



Unsichtbare Schnittstellen der Industrie





Inhaltsverzeichnis

Unsichtbare Schnittstellen der Industrie

Vorwort	3
Die Schnittstellen der Industrie	5
Wertschöpfung und unterstützende Funktionen	5
Die vier Elemente der Fertigung	8
Die unterschätzten Schnittstellen	12
Die 3-Tage-Regel	19
ERP, PPS, MES und die Realität	24
Die Sprache der modernen Industrie	29
CAM-Systeme und ISO-GPS	36
Der Digitale Zwilling	41
Software-Lebenszyklen	46
Cyber Security und Produktionssicherheit	52
Die wichtigste Schnittstelle bleibt der Mensch	58
Fazit	63
Rechtlicher Hinweis	68
Impressum	69



Die Schnittstellen der Industrie

Vorwort

Die Industrie befindet sich in einer Zeit tiefgreifender Veränderungen.

Digitalisierung, Automatisierung, Robotik, Künstliche Intelligenz, Cyber Security und Industrie 4.0 prägen heute die Diskussionen in Unternehmen. Neue Technologien entstehen in immer kürzeren Zyklen und versprechen höhere Produktivität, mehr Transparenz und eine bessere Wettbewerbsfähigkeit.

Gleichzeitig stellen viele Unternehmen fest, dass zahlreiche Projekte trotz moderner Technologien hinter den Erwartungen zurückbleiben.

- Automatisierungsprojekte erreichen nicht die geplanten Leistungen.
- Digitalisierungsprojekte liefern nicht den erwarteten Nutzen.
- Daten sind vorhanden, führen aber nicht automatisch zu besseren Entscheidungen.
- Maschinen werden vernetzt, Prozesse bleiben jedoch unverändert.

Die Ursache liegt häufig nicht bei der Maschine.

Sie liegt häufig zwischen den Maschinen.

Sie liegt an den Übergängen zwischen Menschen, Abteilungen, Prozessen, Daten und Systemen.

Während Unternehmen viel Zeit in die Optimierung einzelner Technologien investieren, erhalten die Verbindungen zwischen diesen Technologien oft deutlich weniger Aufmerksamkeit.

Genau dort entstehen jedoch die meisten Herausforderungen:

- zwischen Verkauf und Konstruktion
- zwischen Konstruktion und Fertigung
- zwischen AVOR und Produktion
- zwischen ERP und Maschine
- zwischen Software und Realität
- zwischen Daten und Entscheidungen
- zwischen Planung und Umsetzung

Moderne Fertigung entsteht heute nicht mehr durch einzelne Maschinen oder isolierte Technologien.

Sie entsteht durch das Zusammenspiel von:

- Menschen
- Wissen
- Prozessen
- Daten
- Maschinen
- Software
- Automatisierung



Die Schnittstellen der Industrie

Vorwort

Je stärker Unternehmen digitalisieren, automatisieren und vernetzen, desto wichtiger werden diese Verbindungen.

Denn die Leistungsfähigkeit einer Produktion wird immer häufiger nicht durch die stärkste Maschine bestimmt, sondern durch die schwächste Schnittstelle.

Gerade die Schweizer MEM-Branche zeichnet sich seit Jahrzehnten durch ihre Fähigkeit aus, komplexe technische Herausforderungen zu lösen und daraus wirtschaftlich erfolgreiche Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln.

Doch die Herausforderungen der Zukunft liegen zunehmend nicht mehr in einzelnen Disziplinen.

Sie liegen im Verständnis des Gesamtsystems.

Dieses Dokument beschäftigt sich deshalb mit einem der meistunterschätzten Themen moderner Industrieunternehmen:

Den unsichtbaren Schnittstellen der Industrie.

Es zeigt auf, weshalb erfolgreiche Fertigung lange vor der CNC-Maschine beginnt und warum Wettbewerbsfähigkeit heute zunehmend von der Fähigkeit abhängt, Menschen, Werkstücke, Spannmittel, Werkzeuge, Daten, Software, Maschinen und Automatisierung zu einem funktionierenden Gesamtsystem zu verbinden.

Denn die Zukunft der Industrie entscheidet sich immer seltener an einzelnen Maschinen.

Sie entscheidet sich an den Schnittstellen zwischen Menschen, Prozessen, Daten und Technologien.

Viele Unternehmen investieren in Maschinen.

Die erfolgreichsten Unternehmen investieren zusätzlich in funktionierende Schnittstellen.

Denn nicht einzelne Systeme schaffen Wertschöpfung.

Wertschöpfung entsteht dort, wo Menschen, Wissen, Prozesse, Daten und Technologien erfolgreich zusammenarbeiten.

Die Schnittstellen der Industrie

Wertschöpfung und unterstützende Funktionen

Jedes Unternehmen besteht aus einer Vielzahl von Funktionen, Abteilungen und Verantwortlichkeiten.

Alle diese Bereiche leisten einen wichtigen Beitrag zum Unternehmenserfolg. Dennoch unterscheiden sich ihre Aufgaben grundlegend.

Ein Unternehmen erwirtschaftet seine Umsätze und Gewinne in erster Linie durch seine Wertschöpfung.

In der MEM-Branche gehören dazu beispielsweise:

- Entwicklung von Produkten
- Konstruktion
- Fertigung
- Montage
- Service
- Vertrieb technischer Lösungen
- Inbetriebnahme

Kundennutzen

Diese Bereiche schaffen direkten Mehrwert für den Kunden.

Daneben existieren zahlreiche unterstützende Funktionen:

- Finanzwesen
- Personalwesen
- IT
- Qualitätsmanagement
- Administration
- Recht
- Compliance
- Controlling

Auch diese Bereiche sind für ein modernes Unternehmen unverzichtbar.

Ihre Aufgabe besteht jedoch darin, die Wertschöpfung zu unterstützen und nicht zu ersetzen.



Die Schnittstellen der Industrie

Wertschöpfung und unterstützende Funktionen

Digitalisierung verändert die Rollen

Mit zunehmender Digitalisierung verändern sich viele unterstützende Tätigkeiten.

Moderne Systeme übernehmen heute bereits:

- Datenerfassung
- Auswertungen
- Berichterstellung
- Dokumentationen
- Standardprozesse
- Planungsunterstützung

Dadurch verschiebt sich der Fokus.

Die Frage lautet künftig weniger:

- Wie verwalten wir Prozesse?

sondern zunehmend:

- Wie unterstützen wir die Wertschöpfung?

Die Gefahr der Umkehrung

In manchen Unternehmen entsteht mit der Zeit ein Ungleichgewicht.

Es werden immer mehr:

- Berichte erstellt
- Kennzahlen ausgewertet
- Prozesse verwaltet
- Dokumentationen geführt

Die alles, während die eigentliche Wertschöpfung in den Hintergrund gerät. Dadurch kann sich die Organisation zunehmend mit sich selbst beschäftigen.

Der Kunde bezahlt jedoch nicht für interne Prozesse.

Der Kunde bezahlt für Nutzen.



Die Schnittstellen der Industrie

Wertschöpfung und unterstützende Funktionen

Die Rolle der Führung

Eine zentrale Führungsaufgabe besteht deshalb darin, die Balance zwischen Wertschöpfung und Unterstützung zu bewahren.

Unterstützende Funktionen sind wichtig.

Sie schaffen:

- Stabilität
- Transparenz
- Qualität
- Sicherheit
- Compliance

Der eigentliche Zweck bleibt jedoch immer derselbe:
Die Wertschöpfung zu stärken.

Die Zukunft der Industrie

Die erfolgreiche Fabrik der Zukunft wird nicht durch immer mehr Verwaltung geprägt sein.

Sie wird geprägt durch das optimale Zusammenspiel von:

- Wertschöpfung
- Automatisierung
- Digitalisierung
- Wissen
- Führung
- unterstützenden Funktionen

Dort, wo alle Bereiche gemeinsam auf den Kundennutzen ausgerichtet sind, entsteht nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit.

Wertschöpfung finanziert das Unternehmen.

Unterstützende Funktionen ermöglichen die Wertschöpfung.

Die Zukunft gehört Unternehmen, die beide Welten verstehen und miteinander verbinden.

Die Schnittstellen der Industrie

Die vier Elemente der Fertigung

Wenn über moderne Fertigung gesprochen wird, stehen häufig Themen wie Digitalisierung, Automatisierung, Robotik, Industrie 4.0 oder Künstliche Intelligenz im Mittelpunkt.

Dabei wird oft vergessen, dass jede spanende Fertigung seit Jahrzehnten auf wenigen grundlegenden Elementen basiert.

Unabhängig davon, ob ein Unternehmen mit einer konventionellen Fräsmaschine, einem hochautomatisierten Bearbeitungszentrum oder einer vollständig vernetzten Smart Factory arbeitet:

Ohne diese vier Elemente kann keine Fertigung stattfinden.

Rohteil



CNC-Programm



Bearbeitungswerkzeug



Werkstückspannmittel



Werkstück

Fehlt eines dieser Elemente, steht der Prozess.

Dabei spielt es keine Rolle,

- wie modern die Maschine ist
- wie leistungsfähig das ERP-System ist
- wie umfassend die Digitalisierung umgesetzt wurde
- wie intelligent eine KI-Lösung sein mag

Die vier Elemente bilden das Fundament jeder Produktion und damit auch die Grundlage jeder späteren Automatisierung und Digitalisierung.

Die vier Elemente wirken niemals isoliert

Ein häufiger Denkfehler besteht darin, diese Bereiche getrennt zu betrachten.

Die Schnittstellen der Industrie

Die vier Elemente der Fertigung

In vielen Unternehmen werden Verantwortung und Zuständigkeiten verteilt:

- Einkauf beschafft das Rohmaterial.
- CAM erstellt das CNC-Programm.
- Die Werkzeugverwaltung organisiert die Werkzeuge.
- Die Produktion verantwortet die Spannmittel.
- Die Fertigung bearbeitet das Werkstück.

In Wirklichkeit handelt es sich jedoch um ein zusammenhängendes System.

Ändert sich das Rohteil, verändern sich häufig:

- Werkzeugstrategie
- Bearbeitungszeiten
- CNC-Programm
- Spannkonzent

Ändert sich das Werkstückspannmittel, verändern sich häufig:

- Zugänglichkeit
- Werkzeugwahl
- Bearbeitungsstrategie
- Automatisierungsmöglichkeiten

Ändert sich das Bearbeitungswerkzeug, verändern sich häufig:

- Schnittdaten
- Laufzeiten
- Prozesssicherheit
- Wirtschaftlichkeit

Deshalb muss die Fertigung immer als Gesamtsystem betrachtet werden.





Die Schnittstellen der Industrie

Die vier Elemente der Fertigung

Die vier Elemente als Führungsaufgabe

Die Beherrschung dieser vier Elemente ist nicht nur eine technische Aufgabe.

Sie ist auch eine Führungsaufgabe.

Geschäftsführer, Betriebsleiter, Produktionsleiter und AVOR-Verantwortliche müssen verstehen, wie diese Bereiche zusammenwirken und welche Auswirkungen Änderungen auf das Gesamtsystem haben.

Viele Probleme entstehen nicht innerhalb eines einzelnen Elements.

Sie entstehen an den Schnittstellen zwischen den Elementen.

Genau dort entstehen häufig:

- Mehrkosten
- Terminverzögerungen
- Qualitätsprobleme
- Doppelarbeiten
- Einschränkungen bei der Automatisierung

Die Grundlage der digitalen Produktion

In vielen Unternehmen beginnt die Diskussion bei:

- ERP
- PPS
- MES
- Industrie 4.0
- Datenmanagement
- Künstlicher Intelligenz

Die industrielle Realität beginnt jedoch deutlich früher.

