriebnahme orientiert sich an der realen Maschine oder der Anlagenstruktur.

Reale Steuerungen – wie SPS, HMI-Panel, Datenbanken etc. – werden über Hardware-in-the-loop direkt an die Simulation gekoppelt. Sensorik und Aktorik (inklusive sicherer Signale) der Maschine sowie

die Mechanik und deren Kollisionsbereiche werden modelliert.

Robotersysteme werden über den vom Roboterhersteller bereitgestellten Softwarecontroller (z. B. KUKA.OfficeLite, ABB Robot Studio etc.) als Software-in-the-loop-Lösung ebenfalls direkt an das VIBN-System gekoppelt.

8. VORGEHEN BEI MODELLERSTELLUNG UND VIBN

DIE MODELLERSTELLUNG FÜR DIE VIBN BASIERT IM KERN AUF FOLGENDEN TÄTIGKEITEN:

- **Sichtung der vorhandenen Daten:**
 - 3D-Daten, SPS, SPS/RC-Programm, Eplan.
- **Importieren der Daten:**
 - 3D-Modelle.
 - Variablen für Steuerung und Roboter.
- **Nachbearbeiten der 3D-Modelle:**
 - Herstellen von fehlenden Modellstrukturen.
 - Zerlegen von Modellen für Kinematisierung.
- **Kinematisieren des Modells:**
 - Anbringen von kinematischen Informationen.
- **Einfügen von sonstigen Komponenten:**
 - Umwandeln der 3D-Modelle in Funktionsobjekte in der Simulation (Sensoren, Transportflächen, etc.) bzw. deren Erstellung.
 - Einbringen von Teile-Handling.
- **Verbinden des Simulationsmodells mit Roboter-Controller/SPS:**
 - Herstellen der Verbindung zwischen dem Simulationsmodell und den Steuerungen.
 - Herstellen nötiger Schnittstellen unter den Steuerungen und Robotern.
- **Einbringen von Schnittstellen zu Fremdsystem und Drittanlagen:**
 - Für die Simulation notwendige Interfaces für Drittanlagen usw. werden erstellt und ebenfalls verbunden.
- **Virtueller E/A-Check:**
 - Prüfen der Verbindungen mit SPS- und Roboterprogrammierern und manuelles betreiben der einzelnen Funktionen.
- **Durchführung der virtuellen Inbetriebnahme:**
 - Ständige Aktualisierung des Simulationsmodells bei Bedarf.

8. VORGEHEN BEI MODELLERSTELLUNG UND VIBN

8.1 NUTZUNG VON KI IN DER MODELLERSTELLUNG

Künstliche Intelligenz (KI) kann in verschiedenen Phasen der **Modell-erstellung**, insbesondere im Kontext der **virtuellen Inbetriebnahme (VIBN)** und des **digitalen Zwillings**, auf unterschiedliche Weise eingesetzt werden.



8.2 AUTOMATISCHE GENERIERUNG VON MODELEN

DATENANALYSE UND MUSTERERKENNUNG:

KI kann große Mengen an Daten analysieren, die aus verschiedenen Quellen wie CAD-Software, Automatisierungssoftware oder Sensoren stammen. Durch Mustererkennung und maschinelles Lernen kann sie daraus automatisch **Designmodelle** erstellen, die die physische Realität und Betriebsbedingungen widerspiegeln.

MODELLOPTIMIERUNG:

KI-Algorithmen können bestehende Modelle auf ihre Effizienz hin überprüfen und durch **optimierte Designänderungen** Vorschläge zur Verbesserung machen, sei es in Bezug auf Energieverbrauch, Performance oder Produktionskosten.

8.3 SIMULATION UND VERHALTENSMODELLIERUNG

VERHALTENSVOHERSAGE:

KI, insbesondere maschinelles Lernen und Deep Learning, kann verwendet werden, um das Verhalten von Maschinen und Anlagen auf der Grundlage historischer Daten zu modellieren. Sie kann vorhersagen, wie sich ein System unter verschiedenen Bedingungen verhält, und diese Verhaltensweisen in die **Simulationsmodelle** einfließen lassen.

