

Smart Factory Engineering

Industrie 4.0

Lionel Jakob, Marco Heiner

28.10.2025

Agenda

1. Einführung Smart Factory Engineering
2. Verschiedene Engineering-Werkzeuge
3. Virtual Engineering
4. User-Centered Design
5. Requirements Engineering
6. Modellierung
7. Integration klassischer und smarter Komponenten
8. Zusammenfassung
9. Quiz

1. Einführung Smart Factory Engineering

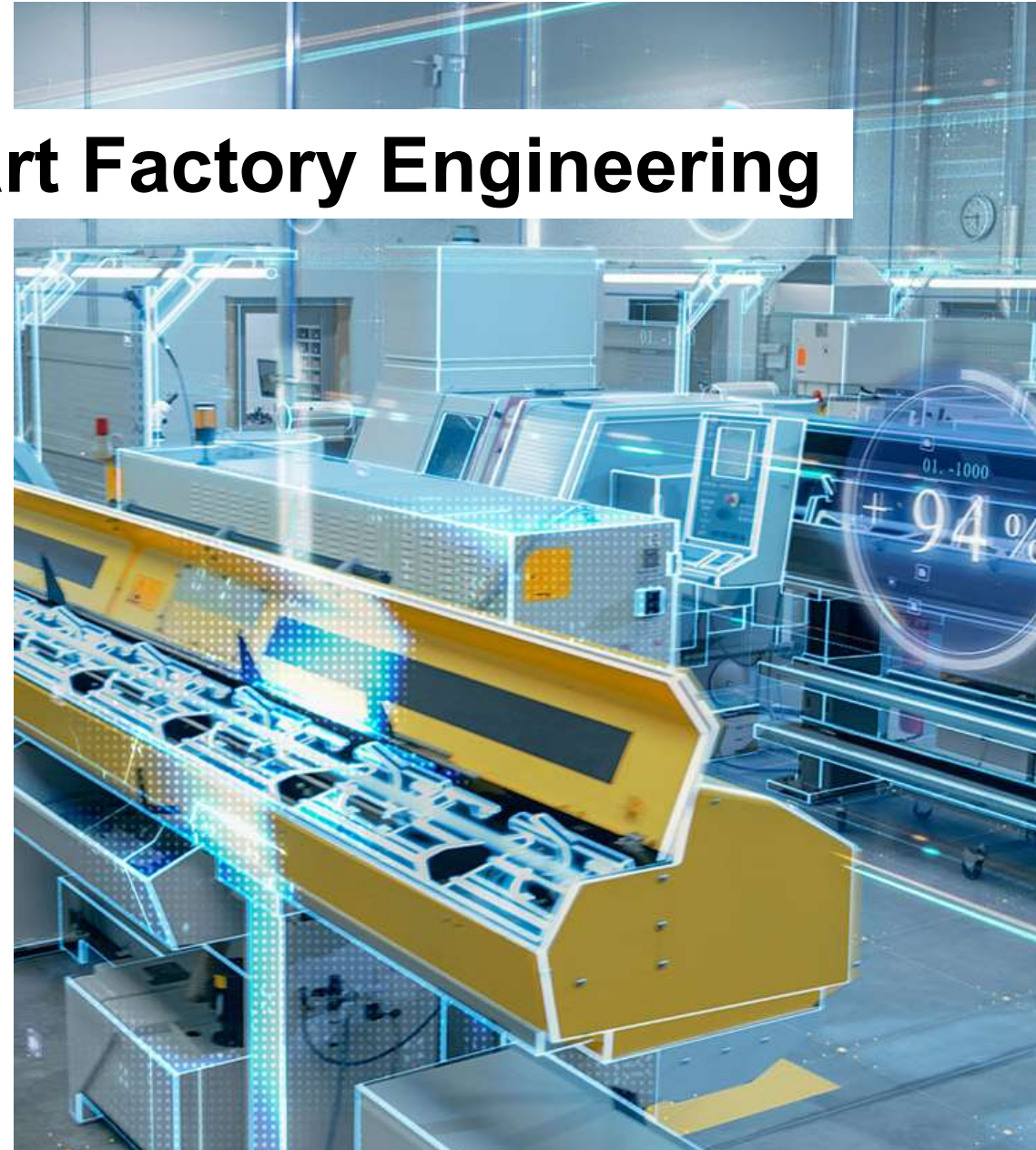
Mehrdeutige Definition:

Smart Factory Engineering als **Art und Weise** eine Smart Factory **aufzubauen, zu strukturieren** und **logistisch sinnvoll vernetzt zu gestalten**.