Bevor Daten entstehen können, muss zuerst produziert werden.

Und bevor produziert werden kann, müssen die vier Elemente der Fertigung funktionieren.

Die Schnittstellen der Industrie

Die vier Elemente der Fertigung

Erst aus diesen vier Elementen entstehen:

- Prozessdaten
- Qualitätsdaten
- Maschinendaten
- Fertigungsinformationen

Sie bilden damit die Grundlage für:

- Digitalisierung
- Automatisierung
- Digitale Zwillinge
- Industrie 4.0
- Künstliche Intelligenz

Ohne Rohteil, CNC-Programm, Bearbeitungswerkzeug und Werkstückspannmittel findet keine Fertigung statt.

Diese vier Elemente bilden das Fundament jeder Produktion, jeder Automatisierung und jeder Digitalisierung.

Die Zukunft der Fertigung beginnt nicht bei der Künstlichen Intelligenz.

Die Zukunft der Fertigung beginnt beim Verständnis der vier Elemente der Fertigung und ihrer Schnittstellen.





Die Schnittstellen der Industrie

Die unterschätzten Schnittstellen

Wenn Unternehmen über Probleme mit Produktivität, Qualität, Lieferterminen oder Kosten sprechen, richtet sich der Blick häufig auf Maschinen, Werkzeuge, Anlagen oder Mitarbeitende.

Die Praxis zeigt jedoch ein anderes Bild.

Die meisten Probleme entstehen nicht innerhalb einer einzelnen Abteilung. Sie entstehen zwischen den Abteilungen.

Genau dort befinden sich die unsichtbaren Schnittstellen der Industrie.

In modernen Industrieunternehmen sind zahlreiche Bereiche an der Wertschöpfung beteiligt:

- Verkauf
- Konstruktion
- Einkauf
- AVOR
- CAM
- Produktion
- Qualität

Jeder dieser Bereiche erfüllt eine wichtige Aufgabe.
Jeder dieser Bereiche trägt zum Unternehmenserfolg bei.

Die eigentliche Herausforderung entsteht jedoch an den Übergängen zwischen ihnen.

Denn jede Übergabe von Informationen, Daten, Anforderungen oder Verantwortlichkeiten birgt Risiken.

Typische Folgen sind:

- Missverständnisse
- Informationsverluste
- Terminverzögerungen
- Qualitätsprobleme
- Doppelarbeiten
- Mehrkosten
- Fehlentscheidungen



Die Schnittstellen der Industrie

Die unterschätzten Schnittstellen

Häufig wird ein Problem erst in der Produktion sichtbar, obwohl seine Ursache deutlich früher entstanden ist.

- Ein fehlendes Detail im Verkauf kann sich später in der Konstruktion auswirken.
- Eine unvollständige Zeichnung kann Probleme in der AVOR verursachen.
- Eine ungeeignete Materialbeschaffung kann die Produktion behindern.
- Ein unzureichend abgestimmtes Spannkonzert kann die Automatisierung erschweren.

Dadurch entsteht eine wichtige Erkenntnis:

- Die Produktion ist oft nicht die Ursache eines Problems.
- Die Produktion ist häufig der Ort, an dem Probleme sichtbar werden.

Der Kunde erlebt immer das Gesamtsystem, intern arbeiten Unternehmen in Abteilungen.

Der Kunde erlebt jedoch niemals einzelne Abteilungen.

Der Kunde erlebt das Ergebnis des gesamten Prozesses.

Für den Kunden spielt es keine Rolle, ob ein Fehler im Verkauf, in der Konstruktion, im Einkauf oder in der Produktion entstanden ist.

Für ihn zählt:

- Qualität
- Liefertermin
- Zuverlässigkeit
- Kundennutzen

Deshalb entscheidet sich der Erfolg eines Unternehmens nicht innerhalb einzelner Abteilungen.

Er entscheidet sich an deren Zusammenarbeit.



Die Schnittstellen der Industrie

Die unterschätzten Schnittstellen

Schnittstellen werden in Zukunft wichtiger

Mit zunehmender Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung steigt die Bedeutung von Schnittstellen weiter.

Moderne Unternehmen sind heute geprägt durch:

- ERP-Systeme
- CAD-Systeme
- CAM-Systeme
- MES-Systeme
- Maschinen
- Robotik
- Datenplattformen

Dadurch entstehen zusätzliche technische und organisatorische Schnittstellen.

Je komplexer die Systeme werden, desto wichtiger werden Kommunikation, Transparenz und klare Verantwortlichkeiten.

Die eigentliche Führungsaufgabe

Viele Unternehmen investieren grosse Summen in Maschinen, Software und Automatisierung.

Der grösste Hebel liegt jedoch häufig an einem anderen Ort.
Er liegt dort, wo Informationen fliessen, Entscheidungen getroffen und Verantwortlichkeiten übergeben werden.

Erfolgreiche Unternehmen optimieren deshalb nicht nur ihre Prozesse. Sie optimieren vor allem ihre Schnittstellen.

Denn dort entscheidet sich, ob aus einzelnen Abteilungen ein leistungsfähiges Gesamtsystem entsteht.

Die meisten Probleme entstehen nicht innerhalb der Abteilungen. Die meisten Probleme entstehen zwischen den Abteilungen.

Erfolgreiche Unternehmen optimieren deshalb nicht nur ihre Prozesse, sondern vor allem die Zusammenarbeit zwischen ihren Prozessen.



Die Schnittstellen der Industrie

Warum Handling zuerst gedacht werden muss

Wenn Unternehmen über Automatisierung sprechen, stehen häufig Maschinen, Roboter, Software oder moderne Steuerungssysteme im Mittelpunkt.

Investitionen werden geplant, Maschinen ausgewählt und Automatisierungskonzepte entwickelt. Erst deutlich später stellt sich oft eine entscheidende Frage:

Wie bewegt sich das Werkstück eigentlich durch den Prozess?

Genau an dieser Stelle beginnt das Thema Handling.

Und genau an dieser Stelle entstehen in vielen Projekten die grössten Probleme.

- Nicht weil die Maschinen ungeeignet wären.
- Nicht weil die Roboter nicht funktionieren.

Sondern weil die Anforderungen an das Handling zu spät berücksichtigt wurden.

Der häufigste Denkfehler

Viele Unternehmen planen in folgender Reihenfolge:

- Produkt
- Maschine
- Automatisierung

Erst danach beschäftigen sie sich mit dem Handling.

Dabei werden wichtige Fragen oftmals erst sehr spät gestellt:

- Wie wird das Werkstück gegriffen?
- Wie wird es transportiert?
- Wie wird es positioniert?
- Wie wird es gespannt?
- Wie wird es zwischengelagert?
- Wie wird es der nächsten Bearbeitungsstation zugeführt?

Zu diesem Zeitpunkt sind jedoch viele grundlegende Entscheidungen bereits getroffen.

Dadurch muss sich das Handling an bestehende Randbedingungen anpassen, anstatt von Anfang an Bestandteil des Gesamtkonzeptes zu sein.



Die Schnittstellen der Industrie

Warum Handling zuerst gedacht werden muss

Die Folgen sind häufig:

- Sonderlösungen
- zusätzliche Investitionen
- längere Projektlaufzeiten
- höhere Risiken
- eingeschränkte Flexibilität
- reduzierte Wirtschaftlichkeit

**Handling verbindet die gesamte Wertschöpfung
Handling ist weit mehr als ein Roboter oder ein Greifer.
Handling verbindet die gesamte Prozesskette.**

Es verbindet:

- Rohteile
- Werkstücke
- Spannmittel
- Werkzeugmaschinen
- Messstationen
- Lagerbereiche
- Montageprozesse
- Automatisierungssysteme

Jede Bewegung eines Werkstücks ist eine Schnittstelle.

Und jede Schnittstelle beeinflusst:

- Produktivität
- Prozesssicherheit
- Qualität
- Automatisierungsfähigkeit
- Wettbewerbsfähigkeit

Je früher diese Schnittstellen verstanden werden, desto erfolgreicher wird die spätere Fertigung.

Das Werkstück bestimmt die Möglichkeiten



Die Schnittstellen der Industrie

Warum Handling zuerst gedacht werden muss

Viele Unternehmen konzentrieren sich auf:

- Maschinen
- Robotik
- Steuerungen
- Software

Die eigentliche Herausforderung liegt jedoch häufig beim Werkstück selbst.

Das Werkstück bestimmt:

- die Greifmöglichkeiten
- die Auflageflächen
- die Orientierung
- die Spannmöglichkeiten
- die Transportfähigkeit
- die Lagerstrategie

Ein Werkstück, das nicht Handling gerecht ausgelegt ist, verursacht später oftmals hohe Zusatzkosten.

Deshalb beginnt die Automatisierung nicht bei der Maschine.

Sie beginnt beim Werkstück.

Die Verbindung zu den vier Elementen der Fertigung

Bereits im vorherigen Kapitel wurden die vier Elemente der Fertigung beschrieben:

Rohteil



CNC-Programm



Bearbeitungswerkzeug



Werkstückspannmittel



Werkstück

Handling steht mit jedem dieser Elemente in direkter Verbindung.



Die Schnittstellen der Industrie

Warum Handling zuerst gedacht werden muss

Besonders eng ist die Beziehung zum Werkstückspannmittel.

Das Spannsystem bildet häufig die entscheidende Schnittstelle zwischen Werkstück, Maschine und Automatisierung.

Es beeinflusst:

- Zugänglichkeit
- Greifbarkeit
- Wiederholgenauigkeit
- Prozesssicherheit
- Automatisierungsfähigkeit

Viele Automatisierungsprojekte scheitern deshalb nicht am Roboter.

Sie scheitern am fehlenden Zusammenspiel zwischen Handling und Spanntechnik.

Die Sicht des Unternehmers

Für Unternehmer, Geschäftsführer, Betriebsleiter und Produktionsleiter lautet die entscheidende Frage nicht:

Welchen Roboter kaufen wir?

Sondern:

- Ist unser Produkt überhaupt automatisierungs- und handlinggerecht ausgelegt?

Erfolgreiche Unternehmen stellen diese Frage bereits in der Konzeptphase.

Sie verstehen, dass Automatisierung nur dann wirtschaftlich funktioniert, wenn das Handling von Anfang an Teil der Planung ist.

Die eigentliche Erkenntnis

- Viele Unternehmen automatisieren Maschinen.
- Erfolgreiche Unternehmen automatisieren Prozesse.
- Und jeder automatisierte Prozess beginnt mit der Bewegung eines Werkstücks.

Deshalb ist Handling keine Nebenaufgabe der Automatisierung.

Handling ist eine zentrale Führungs-, Planungs- und Prozessaufgabe moderner Industrieunternehmen.

Handling beginnt nicht beim Roboter.

Handling beginnt nicht bei der Maschine.

Handling beginnt bei der Planung.

Wer Handling frühzeitig berücksichtigt, schafft die Grundlage für wirtschaftliche, stabile und zukunftsfähige Automatisierung.

Die Schnittstellen der Industrie

Die 3-Tage-Regel

Viele Unternehmen investieren erhebliche Summen in:

- Automatisierung
- Robotik
- Paletten Systeme
- Flexible Fertigungssysteme (FMS)
- Digitalisierung
- Industrie 4.0

Trotzdem erreichen zahlreiche Projekte die ursprünglich definierten Ziele nicht vollständig.

Die Ursache liegt dabei häufig nicht in der Technologie.
Sie liegt oft in der Reihenfolge der Planung.

In vielen Projekten wird zunächst das Produkt, die Maschine, die Fertigungsstrategie und die Automatisierung definiert. Erst später wird die Frage gestellt:

- Wie soll das Werkstück überhaupt durch den Prozess bewegt werden?

