

FABRIKEN IM WANDEL

Gestaltungsprinzipien der
Veränderungsfähigkeit und ihre Vorteile
für Produktionsunternehmen

Eine Broschüre des Fachbeirats
des Deutschen Fabrikplanungskongresses



Impressum

Titel

Fabriken im Wandel

Erscheinungsdatum: April 2016

Herausgeber

Dr. Jürgen Bischoff, agiplan GmbH

für den Fachbeirat des Fachkongresses Fabrikplanung

Konzept / Redaktionleitung

Dr. Jürgen Bischoff, agiplan GmbH

Mark Hillmann, agiplan GmbH

Jens Lübke, Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis, Institut für Fabrikanlagen und Logistik

Gestaltung

Dipl.-Des. Jens Herr

www.signbase.de

Copyright 2016

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung der Autoren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen.

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, Mikroverfilmung, die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Medien sind ohne Zustimmung der Herausgeber nicht gestattet.

FABRIKEN IM WANDEL

Gestaltungsprinzipien der
Veränderungsfähigkeit und ihre Vorteile für
Produktionsunternehmen



„Die Fähigkeit, den Wandel zu bewältigen, ist für viele Fabriken eine essentielle Grundeigenschaft, die Ihnen hilft im globalen Wettbewerb zu bestehen. Die Investition in die Veränderungsfähigkeit von Produktionssystemen stellt zwar eine strategische Entscheidung dar, mittel- bis langfristig überwiegen aber die betriebswirtschaftlichen Potenziale. So wird die schnelle Anpassung eines veränderungsfähigen Produktionssystems zum Erfolgsfaktor auf den Märkten und für die Wettbewerbsfähigkeit.“

Ihr Fachbeirat des Deutschen Fachkongresses Fabrikplanung

Der Fachbeirat



Prof. Dr.-Ing.
Thomas Bauernhansl

Institutsleiter
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA, Stuttgart



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Egon Müller

Institutsleiter
Institut für Betriebswissenschaften und
Fabriksysteme (IBF), TU Chemnitz



Dr.-Ing.
Jürgen Bischoff

Mitglied der Geschäftsführung
agiplan GmbH, Mülheim an der Ruhr
und Stuttgart



Prof. Dr.-Ing. habil.
Peter Nyhuis

Institutsleiter
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA),
Leibniz Universität Hannover



Dipl.-Ing.
Thilo Brandel

Leiter Gebäudemanagement
Wittenstein AG, Igersheim



Stefan Schulte

Leiter Produktionsentwicklung
CLAAS KGaA mbH, Harsewinkel



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Uwe Dombrowski

Institutsleiter
Institut für Fabrikbetriebslehre und Unter-
nehmensforschung, TU Braunschweig



Dr.-Ing.
Jan Spies

Leiter Produktionsplanung
Volkswagen AG, Hannover



Prof. Dr.-Ing.
Gisela Lanza

Institutsleiterin
wbk Institut für Produktionstechnik (KIT),
Karlsruhe

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

Produktionsunternehmen müssen heute mehr denn je rasch und aufwandsarm auf interne und externe Impulse reagieren. Häufig ist die Fähigkeit dazu aber nicht genügend entwickelt, weil kein praxisgerechter Ansatz gefunden wird. Die relevanten Begriffe wie Flexibilität, Wandlungsfähigkeit oder Anpassungsfähigkeit sind von der Wissenschaft längst hinterleuchtet. Dennoch werden in viel zu wenigen Unternehmen die Prinzipien der Veränderungsfähigkeit konsequent angewendet und umgesetzt.

Diese vom Fachbeirat des Deutschen Kongresses Fabrikplanung entwickelte Broschüre bietet Ihnen eine methodisch begründete und praktisch erprobte Hilfestellung. Nutzen und die Vorteile sowie die wesentlichen Gestaltungsprinzipien einer nachhaltigen Veränderungsfähigkeit werden vorgestellt und ihre Anwendung durch Praxisbeispiele veranschaulicht.

Viel Spaß bei der Lektüre und vor allem dem Transfer auf Ihre Fabrik.
Der Fachbeirat des Deutschen Fachkongresses Fabrikplanung wünscht Ihnen viel Erfolg bei der Bewältigung des Wandels.

Warum Veränderungsfähigkeit?

Eine Definition

Veränderungsfähigkeit setzt sich aus Flexibilität und Wandlungsfähigkeit zusammen. Beide Begriffe beschreiben verschiedene Möglichkeiten von Systemen, sich auf Veränderungen einstellen und entsprechend anpassen zu können.

Abbildung 1 zeigt den Unterschied im Begriffsverständnis:

Flexibilität beschreibt die Eigenschaft von Systemen, sich innerhalb vorgegebener Flexibilitätskorridore ohne Strukturveränderungen anzupassen und so Schwankungen beispielsweise im Abruf von Produkten „abzufedern“. **Wandlungsfähigkeit** beschreibt hingegen die Fähigkeit, den Flexibilitätskorridor von Systemen durch Strukturveränderungen insgesamt zu verschieben und ggf. auch in seiner Breite zu verändern, um sich somit an die Veränderung von Schwankungen anzupassen.

Die Aufgabe der Fabrikplanung ist es, diese Veränderungsfähigkeit in die Fabriken „hineinzugestalten“. Es gilt dabei einerseits, die Fabrik so flexibel wie nötig zu gestalten, um die „üblichen Schwankungen“ im Umfeld des Unternehmens abfangen zu können und die Fabrik andererseits so wandlungsfähig zu gestalten, dass auch unvorhersehbare Veränderungen in der Zukunft schnell und effektiv bewältigt werden können. So lässt sich die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens sicherstellen.

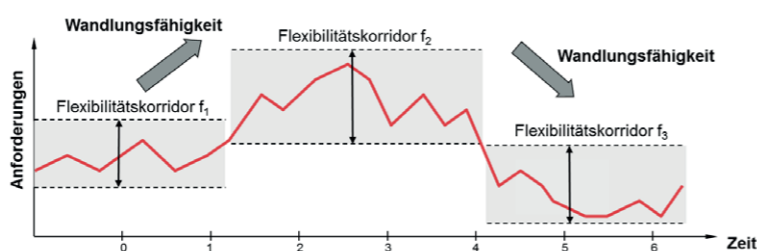


Abb. 1 „Flexibilitätskorridore“

Vorteile und Nutzen von Veränderungsfähigkeit

Effiziente und effektive Anpassung an externe und interne Impulse

Vorbereitung von Produktionssystemen auch auf unvorhersehbare Anpassungsbedarfe

Ermöglichen einer kontinuierlichen Verbesserung von Abläufen, Prozessen und Layouts

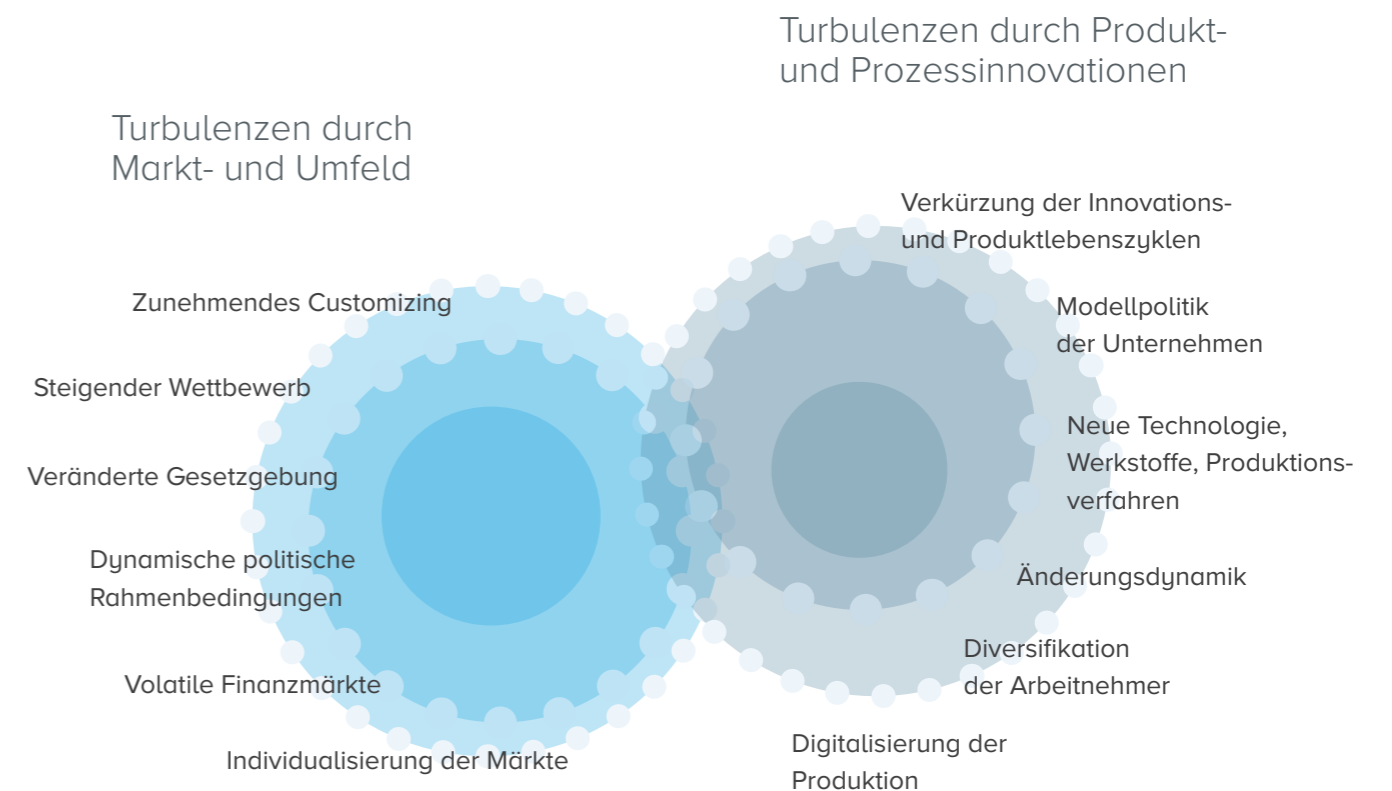
Erlangen von Wettbewerbsvorteilen und Sicherstellen der Wirtschaftlichkeit der Fabrik

Fabriken schnell wieder an den optimalen Betriebspunkt heranführen

Auf Turbulenzen richtig reagieren

Produzierende Unternehmen agieren in einem zunehmend turbulenten Umfeld. Nachfragen verhalten sich volatil, Technologieinnovationen verändern Prozesse nachhaltig und neue Geschäftsmodelle verändern gesamte Industrien, um nur einige Beispiele aufzuzählen.