→ Gängigere Definition

Smart Factory Engineering als **Ansatz, wie Produkte innerhalb einer Smart Factory** entwickelt, **engineered** und gefertigt werden.

→ Teils vereinbarer Ansatz, daher in diesem Kapitel ebenfalls vertreten.



2. Verschiedene Engineering-Werkzeuge

Werkzeuge / Tools = Rechnergestützte Hilfsmittel für die Entwicklung von Software = **C A S E**
Computer Aided Software Engineering



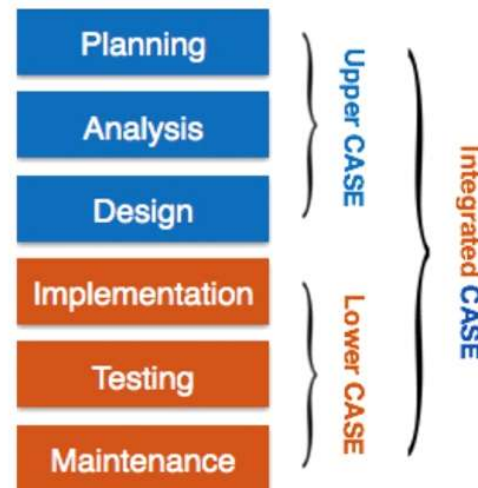
Produktivitätsgewinn durch den Einsatz von Engineering Tools, da diese Ingenieure bei **Routineaufgaben** und beim **Analysieren und Verarbeiten von Daten und Informationen** unterstützen

Jedoch: Oftmals zu Beginn auch sinkende Produktivität bei Einsatz von neuen Tools, da diese Schulungen, Eingewöhnungen und Verlagerungen von Aufwendungen fordern!

→ Nutzung von Tools = Investition mit mittelfristigem Nutzen & Gewinnzone!

2. Verschiedene Engineering-Werkzeuge

Klassifikation von CASE-Tools:



Upper CASE-Tools:

Werkzeuge für die frühen Phasen des Softwareentwicklungsprozesses.

→ Legen Grundstein des Projekts und stellen Anforderungen fest

Lower CASE-Tools:

Werkzeuge für die späten Phasen des Softwareentwicklungsprozesses.

→ Einführung und später Hilfe bei der Qualitätssicherung

Beispiele:

Upper CASE-Tools: Spezifikations- & Entwurfssysteme, Programm Entwurfssysteme, Analysetools

Lower CASE-Tools: Editoren, Compiler, Mess- und Testwerkzeuge, Datenverwaltungssysteme

2. Verschiedene Engineering-Werkzeuge

Neue Wertschöpfungsketten
und Nachhaltigkeit

Neue technische Methoden



Zentrale Engineering-
Themen im Kontext von
Industrie 4.0

Rechtliche Fragen

Nachhaltige Effizienz im Engineering entsteht durch **schlanke Prozesse**, **systematische Methodik** und **abgestimmte Werkzeuge**.

Prozesse erzeugen Effizienz und Transparenz, Methodik liefert Systematik!

→ Engineering-Werkzeuge sichern dies ab, indem sie Anforderungen strukturieren und während des Projekts diszipliniert pflegbar machen.

3. Virtual Engineering

Engineering = kreative Anwendung von Wissenschaft & Mathematik zur Entwicklung technischer Produkte; häufig synonym zu Produktentwicklung.



Virtual Engineering = **Vernetzung realer** und **virtueller Welten** zur Unterstützung von Entwicklungs- und Produktionsprozessen.

Stärkung früher Entwicklungsphasen

Entscheidungshilfe bei Produktspezifikation

Ziele des Virtual Engineering

Entwicklung
alternativer Produktkonzepte

Frühes Ergebnisfeedback

Schnelle Entwicklungszyklen

Breites Feld an Einsatzmöglichkeiten von Virtual Engineering bspw. in Produktentwicklung, Fabrikplanung, virtuelle Inbetriebnahme, Mitarbeiterschulung, Simulation von Logistik- & Montageprozessen vor Aufbau.