Zu diesem Zeitpunkt sind bereits zahlreiche Entscheidungen getroffen worden, welche die späteren Handlungsmöglichkeiten einschränken.

Die Frozen-Zone

Aus zahlreichen Projekten im Maschinenbau, in der Fertigung und in der Automatisierung zeigt sich immer wieder derselbe Zusammenhang:

Es existiert ein Zeitpunkt, an dem die wesentlichen Entscheidungen bereits getroffen wurden.

Ab diesem Moment wird jede Änderung:

- aufwendiger
- teurer
- langsamer
- risikoreicher

Gremotool bezeichnet diesen Bereich als:

- **Frozen-Zone**

Die Frozen-Zone beginnt dort, wo Produkt-, Fertigungs- und Automatisierungsentscheidungen bereits weitgehend festgelegt sind und grundlegende Änderungen nur noch mit erheblichem Aufwand möglich sind.



Die Schnittstellen der Industrie

Die 3-Tage-Regel

Typische Folgen bei Nichteinhaltung sind:

- Sondergreifer
- Sonderhandling
- Spezialspannmittel
- zusätzliche Robotikachsen
- aufwendige Anpassungen
- verlängerte Projektzeiten
- steigende Investitionskosten

Oft wird versucht, ein Problem durch zusätzliche Technik zu lösen, obwohl die eigentliche Ursache bereits deutlich früher in der Planung entstanden ist.

Die Bedeutung der 3-Tage-Regel

Die sogenannte 3-Tage-Regel ist keine feste technische Vorschrift.

Sie ist eine Denkweise.

Sie beschreibt die Erfahrung, dass die entscheidenden Fragen zum Handling bereits in der ersten Phase eines Projektes beantwortet werden müssen.

Je länger das Thema Handling verschoben wird, desto stärker steigt das Risiko späterer Einschränkungen.

Deshalb sollte bereits zu Beginn eines Projektes geklärt werden:

- Wie wird das Rohteil bereitgestellt?
- Wie wird das Werkstück gegriffen?
- Wie wird es positioniert?
- Wie wird es gespannt?
- Wie wird es transportiert?
- Wie wird es zwischengelagert?
- Wie wird es entnommen?
- Wie wird es der nächsten Bearbeitungsstufe zugeführt?

Wer diese Fragen erst nach der Fertigungsplanung stellt, befindet sich häufig bereits in der Frozen-Zone.

Die Schnittstellen der Industrie

Die 3-Tage-Regel

Der klassische Projektfehler

Viele Projekte entstehen nach folgendem Muster:

- Produkt definieren
- Maschine auswählen
- Werkzeuge festlegen
- Spannmittel bestimmen
- CAM-Strategie entwickeln
- Automatisierung planen

Erst danach wird über das Handling nachgedacht.

Dann treten plötzlich Fragen auf wie:

- Wo kann das Werkstück gegriffen werden?
- Sind genügend Referenzflächen vorhanden?
- Ist die Lageerkennung möglich?
- Kann automatisiert gespannt werden?
- Ist eine sichere Entnahme möglich?
- Sind Mehrfachspannungen realisierbar?

Die Antworten führen oftmals zu aufwendigen Anpassungen der bereits abgeschlossenen Planung.

Erfolgreiche Unternehmen denken anders.

Erfolgreiche Unternehmen betrachten Handling nicht als Nebenfunktion der Automatisierung.

Sie betrachten Handling als Teil der Produkt- und Prozessentwicklung.

Bereits zu Beginn stellen sie sich die Frage:

Ist dieses Produkt überhaupt Handling- und automatisierungsgerecht aufgebaut?

Dadurch entstehen:

- robustere Prozesse
- einfachere Automatisierung
- geringere Investitionskosten
- höhere Flexibilität
- kürzere Projektzeiten
- bessere Wirtschaftlichkeit

**Handling wird dadurch nicht zum letzten Schritt einer Planung.
Handling wird zu einem der ersten Schritte.**

Die Schnittstellen der Industrie

Die 3-Tage-Regel

Die Verbindung zu den vier Elementen der Fertigung

Bereits im ersten Kapitel wurden die vier Elemente der Fertigung beschrieben:

Rohteil



CNC-Programm



Bearbeitungswerkzeug



Werkstückspannmittel



Werkstück

Handling verbindet alle diese Elemente miteinander.

Das Handling muss:

- Rohteile übernehmen
- Werkstücke ausrichten
- Spannsysteme unterstützen
- Bearbeitungsprozesse versorgen
- Materialflüsse sicherstellen

Ohne ein funktionierendes Handling können die vier Elemente ihre volle Wirkung nicht entfalten.



Die Schnittstellen der Industrie

Die 3-Tage-Regel

Die Sicht des Unternehmers

Für Unternehmer, Geschäftsführer, Betriebsleiter und Produktionsleiter lautet die entscheidende Frage nicht:

Welchen Roboter sollen wir kaufen?

Sondern:

Ist unser Produkt, unser Prozess und unser Spannkonzzept überhaupt Handling gerecht ausgelegt?

Die wirtschaftlichste Automatisierung entsteht selten durch die komplexeste Technik.

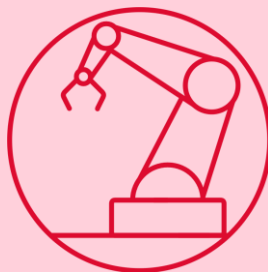
Sie entsteht durch die früheste Planung.

Wer Handling zu spät betrachtet, plant teuer um.

Viele Automatisierungsprojekte scheitern nicht an Maschinen oder Robotern.

Sie scheitern daran, dass das Handling zu spät berücksichtigt wurde.

Erfolgreiche Unternehmen planen deshalb zuerst die Bewegungen des Werkstücks und erst danach die Bewegungen der Maschine.





Die Schnittstellen der Industrie

ERP, PPS, MES und die Realität

Die Digitalisierung hat in den vergangenen Jahren dazu geführt, dass Unternehmen mehr Daten erfassen als jemals zuvor.

Maschinen liefern Zustandsdaten, ERP-Systeme verwalten Aufträge, PPS-Systeme planen Kapazitäten und MES-Systeme erfassen Produktionsinformationen in Echtzeit.

Trotz dieser Datenfülle kämpfen viele Unternehmen weiterhin mit denselben Herausforderungen:

- fehlende Transparenz
- unvollständige Informationen
- Terminabweichungen
- Medienbrüche
- Doppelarbeiten
- widersprüchliche Datenstände

Die Ursache liegt häufig nicht bei den Daten selbst.

Die Ursache liegt meist darin, dass die Daten zwar vorhanden sind, jedoch nicht miteinander verbunden werden.

Denn Daten alleine erzeugen noch keinen Nutzen.

Erst wenn Daten in den richtigen Zusammenhang gebracht werden, entstehen Informationen.

Und erst Informationen ermöglichen fundierte Entscheidungen.

Die drei Ebenen der modernen Produktionssteuerung

In vielen Industrieunternehmen bilden ERP, PPS und MES heute das Rückgrat der digitalen Organisation.

Jedes dieser Systeme erfüllt eine wichtige Aufgabe.



Die Schnittstellen der Industrie

ERP, PPS, MES und die Realität

ERP-Systeme

ERP-Systeme bilden das betriebswirtschaftliche Zentrum eines Unternehmens.

Sie verwalten beispielsweise:

- Kunden
- Aufträge
- Artikel
- Einkauf
- Lager
- Finanzen

Das ERP beantwortet vor allem die Frage:

- Was müssen wir tun?

PPS-Systeme

PPS-Systeme verbinden Planung und Produktion.

Sie steuern:

- Kapazitäten
- Ressourcen
- Termine
- Reihenfolgen
- Materialverfügbarkeiten

Das PPS beantwortet die Frage:

- Wann müssen wir es tun?

MES-Systeme

MES-Systeme bilden die Verbindung zwischen Planung und Fertigung.

Sie erfassen beispielsweise:

- Maschinenzustände
- Produktionsfortschritt
- Laufzeiten
- Stillstände
- Qualitätsdaten

Das MES beantwortet die Frage:

- Was passiert gerade?



Die Schnittstellen der Industrie

ERP, PPS, MES und die Realität

Die eigentliche Herausforderung

Jedes dieser Systeme erfüllt seine Aufgabe.

Der eigentliche Mehrwert entsteht jedoch erst dann, wenn diese Systeme miteinander kommunizieren und Informationen austauschen.

Viele Unternehmen verfügen über hervorragende Einzelsysteme.

Dennoch entstehen Datensilos.

- Das ERP kennt den Auftrag.
- Das PPS kennt den Termin.
- Das CAM-System kennt die Bearbeitungsstrategie.
- Das Werkzeugmanagement kennt die Werkzeuge.
- Das MES kennt den Produktionsstatus.
- Die Qualitätssicherung kennt die Messergebnisse.

Oft fehlt jedoch die Verbindung zwischen diesen Informationen.

Dadurch verbringen Mitarbeitende viel Zeit damit, Informationen zu suchen, zu vergleichen und manuell zusammenzuführen.

Daten sind noch keine Informationen

Ein weit verbreiteter Irrtum der Digitalisierung lautet:

- Mehr Daten führen automatisch zu besseren Entscheidungen.
- In Wirklichkeit entsteht der Nutzen erst durch die richtige Verarbeitung der Daten.

Daten müssen:

- erfasst werden
- strukturiert werden
- verknüpft werden
- interpretiert werden
- bewertet werden

Erst dann entstehen Informationen.

Und erst aus Informationen entstehen Entscheidungen.

Deshalb scheitern viele Digitalisierungsprojekte nicht an der Software.

Sie scheitern an fehlenden Zusammenhängen zwischen den Daten.



Die Schnittstellen der Industrie

ERP, PPS, MES und die Realität

Die Bedeutung der Stammdaten

Viele Probleme beginnen bereits bei den Grundlagen.

Fehlerhafte Stammdaten führen häufig zu:

- falschen Materialbestellungen
- Terminproblemen
- fehlerhaften Stücklisten
- Qualitätsabweichungen
- erhöhtem Planungsaufwand

Deshalb beginnt Digitalisierung nicht bei Dashboards oder Auswertungen. Digitalisierung beginnt bei sauberen und konsistenten Stammdaten.

Wer schlechte Stammdaten digitalisiert, erhält meist lediglich digitale Fehler.

Die Verbindung zu den vier Elementen der Fertigung

Bereits im ersten Kapitel wurden die vier Elemente der Fertigung beschrieben:

Rohteil



CNC-Programm



Bearbeitungswerkzeug



Werkstückspannmittel



Werkstück

Jedes dieser Elemente erzeugt wichtige Informationen.

- Das Rohteil liefert Material- und Beschaffungsdaten.
- Das CNC-Programm liefert Prozess- und Bearbeitungsdaten.
- Werkzeuge liefern Standzeit- und Verfügbarkeitsdaten.
- Werkstückspannmittel liefern Informationen über Aufspannungen, Automatisierung und Prozesssicherheit.

Erst wenn diese Informationen zusammengeführt werden, entsteht Transparenz über den gesamten Fertigungsprozess.

Die Schnittstellen der Industrie

ERP, PPS, MES und die Realität

Die Sicht des Unternehmers

Für Geschäftsführer, Betriebsleiter, Produktionsleiter, AVOR und Einkauf lautet die entscheidende Frage deshalb nicht:

Welche Software kaufen wir als Nächstes?

Viel wichtiger ist die Frage:

- Wie schaffen wir einen durchgängigen Informationsfluss durch das gesamte Unternehmen?

Die leistungsfähigste Software nützt wenig, wenn:

- Informationen fehlen
- Daten widersprüchlich sind
- Schnittstellen nicht funktionieren
- Verantwortlichkeiten unklar bleiben

Die Zukunft erfolgreicher Unternehmen wird deshalb nicht von einzelnen Softwaresystemen entschieden.