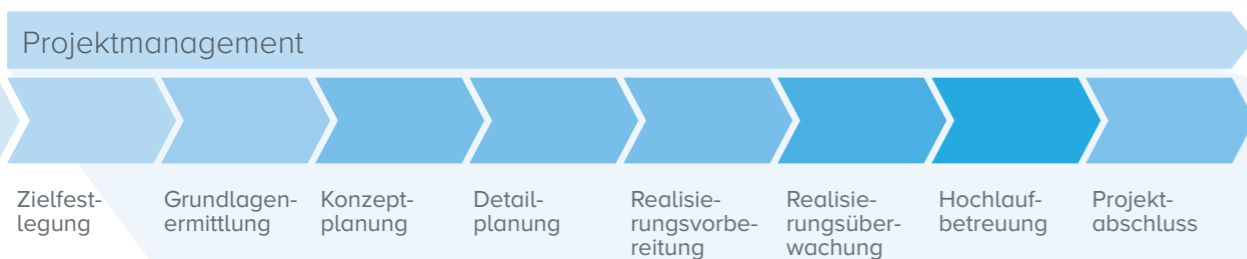
Die Ursachen hierfür gliedern sich in externe Veränderungstreiber auf Basis von Markt- oder Umfeldveränderungen, sowie interne Veränderungstreiber durch Produkt- oder Prozessinnovationen auf. Grundsätzlich zwingen jedoch alle Veränderungen gleichermaßen zur Anpassung der bestehenden Fabriken und Produktionsnetzwerke. Entscheidend für einen nachhaltigen Erfolg in turbulenten Zeiten ist also die Fähigkeit, sich als Unternehmen diesen Veränderungen zeitnah und unter Berücksichtigung der Investitionskosten anzupassen – dies garantiert die Veränderungsfähigkeit!



Fabrikplanung und Wandlungsfähigkeit

Wie können die Prinzipien der Wandlungsfähigkeit bei der Planung von Fabriken berücksichtigt werden?

Die Zielsetzung der Veränderungsfähigkeit von Fabriken zieht sich durch alle Phasen der Fabrikplanung, hier dargestellt am Beispiel des Phasenmodells des VDI. In den frühen strategischen Phasen müssen die Grundlagen und Ziele gelegt werden, inwieweit eine Produktion flexibel und wandlungsfähig zu gestalten ist. Die hier entwickelten spezifischen Leitlinien sind in den Konzept- und Planungsphasen in den Aufgabenbereichen der Fabrikplanung, Organisation, Gebäude und Technik zu realisieren.



Typische Fragestellungen und Aufgaben bei der Planung:



Um Ihnen als Leser dieser Broschüre praktische Hinweise zur Umsetzung im eigenen Unternehmen liefern zu können, hat sich der Fachbeirat dazu entschlossen, Ihnen fünf bewährte Gestaltungsprinzipien vorzustellen, die Sie gewinnbringend und individuell einsetzen können, um „veränderungsfähiger“ zu werden.

Diese Broschüre erläutert Absichten und Ziele der einzelnen Gestaltungsprinzipien. Die Nennung von expliziten Regeln oder Rezepten kann aus der Erfahrung des Fachbeirates keine generelle Lösung für den Einzelfall anbieten, da die Herausforderungen und Problemstellungen in den Unternehmen so individuell sind, wie es die Lösungen sein müssen.

Jedoch hoffen die Autoren, Ihnen die „Prinzipien hinter den Regeln“ zu vermitteln, sodass Sie nach Lektüre dieser Broschüre selbst in der Lage sind, Ihre Fabrik veränderungsfähig zu gestalten!

Welche Gestaltungsprinzipien gibt es?

In der Literatur sind viele unterschiedliche Prinzipien beschrieben – wir stellen Ihnen die wichtigsten vor:

- Mobilität**
Sicherstellen einer schnellen räumlichen Veränderbarkeit.
- Modularität**
Entwicklung kombinierbarer Funktionsmodule, die flexibel zu einem Gesamtsystem zusammengestellt werden können.
- Skalierbarkeit**
„Atmen“ innerhalb und außerhalb von Flexibilitätskorridoren.
- Universalität**
Variantenflexibler Einsatz von Maschinen, Vorrichtungen und Werkzeugen.
- Kompatibilität**
Sicherstellen der „Passgenauigkeit“ von Systemkomponenten an den Schnittstellen

5 Prinzipien - keine Regeln

Beschreibung der Gestaltungsprinzipien



Mobilität

Mobilität beschreibt die Befähigung aller Elemente eines Produktionssystems, schnell und einfach räumlich neu positioniert werden zu können. Hierzu werden die Elemente so gestaltet, dass sie möglichst ohne Hilfsmittel bewegt werden können. Ist dies aus Gewichtsgründen oder aufgrund von Prozessanforderungen (bspw. Schwingungsfreiheit) nicht möglich, sollten die Elemente so gestaltet werden, dass sie mit üblichen Transportmitteln wie Hubförderzeugen bewegt werden können. Dieses gilt nach Möglichkeit für alle Elemente des Produktionssystems wie Maschinen, Fördertechnik, Lagermittel und auch die technische Gebäudeausstattung.

Vorteile und Nutzen einer mobilen Gestaltung sind die aufwandsarme räumliche Umgestaltung von Produktionsbereichen sowie die Reduktion der Anzahl räumlicher Fixpunkte oder deren Vermeidung.

Anwendungsmöglichkeiten sind Transporterleichterung durch Aufnahmen für Transportmittel (z. B. „Schuhe“ für Staplergabeln) oder Integration von Transporthilfen (z. B. Rollen) sowie selbsttragende Konstruktionen (keine Fundamente) und vormontierte Kabel- und Rohrleitungspakete, die die De- und Remontage von Betriebsmitteln erleichtern.



Skalierbarkeit

Skalierbarkeit beschreibt die Befähigung aller Elemente eines Produktionssystems, schnell und einfach an veränderte Produktionsvolumina angepasst werden zu können. Hierzu zählen Baukastenkonzepte oder einfache Automatisierungslösungen, die z. B. bei Veränderungen in Stückzahlen oder Platzbedarfen angewandt werden können. Denkbar sind sowohl die Erweiter- als auch die Reduzierbarkeit hinsichtlich technischer, räumlicher oder personeller Ressourcen.

Vorteile und Nutzen einer skalierbaren Gestaltung sind die aufwandsarme Anpassung an veränderte Leistungsanforderungen sowie die erhöhte Reaktionsschnelligkeit durch Duplizieren bestehender/ bekannter Lösungen.

Anwendungsmöglichkeiten sind die Berücksichtigung von Erweiterungsrichtungen der Fabrik auf dem Gelände bei der Planung des Hauptmaterialflusses oder von Fixpunkten.



Modularität

Modularität beschreibt die Entwicklung der Elemente eines Produktionssystems als in sich geschlossene Subsysteme. Alle diese Subsysteme zeichnen sich durch eine hohe Kombinier- und Austauschbarkeit aus und unterstützen so die Reorganisationsfähigkeit des gesamten Produktionssystems. Als Beispiel sei die Unterteilung der Produktionsfläche in sogenannte Flächenmodule genannt, die in Abhängigkeit der Produktionsanlagen definiert werden und Vielfache voneinander bilden. Hierdurch und durch die Belegung eines Moduls mit nur einem Betriebsmittel ist eine hohe Austauschbarkeit gewährleistet, die bei einer Umplanung des Produktionslayouts genutzt werden kann.

Vorteile und Nutzen einer modularen Gestaltung von Produktionselementen sind die hohe Anpass- bzw. Austauschbarkeit und die hieraus resultierende verkürzte Änderungsgeschwindigkeit.

Anwendungsmöglichkeiten findet dieses Prinzip in der Gestaltung von Produktionsflächen, Produktionsanlagen, Produkten, der technischen Gebäudeausstattung sowie bei Lager- und Transportmitteln.



Kompatibilität

Kompatibilität beschreibt die Eigenschaft von Elementen eines Produktionssystems, aufwandsarm und über standardisierte Schnittstellen mit anderen Elementen verbunden werden zu können. Dieses wird über die Einhaltung (inter-)nationaler Standards und Normen realisiert. Auf die Fabrikgestaltung angewandt bedeutet dies u. a. die Vorbereitung und/ oder Bereitstellung üblicher Medien und die Verwendung von standardisierten Medienanschlüssen, die Nutzung von Standards zur visuellen Unterstützung der Mitarbeiter, die Verwendung einheitlicher Transportmittel und Transporthilfsmittel bis hin zur standardisierten Informationsweitergabe zwischen Mitarbeitern, Bereichen und Abteilungen.

Vorteile und Nutzen einer hohen Kompatibilität sind die aufwandsarme und schnelle Anschlussfähigkeit von Betriebsmitteln sowie die Unterstützung einer flexiblen Aufstellung von Betriebsmitteln.

Anwendungsmöglichkeiten bestehen im Wesentlichen in der Nutzung von standardisierten Medienanschlüssen sowie der Sicherstellung und Ausgestaltung aller notwendigen Schnittstellen.



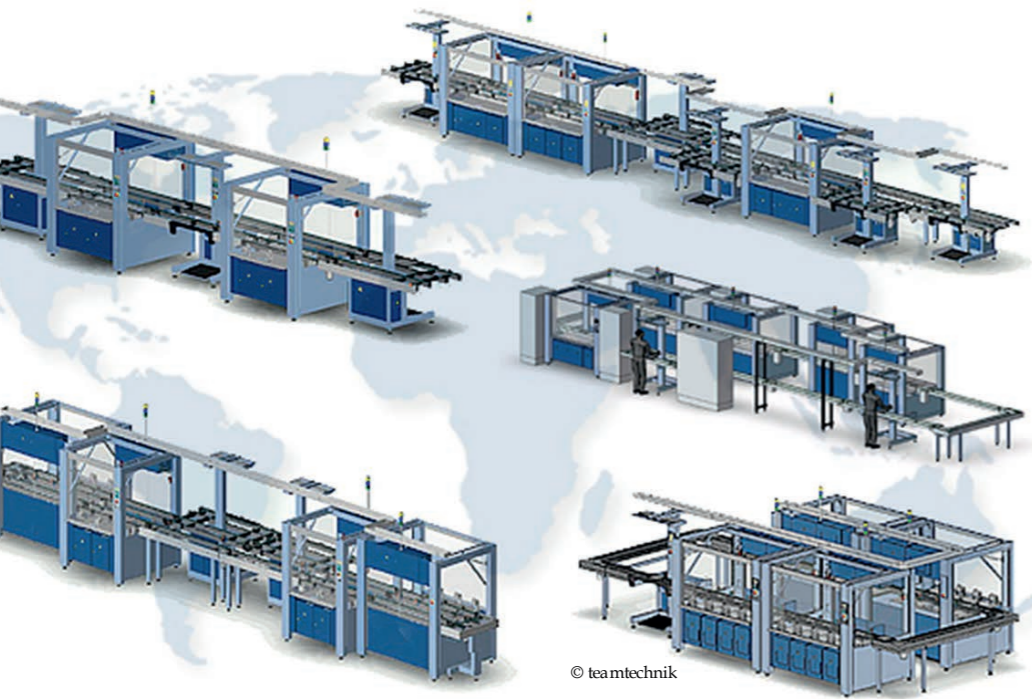
Universalität

Universalität beschreibt die Eigenschaft von Elementen eines Produktionssystems, für unterschiedliche Einsatzzwecke verwendet werden zu können. Als Beispiel sei die Verwendung von flexiblen Fertigungsmitteln wie Bearbeitungszentren genannt, soweit der Herstellungsprozess dieses zulässt.