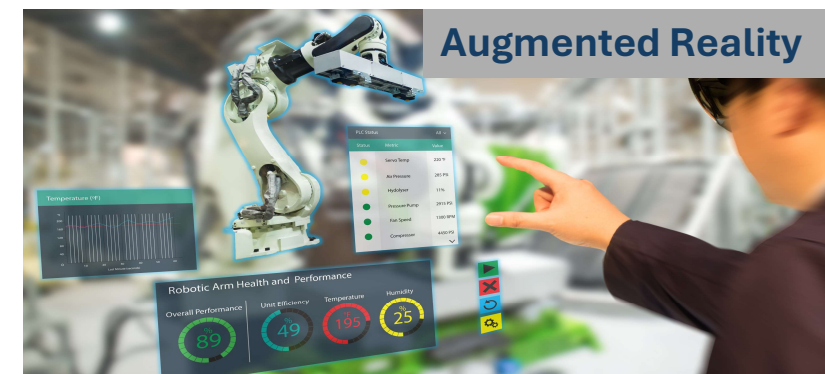
3. Virtual Engineering

AR & VR als Grundlagen für neue Engineering Methoden



- Virtuelle **grafische Darstellung** von Produkten in früher Entwicklungsphase
- Verbesserungen und Analysen **ohne Fertigung eines kostenintensiven Prototyps**
- **Iterative** Entwicklungszyklen
- **Ortsunabhängige** Betrachtung

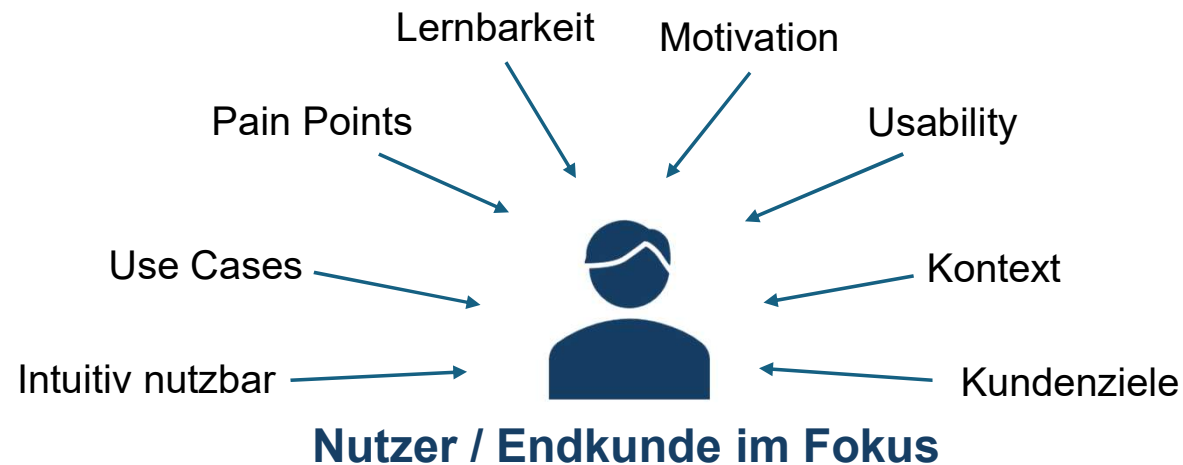
<https://youtu.be/7Mr0Pgv1uU0?si=Rok0j9DNrM-te5Ar>



- Betrachtung von Produkten und Maschinen mittels „**erweiterter Realität**“
- **Virtuelle Inbetriebnahme** oder **Wartung** ganzer Fabriken & Anlagen
- **Verbesserte Veranschaulichung**
- Werkzeug für **Schulungen & Weiterbildung**

<https://youtu.be/p6v-WwOH-og?si=h985lgmJ-iDQNrEa>

4. User-Centered Design



Unter **User-Centered-Design (UCD)** versteht man eine **nutzerorientierte Gestaltung** von interaktiven Produkten. UCD hat zum Ziel, die **Gebrauchstauglichkeit (Usability)** von Produkten zu **maximieren**. Hierfür muss der Endnutzer im **Mittelpunkt des Produktentwicklungsprozesses** stehen. Somit sind die **Anforderungen und Ziele des Kunden von zentraler Bedeutung**.

