



Fabrikplanungsprozesse sind durch zahlreiche Herausforderungen geprägt. Kürzere Produktlebenszyklen haben nicht nur zu kürzeren Entwicklungsphasen geführt, sondern auch zu immer kürzeren Fabriklebenszyklen. Dies setzt effiziente Planungsprozesse voraus, wie die Halbierung der Planungszeit in den letzten zwanzig Jahren bei der Neuplanung von Fabriken gezeigt hat [Kal05]. Zahlreiche weitere Herausforderungen im Planungsprozess leiten sich aus dem zentralen Planungsziel ab, sogenannte wandlungsfähige Fabriken zu planen und zu betreiben [Nyh05].

Auf Produktionssysteme und damit auf Fabriken wirken im operativen Betriebe zahlreiche Störgrößen. Sie verursachen ein turbulentes Umfeld und erzeugen auf allen Ebenen des Produktionssystems einen Veränderungsdruck, der durch sogenannte Wandlungstreiber beschrieben werden kann. Typische Wandlungstreiber sind (vgl. Abbildung 1):

- gesetzliche Rahmenbedingungen (z. B. Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und damit einhergehende Steigerung der Energiepreise)
- Mitarbeiter (z. B. alternde Belegschaft, verursacht durch den demografischen Wandel)
- Kunde / Markt (z. B. zunehmende Individualisierung der Produkt und damit sinkende Losgrößen)
- Wettbewerber (z. B. zunehmende Konkurrenz aus Asien infolge der Globalisierung)
- Technologie (sich teilweise radikal verändernde Fertigungstechnologien, z. B. generative Fertigung)
- Unternehmensstrategie (z. B. Veränderungen in der Unternehmensleitung und damit einhergehende Veränderung der Unternehmensausrichtung)
- Lieferanten (z. B. Lieferengpässe bei Zulieferern).

Fabriken, die auf das Auftreten derartiger Veränderungen angemessen reagieren können, werden als wandlungsfähig bezeichnet. Das Konzept der Wandlungsfähigkeit und Strategien zur Umsetzung werden im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