DYNAMISCHE ANPASSUNG:

KI kann dabei helfen, Modelle dynamisch an **veränderte Betriebsbedingungen** oder an **unerwartete Ereignisse** (z. B. Störungen oder Fehlfunktionen) anzupassen, um so eine realistischere Simulation und Inbetriebnahme zu ermöglichen.

8.4 OPTIMIERUNG VON FERTIGUNGSPROZESSEN

PROZESSOPTIMIERUNG DURCH KI:

KI-gestützte Modelle können für die **Optimierung von Produktionsabläufen** genutzt werden, indem sie basierend auf vorhandenen Simulationen Vorhersagen über Taktzeiten, Ressourcennutzung und Engpässe machen. Dies hilft, die Planung von Maschinen- und Prozessmodellen in der VIBN zu verbessern.

AUTOMATISIERTE ANPASSUNGEN IN ECHTZEIT:

In der **virtuellen Inbetriebnahme** können KI-Algorithmen in Echtzeit analysieren, wie sich bestimmte Parameter oder Änderungen auf den gesamten Produktionsprozess auswirken, und dann automatisch Anpassungen am Modell vornehmen, um die Effizienz zu maximieren.

8. VORGEHEN BEI MODELLERSTELLUNG UND VIBN

8.5 FEHLERERKENNUNG UND QUALITÄTSKONTROLLE

ANOMALIEERKENNUNG:

KI kann eingesetzt werden, um **Anomalien** und **Fehlerquellen** in den erstellten Modellen zu erkennen. Beispielsweise kann sie aus der Analyse von Sensordaten lernen und ungewöhnliche Verhaltensweisen, wie mechanische Fehler oder Qualitätsprobleme, automatisch identifizieren und vorausschauend beheben.

AUTOMATISCHE QUALITÄTSPRÜFUNG:

KI-Modelle können automatisch **Qualitätsprüfungen** durchführen und so feststellen, ob das erstellte Modell den Anforderungen entspricht. Hierbei können z. B. Parametervorgaben überprüft oder Designfehler im Modell erkannt werden.

8.6 ERSTELLUNG VON DIGITALEN ZWILLINGEN

GENERIERUNG VON DIGITALEN ZWILLINGEN:

KI hilft bei der **Erstellung und Pflege von digitalen Zwillingen** (Virtual Models) durch kontinuierliche Datenintegration. Sie kann historische und Echtzeitdaten von physischen Anlagen analysieren und daraus genauere digitale Modelle entwickeln, die den Betrieb und das Verhalten der realen Anlage abbilden.

MODELLAKTUALISIERUNG:

KI kann den digitalen Zwilling automatisch **aktualisieren**, indem sie kontinuierlich Daten aus dem Betrieb in das Modell einfließen lässt und so die virtuelle Repräsentation ständig anpasst.

8.7 ERGONOMIE UND BENUTZERINTERAKTION

BENUTZERZENTRIERTE MODELLIERUNG:

KI kann in der Modellierung von Bedienoberflächen und Steuerungsprozessen eingesetzt werden, um die **Benutzerfreundlichkeit** und **Ergonomie** zu verbessern. Durch die Analyse von Nutzerdaten und Feedback kann KI Optimierungen an den Schnittstellen oder Steuerungen vornehmen, um die Effizienz und Benutzererfahrung zu steigern.

ANPASSUNG AN DAS BENUTZERVERHALTEN:

KI kann dazu verwendet werden, Modelle zu erstellen, die sich an das Verhalten und die Anforderungen des Endnutzers anpassen, sodass das Modell interaktive und benutzerfreundliche Steuerungsoptionen bietet.

8.8 VORAUSSCHAUENDE WARTUNG UND SIMULATION VON STÖRUNGEN

PRÄDIKTIVE WARTUNG:

KI kann bei der **Vorhersage von Wartungsbedarf** helfen, indem sie historische Daten und Echtzeitdaten aus Maschinen oder Anlagen analysiert, um Störungen oder Ausfälle vorherzusagen. In Verbindung mit der VIBN lässt sich das Modell so anpassen, dass es mögliche Ausfälle simuliert und frühzeitig Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

SIMULIERTE STÖRUNGSANALYSEN:

KI kann helfen, **Störungen** oder **Fehlerfälle** in einem Modell zu simulieren, was es ermöglicht, die Auswirkungen von Ausfällen zu verstehen und zu testen, bevor diese in der realen Welt auftreten.