Je flexibler die Betriebsmittel sind, desto leichter kann eine Umplanung in der Produktionsplanung und -steuerung erfolgen oder die Herstellung neuer zusätzlicher Produkte realisiert werden.

Vorteile und Nutzen einer universellen Gestaltung sind die breiteren Einsatzmöglichkeiten, die bspw. bei Betriebsmittelausfällen durch die Umplanung von Fertigungsaufträgen die Produktion aufrechterhalten können. Auch können damit Schwankungen und sogar größere Veränderungen aufgefangen werden, ohne die Fabrik erneut planen zu müssen.

Anwendungsmöglichkeiten bestehen bereits in der Planung bei der Auswahl geeigneter Betriebsmittel, die einen größeren Bearbeitungsraum als notwendig besitzen und/oder die Bearbeitung unterschiedlicher Materialien und Produkten erlauben.



© teamtechnik



Beispiel Modulare Fertigungsanlage

Das Beispiel der Firma teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH verdeutlicht den Nutzen und die Vorteile einer modularen Konstruktion unterschiedlicher Fertigungsanlagen. Die Anlagen zeichnen sich durch ein hohes Maß an Kompatibilität und Mobilität aus.

Skalierbarkeit

Die universelle und kompatible Gestaltung ermöglicht die Realisierung vieler unterschiedlicher Fertigungsprinzipien. Die Montageanlage kann somit unterschiedliche Produktionsmengen hervorragend abbilden.

Universalität

Ein einheitlicher standardisierter Aufbau der Module erlaubt die individuelle Konfiguration. Die universelle Fördertechnik erlaubt den Transport eines großen Produktspektrums.

Mobilität

Auf Rollen montierte Module bieten eine hohe Mobilität und ermöglichen eine schnelle bedarfsgerechte Neuausrichtung der Anlagen.

Modularität

Der modulare Aufbau erlaubt eine schnelle Adaptation der Fertigungslinie durch den Austausch oder die Ergänzung benötigter Module.

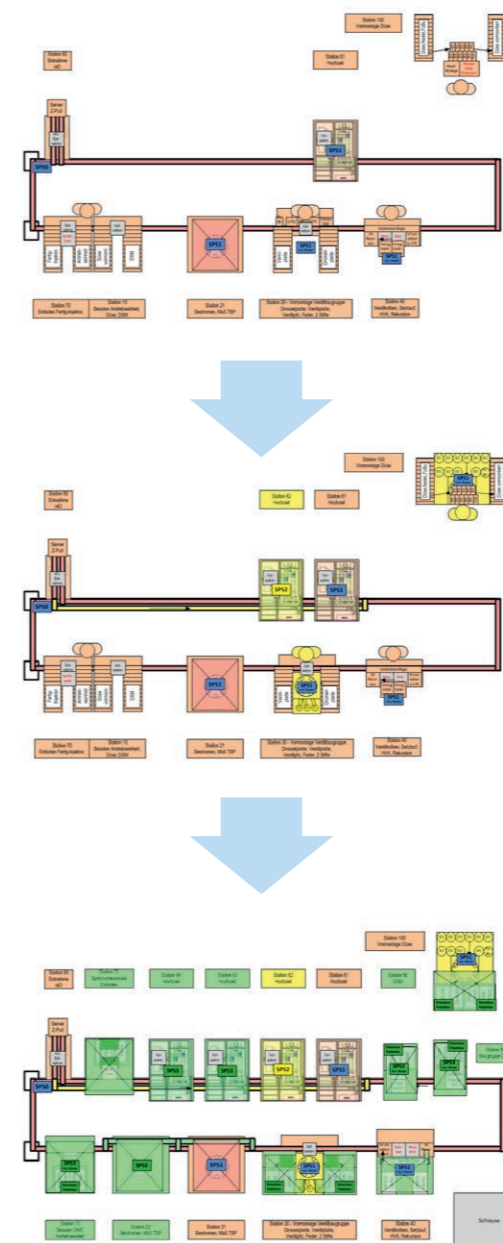
Kompatibilität

Standardisierte Schnittstellen sowohl bei der Medientechnik als auch bei der Fördertechnik ermöglichen ein hohes Maß an Kompatibilität.

Beispiel Modulare Injektormontageanlage



Durch die modulare Gestaltung einer Injektormontageanlage hat die Firma USK Karl Utz Sondermaschinen eine sehr veränderungsfähige Montageanlage konzipiert. Mehrere Gestaltungsprinzipien wurden erfolgreich bei der Konzeption angewendet und praktisch umgesetzt.



Skalierbarkeit

Durch den Vorhalt von ausreichend Fläche in der ersten Ausbaustufe ist die Skalierbarkeit der gesamten Anlage problemlos möglich.

Universalität

Die Gestaltung der einzelnen Module erlaubt sowohl manuelle Montage als auch die Teil- oder Vollautomatisierung und somit jederzeit eine wirtschaftliche Fertigung in Abhängigkeit der Stückzahlen.

Mobilität

Die einzelnen Module sind durch ihren Aufbau für einen leichten Transport geeignet und können so beispielsweise auch über den Lebenszyklus der Produkte an anderen Standorten eingesetzt werden.

Kompatibilität

Die einheitliche Gestaltung der Fördertechnik und deren Integration in die Montagemodule erlaubt die aufwandsarme Integration weiterer Module.

Beispiel

Flexible Arbeitszeitmodelle bei der Hilti AG

exemplarisch im Werk in Kaufering

Flexible Arbeitszeitmodelle im Werk der Hilti AG in Kaufering ermöglichen, dass einerseits Mitarbeitende ihre Arbeitszeit individuell an ihre persönliche Lebenssituation anpassen können und dass andererseits das Unternehmen schnell und wirksam auf globale Marktschwankungen reagieren kann. Verschiedene Bausteine können je nach Bedürfnis individuell zusammengesetzt werden. Dies schafft flexible Gestaltungsspielräume sowohl für die Mitarbeitenden als auch das Unternehmen.

Das Fundament jedes Arbeitsverhältnisses ist die wählbare Wochenarbeitszeit. Sie liegt bei mindestens 15 und höchstens 40 Stunden pro Woche und ist Grundlage für Vergütung, Bonusregelungen und Freizeitmöglichkeiten.

Eine längere arbeitsfreie Zeit mit Jobgarantie ist möglich. Mit einem **Flexzeitkonto** lassen sich über einen Zeitraum von maximal drei Jahren bis zu 600 Stunden ansparen und am Stück freinehmen.

Mittels Flexzeitkonten können Mitarbeitende auch Stunden freinehmen, um zeitnah auf persönliche Anliegen reagieren zu können. **Bis zu 200 Stunden bietet Hilti seinen Mitarbeitenden als Zeitkredit, um Notfälle zu überbrücken.**



Mit einem **Variozeitkonto** können die Mitarbeitenden Stunden ansparen und als Variozeit nehmen, sind aber umgekehrt auch bereit, ihre Arbeitszeit den Unternehmensgegebenheiten anzupassen.

Bei längeren Unterauslastungen oder in Hochlastphasen kann die Arbeitszeit erhöht oder abgesenkt werden. Die Mitarbeitenden sind bereit, vorübergehend ihre Wochenarbeitszeit zu reduzieren oder auf bis zu 40 Stunden zu erhöhen – mit entsprechender Anpassung der Vergütung.

Beispiel

Mobile Wasseraufbereitungsanlage



Edelmetall · Technologie

Bei der Neuplanung der Edelmetallfabrik wurde an vielen Stellen eine hohe Veränderungsfähigkeit geplant und umgesetzt. Hier eines der zahlreichen Beispiele:

Die Entwicklung einer modularen Wasseraufbereitungsanlage ermöglicht es, auch größere und komplexere TGA-Anlagen an Entwicklungen und Veränderungen der Werkstruktur anzupassen. Ebenfalls ermöglicht die Art der modularen TGA-Anlagen einen schnellen Aufbau vor Ort, Testläufe und Vorabnahmen beim Anlagenbauer sowie eine einfache Substitution bei Veränderung der eingesetzten Technologie.

 Skalierbarkeit

Werden höhere Kapazitäten benötigt, kann die Anlage in ihrer Anzahl entsprechend angepasst werden.

 Kompatibilität

Standardisierte Schnittstellen in der Außenhaut ermöglichen den einfachen Anschluss der Anlage an die Haustechnik der Fabrik.

 Mobilität

Dank der Installation in einem Stahlrahmen können die Anlagen einfach transportiert und später umgesetzt werden falls nötig. Durch die isolierte Außenhaut ist eine Aufstellung auch außerhalb von Fabrikgebäuden möglich.