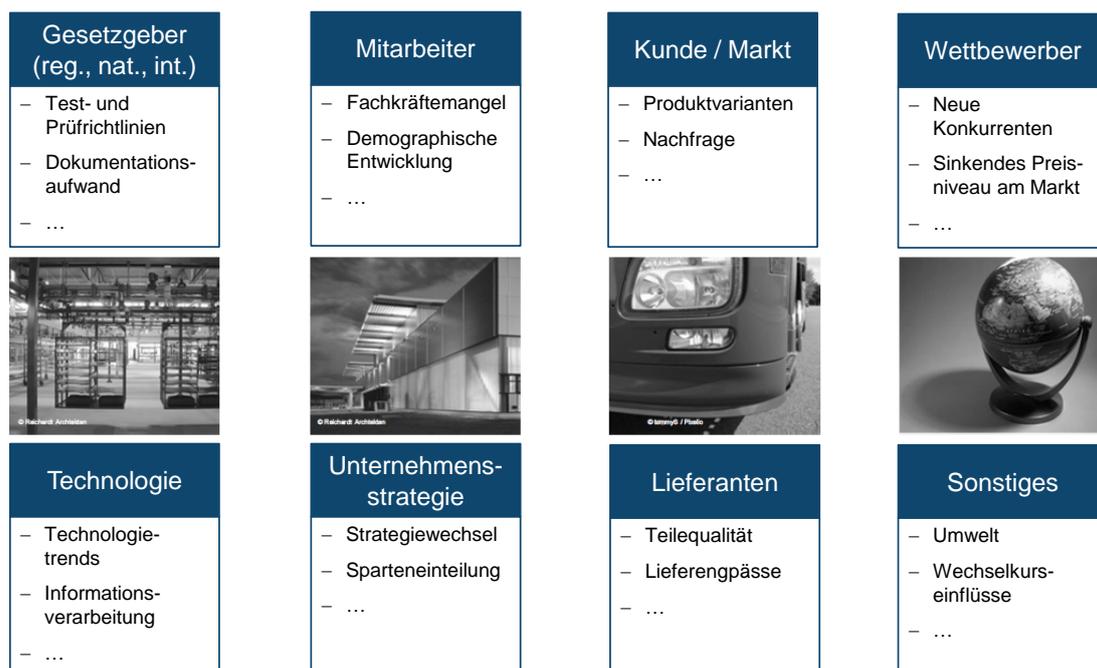


Abbildung 1: Wandlungstreiber in der Fabrik

Die Planung wandlungsfähiger Fabriken erfordert interdisziplinäre Planungsteams bestehend u. a. aus Prozess- und Logistikplanern, Architekten oder Haustechnik- und Anlagentechnikern. Außerdem sind Informationen organisationsinterner sowie -externer Kompetenzen beispielsweise aus den Bereichen Unternehmensstrategie, Recht oder Marketing und Umweltschutz erforderlich. In der Konsequenz erfordert der Planungsprozess entsprechend der beteiligten Disziplinen und Rollen die Aufnahme zahlreicher unterschiedlicher Daten und Informationen sowie deren Konsolidierung in geeigneten Dokumenten und Datenformaten. An dieser Stelle spielt u. a. auch die zunehmende Digitalisierung der Planungsprozesse im Kontext des Building Information Modelling (BIM) eine wichtige Rolle.

Eine weitere zentrale Herausforderung im Planungsprozess von Fabriken ist die nachvollziehbare Begründung für die Auswahl einer entstandenen Planungsalternative. Die Auswahl sollte idealerweise anhand aussagekräftiger Größen (z. B. Transportweglänge, Flächennutzungsgrad, Raumklima oder Lichteinfall etc.) begründet werden können. Dafür stehen zwar unterschiedliche Werkzeuge beispielsweise zur Simulation zur Verfügung, jedoch ist deren Anwendung meist sehr aufwändig und damit kostenintensiv.

### Bedeutung der Wandlungsfähigkeit für Fabriken

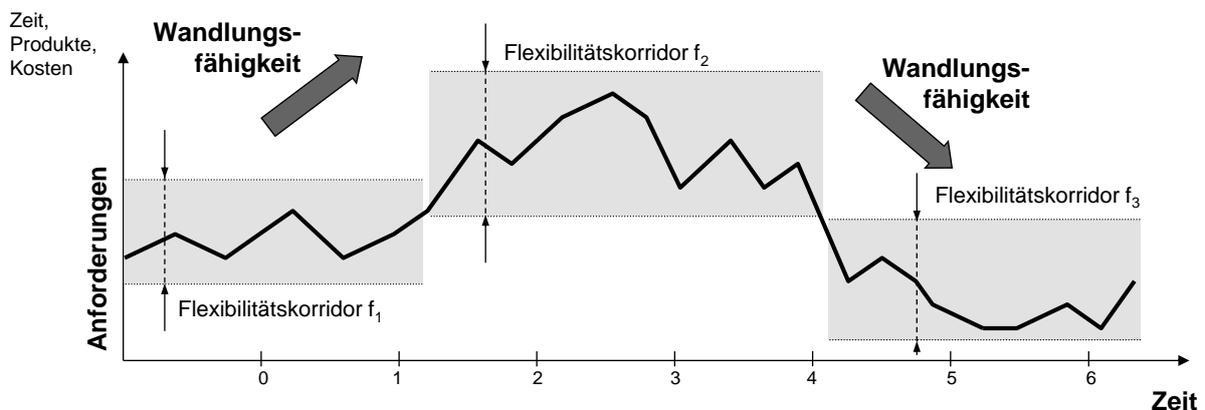


Abbildung 2: Flexibilität und Wandlungsfähigkeit (vgl. [Zäh05])

Wandlungsfähigkeit stellt als vorgedachter Freiraum eine Fabrikeigenschaft dar, um auf die infolge der o. g. Wandlungstreiber entstehenden Veränderungen reagieren zu können. Die begriffliche Abgrenzung zwischen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit ist in der Literatur nicht immer eindeutig. Aus diesem Grund werden die beiden Begriffe nachfolgend kurz definiert (vgl. Abbildung 2 und [Wie14]):

*Flexibilität beschreibt die Fähigkeit eines Produktionssystems, sich schnell und nur mit sehr geringem finanziellen Aufwand an geänderte Einflussfaktoren anzupassen. Die Veränderungen und somit die möglichen erreichbaren Systemzustände sind im Kontext der Flexibilität durch vorgehaltene Maßnahmenbündel definiert und durch zum Zeitpunkt der Planung festgelegte*

Korridore begrenzt. Beispielsweise kann so innerhalb dieser Korridore in einem vorab festgelegten Ausmaß eine Stückzahlveränderung aufgefangen werden.