9. PROJEKTPHASEN EINER VIBN-EINFÜHRUNG

Um Digitalisierungsprojekte erfolgreich zu starten und umzusetzen, sind Rahmenbedingungen einer förderlichen Unternehmenskultur notwendig. Alle Mitarbeitenden sind von den Führungskräften so früh als möglich in Projekte mit einzubeziehen. Es ist eine veränderte Haltung der Führungskräfte notwendig, die den Wandel im Unternehmen gestalten und die Mitarbeitenden aktiv in Veränderungsprozessen begleiten.

Dabei ist zudem wichtig, seinen Mitarbeitenden die notwendigen Ressourcen zur Verfügung zu stellen, damit das Digitalisierungsprojekt zum Erfolg wird.

Das bedingt, dass die Geschäftsleitung zu 100 Prozent hinter dem Projektvorhaben steht und die notwendigen finanziellen und personellen Ressourcen bereitstellt.

VERÄNDERUNGSMANAGEMENT =

Warum soll ich was verändern? –

Was wäre passiert, wenn Apple das iPhone nicht erfunden hätte?

TREIBER von Veränderungen

entspringen aus inneren oder äußeren Impulsen!

PROZESSVERÄNDERUNGEN im Unternehmen

entstehen aufgrund verbesserter Abläufe (innerer Impuls).

MÄRKTE verändern sich

und zwingen uns zu Veränderungen (äußerer Impuls).

Der MENSCH ist ein Gewohnheitstier

und tut sich schwer mit Veränderungen, weil er Angst hat.

Wie geht es weiter mit der Arbeit 4.0 – wird mein Arbeitsplatz morgen noch sein wie heute?



Die **virtuelle Inbetriebnahme (VIBN)** bietet für Unternehmen, insbesondere für Maschinen- und Anlagenbauer, signifikante **Chancen** wie Kosten- und Zeiterparnis, bessere Qualität und erhöhte Flexibilität.

Gleichzeitig muss die Geschäftsleitung jedoch auch die **Herausforderungen** berücksichtigen, die mit der Einführung von VIBN verbunden sind – von den ho-

hen Anfangsinvestitionen bis hin zur Integration in bestehende Systeme und der Akzeptanz bei den Mitarbeitenden.

Eine sorgfältige Planung, die gezielte Schulung der Mitarbeitenden und ein klarer Change-Management-Ansatz sind entscheidend, um die Vorteile der VIBN voll auszuschöpfen.

9. PROJEKTPHASEN EINER VIBN-EINFÜHRUNG

9.1 SYSTEMATIK AUSWAHLVERFAHREN

Die Auswahl einer geeigneten Software für die virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) hängt von verschiedenen Kriterien ab, die sich an den spezifischen

Anforderungen des Projekts, der Branchen und der Zielsetzung orientieren.

9.2 EMPFEHLUNG ZUR AUSWAHL EINER SOFTWARELÖSUNG FÜR DIE VIBN

BEDARFSANALYSE DURCHFÜHREN

- **Ziele definieren:**

Welche spezifischen Aufgaben soll oder muss die Software lösen (z. B. Simulation, Validierung von Steuerungssoftware, Optimierung von Prozessen, Taktzeitanalyse, etc.)?

- **Anforderungen ermitteln:**

- Unterstützte CAD-/CAE-Datenformate
- Anbindung an Steuerungssysteme (z. B. SPS, Robotik, HIL, MIL)
- Realitätsnahe Simulation (Physik-Engine, 3D-Visualisierung)
- Benutzerfreundlichkeit und Schulungsbedarf
- Skalierbarkeit und Kompatibilität mit bestehenden Systemen
- Checkliste, z. B. VDI, verwenden

- **Budget festlegen:**

Kostenrahmen für Lizenzierung, Implementierung und Wartung

INFORMATIONSQLUELLEN IDENTIFIZIEREN UND NUTZEN

Nutzen Sie verschiedene Quellen, um Anbieter zu identifizieren und erste Informationen zu sammeln:

- **Fachartikel und Berichte:**

Websites wie „IT & Production“, „SPS Magazin“ etc.