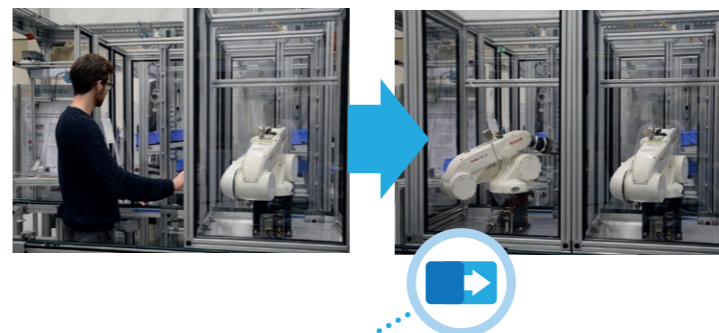


Beispiel

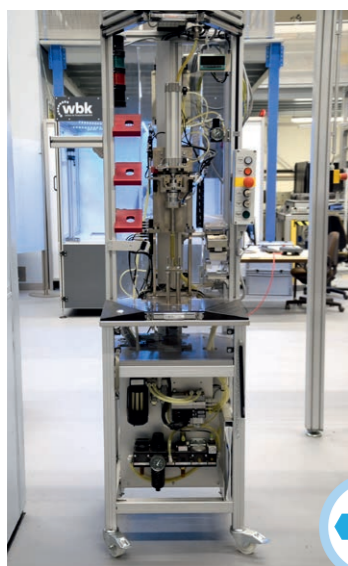
Die modulare Fertigungsanlage



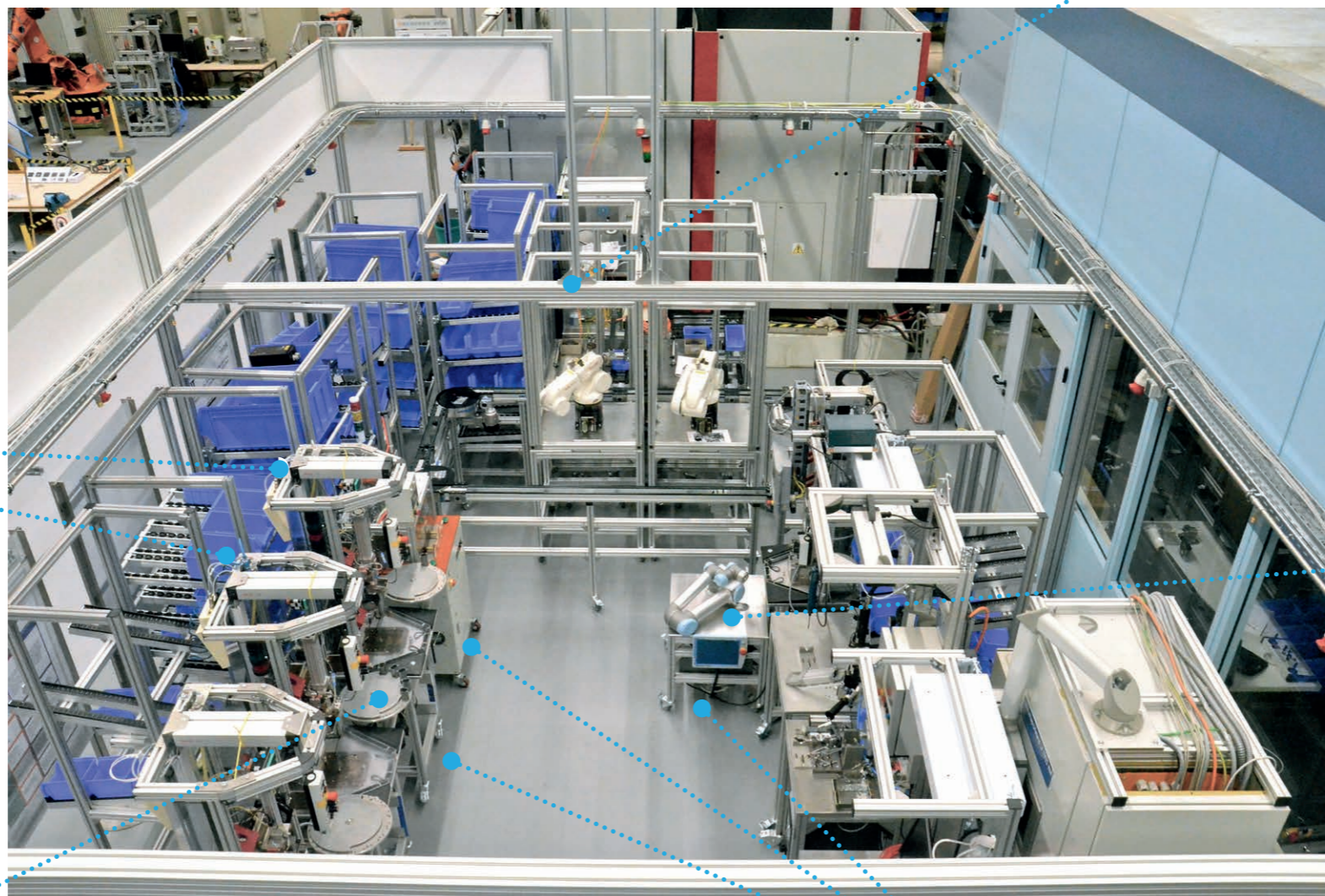
Die Lernfabrik des wbk in Karlsruhe besteht aus mehreren Montagestationen, an denen ein Elektromotor mit Getriebe montiert wird. Bei der Gestaltung der Schulungsanlage wurden die Gestaltungsprinzipien der Veränderungsfähigkeit angewendet und praktisch umgesetzt.



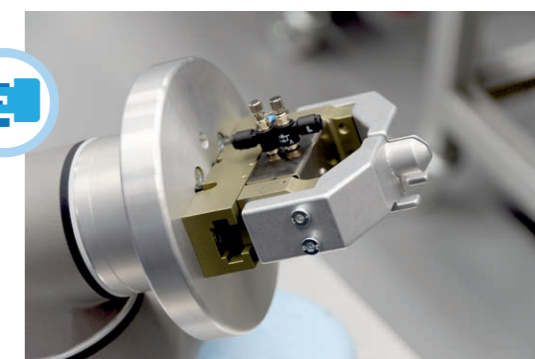
Skalierbarkeit
Skalierbarkeit ist in mehreren Dimensionen gegeben. Der Automatisierungsgrad kann flexibel angepasst werden, indem einzelne oder Gruppen von Arbeitsstationen manuell oder automatisiert realisiert werden. Auch Verkettung, Sicherheitstechnik und ebenso das Niveau der Qualitätskontrolle können flexibel an den Automatisierungsgrad angepasst werden.



Modularität
Die einzelnen Arbeitsstationen sind modular aufgebaut, sodass einzelne Montageschritte flexibel entfernt, hinzugefügt oder ersetzt werden können.



Kompatibilität
Teil des Montagesystems ist ein Leichtbauroboter für die Bestückung von Arbeitsstationen. Der Greifer ist sowohl für die vollautomatisierte, als auch die teilautomatisierte Lösung mit einer Mensch-Roboter-Kooperation kompatibel.



Universalität
In dem Montagesystem können ohne Umrüsten mehrere Varianten montiert werden. Die Werkstückaufnahmen und Puffer sind universell für alle Varianten ausgelegt. Als Zwischenpuffer werden zum Beispiel Drehplatten verwendet, die jede Variante aufnehmen können.



Mobilität
Durch die Ausstattung mit Rollen können die Arbeitsstationen flexibel angeordnet werden und beispielsweise von einem Werkstattlayout in eine U-Linie überführt werden.



Beispiel Flexibilität durch modulare Fabrikstrukturen

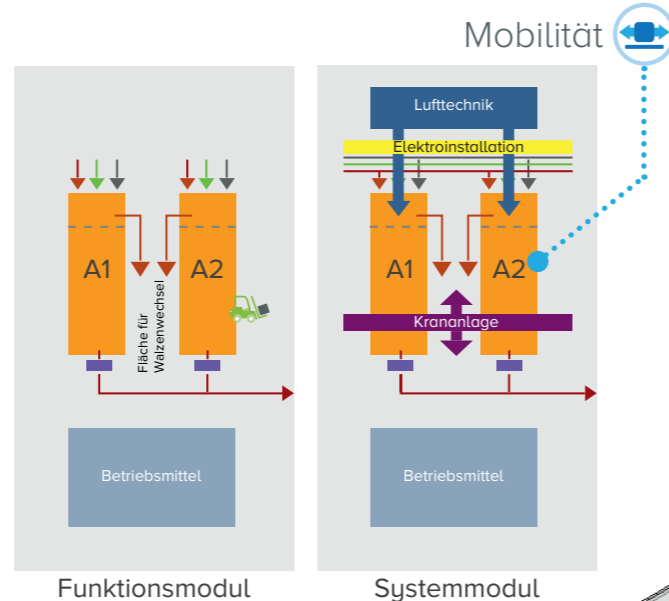
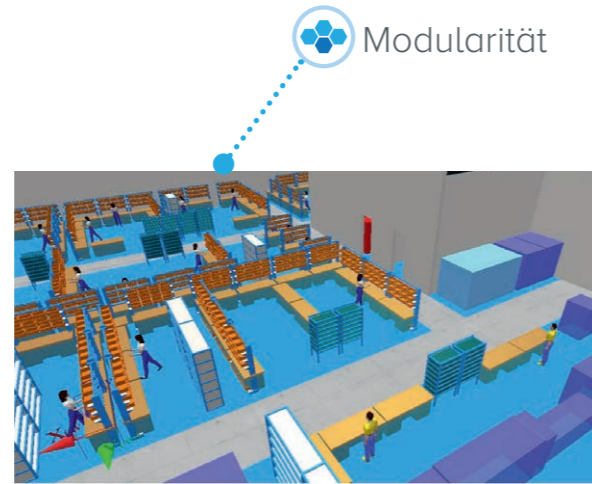
Wie entstehen modulare Fabrikstrukturen?

Die Funktionalität einer Fabrik wird bestimmt durch die Vorgaben und Planungsansätze aus Produktions- und Logistikanforderungen. Das beste Ergebnis entsteht in der Planung von innen nach aussen und der wechselnden Betrachtung der Mikro- und Makroebene.

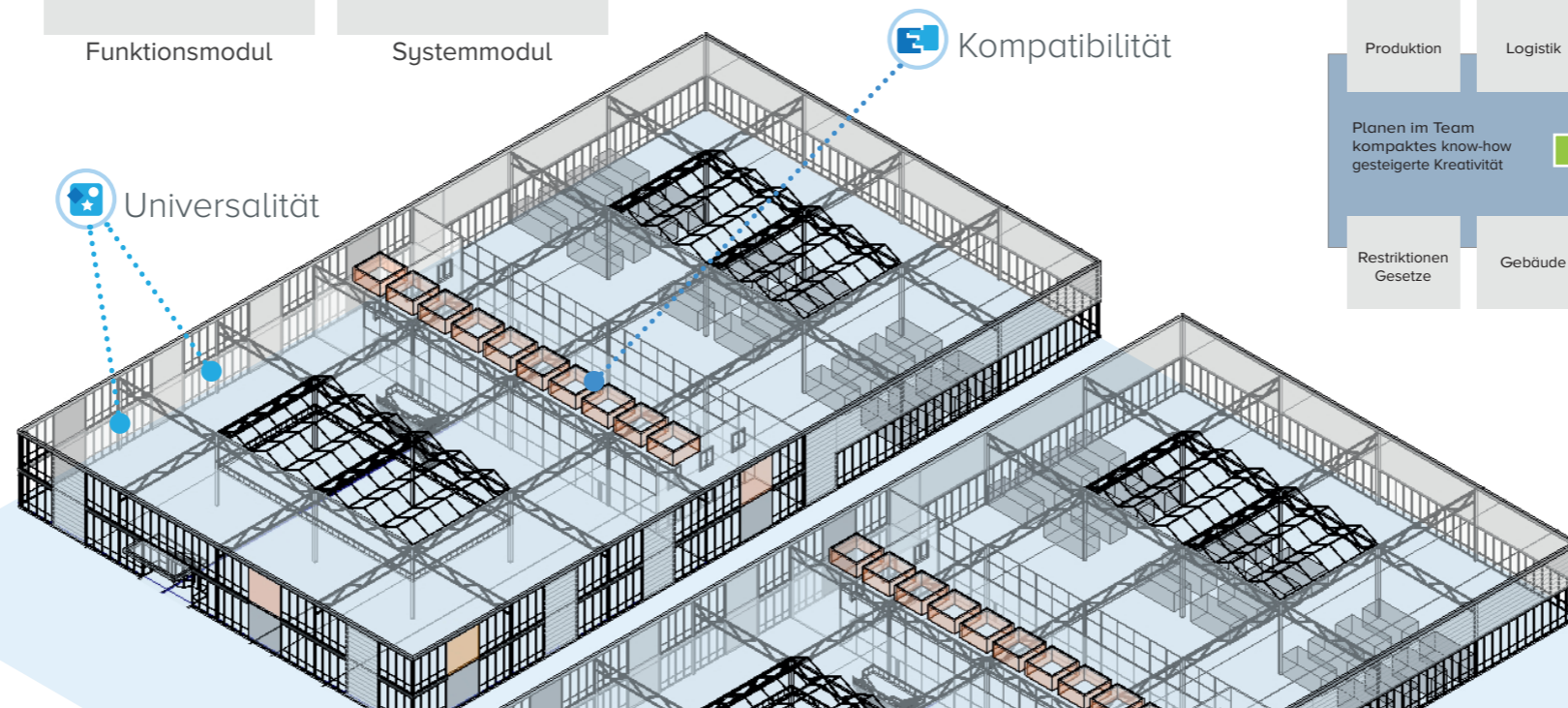
Die Vorgaben aus Material- und Informationsflüssen, sowie abhängiger Systemauslegung, führen zur Definition aller notwendigen Funktionsbereiche und ihren jeweiligen Produktionsflächen, Lagerflächen, Bereitstellungsflächen etc. Diese Funktionsflächen werden als Funktionsmodule abgebildet.