Sie wird von der Fähigkeit entschieden, Informationen über alle Schnittstellen hinweg nutzbar zu machen.

Daten schaffen keinen Mehrwert.

Erst Informationen schaffen Mehrwert.

ERP, PPS und MES sind keine Insellösungen.

Erst funktionierende Schnittstellen zwischen den Systemen schaffen Transparenz, bessere Entscheidungen und nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit.



Die Schnittstellen der Industrie

Die Sprache der modernen Industrie

Industrie 4.0 gehört heute zu den meistdiskutierten Begriffen der modernen Industrie. Unternehmen investieren in Digitalisierung, Vernetzung, Automatisierung und Künstliche Intelligenz, um ihre Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu sichern.

Dabei wird jedoch eine grundlegende Voraussetzung häufig unterschätzt:

Maschinen, Software und Daten müssen dieselbe Sprache sprechen.

Denn Daten haben nur dann einen Wert, wenn sie von unterschiedlichen Systemen erfasst, verstanden und genutzt werden können.

Genau hier beginnen die eigentlichen Herausforderungen moderner Produktionssysteme.

- Nicht bei der Maschine.
- Nicht bei der Software.

Sondern bei der Kommunikation zwischen den Systemen.

Die Industrie spricht viele Sprachen

In einem modernen Industrieunternehmen treffen heute zahlreiche Systeme aufeinander:

- ERP-Systeme
- PPS-Systeme
- MES-Systeme
- CAD-Systeme
- CAM-Systeme
- Werkzeugverwaltungen
- Robotersysteme
- Maschinensteuerungen
- Qualitätssysteme
- Cloud-Plattformen

Jedes System erzeugt Informationen.

Jedes System besitzt eigene Datenmodelle.

Jedes System wurde möglicherweise von einem anderen Hersteller entwickelt.

Die Schnittstellen der Industrie

Die Sprache der modernen Industrie

Ohne gemeinsame Standards entstehen dadurch häufig:

- Datensilos
- Medienbrüche
- doppelte Datenerfassungen
- Datenverluste
- hohe Integrationskosten
- aufwendige Sonderlösungen

Die Folge ist ein bekanntes Phänomen moderner Unternehmen:

- Es sind genügend Daten vorhanden.
- Es fehlen jedoch die richtigen Informationen.

Standards schaffen Verständigung

Menschen benötigen gemeinsame Sprachen, um miteinander kommunizieren zu können.

In der Technik erfüllen Standards dieselbe Aufgabe.

Konstrukteure, CAM-Programmierer, Messtechniker und Produktionsmitarbeitende können nur effizient zusammenarbeiten, wenn Begriffe, Definitionen und Informationen eindeutig beschrieben werden.

Dasselbe gilt für Maschinen und Softwaresysteme.

Standards schaffen:

- Eindeutigkeit
- Vergleichbarkeit
- Transparenz
- Skalierbarkeit
- Zukunftssicherheit

Je stärker Unternehmen digitalisieren, desto wichtiger werden gemeinsame Standards.





Die Schnittstellen der Industrie

Die Sprache der modernen Industrie

OPC UA

Die gemeinsame Sprache der Industrie

OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) hat sich in den vergangenen Jahren zu einem der wichtigsten Kommunikationsstandards der Industrie entwickelt.

OPC UA ermöglicht den standardisierten Austausch von Informationen zwischen:

- Maschinen
- Robotern
- Sensoren
- ERP-Systemen
- MES-Systemen
- Softwareplattformen

Dabei werden nicht nur Daten übertragen.

Die Daten erhalten auch eine definierte Bedeutung.

Dadurch verstehen Systeme beispielsweise:

- welche Information übertragen wird
- welche Einheit verwendet wird
- welcher Maschinenzustand gemeint ist
- welcher Zusammenhang besteht

OPC UA verbindet Maschinen, Software und Daten über eine gemeinsame Sprache.

Umati

Die Standardsprache der Werkzeugmaschinen

Während OPC UA die technische Grundlage bildet, verfolgt Umati (Universal Machine Technology Interface) ein konkretes Ziel:

Maschinen unterschiedlicher Hersteller sollen Informationen in einer einheitlichen Struktur bereitstellen.

Dadurch können Unternehmen Maschinendaten wesentlich einfacher nutzen und vergleichen.



Die Schnittstellen der Industrie

Die Sprache der modernen Industrie

Beispiele sind:

- Maschinenzustände
- Betriebszeiten
- Energiedaten
- Werkzeuginformationen
- Produktionsfortschritte

Gerade für Unternehmen mit unterschiedlichen Maschinenherstellern wird dies zunehmend zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor.

Umati macht Maschinendaten vergleichbar und nutzbar.

MQTT

Der Transportweg der Daten.

Moderne Datenkommunikation besteht nicht nur aus der Beschreibung von Informationen.

Die Daten müssen auch zuverlässig transportiert werden.

Hier kommt MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ins Spiel.

Vereinfacht betrachtet:

OPC UA definiert die Bedeutung der Daten.
MQTT transportiert die Daten von System zu System.

Besonders bei:

- Cloud-Anwendungen
- IoT-Lösungen
- dezentralen Produktionssystemen
- Smart Factory Projekten

gewinnt MQTT zunehmend an Bedeutung.

- **OPC UA beschreibt Daten.**
- **MQTT transportiert Daten.**

Die Schnittstellen der Industrie

Die Sprache der modernen Industrie

Der Zusammenhang mit Industrie 4.0

Ein weit verbreiteter Irrtum lautet:

- Industrie 4.0 bedeutet moderne Maschinen.

Tatsächlich geht es bei Industrie 4.0 um etwas anderes:

- Moderne Maschinen bilden lediglich die Grundlage.

Den eigentlichen Nutzen schaffen:

- Standards
- Schnittstellen
- Datenmodelle
- Informationsflüsse
- Vernetzung

Erst dadurch entstehen:

- Transparenz
- Rückverfolgbarkeit
- Digitale Zwillinge
- Automatisierung
- Künstliche Intelligenz

Industrie 4.0 beginnt deshalb nicht bei der Maschine.

Industrie 4.0 beginnt bei der Fähigkeit, Informationen über Unternehmens- und Systemgrenzen hinweg nutzbar zu machen.



Die Schnittstellen der Industrie

Die Sprache der modernen Industrie

Die Verbindung zu den vier Elementen der Fertigung

Bereits im ersten Kapitel wurden die vier Elemente der Fertigung beschrieben:

Rohteil



CNC-Programm



Bearbeitungswerkzeug



Werkstückspannmittel



Werkstück

Alle vier Elemente erzeugen wichtige Daten und Informationen.

Dazu gehören beispielsweise:

- Materialdaten
- Werkzeugdaten-
- Spannmitteldaten
- Prozessdaten
- Programmdatei
- Qualitätsdaten

Erst über gemeinsame Standards können diese Informationen später genutzt werden für:

- ERP-Systeme
- PPS-Systeme
- MES-Systeme
- Digitale Zwillinge
- KI-Anwendungen

Die industrielle Digitalisierung beginnt deshalb bei Standards und nicht bei der Software.

Die Schnittstellen der Industrie

Die Sprache der modernen Industrie

Die Sicht des Unternehmers

Für Geschäftsführer, Betriebsleiter, Produktionsleiter und AVOR lautet die entscheidende Frage nicht:

Welche Software kaufen wir als Nächstes?

Sondern:

- Können unsere bestehenden Systeme überhaupt miteinander kommunizieren?

Denn die leistungsfähigste Software erzeugt keinen Nutzen, wenn die Schnittstellen fehlen.

Die Zukunft gehört deshalb nicht den Unternehmen mit den meisten Daten.

Die Zukunft gehört den Unternehmen, die ihre Daten verstehen, verbinden und nutzen können.

Industrie 4.0 funktioniert nicht durch Maschinen allein.

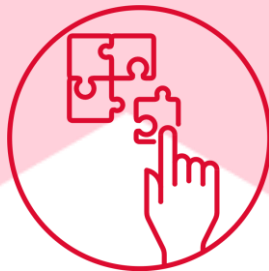
Industrie 4.0 funktioniert durch Standards, Schnittstellen und gemeinsame Datenmodelle.

Daten ohne Standards erzeugen Datensilos.

Standards verwandeln Daten in Informationen.

Die Sprache der modernen Industrie sind nicht Maschinen.

Die Sprache der modernen Industrie sind Standards.





Die Schnittstellen der Industrie

CAM-Systeme und ISO-GPS

Die zukünftige digitale Fertigung beginnt nicht an der Maschine.

Sie beginnt deutlich früher.

Sie beginnt bei der eindeutigen Beschreibung eines Produktes.

Denn bevor ein Werkstück gefertigt, vermessen, automatisiert oder digital ausgewertet werden kann, muss eindeutig definiert sein, was gefertigt werden soll und welche Funktion das Bauteil erfüllen muss.

Genau an dieser Stelle treffen Konstruktion, Fertigung, Qualitätssicherung und Digitalisierung aufeinander.

Die Qualität dieser Schnittstelle entscheidet häufig darüber, ob eine Produktion stabil, wirtschaftlich und automatisierbar betrieben werden kann.

Die Bedeutung einer eindeutigen Produktdefinition

In vielen Unternehmen entstehen Probleme nicht in der Fertigung.

Sie entstehen bereits bei der Interpretation von technischen Anforderungen.

Unklare Angaben führen häufig zu:

- Rückfragen
- Fehlinterpretationen
- Nacharbeit
- Qualitätsproblemen
- längeren Durchlaufzeiten
- unnötigen Kosten

Je digitaler ein Unternehmen arbeitet, desto wichtiger wird eine eindeutige und widerspruchsfreie Produktbeschreibung.

Denn Computer, CAM-Systeme und Messsysteme können nicht interpretieren.

Sie benötigen klar definierte Informationen.



Die Schnittstellen der Industrie

CAM-Systeme und ISO-GPS

ISO-GPS als gemeinsame Sprache

ISO-GPS (Geometrische Produktspezifikation) bildet heute die Grundlage moderner Produktdefinitionen.

Das System beschreibt eines Werkstücks eindeutig:

- Form
- Lage
- Orientierung
- Grösse
- Funktion
- Toleranzen

Damit entsteht eine gemeinsame Sprache für:

- Konstruktion
- AVOR
- CAM
- Fertigung
- Messtechnik
- Qualitätssicherung
- Kunden

Alle Beteiligten arbeiten mit denselben Anforderungen und Interpretationen.

Dadurch werden Missverständnisse reduziert und Prozesssicherheit geschaffen.

ISO 8015 als Fundament

Die ISO 8015 bildet die Grundlage des GPS-Systems.

Sie definiert die grundlegenden Regeln der technischen Produktspezifikation.

Dadurch wird sichergestellt, dass technische Anforderungen eindeutig verstanden werden können.

Besonders in der digitalen Fertigung gewinnt diese Eindeutigkeit zunehmend an Bedeutung.

Denn nur eindeutig definierte Anforderungen können später auch digital verarbeitet werden.



Die Schnittstellen der Industrie

CAM-Systeme und ISO-GPS

CAM als digitale Brücke

CAM-Systeme übernehmen eine zentrale Rolle innerhalb der industriellen Wertschöpfung.

Sie verbinden:

- Konstruktion
- Werkzeugtechnik
- Spanntechnik
- Fertigung

und übersetzen technische Anforderungen in einen fertigen Bearbeitungsprozess.

Dabei werden Informationen aus verschiedenen Bereichen zusammengeführt:

- Geometrien
- Toleranzen
- Werkzeuge
- Spannmittel
- Maschinen
- Bearbeitungsstrategien

CAM wird dadurch zur digitalen Schnittstelle zwischen Entwicklung und Produktion.