4. User-Centered Design

4 grundlegende Vorschläge zur Produktgestaltung:

- Möglichst **einfaches Design** → **Eingriffe jederzeit möglich**
- **Einfache Gestaltung** um den aktuellen Status des Systems **erkennbar** zu machen
- **Wichtige Dinge sichtbar machen**
→ alternative Funktionen, Auswirkungen auf Eingaben, ...
- **Natürliche Zuordnung** →
Intention, Zusammenhänge & notwendige Eingaben sinnvoll gestalten



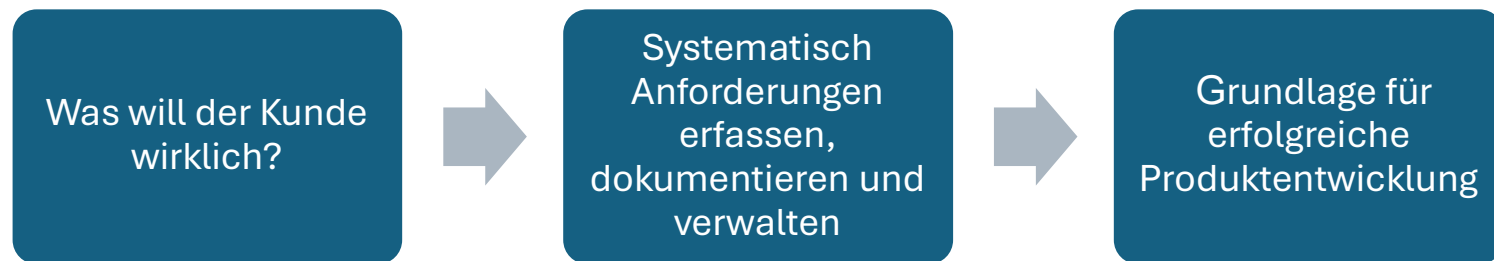
Langfristig steigert UCD die **Kosteneffizienz** und **minimiert Risiken**, da es durch frühzeitige, nutzerorientierte Anforderungserhebung **spätere Änderungskosten durch weniger Change Requests** im Projektverlauf sowie nach Markteinführung **reduziert**.



Initial hoher Ressourcen- und Zeitaufwand durch notwendige, detaillierte Analyse der Anforderungen und Nutzerbedürfnisse
→ Hoher Aufwand in frühen Projektphasen mit **erst mittelfristigem Output / Nutzen**

Requirements Engineering

Beschreibung



Requirements Engineering

Was ist Requirements Engineering

- Systematisches Vorgehen beim **Erfassen, Beschreiben, Prüfen und Verwalten** von Anforderungen
- Ziel: Ein gemeinsames Verständnis zwischen **Kunden, Entwicklern und Management** schaffen
- Bestandteil jedes erfolgreichen Entwicklungsprozesses

Requirements Engineering

Requirement Management

- Begleitender Prozess, der Änderungen **nachverfolgt und dokumentiert**
- Verwaltung der Anforderungen über den gesamten **Lebenszyklus**
- Planung, Organisation und Kontrolle der Aktivitäten im Requirements Engineering

Requirements Engineering

Vorteile

Vorteile	Beispiele
✓ Geringere Kosten	Weniger Nachbesserungen & Reklamationen
✓ Bessere Qualität	System erfüllt Kundenwünsche genauer
✓ Höhere Planungssicherheit	Zuverlässigere Zeit- & Kostenprognosen
✓ Risikominimierung	Fehlentwicklungen werden früh erkannt