Die Planung der Mikro-Ebene auf Basis von Standardzellen mit beispielsweise konstanter Tiefe und variabler Breite liefert Ansätze für die Entwicklung der Gebäudestrukturen. Die Entwicklung von Standardzellen ist der Schlüssel für Flexibilität. 3D-Visualisierungen unterstützen hier den Planungs- und Entscheidungsprozess.

Die Anordnung der Funktionsmodule zur Werkstruktur erfolgt nach dem optimierten Materialfluss (Kriterien z. B. Mengen, Frequenzen, Wege) und dessen Anforderungen. Es entsteht das Ideallayout mit allen notwendigen Funktionsmodulen, aus denen ein Fabrikmodul als flexibles Grundmodul abgeleitet wird. Dieses Grundmodul der Fabrik ist sowohl das modulare Wachstumsmodul als auch das Systemmodul der Fabrik. Das Systemraster zu Tragwerk, Fassaden, technischem Ausbau und Randfunktionen folgt diesem Grundmodul der Fabrik, das räumlich die Grundlage für alle Elemente einer Fabrik bildet.



Universalität



Warum ist eine modulare Fabrik flexibel?

Das entwickelte Fabrikmodul kann flexibel notwendige Elemente wie Infrastruktur oder Tragwerk abbilden. Als modulares Element ineinandergreifend, bildet es die Gesamtfabrikstruktur. Aus dem Fabrikmodul wird ein Systemraster abgeleitet, das allen Funktionen wie Produktion, Logistik, Neben- und Randfunktionen inklusive Sozialflächen und Büro gerecht wird. Die iterative Planung der Mikro- und Makro-Ebene führt zu dem gewünschten Ergebnis: multifunktionale Flächen. Die modulare Fabrik kann so wachsen und schrumpfen und flexibel für die Zukunft sein.

Was heißt das in der Umsetzung?

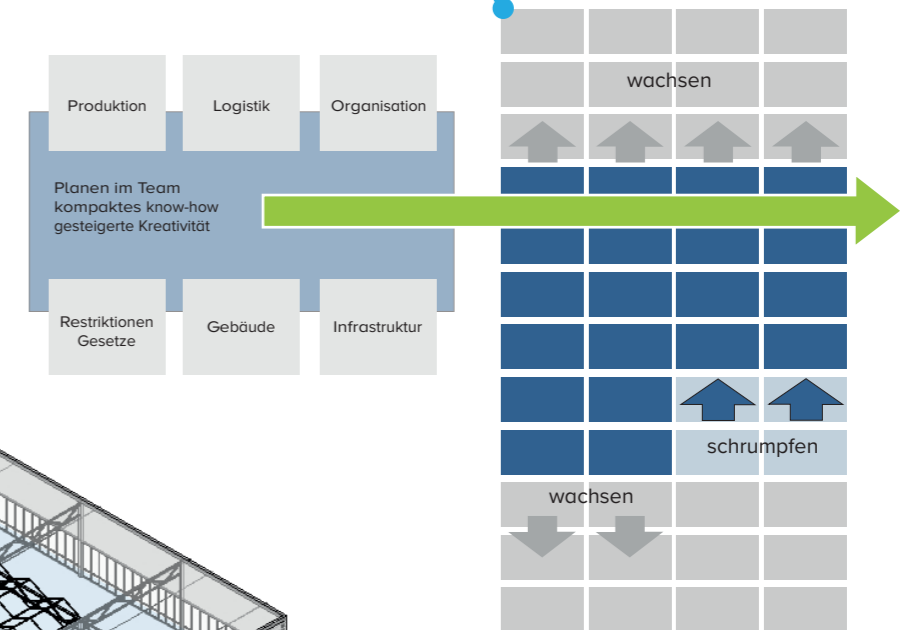
Modulare Fabrikstrukturen sind gekennzeichnet durch Erweiterungsmöglichkeiten in alle Richtungen und durch flexible Umnutzungspotenziale der Fabrikmodule. Abgebildet werden die Fabrikmodule über Hallenschiffe, die über Randfunktionen versorgt, flexibel in zumeist zwei Richtungen erweiterbar sind.

Die modulare Versorgungsmöglichkeit der Hallenschiffe kann so spezielle Anforderungen dieses Moduls individuell abbilden. Kurze Wege der Infrastruktur versorgen verlustfrei und ressourcenschonend die Fabrikmodule /Hallenschiffe. Dies gilt auch für die Versorgungsstruktur mit Trassenfestlegung und festen Ebenenbelegungen für Elektro, Druckluft, Belüftung, Sprinkler, Beleuchtung etc.

Eine durchgängig gleiche Tragfähigkeit führt zu Flexibilität in dem Fabrikmodul. Tragwerksraster mit großzügigen Spannweiten führen zur Reduktion von störenden Stützen und Tragelementen und geben der Fabrikstruktur Flexibilität.

Die Reduktion von Fixpunkten innerhalb eines modularen Systems bietet Flexibilität für die Zukunft. Notwendige Infrastrukturmaßnahmen, die wie Zentralen, Trafostation etc. die Fixpunkte darstellen, sind außerhalb der Erweiterungsrichtung zu platzieren. Dies gilt auch für die Anordnung von Sonderfunktionen, die produktionstechnische Einrichtungen versorgen. Eine flexible Fabrikstruktur ermöglicht variable Nutzungen über viele Jahre.

Skalierbarkeit



Welche Wandlungstreiber werden für unsere Unternehmung in Zukunft relevant?

Veränderungen untergliedern sich grundsätzlich, abgeleitet aus dem Innovationsmanagement, in disruptive Veränderungen und kontinuierliche Veränderungen. Disruptive Innovationen können beispielsweise komplette Produkte und Produktionsverfahren verdrängen und so einen schnellen Wandel einer Fabrik notwendig machen. Kontinuierliche Veränderungen sind für viele Unternehmen kontrollierbarer, beispielsweise der kontinuierliche Anstieg von Energiekosten oder Ressourcen. Schlussendlich müssen sich Unternehmen jedoch mit beiden Arten von

Veränderungen auseinandersetzen und ihre Produktionen entsprechend der neuen Herausforderungen gestalten. Um von disruptiven Veränderungen und deren Druck zur schnellen Anpassung nicht überrollt zu werden, empfehlen wir exemplarisch die folgenden Methoden zur Berücksichtigung wahrscheinlicher Entwicklungen. Mit Hilfe dieser Methoden können notwendige Veränderungen systematisch ermittelt werden, um diese bei der Planung und Umsetzung der Veränderungsfähigkeit von Fabriken zu berücksichtigen.

Szenariotechnik

Die Szenariotechnik ist eine Methode der Strategischen Planung. Aufgabe dieser ist es, mögliche Entwicklungen der Zukunft zu analysieren und darzustellen. Gezeigt werden hierbei alternative zukünftige Situationen sowie Wege, die zu diesen zukünftigen Situationen führen können. Szenarios stellen hypothetische Folgen von Ereignissen auf, um auf kausale Prozesse und Entscheidungsmomente aufmerksam zu machen. Die Szenariotechnik verfolgt hierbei unter anderem die Analyse von Extremszenarios (Best Case, Worst Case) oder besonders relevanter oder typischer Szenarios (Trendszenario).

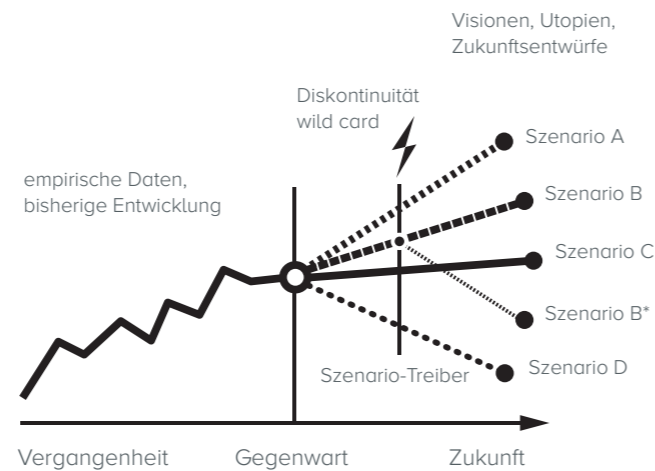


Abb. 2 „Szenariotechnik“

Technologiekalender

Änderungen von Produkten, Technologien und Organisationen zählen zu den diskontinuierlichen Veränderungen von Fabriken. Um diese in einem zeitlichen Ablauf zu planen, vorausdenken und zu synchronisieren, wurde das Verfahren des Technologiekalenders entwickelt (Westkämper 1986, Wildemann 1987). Das dabei verfolgte Ziel ist, die Entwicklung der Märkte, der Produkttechnologien und der Produktionstechnologien zu verknüpfen und abzustimmen. Der Technologiekalender zeigt damit strukturiert auf, welche Veränderungsfähigkeit Produktionen und Fabriken in den kommenden Jahren abverlangt wird. Auf Basis dieser Erkenntnisse kann die Veränderungsfähigkeit der Fabrik geplant und umgesetzt werden.