Die Wandlungsfähigkeit hingegen wird als Potential verstanden, auch jenseits der vorgehaltenen Korridore organisatorische und technische Veränderungen bei Bedarf reaktionsfähig durchführen zu können. Dies bedeutet, dass die Korridore sowohl nach oben als auch nach unten verschoben werden können. Wandlungsfähige Systeme besitzen daher bei ihrer Implementierung keine expliziten Grenzen und sind weitestgehend lösungsneutral, die Freiräume für mögliche Veränderungen wurden vorgedacht. Die aufgrund veränderter Umfeldfaktoren notwendige Anpassung ist mit zusätzlichen Investitionskosten und Zeitaufwand verbunden, der jedoch erst bei der Durchführung der Veränderung entsteht. Darüber hinaus werden im Falle der Wandlungsfähigkeit nach einer Umstellung zumindest Teile des bestehenden Produktionssystems weiterhin genutzt.

Um Wandlungsprozesse durchführen zu können, müssen Fabriken bestimmte Eigenschaften besitzen, die im Folgenden als Wandlungsbefähiger bezeichnet werden. In Abbildung 3 sind die in der Literatur bekannten Wandlungsbefähiger Universalität, Mobilität, Skalierbarkeit, Modularität und Kompatibilität aufgeführt.

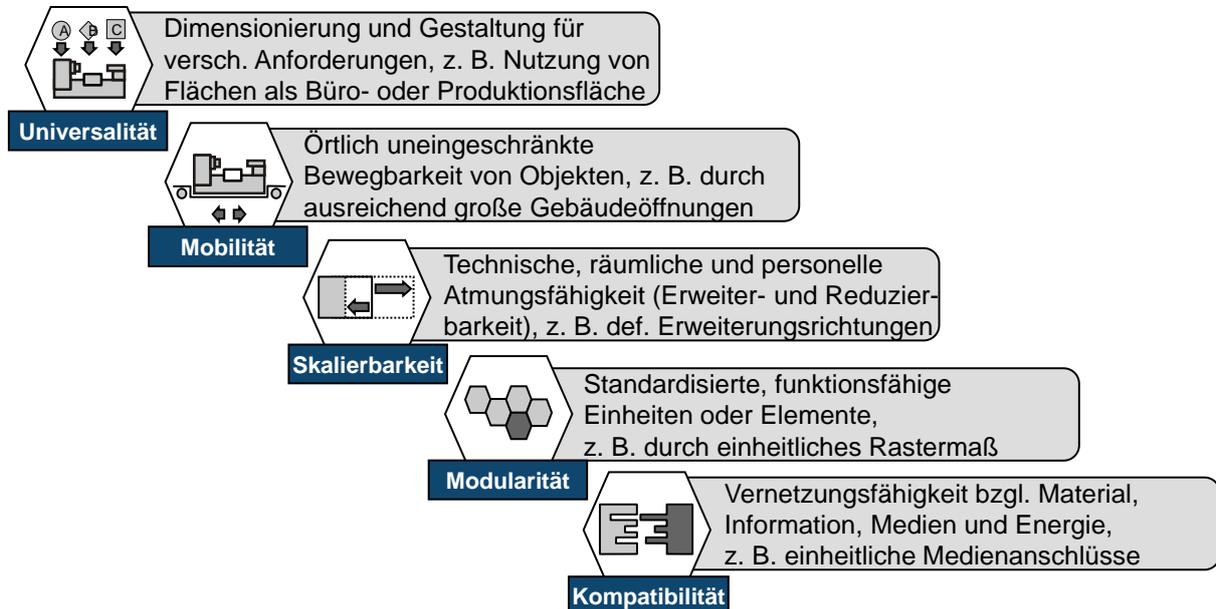


Abbildung 3: Wandlungsbefähiger (in Anlehnung an [Nyh07])

Die Universalität charakterisiert beispielsweise die Dimensionierung und Gestaltung des Fabrikgebäudes für verschiedene Anforderungen, z. B. in dem sich Gebäudebereiche sowohl als Büro- als auch als Produktionsflächen nutzen lassen. Mobilität beschreibt die örtlich uneingeschränkte Beweglichkeit von Objekten, beispielsweise Maschinen, die auch durch das Gebäude, z. B. durch ausreichend dimensionierte Gebäudeöffnungen,

gewährleistet werden muss. Der Wandlungsbefähiger Skalierbarkeit beschreibt die einfache Erweiter- und Reduzierbarkeit des Gebäudes, beispielsweise in dem mögliche Erweiterungsrichtungen bereits während eines Neuplanungsprozesses vorgedacht werden. Modularität beschreibt die Standardisierung von Fabrikelementen, beispielsweise in dem ein einheitliches Raster- und Modulmaß Grundlage der Gebäudeplanung ist. Die Schaffung einer ausreichenden Vernetzungsfähigkeit in der Fabrik, beispielsweise durch einheitliche Medienanschlüsse in allen Fabrikbereichen, wird als Kompatibilität bezeichnet.