Ohne CAM können moderne CNC-Maschinen ihr Potenzial kaum ausschöpfen.

Die Verbindung zu den vier Elementen der Fertigung

Bereits im ersten Kapitel wurden die vier Elemente der Fertigung beschrieben:

Rohteil



CNC-Programm



Bearbeitungswerkzeug



Werkstückspannmittel



Werkstück

Die Schnittstellen der Industrie

CAM-Systeme und ISO-GPS

Genau an dieser Schnittstelle arbeitet das CAM-System.

Ändert sich:

- das Rohteil
- die Werkzeugstrategie
- das Spannkonzent
- die Maschine

muss häufig auch das CAM-Modell angepasst werden.

CAM verbindet somit sämtliche Elemente der Fertigung zu einem durchgängigen Fertigungsprozess.

Die Grundlage für Digitalisierung und Digitale Zwillinge

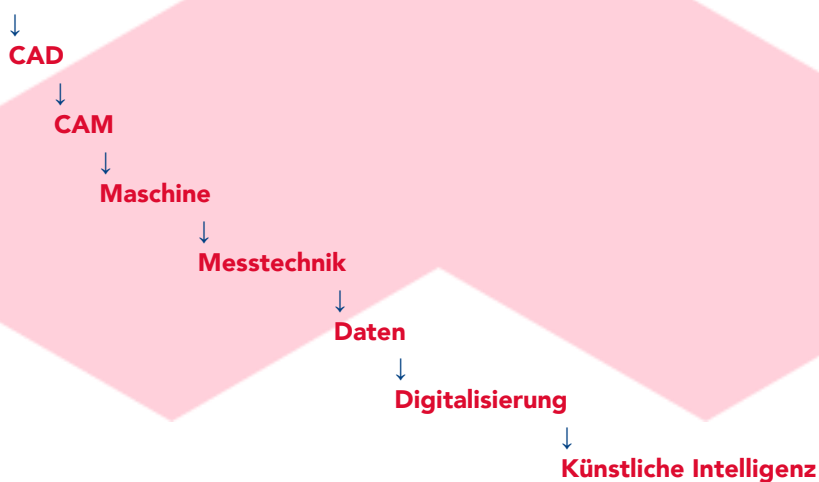
Viele Unternehmen sprechen heute über:

- Digitale Zwillinge
- Industrie 4.0
- Automatisierung
- Künstliche Intelligenz

Die Grundlage all dieser Entwicklungen bildet jedoch die eindeutige Produktdefinition.

Der digitale Informationsfluss beginnt mit:

ISO-GPS





Die Schnittstellen der Industrie

CAM-Systeme und ISO-GPS

Je eindeutiger die Produktbeschreibung, desto zuverlässiger werden:

- Simulationen
- Digitale Zwillinge
- Qualitätsdaten
- Automatisierungslösungen
- KI-Anwendungen

Die Sicht des Unternehmers

Für Geschäftsführer, Betriebsleiter, Produktionsleiter und AVOR stellt sich deshalb eine zentrale Frage:

Können unsere technischen Informationen durchgängig und verlustfrei von der Konstruktion bis zur Fertigung genutzt werden?

Viele Digitalisierungsprojekte beginnen bei Software.

Die eigentliche Grundlage entsteht jedoch bereits bei der Produktdefinition.

Wer eindeutige Standards schafft, schafft die Voraussetzung für eine erfolgreiche digitale Fertigung.

ISO-GPS definiert die Sprache.

ISO 8015 schafft die Regeln.

CAM übersetzt diese Sprache in Fertigung.

Erst das Zusammenspiel dieser Elemente ermöglicht die digitale, automatisierte und vernetzte Produktion der Zukunft.

Die Schnittstellen der Industrie

Der Digitale Zwilling

Die Anforderungen an moderne Fertigungsunternehmen steigen kontinuierlich.

- Produkte werden komplexer.
- Fertigungsprozesse werden anspruchsvoller.
- Automatisierungslösungen werden umfangreicher.

Gleichzeitig steigen die Erwartungen an:

- Qualität
- Produktivität
- Flexibilität
- Terminalsicherheit
- Wirtschaftlichkeit

Jede Fehlentscheidung in der Planung kann später erhebliche Auswirkungen auf Kosten, Liefertermine und Prozesssicherheit haben.

Genau hier gewinnt der Digitale Zwilling zunehmend an Bedeutung.

Er ermöglicht es, Produkte, Maschinen, Spannsysteme, Handlingsysteme und ganze Fertigungsprozesse bereits vor der Realisierung virtuell darzustellen, zu analysieren und zu optimieren.

Der Digitale Zwilling verbindet Planung und Realität.

Was ist ein Digitaler Zwilling?

- Ein digitaler Zwilling ist ein digitales Abbild eines realen Objektes oder Prozesses.

Dabei können beispielsweise folgende Elemente virtuell dargestellt werden:

- Werkstücke
- Spannsysteme
- Werkzeuge
- Maschinen
- Roboter
- Handling Systeme
- Fertigungsanlagen

Der Digitale Zwilling vereint Geometrien, Bewegungen, Prozesse und Daten in einem gemeinsamen Modell.

Dadurch entstehen virtuelle Umgebungen, in denen Zusammenhänge sichtbar werden, bevor reale Investitionen erfolgen.

Die Schnittstellen der Industrie

Der Digitale Zwilling

Die Planung wird dadurch nicht ersetzt.

Sie wird deutlich sicherer.

Virtuelle Inbetriebnahme

Früher wurden viele Probleme erst erkannt, nachdem Maschinen aufgebaut und Anlagen installiert waren.

Die Folgen waren häufig:

- Verzögerungen
- Umbauten
- Zusatzkosten
- Terminverschiebungen

Heute können zahlreiche Probleme bereits während der Planung erkannt werden.

Virtuelle Inbetriebnahmen ermöglichen die Überprüfung von:

- Bewegungsabläufen
- Werkstückflüssen
- Sicherheitsbereichen
- Prozessabläufen
- Schnittstellen
- Taktzeiten

Dadurch werden Risiken deutlich früher sichtbar.

Je mehr Probleme virtuell erkannt und behoben werden, desto weniger Probleme entstehen später in der Realität.

Simulation als Entscheidungshilfe

Simulationen gehören heute zu den wertvollsten Werkzeugen moderner Produktionsplanung.

Bereits vor einer Investition können wichtige Fragen beantwortet werden:

- Funktioniert das Fertigungskonzept?
- Werden die gewünschten Taktzeiten erreicht?
- Sind Werkzeuge ausreichend zugänglich?
- Funktioniert die Aufspannung?
- Ist das Handling realisierbar?
- Ist die Automatisierung wirtschaftlich?

Dadurch entsteht eine deutlich höhere Planungssicherheit.

Entscheidungen werden nicht aufgrund von Annahmen getroffen, sondern auf Basis virtueller Analysen.

Die Schnittstellen der Industrie

Der Digitale Zwilling

Kollisionsanalysen

Moderne Fertigungssysteme bestehen aus zahlreichen beweglichen Komponenten.

Beispielsweise:

- Werkstück
- Spannmittel
- Werkzeug
- Maschine
- Roboter
- Greifer
- Paletten Systeme
- Handling Systeme

Bereits kleine Planungsfehler können dazu führen, dass:

- Werkzeuge kollidieren
- Spannsysteme nicht zugänglich sind
- Roboter Bewegungen nicht ausführen können
- Wartungszugänge eingeschränkt werden

Digitale Zwillinge ermöglichen die frühzeitige Analyse solcher Situationen.

Eine erkannte Kollision während der Planung verursacht nur geringe Kosten.

Eine erkannte Kollision nach der Inbetriebnahme kann schnell hohe Zusatzkosten verursachen.

Die Verbindung zu Handling und Spanntechnik

Für die industrielle Praxis besitzt der Digitale Zwilling eine besondere Bedeutung.

Viele der wichtigsten Entscheidungen werden lange vor der ersten Bearbeitung getroffen.

Bereits im virtuellen Modell lassen sich Fragen beantworten wie:

- Kann das Werkstück gegriffen werden?
- Kann das Werkstück automatisch gespannt werden?
- Sind genügend Zugänglichkeiten vorhanden?
- Funktioniert die Werkzeugstrategie?
- Sind Mehrfachspannungen möglich?
- Ist eine spätere Automatisierung realisierbar?

Die Schnittstellen der Industrie

Der Digitale Zwilling

Frühzeitig bewertet und optimiert werden kann gerade das Zusammenspiel zwischen:

- Werkstück
- Handling
- Werkstückspannmittel
- Werkzeug
- Maschine

Dadurch entstehen robustere und wirtschaftlichere Fertigungskonzepte.

Datenqualität entscheidet

Ein Digitaler Zwilling ist immer nur so gut wie die zugrunde liegenden Daten.

Fehlerhafte Daten führen zwangsläufig zu:

- fehlerhaften Modellen
- falschen Simulationen
- ungenauen Analysen
- unsicheren Entscheidungen

Deshalb beginnt der Digitale Zwilling nicht bei der Software.

Er beginnt mit:

- sauberen Stammdaten
- klaren Standards
- eindeutigen Produktdefinitionen
- funktionierenden Schnittstellen

Nur auf dieser Grundlage entsteht ein zuverlässiges digitales Abbild der Realität.

Die Sicht des Unternehmers

Für Geschäftsführer, Betriebsleiter, Produktionsleiter und AVOR stellt sich heute eine zentrale Frage:

Wollen wir Probleme erst nach der Investition lösen oder bereits während der Planung erkennen?

Jede frühzeitig erkannte Schwachstelle reduziert:

- Projektkosten
- Terminrisiken
- Nacharbeiten
- Produktionsunterbrüche
- Investitionsrisiken



Die Schnittstellen der Industrie

Der Digitale Zwilling

Der Digitale Zwilling entwickelt sich deshalb zunehmend von einem technischen Werkzeug zu einem strategischen Führungsinstrument.

Der Weg zur digitalen Fabrik

Der Digitale Zwilling verbindet zahlreiche Themen dieses Dokumentes miteinander:

- Die vier Elemente der Fertigung
- Handling
- CAM-Systeme
- ISO-GPS
- ERP / PPS / MES
- OPC UA
- Automatisierung
- Cyber Security

Er bildet damit eine zentrale Schnittstelle zwischen der realen und der digitalen Welt.

Die Zukunft der Industrie wird zunehmend dort entschieden, wo reale Prozesse bereits virtuell verstanden, simuliert und optimiert werden können.

Der Digitale Zwilling ist weit mehr als ein 3D-Modell.

Er ist ein Werkzeug zur Risikominimierung, Planungssicherheit und Prozessoptimierung.

- **Simulationen schaffen Verständnis.**
- **Kollisionsanalysen schaffen Sicherheit.**
- **Virtuelle Inbetriebnahmen schaffen Planungssicherheit.**

Je mehr Probleme virtuell erkannt werden, desto weniger Probleme entstehen später in der Realität.

Der Digitale Zwilling schafft Planungssicherheit.



Die Schnittstellen der Industrie

Software-Lebenszyklen

Über Jahrzehnte wurden Maschinen hauptsächlich als mechanische Investitionsgüter betrachtet. Unternehmen investierten in Werkzeugmaschinen, Bearbeitungszentren oder Automatisierungslösungen mit dem Ziel, diese über viele Jahre wirtschaftlich zu betreiben.

Eine moderne Werkzeugmaschine wird häufig über Zeiträume von 15 bis 20 Jahren genutzt. Durch Wartung, Instandhaltung, Revisionen und Retrofit-Massnahmen kann die technische Lebensdauer sogar noch deutlich verlängert werden.