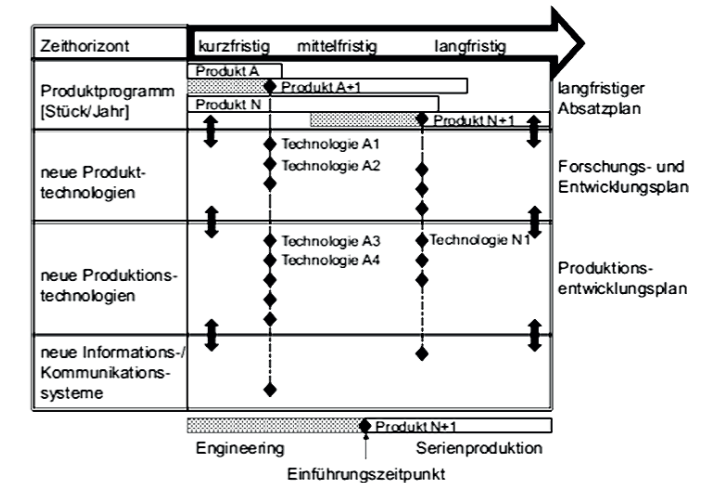


Abb. 3 „Technologiekalender“

Fabrikroadmap

Eine Erweiterung des Technologiekalenders kann eine sog. Fabrikroadmap darstellen, die zur zeitlichen sowie inhaltlichen Synchronisation identifizierter Interdependenzen entwickelt wurde. Der Fokus der Roadmap liegt dabei auf der Darstellung sowie Synchronisation vernetzter Entwicklungsprozesse zwischen unterschiedlichen Segmenten einer Fabrik bzw. zwischen Fabrik und Fabrikumfeld. Die hier dargestellte Fabrikroadmap visualisiert die Verän-

derungen im Umfeld, welche wiederum den Bereichen Strategische Entwicklungsvorgaben, Produkt- und Technologieveränderungen zugeordnet sind. Ein Abgleich mit den Gestaltungsfeldern Organisation, Raum und Technik ermöglicht die zeitliche und inhaltliche Synchronisation der erforderlichen Anpassungen. Die Anwendung dieser Methodik ist ausführlich bei Wulf 2011 erläutert.

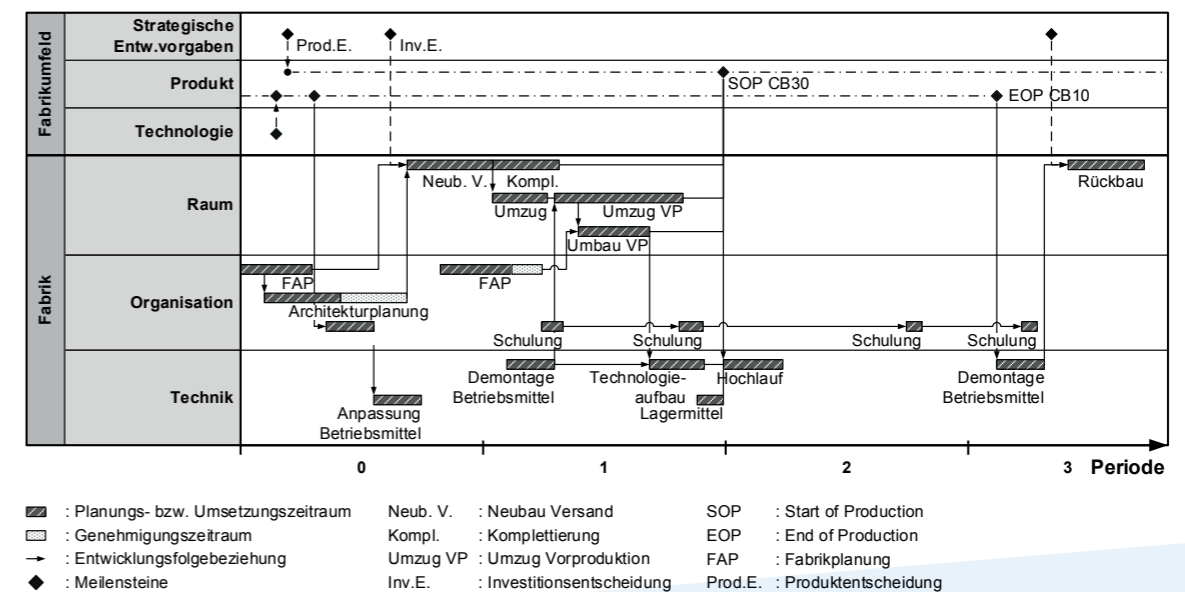


Abb. 4 „Fabrikroadmap“

Quellenangabe

Wulf, S. (2011): Bewertung des Einflusses von Produkt- und Technologieveränderungen auf die Fabrik. Berichte aus dem IFA, Bd. 02/2011, Garbsen: PZH-Verlag, ISBN: 978-3-943104-00-4
 Westkämper, E. (1986): Strategische Investitionsplanung mit Hilfe des Technologiekalenders. In: Wildemann (1987, Hrsg.) Strategische Investitionsplanung für neue Technologien in der Produktion.

Beispiel

Vorgehaltene Flexibilität in der Medienversorgung bei Wittenstein



Mit der Urbanen Fabrik in Fellbach hat die Wittenstein AG eine Fabrik in direkter Nähe zu einer Wohnsiedlung errichtet und unterlag damit besonderen Anforderungen in der Fabrikgestaltung. Hierbei sind auch zahlreiche Gestaltungsprinzipien, insbesondere in der Gestaltung von Raum und TGA, berücksichtigt worden.

Modularität

Die Abluftabsaugung erfolgt unter dem Dach, wodurch eine gute Durchmischung des Raumvolumens sichergestellt wird. Abzweige für Maschinen- und Sonderabluft finden sich in regelmäßigen Abständen wieder.

Skalierbarkeit

Durch die Investition in eine ausreichend dimensionierte Sprinkleranlage können größere Brandabschnitte realisiert werden, sodass eine höhere räumliche Flexibilität erreicht werden kann.

Mitarbeiterorientierte Gestaltung der Arbeitsumgebung und vorausgedachte, flexible Layout-Gestaltung

Einheitliche Bodentraglasten (z. B. 5 t/m²) ermöglichen eine Nutzung für unterschiedliche Anforderungen und Situationen (z. B. Montage, Lager, Fertigung). Wird Elektronik verbaut, kann die Investition in durchgängigen ESD-Schutz nachträgliche Umplanungen und -nutzungen deutlich erleichtern oder sogar ermöglichen.

Durch dezentrale Pausenbereiche in Nähe der Arbeitsplätze werden Laufwege reduziert.

Skalierbarkeit

Ein hoher Tageslichtanteil durch großzügige Glasfassadenelemente und Oberlichter, der nach Notwendigkeit durch Kunstlicht (mind. 750 Lux) ergänzt wird, sorgt für eine angenehme und gleichmäßig ausgeleuchtete Arbeitsumgebung. Höhere Beleuchtungsanforderungen sind durch individuelle Arbeitsplatzbeleuchtungen zu ergänzen.

Kompatibilität

Heiz- und Kühldecken mit perforierter Oberfläche absorbieren Schall und verringern so den Nachhall.



Modularität

Die elektrische Versorgung bietet mithilfe von regelmäßig (alle 50 cm) installierten Abgangskästen an der Stromschiene eine flexible und sichere Lösung.

Modularität

Prozesskälte wird in einem Kälterring bereitgestellt, der in regelmäßigen Abständen Ventile für den Vor- und Rücklauf vorsieht.

Skalierbarkeit

Regelmäßige Quellluftauslässe an den Stützen sorgen für eine langsame Einströmung und Verteilung der konditionierten Zuluft ohne Zuglufterscheinung.

Mobilität

Der Verzicht auf fest installierte Kranbahnen, stattdessen Einsatz von mobilen Schwenkkränen, unterstützt Layoutveränderungen.

Beispiel

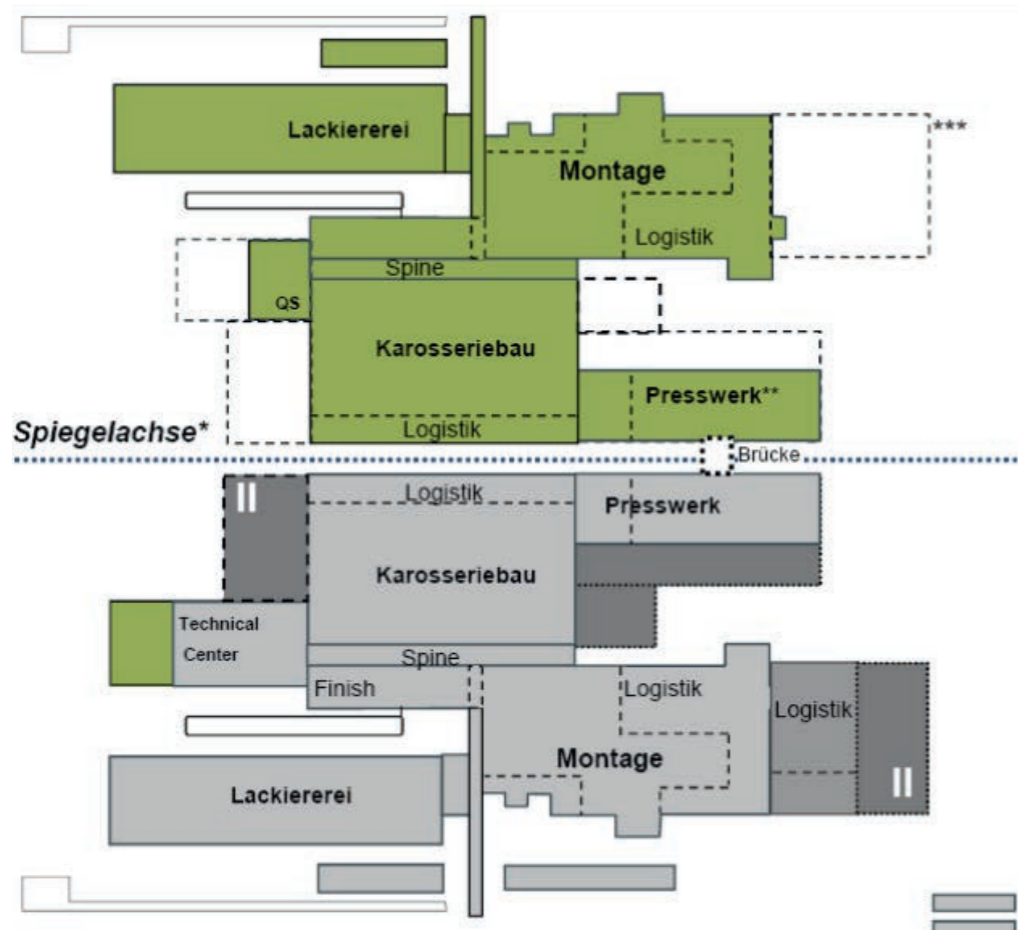
Erweiterungsstrategie der Standardfabrik von Volkswagen



Mit der Definition einer Standardfabrik hat die Volkswagen AG eine Vorlage für neue Werke vorgedacht, die in mehreren Schritten ausbaufähig und damit an zukünftige Veränderungen anpassbar ist.

Die Erweiterungsstrategie der Standardfabrik zeigt deutlich, wie bei einem großen Werk die Gestaltungsprinzipien genutzt werden können. Deutlich werden die unterschiedlichen Ausbaustufen innerhalb der Fabrik. In der ersten Ausbaustufe wird lediglich die Logistik erweitert, das Wachstum erfolgt innerhalb durch eine Anpassung der

Taktzeiten. In der zweiten Ausbaustufe werden sowohl Logistik als auch Presswerk und Karosseriebau räumlich erweitert, der Takt wird auf die Hälfte skaliert. In der dritten Ausbaustufe erfolgt eine Spiegelung des gesamten Werkes entlang der Spiegelachse und kann erfolgen, ohne die laufende Produktion zu behindern.