- **Social Media und Foren:**

LinkedIn-Gruppen oder Industrieforen können hilfreiche Ergebnisse liefern.

- **Messen und Kongresse**

WETTBEWERBSANALYSEN

- Untersuchen Sie, welche Softwarelösungen vergleichbare Unternehmen ihrer Branche einsetzen und welche Erfahrungen sie damit gemacht haben.

ANBIETER IDENTIFIZIEREN UND KATEGORISIEREN

Erstellen Sie eine Liste der relevanten Anbieter, die sie näher betrachten wollen, und teilen Sie diese in Kategorien ein, z. B.:

- **Marktführer:**

Anbieter mit hoher Marktpräsenz.

- **Nischenanbieter:**

Spezialisierte Unternehmen, die spezifische Funktionen anbieten.

- **Innovative Newcomer:**

Start-ups oder kleinere Unternehmen mit innovativen Ideen und Ansätzen.

Weiter auf der nächsten Seite ►

9. PROJEKTPHASEN EINER VIBN-EINFÜHRUNG

Fortsetzung – Empfehlung zur Auswahl einer Softwarelösung für die VIBN ►

KRITERIENKATALOG ENTWICKELN

Erstellen Sie eine Checkliste mit den wichtigsten Kriterien, die für Ihr Unternehmen und für Ihre Projekte relevant sind:

- **Technische Kriterien:**
 - Kompatibilität mit vorhandenen Systemen (z. B. CAD, SPS, Steuerungen)
 - Unterstützte Technologien (z. B. digitale Zwillinge, Echtzeitsimulation)
 - Skalierbarkeit und Modularität
- **Wirtschaftliche Kriterien:**
 - Lizenzkosten (einmalig vs. abonnementbasiert)
 - Wartungskosten und Folgekosten
 - Kosten-Nutzen-Verhältnis
- **Unterstützung und Service:**
 - Qualität und Verfügbarkeit des Kundensupports
 - Bereitstellung von Schulungen und Dokumentationen
 - Update- und Upgrade-Politik
- **Benutzerfreundlichkeit:**
 - Intuitive Bedienung und Anpassungsfähigkeit
 - Anforderungen an Mitarbeiterqualifikation

VERGLEICH DER ANBIETER

Führen Sie eine Vergleichsanalyse durch:

- **Matrix erstellen:**
 - Entwickeln Sie eine Bewertungstabelle, in der Sie Anbieter anhand der Kriterien bewerten (z. B. Skala von 1 bis 5).
 - Beispiel:

Anbieter	Funktionsumfang	Kompatibilität	Kosten	Support	Gesamtbewertung
Anbieter A	5	4	3	4	16
Anbieter B	4	4	4	3	15
Anbieter C	3	5	5	5	18
...	...	...	...	...	...

- **Demos und Testversionen nutzen:**
 - Testen Sie die Softwarelösungen unter realistischen Bedingungen, um Praxistauglichkeit und Leistung zu bewerten.
 - Viele Anbieter bieten im Vorfeld kostenlose Workshops an.
- **Referenzen einholen:**
 - Kontaktieren Sie Kunden der Anbieter, um deren Erfahrungen zu erfragen.
 - **Recherchieren:** Sichten Sie aktuelle Anbieter und Technologien. Einfach Unternehmensname und VIBN in Google suchen.
 - **Bewertungen prüfen:** Bewertungen und Erfahrungsberichte von anderen Unternehmen oder Branchenkollegen einholen.

Weiter auf der nächsten Seite ►

9. PROJEKTPHASEN EINER VIBN-EINFÜHRUNG

Fortsetzung – Empfehlung zur Auswahl einer Softwarelösung für die VIBN ►

PILOTPROJEKT DURCHFÜHREN

Führen Sie eine Testimplementierung mit einem überschaubaren Projekt durch, um die Eignung der Softwarelösung in der Praxis zu überprüfen.