Requirements Engineering

Kriterien Pflichtenheft



Adäquat – beschreibt, was der Kunde wirklich braucht



Vollständig – keine wichtigen Punkte vergessen



Widerspruchsfrei – keine sich widersprechenden Anforderungen



Verständlich – für alle Beteiligten



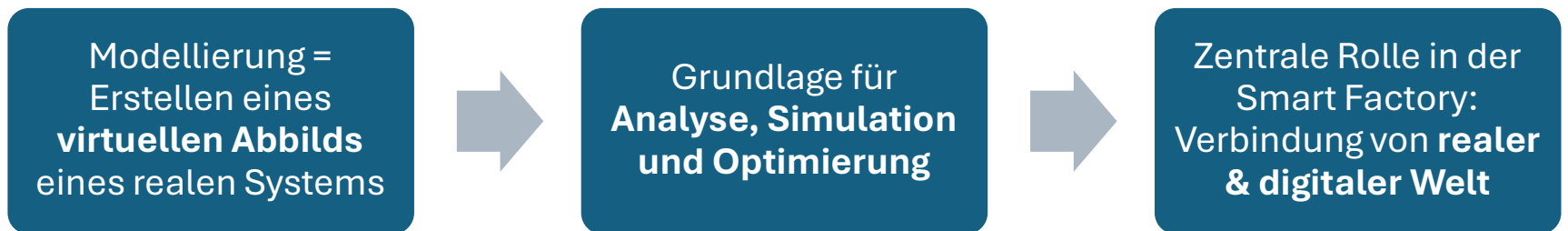
Eindeutig & prüfbar – keine Interpretationsfehler



Risikogerecht – Aufwand je nach Projektrisiko

Modellierung

Virtuelle Abbilder realer Systeme



Modellierung

Digital Twin

- Digitaler Zwilling = **virtuelles Abbild eines realen Objekts**
- Enthält alle relevanten **Eingaben, Ausgaben und Funktionen**
- Verknüpft **physische und virtuelle Welt**
- Reale Messdaten fließen in das Modell → Rückkopplung in die Realität möglich

Modellierung

Nutzen der Modellierung

Virtuelles Testen vor der Inbetriebnahme

Erkennung von Fehlern und Schwachstellen

Simulation von Szenarien und Belastungen

Aussagen über das Nutzungsverhalten schon vor Markteinführung

Modellierung

Unvollständige Funktionsstrukturen

Modelle müssen oft
dynamisch anpassbar
sein

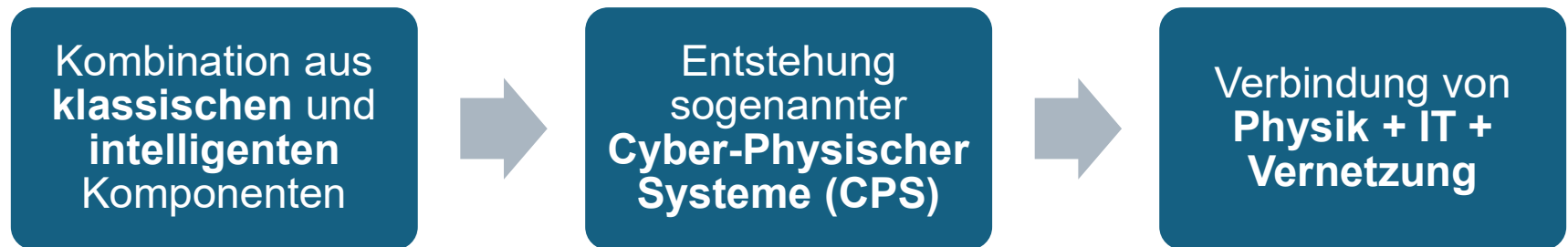
Anforderungen ändern
sich im
Produktlebenszyklus

Einbindung von
Kundenprozessen in
die Modellentwicklung

Methoden, um unvollständige oder sich ändernde Funktionen zu beschreiben

Integration klassischer und smarter Komponenten

Hinführung



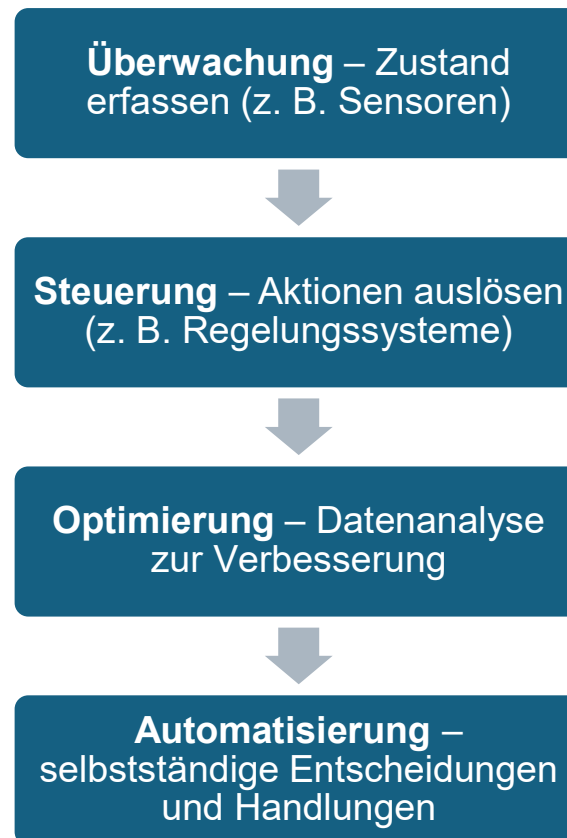
Integration klassischer und smarter Komponenten