Die digitale Realität entwickelt sich jedoch wesentlich schneller.

Während die Maschine über Jahrzehnte genutzt wird, verändern sich Software-Systeme häufig bereits nach wenigen Jahren.

Dadurch treffen heute zwei unterschiedliche Lebenswelten aufeinander:

- langlebige Maschinen
- kurzlebige Software

Genau an dieser Schnittstelle entsteht eine der grössten Herausforderungen moderner Industrieunternehmen.

Die neue Realität der Produktion

Früher bestand eine Werkzeugmaschine hauptsächlich aus:

- Mechanik
- Elektrik
- Pneumatik
- Hydraulik

Heute gehören zusätzlich dazu:

- CNC-Steuerungen
- Maschinensoftware
- Postprozessoren
- CAM-Systeme
- OPC-UA-Schnittstellen
- Datenbanken
- Benutzerverwaltung
- Fernwartungssysteme
- Netzwerkkomponenten

Dadurch ist eine Maschine längst nicht mehr nur ein technisches Betriebsmittel.

Sie ist Teil eines digitalen Produktionssystems.

Die Schnittstellen der Industrie

Software-Lebenszyklen

Die Leistungsfähigkeit einer Anlage wird heute zunehmend durch die Qualität ihrer digitalen Infrastruktur bestimmt.

Maschinen altern langsam, Software altert schnell

Die mechanischen Komponenten einer Maschine verändern sich langsam.

Software entwickelt sich dagegen kontinuierlich weiter.

Neue Anforderungen entstehen durch:

- neue Betriebssysteme
- Sicherheitsupdates
- Cyber-Security-Anforderungen
- neue Kommunikationsstandards
- neue Schnittstellen
- neue Softwareversionen

Was heute als aktueller Stand gilt, kann bereits nach wenigen Jahren technisch veraltet sein. Dadurch entsteht ein Spannungsfeld zwischen Stabilität und Weiterentwicklung.

Viele Unternehmen verfolgen verständlicherweise den Ansatz:

„Solange alles funktioniert, ändern wir nichts.“

Diese Strategie kann kurzfristig funktionieren.

Langfristig entstehen jedoch neue Risiken.

Das Update-Paradox

Produktionsunternehmen benötigen stabile Prozesse.

Gleichzeitig benötigen sie aktuelle Systeme.

Genau daraus entsteht das sogenannte Update-Paradox.

Wer zu häufig aktualisiert, riskiert:

- Produktionsunterbrüche
- Inkompatibilitäten
- Schnittstellenprobleme
- Validierungsaufwand



Die Schnittstellen der Industrie

Software-Lebenszyklen

Wer nicht aktualisiert, riskiert:

- Sicherheitslücken
- fehlenden Herstellersupport
- veraltete Betriebssysteme
- Kompatibilitätsprobleme
- steigende Wartungskosten

Deshalb wird professionelles Software-Lifecycle-Management zunehmend zu einer Führungsaufgabe.

Die unsichtbaren Schnittstellen

Besonders kritisch sind Software-Lebenszyklen dort, wo mehrere Systeme miteinander verbunden sind.

Beispielsweise zwischen:

- ERP
- PPS
- MES
- CAM
- OPC UA
- Maschinensteuerungen
- Datenbanken
- Cloud-Systemen

Wird ein einzelnes System aktualisiert, können plötzlich unerwartete Auswirkungen entstehen.

Beispiele:

- Daten werden nicht mehr korrekt übertragen.
- Schnittstellen funktionieren nicht mehr.
- Produktionsdaten fehlen.
- Berichte werden fehlerhaft erstellt.
- Maschinenzustände werden falsch interpretiert.

Dadurch wird deutlich:

- Software darf niemals isoliert betrachtet werden.
- Jedes Update beeinflusst das gesamte System.



Die Schnittstellen der Industrie

Software-Lebenszyklen

Die Verbindung zur Cyber Security

Viele Sicherheitsvorfälle der letzten Jahre hatten ihren Ursprung nicht in der Mechanik, sondern in:

- veralteter Software
- fehlenden Updates
- ungemachten Systemen
- unsicheren Schnittstellen

Software-Management und Cyber Security wachsen deshalb immer stärker zusammen.

Ein professionelles Update-Management wird zunehmend zu einem Bestandteil der Produktionssicherheit.

Mögliche Folgen können sein:

- Produktionsunterbrüche
- Datenverlust
- Manipulation von Maschinen
- Lieferverzögerungen
- Qualitätsprobleme
- Reputationsschäden

Cyber Security betrifft deshalb nicht mehr nur die IT-Abteilung.

Die Frage lautet heute nicht nur:

- Funktioniert die Maschine?

Sondern zunehmend:

- Ist die Maschine auch digital sicher?

Die Schnittstellen der Industrie

Software-Lebenszyklen

Die Verantwortung der Unternehmensführung

Software-Lebenszyklen sind längst nicht mehr ausschliesslich ein Thema der IT-Abteilung.

Sie betreffen:

- Geschäftsführung
- Betriebsleitung
- Produktion
- Instandhaltung
- Automation
- Qualität
- Einkauf

Moderne Industrieunternehmen müssen deshalb Antworten auf folgende Fragen haben:

- Welche Softwareversionen sind im Einsatz?
- Welche Systeme sind kritisch?
- Welche Updates stehen an?
- Welche Risiken bestehen?
- Welche Systeme werden vom Hersteller noch unterstützt?
- Wer trägt die Verantwortung für Updates und Kompatibilität?
- Wie sind die Systeme vernetzt?

Diese Fragen werden künftig genauso wichtig wie:

- Wartungspläne
- Ersatzteilstrategien
- Anlagenverfügbarkeit





Die Schnittstellen der Industrie

Software-Lebenszyklen

Die Zukunft der Fabrik

Die Fabrik der Zukunft besteht nicht mehr nur aus Maschinen.

Sie besteht aus einem Zusammenspiel von:

- Mechanik
- Software
- Daten
- Netzwerken
- Cyber Security
- digitalen Schnittstellen

Unternehmen, die diese Zusammenhänge frühzeitig verstehen, schaffen die Grundlage für langfristige Stabilität und Wettbewerbsfähigkeit.

Denn die Herausforderung der Zukunft besteht nicht darin, Maschinen zu betreiben.

Die Herausforderung besteht darin, Maschinen und Software über viele Jahre gemeinsam erfolgreich zu betreiben.

Maschinen altern langsam.

Software altert schnell.

Genau an dieser Schnittstelle entsteht eine der grössten Herausforderungen moderner Industrieunternehmen.

Wer Maschinen langfristig betreiben will, muss Software, Updates, Kompatibilität und Cyber Security aktiv managen.

Die Fabrik der Zukunft besteht aus langlebigen Maschinen und kurzlebiger Software.



Die Schnittstellen der Industrie

Cyber Security und Produktionssicherheit

Über viele Jahrzehnte stand in Industrieunternehmen vor allem die physische Sicherheit im Mittelpunkt.

Unternehmen investierten in:

- Maschinensicherheit
- Schutzeinrichtungen
- Not-Halt-Systeme
- Arbeitssicherheit
- Brandschutz
- Anlagenverfügbarkeit

Heute hat sich die industrielle Welt grundlegend verändert.
Maschinen arbeiten nicht mehr isoliert.

Produktionsanlagen, Roboter, Steuerungen, ERP-Systeme, MES-Systeme, Cloud-Lösungen und Fernwartungssysteme sind zunehmend miteinander vernetzt.

Dadurch entstehen neue Möglichkeiten.
Gleichzeitig entstehen neue Risiken.

Cyber Security wird deshalb zu einer der wichtigsten Schnittstellen moderner Industrieunternehmen.
Cyber Security betrifft nicht nur die IT

Noch immer wird Cyber Security häufig als Aufgabe der IT-Abteilung betrachtet.
In der Realität betrifft sie jedoch längst die gesamte Produktion.

Cyber Security schützt heute nicht nur Daten.

Cyber Security schützt:

- Maschinen
- Produktionsanlagen
- Prozesse
- Know-how
- Lieferfähigkeit
- Qualitätsdaten
- Kundeninformationen
- Wettbewerbsvorteile

Ein erfolgreicher Cyberangriff kann heute dazu führen, dass eine Produktion stillsteht, Liefertermine nicht eingehalten werden können oder wertvolles Unternehmenswissen verloren geht.

Damit wird Cyber Security zu einem direkten Produktionsfaktor.



Die Schnittstellen der Industrie

Cyber Security und Produktionssicherheit

Von der isolierten Maschine zur vernetzten Fabrik

Früher bestand die Verbindung häufig aus:

- Maschine
- Bediener
- Produktion

Heute entstehen deutlich komplexere Strukturen.

Maschinen kommunizieren mit:

- ERP-Systemen
- PPS-Systemen
- MES-Lösungen
- OPC-UA-Schnittstellen
- Cloud-Plattformen
- Fernwartungssystemen
- Robotern
- Sensoren

Jede zusätzliche Verbindung erhöht den Nutzen.

Jede zusätzliche Verbindung erhöht jedoch auch die Angriffsfläche.

Je stärker Unternehmen digitalisieren und automatisieren, desto wichtiger wird eine professionelle Cyber-Security-Strategie.

IEC 62443

Der Sicherheitsstandard der Industrie

Bei der Absicherung industrieller Produktionssysteme gewinnt die Normenreihe IEC 62443 zunehmend an Bedeutung.

Die IEC 62443 betrachtet nicht einzelne Komponenten, sondern das gesamte industrielle System.

Dazu gehören unter anderem:

- Maschinen
- Produktionsanlagen
- Steuerungen
- Netzwerke
- Benutzer
- Software
- Fernwartungssysteme



Die Schnittstellen der Industrie

Cyber Security und Produktionssicherheit

Die Norm unterstützt Unternehmen dabei:

- Risiken zu identifizieren
- Sicherheitszonen festzulegen
- Zugriffsrechte zu definieren
- Verantwortlichkeiten zu klären
- Produktionssysteme besser zu schützen

Cyber Security wird dadurch nicht als Einzelmassnahme betrachtet, sondern als Bestandteil des gesamten Produktionssystems.

Cyber Resilience Act (CRA)

Cyber Security beginnt beim Produkt

Mit der zunehmenden Digitalisierung steigen auch die Anforderungen an Hersteller, Integratoren und Betreiber.

Der Cyber Resilience Act macht deutlich:

- Cyber Security beginnt nicht erst beim Betreiber einer Anlage.

Sie beginnt bereits bei:

- Entwicklung
- Konstruktion
- Software
- Kommunikationsschnittstellen
- Fernwartung
- Update-Konzepten

Moderne Maschinen und Anlagen müssen künftig nicht nur sicher funktionieren.

Sie müssen auch digitale Risiken berücksichtigen und beherrschbar machen.

Dadurch wird Cyber Security bereits in der Produktentwicklung zu einem festen Bestandteil des Lebenszyklus.



Die Schnittstellen der Industrie

Cyber Security und Produktionssicherheit

Fernwartung

Chance und Risiko zugleich

Fernwartung gehört heute zum industriellen Alltag.

Sie ermöglicht:

- schnelle Unterstützung
- kurze Reaktionszeiten
- weltweiten Support
- reduzierte Reisekosten
- höhere Anlagenverfügbarkeit

Gerade im Maschinen- und Anlagenbau ist Fernwartung heute oft unverzichtbar. Gleichzeitig entsteht jedoch eine kritische Schnittstelle.

Jede Fernverbindung bedeutet einen kontrollierten Zugriff auf Produktionssysteme.

Deshalb müssen Unternehmen klare Regeln definieren:

- Wer darf zugreifen?
- Wann wird zugegriffen?
- Welche Systeme sind erreichbar?
- Wie werden Zugriffe dokumentiert?
- Wer trägt die Verantwortung?