- **Bewerten Sie dabei:**
 - Benutzerfreundlichkeit
 - Leistung der Simulation
 - Integration in die bestehende Systemlandschaft
 - Kosten-Nutzen-Verhältnis
 - Support des Anbieters

ENTSCHEIDUNG UND IMPLEMENTIERUNG

Entscheiden Sie sich auf Basis der Ergebnisse aus dem Pilotprojekt für die beste Lösung.

- **Planen Sie die Implementierung:**
 - Schulung der Mitarbeitenden
 - Einbindung der Software in die bestehenden Prozesse
 - Bereitstellung technischer Infrastruktur

KONTINUIERLICHE ÜBERPRÜFUNG

Nach der Einführung der Softwarelösung für eine virtuelle Inbetriebnahme sollten Sie regelmäßig prüfen, ob die Lösung weiterhin den Anforderungen entspricht und ob der Hersteller weitere Module anbietet, die für Ihre Projekte passen.

9.3 PROJEKTPHASEN

Ein typisches Projekt zeichnet sich durch folgende Kriterien aus:

- Definierte Ziele.
- Zeitliche Begrenztheit.
- Komplexität.
- Einmaligkeit der Bedingungen (Ziele, Ressourcen, Umfeld etc.).

In erster Linie wird die Einführung der VIBN im Rahmen eines **Pilotprojekts** empfohlen, deren Komplexität von Anlage-Typ, Größe, Datenstruktur abhängig ist.

Ein definierter Projektablauf sollte auf Basis einer genauen Definition von Verantwortlichkeiten basieren. Die Hauptbeteiligten sollten neben der Projektleitung Mitarbeitende aus der **Automatisierung bzw. der Steuerungstechnik** mit dem Fokus auf eine VIBN und Mitarbeitende aus dem **Anlagenbau bzw. der Konstruktion** sein.

PROJEKTSTART

Initialisierung und Analyse

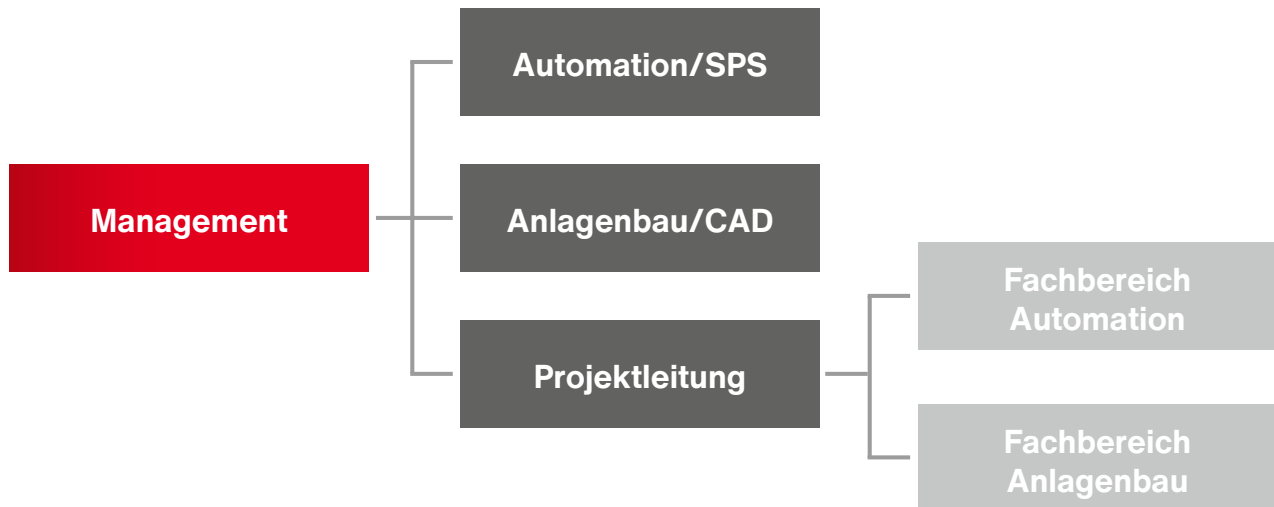
Projektplanung

Projektdurchführung

Abschluss

9. PROJEKTPHASEN EINER VIBN-EINFÜHRUNG

9.4 PROJEKTBETEILIGTE



Die Integration einer VIBN-Lösung in den Engineering-Prozess geschieht nicht auf Knopfdruck, sondern ist ein andauernder Prozess. In diesem Prozess sollte immer auf Verbesse-

rungspotenzial geachtet werden, um die Effizienz kontinuierlich zu steigern. Die Erwartungen sollten realistisch eingeschätzt und mit den Projektbeteiligten abgestimmt werden.

10. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Der Beitrag zur Wirtschaftlichkeit einer VIBN ist schwer zu bewerten, denn es kann in der Regel kein direkter Vergleich einer Projektumsetzung des Vorgehens ohne und mit VIBN durchgeführt werden.

Wäre dies möglich, müssten exakt gleiche Gegebenheiten mit identischen Randbedingungen und Ressourcen vorhanden sein, was in der Praxis jedoch nicht umsetzbar ist.

Für eine Betrachtung sind zunächst die Kosten zu analysieren.

INITIALKOSTEN:

- **Lizenzkosten:** Einmalige und laufende Kosten für die Software.
- **Hardwarekosten:** Anschaffungskosten für leistungsstarke Rechner oder spezifische Hardwarekomponenten (z. B. für Emulation Box).
- **Implementierungskosten:** Aufwand für die Einführung der Lösung, einschließlich Anpassung an bestehende Systeme.
- **Schulungen:** Kosten für die Qualifikation der Mitarbeitenden in der Bedienung der Software.

BETRIEBSKOSTEN:

- **Wartung und Support:** Regelmäßige Gebühren für Updates und technischen Support.
- **Zusätzliche Plugins oder Erweiterungen:** Kosten für spezifische Funktionen oder Anpassungen.

10.1 KENNZAHLEN

Zur quantitativen Bewertung können folgende Kennzahlen herangezogen werden:

1. **Amortisationszeit:** Zeit, bis die Einsparungen die Investitionskosten decken.
2. **Return on Investment (ROI):** Gibt das Verhältnis der Investition zu den generierten Einsparungen an:
$$\frac{\text{Einsparungen} - \text{Kosten}}{\text{Kosten}} = \frac{\text{Einsparungen} - \text{Kosten}}{\text{Kosten}}$$
3. **Gesamtkostenbetrachtung (Total Cost of Ownership, TCO):** Berücksichtigung aller Kosten über die gesamte Nutzungsdauer.
4. **Effizienzsteigerung:** Messbare Verbesserung in Zeit, Kosten oder Qualität durch den Einsatz der Lösung.

Für die **wirtschaftliche Bewertung** muss der zusätzliche Aufwand für die Durchführung einer VIBN berücksichtigt werden. Der Aufwand hängt in erster Linie von der Generierung des Anlagenmodells und der im Projekt üblichen Änderungen in der Konstruktion ab. Moderne Systeme gestatten jedoch die

automatisierte Modellerstellung und die Möglichkeit, Daten bidirektional auszutauschen. Bestimmte Ergebnisse und Informationen sind im Engineering-Prozess durch das Modell früher verfügbar und lassen evtl. notwendige Anpassungen an den Maschinen oder Anlagen früher sichtbar werden!

Die Frage nach einer konkreten prozentualen Kosteneinsparung durch VIBN hängt von zahlreichen Faktoren ab:

- **Komplexität der Anlage:** Je komplexer eine Anlage, desto größer ist in der Regel das Einsparpotenzial.
- **Branche und spezifische Anwendung:** Unterschiedliche Branchen und Anwendungen haben unterschiedliche Anforderungen und damit auch unterschiedliche Einsparpotenziale.
- **Reifegrad der VIBN-Prozesse:** Unternehmen, die bereits Erfahrungen mit VIBN haben, können in der Regel höhere Effizienzsteigerungen erzielen.
- **Umfang der VIBN:** Wird nur ein Teil der Anlage simuliert oder die gesamte Anlage?

Diverse Studien und Unternehmensbefragungen haben gezeigt, dass ein ROI von 6 bis 12 Monaten durchaus realistisch zu betrachten ist!

10. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

10.2 ÖKONOMISCHE GRUNDGRÖSSEN

Die wirtschaftlichen Grundgrößen Zeit, Kosten und Qualität sind zentrale Faktoren, die bei der Planung, Durchführung und Bewertung von Projekten und

Prozessen eine entscheidende Rolle spielen. Diese drei Größen sind eng miteinander verknüpft und beeinflussen sich gegenseitig.



Die virtuelle Inbetriebnahme stellt eine Möglichkeit dar, das magische Dreieck aus **Zeit**, **Kosten** und **Qualität** positiv zu beeinflussen. Durch die sorgfältige Integration der VIBN in den Engineering-Prozess können Unternehmen:

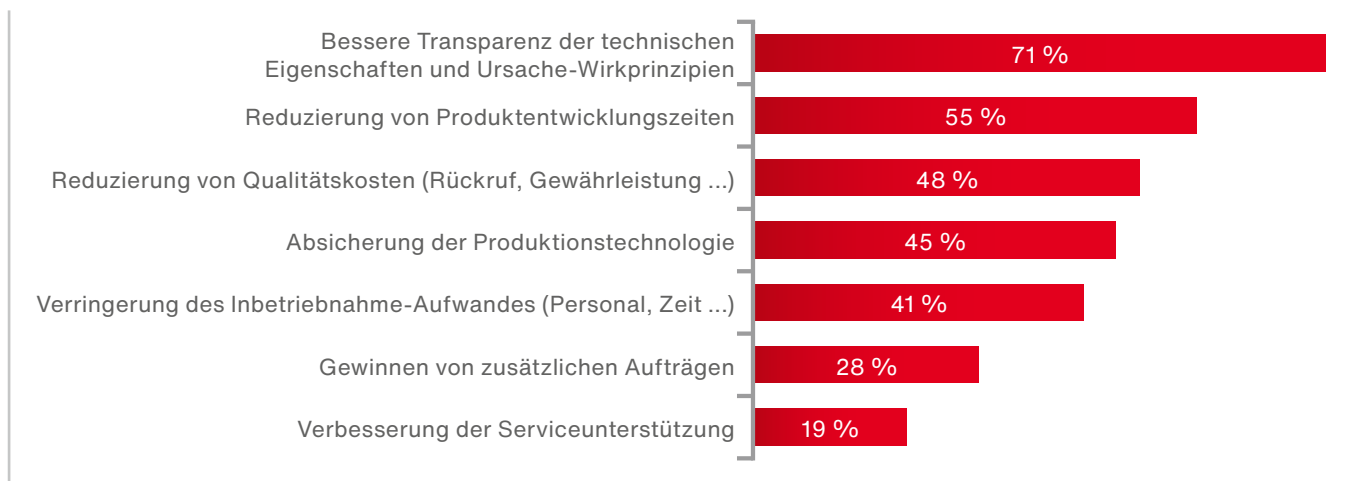
- **Zeit sparen**, indem sie Parallelprozesse nutzen und die reale Inbetriebnahme verkürzen.
- **Kosten senken**, indem sie Fehler vermeiden und Ressourcen effizient einsetzen.
- **Qualität verbessern**, durch präzisere Planung und umfassende Tests.

Neben den genannten ökonomischen Grundgrößen gibt es weitere Nutzenpotenziale, die im Einzelfall zu bewerten sind. So kann beispielsweise vor der Auslieferung der Maschine oder Anlage eine Präsentation für den Kunden durchgeführt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, das Bedienpersonal ohne

Produktivitätsverlust am virtuellen Modell zu schulen. Auch für spätere Modernisierungsprojekte ist das erstellte Simulationsmodell sehr gut geeignet, da Änderungen zunächst am Modell vorgenommen und getestet werden können, bevor sie an der realen Anlage umgesetzt werden.

Im Jahr 2017 hat der VDMA eine Trendumfrage zum Thema Simulation und Visualisierung durchgeführt:

Welche Effekte haben Sie durch die Einführung der Simulation in Ihrem Unternehmen verzeichnet?



10. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Hierbei wird deutlich, dass neben der Reduktion von Inbetriebnahmezeiten auch der Qualitätsfaktor eine große Rolle spielt. Gerade in komplexen und zeitkri-

tischen Projekten, die eine sehr hohe Verfügbarkeit nach der Inbetriebnahme fordern, ist eine Umsetzung ohne eine vorherige VIBN nicht denkbar.