Von klassischen Produkten zu smarten Systemen

- **Klassisches Produkt** → rein mechanisch oder elektrisch
- **Smartes Produkt** → enthält Sensoren, Software, Cloud-Anbindung
- **Beispiel:** Smart Car / Car Sharing Plattform

Integration klassischer und smarter Komponenten

Ebenen Smarter Produkte



Integration klassischer und smarter Komponenten

Aufbau smarter Produkte

Komponente	Beschreibung
 Physische Komponenten	Mechanische & elektrische Bauteile
 Intelligente Komponenten	Sensoren, Aktoren, Prozessoren, Software
 Vernetzungskomponenten	Schnittstellen, Antennen, Netzwerke, Cloud-Anbindung

Integration klassischer und smarter Komponenten

Die Rolle der Cloud

- Zentrale Plattform für **Datenverarbeitung & Steuerung**
- Beinhaltet:
 - Big-Data-Systeme
 - Analyse-Engines
 - Produktsoftware & Regelalgorithmen
- Grundlage für **Fernwartung, Updates, KI-gestützte Optimierung**

Integration klassischer und smarter Komponenten

Auswirkung

- Vernetzung verändert **Wettbewerb & Geschäftsmodelle**
- Neue Märkte & Services entstehen
- Fertigungsunternehmen müssen sich **organisatorisch und technologisch anpassen**

Fazit

Klassifikation verschiedener Engineering-Werkzeuge

- Engineering-Werkzeuge unterstützen Ingenieure bei Routineaufgaben und erhöhen die Effizienz.
- Sie sind **Hilfsmittel**, keine Wundermittel – Denken und Qualitätsmanagement bleiben entscheidend.
- **Upper CASE**-Tools = Planung & Entwurf, **Lower CASE**-Tools = Umsetzung & Test.
- Die Einführung neuer Tools ist eine **Investition** – anfänglich mehr Aufwand, später Produktivitätsgewinn.

Fazit

Virtual Engineering

- Verbindet reale und virtuelle Welten für eine **digitale Produktentwicklung**.
- Einsatz von **AR/VR** ermöglicht virtuelle Tests, Schulungen und Präsentationen.
- Spart Zeit und Kosten durch **Simulation statt Prototypenbau**.
- Ziel: **schnelle Entwicklungszyklen, frühes Feedback und bessere Entscheidungen**.

Fazit

User-Centered Design

- Stellt den **Nutzer in den Mittelpunkt** des Entwicklungsprozesses.
- Ziel: **hohe Gebrauchstauglichkeit** und intuitive Bedienbarkeit.
- Frühzeitige Einbindung der Nutzer reduziert spätere **Änderungskosten**.
- Mehr Aufwand zu Beginn, aber **höhere Zufriedenheit und geringere Fehlerquote** am Ende.

Fazit

Requirements Engineering

- Requirements Engineering = Fundament für erfolgreiche Smart Factory Projekte
- Sichert Kundenzufriedenheit & Effizienz
- Muss **methodisch, kundenorientiert und kontinuierlich** erfolgen

Fazit

Modellierung

- Modellierung = Basis für **digitale Produktentwicklung**
- Digital Twin ermöglicht **kontinuierliche Verbesserung**
- Kombination aus **Simulation, Datenanalyse und Rückkopplung** macht Systeme smarter

Fazit

Integration klassischer und smarter Komponenten

- Verbindung klassischer Technik mit **smarten, vernetzten Komponenten** → **Cyber-Physische Systeme (CPS)**
- **Cloud** als zentrale Plattform für Daten, Steuerung und Analyse
- Smarte Produkte können **überwachen, steuern, optimieren und automatisieren**
- Führt zu **neuen Märkten, Geschäftsmodellen und Wettbewerbsbedingungen**