Mensch-Maschine-Kooperation bei Volkswagen

Die Einbindung von Robotern in die Montage und die Gestaltung einer sicheren Mensch-Maschine-Kooperation bieten neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Die Berücksichtigung der Gestaltungsprinzipien bei der Konstruktion der Roboter garantiert eine hohe Veränderungsfähigkeit und somit ein breites Anwendungsfeld.

Die Einbindung von Robotern in die Montage und die Gestaltung einer sicheren Mensch-Maschine-Kooperation bieten neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Die Berücksichtigung der Gestaltungsprinzipien bei der Konstruktion der Roboter garantiert eine hohe Veränderungsfähigkeit und somit ein breites Anwendungsfeld.

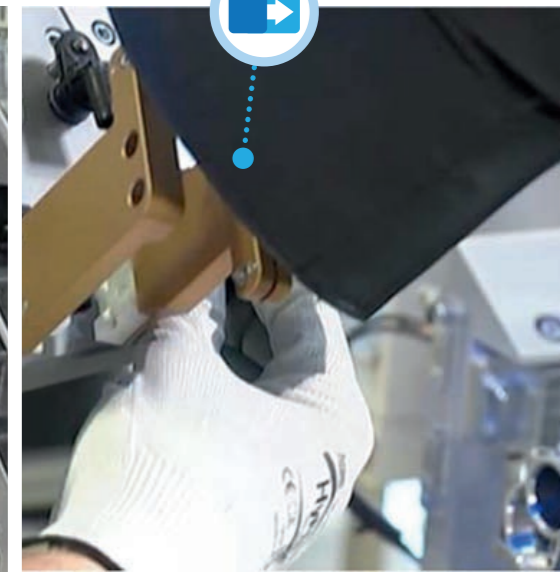


Universalität

Leichtbaurobotik in der Montage erlaubt räumlich und anwendungsbezogen einen flexiblen Einsatz von Automatisierungstechnik.

Skalierbarkeit

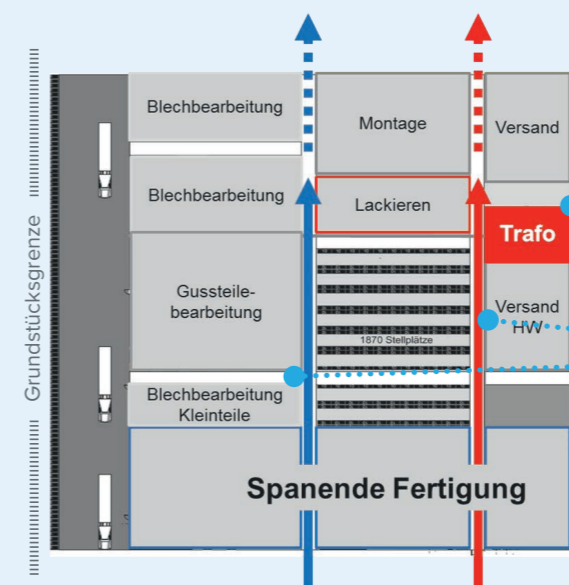
Die Roboter können zur temporären Kapazitätsanpassung einzelner Anwendungen beigestellt oder abgezogen werden.



Mobilität

Aufgrund nicht notwendiger fester Schutzeinrichtungen können die kleinen, leichten und mobilen Roboter schnell an unterschiedlichen Orten zum Einsatz gebracht werden.

Beispiel Anordnungen berücksichtigen



Skalierbarkeit

Schwer versetzbare Installationen, wie z. B. Trafo-Anlagen oder Rauchgasreinigungsanlagen, sollten an der Flanke vom Werksgebäude angeordnet werden.

Skalierbarkeit

Hauptmaterialflüsse sollten parallel zu begrenzenden Grundstückslinien angeordnet werden, um im Falle einer Erweiterung die Hauptmaterialflussrichtung nicht verändern zu müssen.

Beispiel Werkserweiterung durch ein neues Fabrikgebäude



Bei der Werkserweiterung hat die Firma CLAAS die Gestaltungsprinzipien konsequent eingesetzt und angewendet. Ergebnis ist ein höchst veränderungsfähiges Fabrikgebäude.



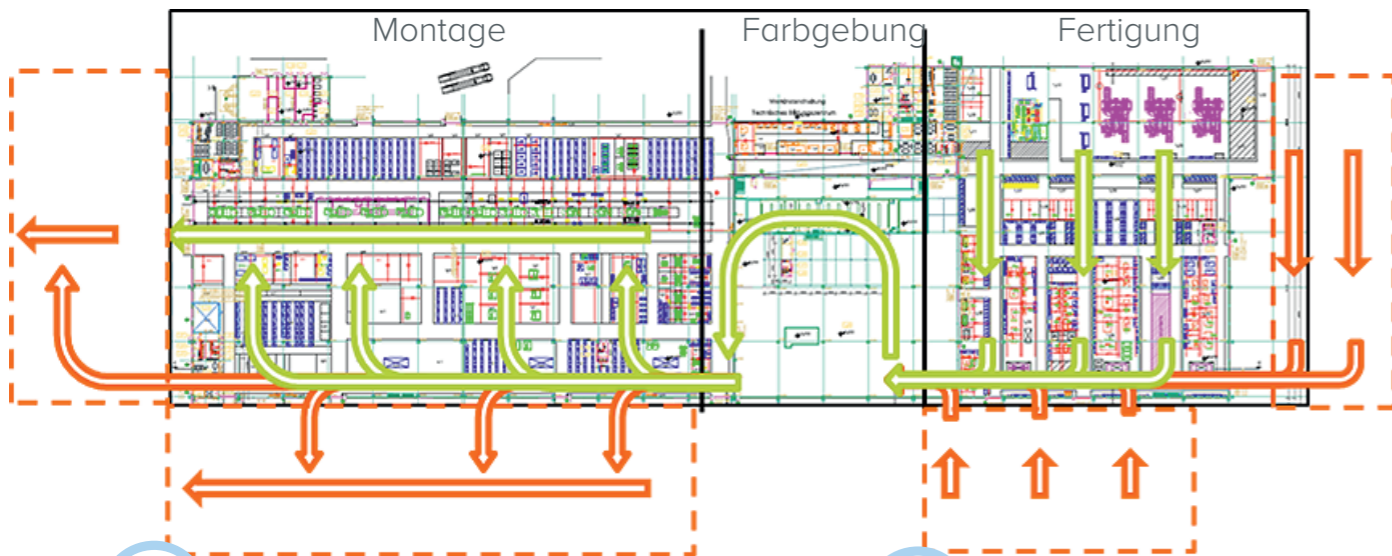
Modularität

Das Werk kann bei stark steigenden Stückzahlen um Module erweitert werden, ohne die Grundstruktur des Materialflusses zu ändern.



Universalität

In der auf flexiblen Verfahren, wie Laserstrahlschneiden und Freiformbiegen basierenden Fertigung können neben Komponenten für Landmaschinen auch weitere Produkte gefertigt werden.



Kompatibilität

Die Produktionssteuerung läuft transparent in einem durchgängigen PPS-System mit Aufträgen von Fertigung bis Montage.



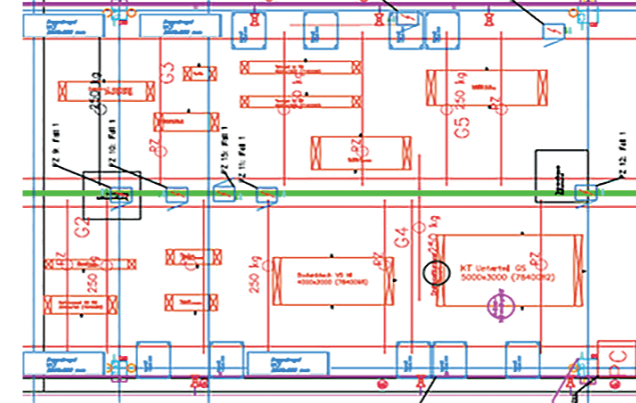
Skalierbarkeit

Ein ausgewogener Automatisierungsgrad ermöglicht die wirtschaftliche Fertigung sowohl niedriger als auch hoher Stückzahlen für die volatilen Märkte.



Mobilität

Das Material der Montage steht komplett auf Rollen, sodass in diesem Bereich auf Gabelstapler verzichtet werden kann.



Modularität

Die Verwendung von Standardwerkzeugen lässt das Verschieben von Aufgaben zwischen den Arbeitsplätzen zu.



Kompatibilität

Durch eine einheitliche Medienversorgung wird eine flexible Umgestaltung der Flächen ermöglicht.



Skalierbarkeit

Eine niedrige Automatisierung erlaubt eine mittelfristige Steigerung der täglichen Ausbringung um das Achtfache.



Mobilität

Durch die grundsätzliche Lagerung auf Rollen lassen sich Vorrichtungen, Werkzeuge und Lagermittel ohne Hilfsmittel bewegen. Die Krananlagen und technische Gebäudeausrüstung sind durchgängig. Eine komplette Umrüstung der Fertigungslinie ist innerhalb weniger Stunden durchführbar.



Universalität

Die konstruktionsbegleitende Entwicklung der Vorrichtungen ermöglicht einen multivarianten Einsatz.