Neben den oben erwähnten Grundgrößen sollten noch weitere Punkte betrachtet werden.

Qualitätssteigerung:

- Höhere Qualität der Steuerungssoftware und Anlagenprozesse durch frühzeitige Validierung.
- Möglichkeit, Szenarien zu testen, die in der Realität schwer oder gefährlich zu simulieren wären.

Flexibilität:

- Schnelle Anpassung an Änderungen im Projektverlauf.
- Möglichkeit, neue Technologien und Prozesse vor ihrer physischen Implementierung zu testen.

Langfristige Vorteile:

- Wiederverwendbarkeit der Modelle und Simulationen für zukünftige Projekte.
- Aufbau eines digitalen Zwillings, der kontinuierlich für Optimierungen genutzt werden kann.

Mitarbeiterzufriedenheit:

- Mitarbeitende sind deutlich entspannter in der Projektumsetzung.
- Deutlich entspanntere Inbetriebnahme der physischen Anlage.

Neben der wirtschaftlichen Betrachtung, ob sich denn nun die Anschaffung einer Simulationslösung rechnen wird, wird man sich als Lieferant ohne eine vorherige VIBN dann die Frage gefallen lassen müssen:



WARUM HABEN SIE NICHT VORHER SIMULIERT?



11. WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Simulation und Visualisierung, Erste Ergebnisse der VDMA Trendbefragung

VDI/VDE 3693 Blatt 1 Virtuelle Inbetriebnahme – Modellarten und Glossar

VDI/VDE 3693 Blatt 2 Virtuelle Inbetriebnahme – Einführung der virtuellen Inbetriebnahme in Unternehmen

Georg Wunsch – Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme

12. DER AUTOR



Werner Pospiech, geboren 1961 in Nordrhein-Westfalen. Elektrotechnische Ausbildung mit Staatsexamen und Mitglied im Fachausschuss des VDI.

Mehr als zwölf Jahre Erfahrung in der Realisierung von Automatisierungsprojekten in den Branchen Automotive, Nahrungsmittel und Fördertechnik. Schwerpunkt: Industrielle Kommunikation auf Basis von Ethernet und TCP/IP.

Zehn Jahre Erfahrung in der Umsetzung von ERP- und IT-Projekten auf Basis von SAP Business All in One und Symantec Enterprise Business Solutions. Schwerpunkt: Applikationsmanagement, IT-Consulting und Software Deployment.

Mehr als zehn Jahre Erfahrung in der Konzeptausarbeitung und Umsetzung von Digitalisierungsprojekten auf Basis verschiedener Manufacturing Execution Systeme (MES) in der diskreten Fertigungsindustrie. Schwerpunkt: Metallverarbeitende Industrie, Automotive, Kunststoff und Verpackungsindustrie.

Bis Ende April 2025 zuständig für den Vertrieb der fe.screen-Industriesoftware mit dem Schwerpunkt fertigungsnahe IT-Systeme und Simulationslösungen bei der F.EE GmbH.

13. IHR ANSPRECHPARTNER



F.EE GmbH
Geschäftsbereich Informatik + Systeme

Martin Köster
Vertriebsleitung fe.screen-Industriesoftware

Telefon: +49 9672/506-761

E-Mail: martin.koester@fee.de





04/2025

Dieses Dokument enthält Informationen, die urheberrechtlich geschützt sind. Kein Teil dieses Dokuments darf ohne die vorherige schriftliche Zustimmung von **F.EE** fotokopiert, reproduziert oder in eine andere Sprache übersetzt werden.

F.EE GmbH. Alle Rechte sowie Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

Andere Produktnamen oder Marken, die in diesem Dokument erwähnt werden, können Marken oder eingetragene Marken anderer Unternehmen sein und sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

Bildquellen/Icons: www.flaticon.com



F.EE GmbH
Geschäftsbereich Informatik + Systeme

Industriestraße 6
92431 Neunburg vorm Wald | Deutschland

☎ +49 9672 506-0
✉ softwarevertrieb@fee.de

www.fescreen-sim.de

BAYERN'S
BEST 50
PREISTRÄGER