Eine sichere Fernwartung gehört heute zu den Grundanforderungen moderner Produktionssysteme.

Netzwerke als Nervensystem der Produktion

In der klassischen Produktion stand die Maschine im Mittelpunkt.

In der modernen Produktion übernimmt zunehmend das Netzwerk diese Rolle.

Über Netzwerke werden heute übertragen:

- Produktionsdaten
- Werkzeugdaten
- Qualitätsdaten
- Maschinendaten
- Energiedaten
- Auftragsinformationen

Fällt das Netzwerk aus oder wird kompromittiert, kann dies unmittelbare Auswirkungen auf die Produktion haben.



Die Schnittstellen der Industrie

Cyber Security und Produktionssicherheit

Immer stärker an Bedeutung gewinnen deshalb Themen wie:

- Netzwerksegmentierung
- Rollenmanagement
- Zugriffsschutz
- Datensicherung
- Monitoring

Das Netzwerk ist heute ein produktionsrelevantes Betriebsmittel.

Update-Management als Sicherheitsstrategie

Bereits im Kapitel über Software-Lebenszyklen wurde deutlich, dass moderne Produktionssysteme aus langlebigen Maschinen und kurzlebiger Software bestehen.

Genau deshalb wird Update-Management immer wichtiger.

Fehlende Updates führen zu:

- Sicherheitslücken
- Kompatibilitätsproblemen
- fehlendem Herstellersupport
- erhöhten Betriebsrisiken

Unkontrollierte Updates verursachen dagegen:

- Produktionsunterbrüche
- Schnittstellenprobleme
- Systemkonflikte

Erfolgreiche Unternehmen betreiben deshalb ein strukturiertes Update-Management und betrachten Updates als festen Bestandteil ihrer Produktionsstrategie.



Die Schnittstellen der Industrie

Cyber Security und Produktionssicherheit

Cyber Security ist eine Führungsaufgabe

Cyber Security kann nicht allein durch Technik gelöst werden.

Sie erfordert:

- klare Verantwortlichkeiten
- definierte Prozesse
- geschulte Mitarbeitende
- geeignete Technologien
- regelmässige Überprüfungen

Damit wird Cyber Security zunehmend zu einer Aufgabe der Unternehmensführung. Geschäftsführer, Betriebsleiter, Produktionsleiter, Instandhaltung und IT müssen gemeinsam Verantwortung übernehmen.

Denn am Ende schützt Cyber Security nicht nur Computer. Sie schützt die Wertschöpfung des Unternehmens.

Die Verbindung zu den unsichtbaren Schnittstellen

Cyber Security verbindet viele Themen dieses Dokuments:

- ERP, PPS und MES
- OPC UA und Datenkommunikation
- Digitale Zwillinge
- Software-Lebenszyklen
- Automatisierung
- Vernetzung
- Produktionsprozesse

Sie ist damit eine weitere zentrale Schnittstelle moderner Industrieunternehmen.

Je stärker Unternehmen vernetzt sind, desto wichtiger wird die sichere Beherrschung dieser Schnittstelle.

Cyber Security schützt heute nicht nur Daten.

Cyber Security schützt Maschinen, Produktionsanlagen, Prozesse, Know-how und Lieferfähigkeit.

IEC 62443, CRA, Fernwartung, Netzwerke und Update-Management gehören heute zur industriellen Grundausstattung moderner Unternehmen.

Cyber Security ist keine reine IT-Aufgabe.

Cyber Security ist heute Bestandteil der Produktion



Die Schnittstellen der Industrie

Die wichtigste Schnittstelle bleibt der Mensch

Dieses Dokument hat zahlreiche Schnittstellen betrachtet.

Es ging um die Schnittstellen zwischen:

- Rohteil und Fertigung
- Werkzeug und Maschine
- Werkstückspannmittel und Automatisierung
- ERP, PPS und MES
- Daten und Informationen
- CAM und Fertigung
- Digitalem Zwilling und Realität
- Software und Cyber Security

Alle diese Verbindungen sind für eine moderne Produktion wichtig.
Und dennoch führen alle diese Schnittstellen am Ende zu einer zentralen Erkenntnis:

Die wichtigste Schnittstelle bleibt der Mensch.
Denn Maschinen kommunizieren nicht eigenständig miteinander.

- Prozesse verbessern sich nicht von selbst.
- Daten erzeugen keinen Nutzen ohne Interpretation.
- Technologien schaffen Möglichkeiten.
- Menschen schaffen Ergebnisse.

Der Mensch verbindet die Systeme

Moderne Industrieunternehmen bestehen heute aus einer Vielzahl von Technologien, Anwendungen und Prozessen.

- ERP-Systeme planen Aufträge.
- PPS-Systeme steuern Ressourcen.
- MES-Systeme erfassen Produktionsdaten.
- CAM-Systeme erzeugen CNC-Programme.
- Maschinen bearbeiten Werkstücke.
- Robotersysteme automatisieren Abläufe.
- Digitale Zwillinge simulieren Prozesse.
- Künstliche Intelligenz unterstützt Entscheidungen.

Doch zwischen all diesen Systemen steht immer ein Mensch.



Die Schnittstellen der Industrie

Die wichtigste Schnittstelle bleibt der Mensch

Menschen verbinden:

- Informationen
- Prozesse
- Maschinen
- Entscheidungen
- Verantwortung

Erst dadurch entsteht aus einzelnen Systemen ein funktionierendes Gesamtsystem.

Wissen entsteht nicht in Software

Viele Unternehmen investieren heute in:

- Datenbanken
- Wissensplattformen
- ERP-Systeme
- KI-Lösungen
- Dokumentationssysteme

**Diese Systeme können Wissen speichern.
Sie können Wissen jedoch nicht erzeugen.**

Wissen entsteht durch:

- Erfahrung
- Lernen
- Zusammenarbeit
- Beobachtung
- Problemlösung
- Verantwortung

Gerade in der Schweizer MEM-Branche basiert ein grosser Teil des Wettbewerbsvorteils auf dem Wissen und der Erfahrung der Mitarbeitenden.

- Maschinen können bearbeitet werden.
- Software kann aktualisiert werden.
- Die Industrie wird weiter automatisiert.
- Maschinen werden intelligenter.
- Algorithmen werden leistungsfähiger.

**Verlorenes Wissen ist häufig deutlich schwieriger zu ersetzen.
Entscheidungen bleiben menschlich**



Die Schnittstellen der Industrie

Die wichtigste Schnittstelle bleibt der Mensch

Künstliche Intelligenz wird zukünftig zunehmend unterstützen bei:

- Analysen
- Prognosen
- Optimierungen
- Planungsvorschlägen
- Datenauswertungen

Dennoch bleibt eine Aufgabe unverändert:

- Die Verantwortung für Entscheidungen.

Unternehmen müssen weiterhin Fragen beantworten wie:

- Welche Investitionen tätigen wir?
- Welche Risiken tragen wir?
- Welche Strategie verfolgen wir?
- Welche Technologien setzen wir ein?
- Wie entwickeln wir unsere Mitarbeitenden?

Diese Entscheidungen werden auch in Zukunft von Menschen getroffen.

Der Mensch verbindet Abteilungen

Bereits im Kapitel über die unterschätzten Schnittstellen wurde deutlich:

- Verkauf
- Konstruktion
- Einkauf
- AVOR
- CAM
- Produktion
- Qualität

arbeiten nicht als einzelne Inseln.

Sie sind Teil eines gemeinsamen Systems.

Die Schnittstellen der Industrie

Die wichtigste Schnittstelle bleibt der Mensch

Die Qualität dieser Zusammenarbeit entscheidet häufig über:

- Liefertermine
- Produktivität
- Qualität
- Kosten
- Kundenzufriedenheit

Schnittstellen funktionieren deshalb nicht allein durch Prozesse oder Software. Sie funktionieren durch Menschen, die miteinander kommunizieren, Wissen austauschen und Verantwortung übernehmen.

Führung als verbindendes Element

Mit zunehmender Digitalisierung wird Führung wichtiger und nicht weniger wichtig. Führung bedeutet heute weit mehr als Organisation oder Kontrolle.

Moderne Führung schafft:

- Orientierung
- Vertrauen
- Zusammenarbeit
- Verantwortungsbewusstsein
- kontinuierliche Entwicklung

Gerade in einer Zeit zunehmender Komplexität benötigen Unternehmen Menschen, die unterschiedliche Fachbereiche miteinander verbinden können.

Führung wird dadurch selbst zu einer wichtigen Schnittstelle innerhalb des Unternehmens.

Die Zukunft braucht Systemdenker

Die Industrie der Zukunft wird geprägt sein durch:

- Digitalisierung
- Automatisierung
- Industrie 4.0
- Cyber Security
- Digitale Zwillinge
- Künstliche Intelligenz

Dadurch steigt der Bedarf an Menschen, die Zusammenhänge erkennen und Systeme verstehen.



Die Schnittstellen der Industrie

Die wichtigste Schnittstelle bleibt der Mensch

Die erfolgreichsten Mitarbeitenden der Zukunft werden nicht nur Spezialisten ihres eigenen Fachgebietes sein.
Sie werden Brückenbauer sein.

Menschen, die verstehen:

- Technik
 - Fertigung
 - Prozesse
 - Daten
 - Organisation
 - Führung
- und daraus funktionierende Gesamtsysteme entwickeln.

Die eigentliche Erkenntnis

- Eine Maschine kann Daten verarbeiten.
- Ein Mensch erkennt Zusammenhänge.
- Eine Maschine kann Aufgaben automatisieren.
- Ein Mensch übernimmt Verantwortung.
- Eine Maschine kann Berechnungen durchführen.
- Ein Mensch trifft Entscheidungen.
- Eine Maschine kann einen Prozess ausführen.
- Ein Mensch gestaltet die Zukunft.

Deshalb bleibt trotz aller technologischen Entwicklungen eine Tatsache unverändert:

Der wichtigste Faktor erfolgreicher Unternehmen ist und bleibt der Mensch.

Technologie unterstützt.

Menschen entscheiden.

Maschinen können Daten verarbeiten.

Menschen übernehmen Verantwortung.

Maschinen können Aufgaben automatisieren.

Menschen gestalten die Zukunft.

Die wichtigste Schnittstelle der Industrie war gestern der Mensch.

Die wichtigste Schnittstelle der Industrie ist heute der Mensch.

Und die wichtigste Schnittstelle der Industrie wird auch morgen der Mensch bleiben.

Die Schnittstellen der Industrie

Fazit

Die Industrie befindet sich in einer Phase tiefgreifender Veränderungen.

Digitalisierung, Automatisierung, Künstliche Intelligenz, Cyber Security und Industrie 4.0 verändern die Art und Weise, wie Unternehmen entwickeln, produzieren und zusammenarbeiten.

- Maschinen werden leistungsfähiger.
- Software wird intelligenter.

Daten stehen in immer grösserem Umfang zur Verfügung.

Automatisierung erreicht Leistungsniveaus, die noch vor wenigen Jahren kaum vorstellbar waren.

Trotz aller technologischen Entwicklungen bleibt jedoch eine zentrale Frage bestehen:

- Funktionieren die Schnittstellen?

Denn die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens wird selten durch die beste Maschine bestimmt.

Sie wird häufig durch die schwächste Verbindung innerhalb der Wertschöpfungskette begrenzt.

Dieses Dokument hat aufgezeigt, dass erfolgreiche Fertigung lange vor der CNC-Maschine beginnt.