Beispiel

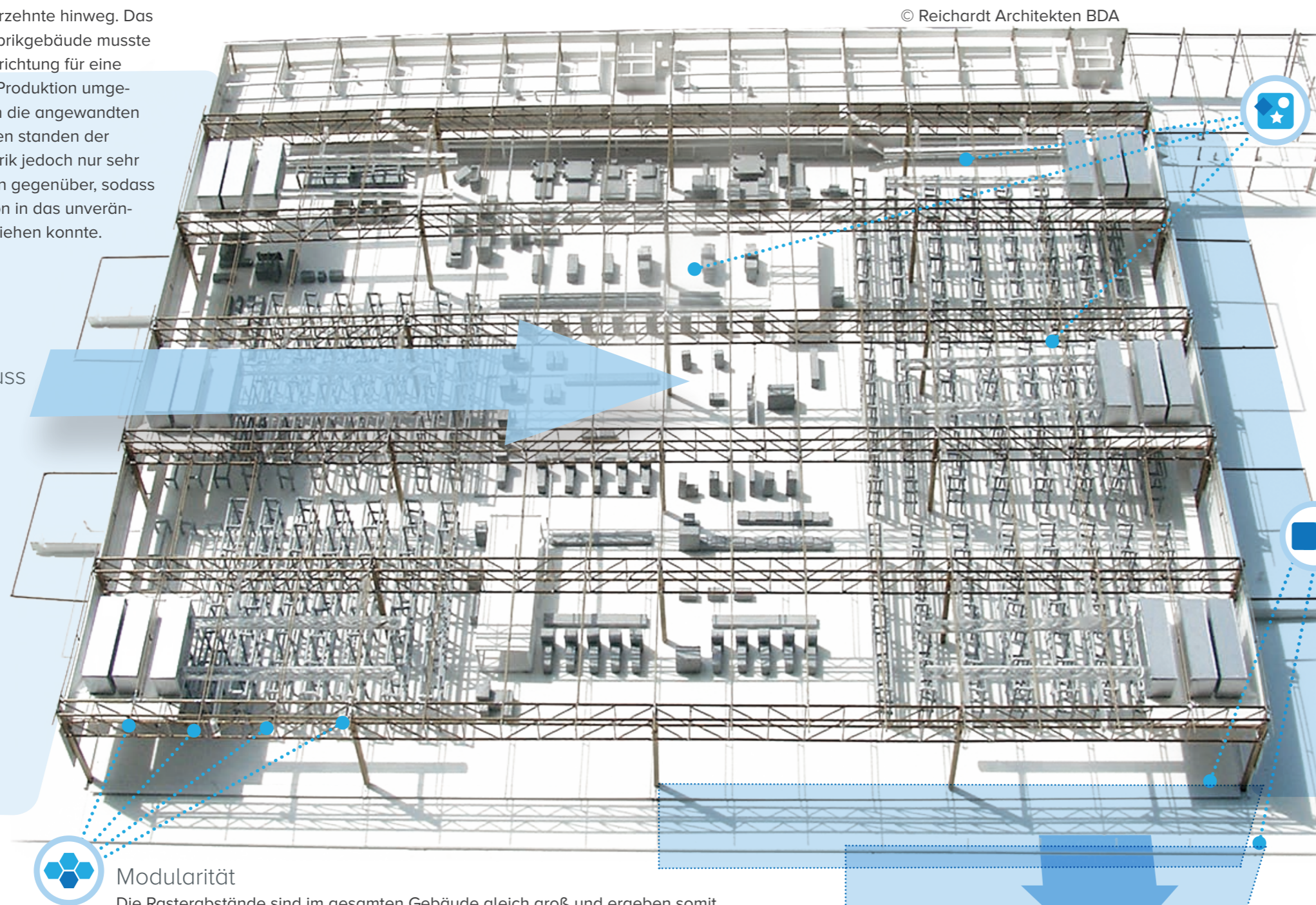
Wandlungsfähige Fabrikgestaltung

IFA

 Institut für
 Fabrikanlagen und Logistik

Die veränderungsfähige Gestaltung einer Fabrik sichert die Nutzbarkeit des Gebäudes über Jahrzehnte hinweg. Das hier vorgestellte Fabrikgebäude musste bereits kurz nach Errichtung für eine vollständig andere Produktion umgeplant werden. Durch die angewandten Gestaltungsprinzipien standen der Umnutzung der Fabrik jedoch nur sehr wenige Restriktionen gegenüber, sodass eine neue Produktion in das unveränderte Gebäude einziehen konnte.

Hauptmaterialfluss



Modularität

Die Rasterabstände sind im gesamten Gebäude gleich groß und ergeben somit ein Gebäude, das leicht modul- und damit stufenweise erweitert werden kann. Die Modularität wurde auch auf anderen Ebenen (z. B. Layout: Flächenmodule) beibehalten, um möglichst autarke Hallenabschnitte zu realisieren. Unterstützt wird dies durch eine modulare Haustechnik.



Universalität

Eine gleichmäßige Bodentragfähigkeit erlaubt ein sehr flexibles Aufstellen von Betriebsmitteln im gesamten Fabrikgebäude. Dieses sollte unterstützt werden durch eine möglichst mobile Gestaltung der Produktionsmittel. Verbunden mit dem großzügig gestalteten Stützenraster sind nur wenige Restriktionen bei der Layout- und Materialflussplanung sowie bei späteren Anpassungen zu berücksichtigen.



Skalierbarkeit

Durch die Berücksichtigung der Erweiterungsrichtung in einer frühen Planungsphase ist eine hohe Skalierbarkeit gegeben. Hierzu wurde bei der Layoutplanung darauf geachtet, den Hauptmaterialfluss senkrecht zur Erweiterungsrichtung vorzusehen und Fixpunkte nicht in Erweiterungsrichtung zu positionieren. Durch die Anordnung aller potenziell zu erweiternden Bereiche an der Erweiterungsachse kann so eine aufwandsarme Skalierung der Produktion erfolgen.

Die Sandwichbauweise der Gebäudefassade unterstützt das Versetzen der Wände. Durch die Berücksichtigung möglicher Erweiterungsanforderungen bei der Grundstücksauswahl, das im nebenstehenden Beispiel eine Konzentration sämtlicher Unternehmensteile an einem Standort erlaubt, wird die Skalierbarkeit ebenfalls erhöht.

Dr.-Ing.
Jürgen BischoffMitglied der
Geschäftsführung
agiplan GmbHProf. Dr.-Ing. habil.
Peter NyhuisInstitutsleiter
Institut für Fabrikanlagen und
Logistik (IFA), Leibniz
Universität Hannover

Interview

Wie können Investitionen in Wandlungsfähigkeit gerechtfertigt werden?

Jürgen Bischoff (JB): Mit der langfristigen Wirtschaftlichkeit dieser Investitionen. In vielen Unternehmen gibt es in der Historie Beispiele für Veränderungen, welche schwer umzusetzen, mit hohen Anpassungskosten verbunden oder gar nicht möglich waren. In manchen Situationen wurden so Marktchancen verspielt oder nicht genutzt. Genau darum ist die Wandlungsfähigkeit wichtig für den Unternehmenserfolg.

Unternehmerischer Weitblick bedeutet also, den Wandel anzuerkennen. Bei den heutigen Unsicherheiten der Märkte ist eines gewiss - sie werden sich verändern. Wie, ist schwer zu prognostizieren. Also ist es am besten gut auf den Wandel vorbereitet zu sein.

Peter Nyhuis (PN): Gerade im globalen Wettbewerb ist es wichtig, schnell auf Veränderungen von innen oder außen reagieren zu können. Forschungsseitig wurde das Thema Wandlungs- bzw. Veränderungsfähigkeit in den letzten eineinhalb Jahrzehnten ausgiebig behandelt. Der Nutzen und die Vorteile der Veränderungsfähigkeit sind bereits in zahlreichen Veröffentlichungen diskutiert worden und konnten auch praktisch bewiesen werden, die Beispiele in dieser Broschüre belegen dies. Letztlich bleibt die Entscheidung für die Veränderungsfähigkeit eine strategische Unternehmensentscheidung. Wichtig ist zu erkennen, in welchem Umfeld das Unternehmen sich bewegt und wie häufig Veränderungen angestoßen werden, auf die Sie reagieren müssen.

Wie machen wir als Unternehmen den ersten Schritt?

JB: Bei der Neuplanung beginnt der erste Schritt zur Wandlungsfähigkeit beim ersten Gedanken der Planung und lässt den Fabrikplaner über den gesamten Planungsprozess nicht mehr los.

Bei der Umgestaltung bestehender Fabriken, also im Brownfield, empfiehlt es sich, mit kleineren Projekten, wie der Beschaffung neuer Anlagen oder

einer neue Montagezelle zu starten, um Erfahrung zu sammeln und Akzeptanz aufzubauen. Die Erkenntnisse dann auf weitere Anwendungen zu transferieren geht einher mit dem ständigen Aufbau von Expertise.

PN: Hier möchte ich ergänzen, dass es entscheidend ist, dass Sie Ihre Mitarbeiter informieren und für das Thema begeistern. Nur so kann Wandlungsfähigkeit erfolgreich und motiviert umgesetzt werden. Letztendlich ist die Einführung von Veränderungsfähigkeit immer ein Prozess ähnlich einer kontinuierlichen Verbesserung, den es konsequent zu verfolgen gilt. Die Sensibilisierung sowie das Aufzeigen erfolgreich genutzter Wandlungsfähigkeit bestätigen den eingeschlagenen Weg und insbesondere durch die Beteiligung aller Mitarbeiter entsteht eine willkommene und notwendige Veränderungsdynamik.

Wie motivieren wir Mitarbeiter beim Thema Wandlungsfähigkeit?

JB: Zuerst sollte der Unsicherheit des Wandels begegnet werden, denn Veränderung schafft erst mal Unsicherheit. Ist diese aber mit Zukunftsperspektive verbunden, wird sie zur Chance und verliert die Bedrohlichkeit.

Gelingen kann dies, wenn die Mitarbeiter aktiv in die Planungen des neuen Arbeitssystems mit einbezogen werden. Mit diesem partizipativen Ansatz haben wir in vielen Projekten sehr gute Erfahrungen gemacht.

PN: Hierzu zählt auch ein sorgfältiges Wissensmanagement, das durch ausführliche und verständliche Dokumentation von Entscheidungen für die Wandlungsfähigkeit, die durchgeführten Veränderungen sowie die Beschreibung von vorliegenden Flexibilität- und Wandlungsfähigkeitsmöglichkeiten und -grenzen für Transparenz sorgt. So ist sichergestellt, dass auch zukünftige Mitarbeiter die implementierte Veränderungsfähigkeit kennen und wahrnehmen lernen, wann Veränderungen erforderlich sind und wie diese im eigenen Unternehmen konkret umgesetzt werden können.

Literatur



Nyhuis, Peter; Reinhart, Gunther; Abele, Eberhard (2008): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Garbsen: PZH, Produktionstechn. Zentrum. ISBN: 978-3-939026-96-9



Westkämper, Engelbert; Zahn, Erich (2009): Wandlungsfähige Produktionsunternehmen. Das Stuttgarter Unternehmensmodell. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-540-21889-0



Nyhuis, Peter; Deuse, Jochen; Rehwald, Jürgen (2013): Wandlungsfähige Produktion heute für morgen gestalten. WaProTek, wandlungsförderliche Prozessarchitekturen. Garbsen: PZH-Verl. ISBN: 978-3-944586-02-1



Wiendahl, Hans-Peter; Nyhuis, Peter; Reichardt, Jürgen (2014): Handbuch Fabrikplanung. Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. 2. überarb. und erw. Aufl. München [u.a.]: Hanser. ISBN: 978-3-446-43892-7



Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung Technologien Migration: Springer Vieweg. ISBN: 978-3-658-04681-1



Dombrowski, Uwe; Mielke, Tim (2015): Ganzheitliche Produktionssysteme: Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen: Springer Vieweg. ISBN: 978-3-662-46163-1



Müller, Egon; Schenk, Michael; Wirth, Siegfried (2013): Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik: Springer Vieweg. ISBN: 978-3-642-05458-7



Lanza, Gisela; Horváth, Péter; Kleine, Oliver: Ein Leitfaden zum Management der Wandlungsfähigkeit: Fachverlag LOG_X ISBN: 978-3-932298-52-3



Bischoff, Jürgen. „Erschliessen der Potenziale der Anwendungen von Industrie 4.0 im Mittelstand“. Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Erarbeitet von agiplan GmbH, Fraunhofer IML und ZENIT, Ausgabe 2015