Sie beginnt:

- bei der Produktdefinition
- bei den vier Elementen der Fertigung
- bei funktionierenden Schnittstellen zwischen Abteilungen
- bei handlinggerechter Planung
- bei durchgängigen Informationsflüssen
- bei gemeinsamen Standards
- bei sicheren digitalen Systemen
- und letztlich bei den Menschen

Zwischen

- Menschen
- Prozessen
- Daten
- Software
- Maschinen
- Automatisierung

entscheidet sich die Wettbewerbsfähigkeit der Zukunft.



Die Schnittstellen der Industrie

Fazit

Je komplexer Unternehmen werden, desto wichtiger wird das Verständnis dieser Zusammenhänge.

Erfolgreiche Unternehmen betrachten deshalb nicht einzelne Technologien isoliert.

Sie betrachten das Gesamtsystem.

Sie verstehen,

- dass Digitalisierung nicht ohne Daten funktioniert.
- dass Daten nicht ohne Standards funktionieren.
- dass Automatisierung nicht ohne Handling funktioniert.
- dass Maschinen nicht ohne Software funktionieren.
- dass all diese Elemente nicht ohne Menschen funktionieren.

Die erfolgreichsten Unternehmen der Zukunft werden deshalb nicht zwingend diejenigen sein, die über die modernsten Maschinen verfügen.

Sie werden

- diejenigen sein, die ihre Schnittstellen beherrschen.
- diejenigen sein, die Informationen verlustfrei übertragen.
- diejenigen sein, die Verantwortung klar regeln.
- diejenigen sein, die Wissen sichern und weiterentwickeln.
- diejenigen sein, die Technologien, Prozesse und Menschen zu einem funktionierenden Gesamtsystem verbinden.

Die zentrale Erkenntnis

Die Zukunft der Industrie entscheidet sich nicht an einzelnen Komponenten.

Sie entscheidet sich an deren Zusammenspiel.

Viele Unternehmen investieren in Maschinen.

Die erfolgreichsten Unternehmen investieren zusätzlich in funktionierende Schnittstellen.

Denn nicht Maschinen allein schaffen Wertschöpfung.

Wertschöpfung entsteht dort, wo Menschen, Wissen, Prozesse, Daten und Technologien erfolgreich zusammenarbeiten.

Die Zukunft der Industrie entscheidet sich nicht an der Maschine.

Die Zukunft der Industrie entscheidet sich zwischen den Maschinen.

Wer die Schnittstellen beherrscht, beherrscht die Zukunft der Industrie.

Die Schnittstellen der Industrie

Schlussbotschaft

Die Industrie steht vor grossen Herausforderungen.

Digitalisierung, Automatisierung, Künstliche Intelligenz, Cyber Security, Fachkräftemangel und globale Wettbewerbsveränderungen werden die Entwicklung der kommenden Jahre massgeblich beeinflussen.

Viele Unternehmen investieren deshalb in neue Maschinen, neue Software und neue Technologien.

Diese Investitionen sind wichtig.

Sie allein entscheiden jedoch nicht über den langfristigen Erfolg. Denn die Erfahrung aus Industrie, Produktion und Automatisierung zeigt immer wieder denselben Zusammenhang:

Die meisten Probleme entstehen nicht innerhalb einzelner Systeme.
Die meisten Probleme entstehen zwischen den Systemen.

- Dort, wo Informationen übergeben werden.
- Dort, wo Verantwortung wechselt.
- Dort, wo unterschiedliche Fachbereiche zusammenarbeiten müssen.
- Dort, wo digitale und reale Welt aufeinandertreffen.

Genau dort entstehen die unsichtbaren Schnittstellen der Industrie.

Dieses Dokument hat gezeigt, dass erfolgreiche Unternehmen nicht nur einzelne Bereiche optimieren.

Sie verstehen und verbessern das Zusammenspiel zwischen:

- Menschen und Prozessen
- Konstruktion und Fertigung
- AVOR und Produktion
- CAM und Maschine
- Werkstück und Handling
- Daten und Entscheidungen
- Software und Realität
- Digitalisierung und Wertschöpfung

Die Zukunft der Industrie entscheidet sich deshalb nicht an der einzelnen Maschine.

Die Schnittstellen der Industrie

Schlussbotschaft

Die Zukunft der Industrie entscheidet sich:

- zwischen Menschen und Prozessen,
- zwischen Konstruktion und Fertigung,
- zwischen Daten und Entscheidungen,
- zwischen Software und Realität,
- zwischen Automatisierung und Umsetzung.

Je stärker Unternehmen digitalisieren, desto wichtiger wird das Verständnis dieser Zusammenhänge.

Je komplexer Systeme werden, desto wichtiger werden funktionierende Schnittstellen.

Je intelligenter Maschinen werden, desto wichtiger bleibt der Mensch.

Denn am Ende entstehen Wettbewerbsfähigkeit, Innovation und Wertschöpfung nicht durch einzelne Technologien.

Sie entstehen durch Menschen, die Zusammenhänge verstehen, Verantwortung übernehmen und Systeme erfolgreich miteinander verbinden.

Die zentrale Erkenntnis

- Die Zukunft gehört nicht den Unternehmen mit den meisten Maschinen.
- Die Zukunft gehört nicht den Unternehmen mit den meisten Daten.
- Die Zukunft gehört den Unternehmen, die ihre Schnittstellen verstehen und beherrschen.

Denn dort entscheidet sich:

- Qualität
 - Produktivität
 - Flexibilität
 - Automatisierungsfähigkeit
 - Wettbewerbsfähigkeit
- und letztlich der langfristige Unternehmenserfolg.

Die Schnittstellen der Industrie

Schlussbotschaft

Schlussgedanke

Die industrielle Entwicklung wird auch in Zukunft von neuen Technologien geprägt sein.

- Neue Maschinen werden entstehen.
- Neue Software wird entstehen.
- Neue Automatisierungskonzepte werden entstehen.
- Neue Formen der Künstlichen Intelligenz werden entstehen.

Die grundlegenden Erfolgsfaktoren erfolgreicher Unternehmen bleiben jedoch erstaunlich konstant.

- Menschen schaffen Wissen.
- Wissen schafft Standards.
- Standards schaffen Prozesse.
- Prozesse erzeugen Daten.
- Daten ermöglichen Digitalisierung.
- Digitalisierung ermöglicht Automatisierung.
- Automatisierung benötigt sichere Schnittstellen.

Und der Mensch bleibt verantwortlich für die Zukunft der Industrie.

Der Leitgedanke dieses Dokumentes

- Nicht die stärkste Maschine entscheidet über den Erfolg.
- Nicht die modernste Software entscheidet über den Erfolg.
- Nicht die grösste Datenmenge entscheidet über den Erfolg.

Entscheidend ist die Fähigkeit, Menschen, Wissen, Prozesse, Daten, Maschinen und Technologien zu einem funktionierenden Gesamtsystem zu verbinden.

Denn Wertschöpfung entsteht nicht in einzelnen Komponenten. Wertschöpfung entsteht an den Verbindungen zwischen ihnen.

Schlussbotschaft

**Wer die Schnittstellen beherrscht, beherrscht die Zukunft der Industrie.
Denn nicht einzelne Systeme schaffen Wertschöpfung.**

Wertschöpfung entsteht dort, wo Menschen, Wissen, Prozesse, Daten und Technologien erfolgreich zusammenarbeiten.



Die Schnittstellen der Industrie

Rechtlicher Hinweis

Die Inhalte dieses Dokuments dienen ausschliesslich der allgemeinen Information, Schulung, Sensibilisierung, Beratung und organisatorischen Weiterentwicklung von Unternehmen und Mitarbeitenden. Sie vermitteln allgemeines Fachwissen und stellen keine Rechts-, Steuer-, Unternehmens-, Investitions-, Finanzierungs-, Wirtschafts-, Compliance-, Datenschutz-, Informationssicherheits-, Cybersecurity-, KI-Regulierungs- oder sonstige Fachberatung dar. Ebenso ersetzen sie keine Zertifizierung, Unternehmensprüfung, produktspezifische Normenprüfung, Vertragsprüfung, Risikobeurteilung, Konformitätsbewertung oder verbindliche technische Beurteilung.

Alle dargestellten Beispiele, Methoden, Handlungsempfehlungen, Organisationsansätze sowie technischen und organisatorischen Lösungsansätze dienen ausschliesslich der Veranschaulichung und allgemeinen Orientierung. Sie müssen vor einer Anwendung auf ihre Eignung für die jeweilige Unternehmens-, Produkt-, Prozess-, Projekt- oder Anwendungssituation geprüft, bewertet und gegebenenfalls angepasst werden.

Die Verantwortung für sämtliche unternehmerischen, organisatorischen, personellen, technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Entscheidungen sowie deren Umsetzung liegt ausschliesslich beim jeweiligen Unternehmen bzw. den verantwortlichen Personen.

Die Inhalte dieses Dokuments ersetzen weder gesetzliche Vorgaben noch behördliche Anforderungen, vertragliche Vereinbarungen, branchenspezifische Regelungen, betriebliche Vorgaben oder geltende Normen und Standards. Die Umsetzung hat stets unter Berücksichtigung der jeweils geltenden gesetzlichen, regulatorischen, arbeitsrechtlichen, datenschutzrechtlichen, sicherheitsrelevanten, produktsicherheitsrechtlichen und technischen Anforderungen zu erfolgen.

Rechtliche, technische und regulatorische Anforderungen können je nach Branche, Unternehmensgrösse, Land, Markt, Produkt, Maschine, Anlage, Software, Anwendung oder Einsatzgebiet unterschiedlich sein. Insbesondere sind die jeweils einschlägigen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Normen und Standards durch das verantwortliche Unternehmen im konkreten Einzelfall zu prüfen und einzuhalten.

Aussagen zu technologischen Entwicklungen, Digitalisierung, Künstlicher Intelligenz, Industrie 4.0, Markttrends, Zukunftsszenarien oder wirtschaftlichen Entwicklungen dienen ausschliesslich der allgemeinen Orientierung. Sie stellen weder Prognosen noch Garantien für zukünftige technische, wirtschaftliche oder regulatorische Entwicklungen oder Unternehmenserfolge dar.

Personenbezeichnungen, Rollenmodelle, Organisationsformen, Generationenmodelle oder vergleichbare Darstellungen dienen ausschliesslich der Veranschaulichung und stellen keine Bewertung einzelner Personen oder Personengruppen dar.

Die Gremotool GmbH übernimmt keine Gewähr für die Vollständigkeit, Aktualität, Richtigkeit oder uneingeschränkte Anwendbarkeit der dargestellten Inhalte auf konkrete Unternehmen, Produkte, Projekte oder individuelle Anwendungsfälle. Massgebend sind stets die zum jeweiligen Zeitpunkt geltenden gesetzlichen Vorschriften, Verordnungen, Normen, behördlichen Anforderungen sowie die projektspezifischen Rahmenbedingungen.

Jegliche Haftung für direkte oder indirekte Schäden sowie Folgeschäden, die aus der Nutzung, Anwendung oder Umsetzung der dargestellten Inhalte entstehen, wird im gesetzlich zulässigen Umfang ausgeschlossen.



Impressum

Gremotool GmbH
Wilerstrasse 3
CH-9200 Gossau
Schweiz

www.gremotool.ch
info@gremotool.ch
+41 (0)71 930 03 90

Es gelten unsere AGB, welche auf www.gremotool.ch abgerufen werden können.

Weitere Kataloge können auf der Website www.gremotool.ch abgerufen werden.

Handelsregister:
UID-Nr. CHE-498.310.590

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Jegliche, auch nur teilweise Verwendung, insbesondere Veröffentlichung, Vervielfältigung, Verbreitung, Wiedergabe, Bearbeitung und/oder Änderung, bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung der Gremotool GmbH. Druckfehler und Irrtümer, sowie technische Änderungen vorbehalten.

Veröffentlichung Aug. 2026, 1. Auflage