In Abbildung 4 ist die Umsetzung einiger Wandlungsbefähiger in einer Fabrik zu sehen. Mobilität kann beispielsweise durch PC-Stationen auf Rollen gewährleistet werden. Durch flexible Datenverarbeitungsanbindungen (DV-Anbindung) an Stützträgern wird die Kompatibilität gefördert. Eine abgehängte Medientrasse in einem bestimmten Rastermaß bietet die Möglichkeit, beispielsweise Beleuchtung sowie Be- und Entlüftung an dieser zu verorten. Somit wird der modulare Aufbau gefördert, was wiederum auch die Skalierbarkeit positiv beeinflusst.

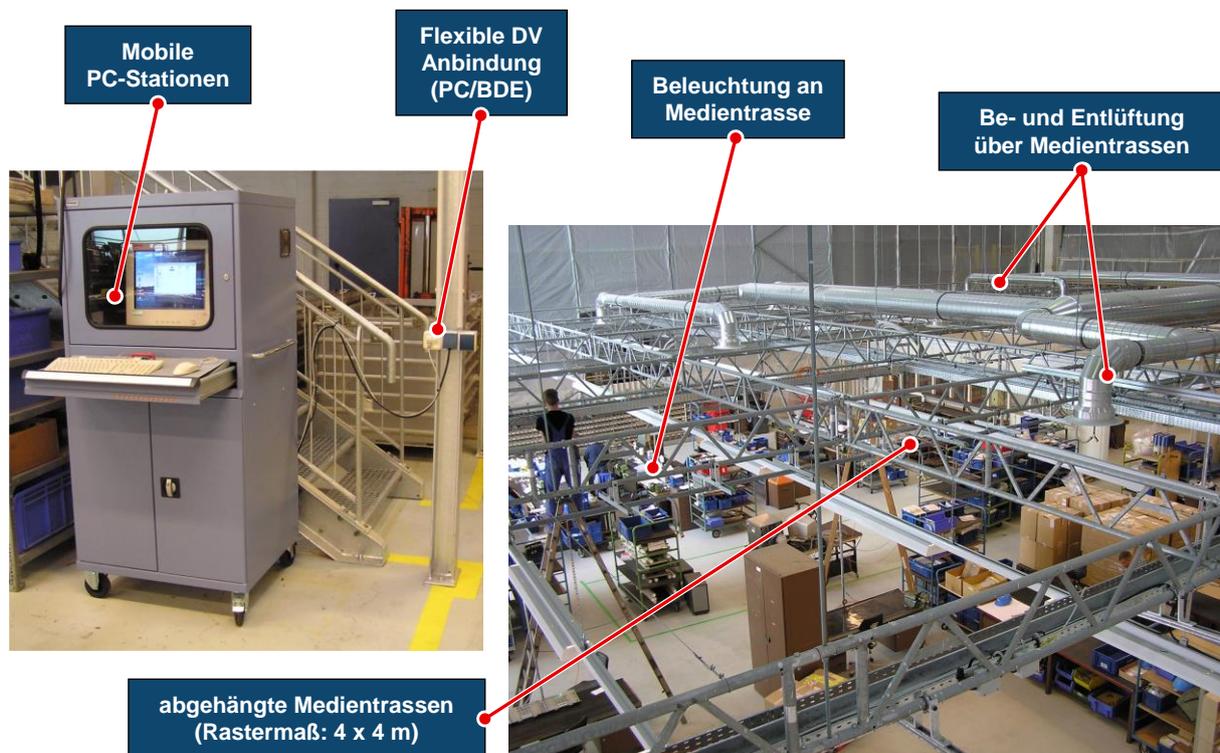


Abbildung 4: Beispiele für die Umsetzung von Wandlungsfähigkeit in einer Fabrik

### Vorgehen der Synergetischen Fabrikplanung

Um den eingangs genannten Herausforderungen heutiger Fabrikplanungsprozesse zu begegnen, wurde unter der Leitung von Prof. Wiendahl (Institutsleitung a.D. Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover und Gründungsgesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH), Prof. Nyhuis (Institutsleitung Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover und

geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH) sowie Prof. Reichardt (geschäftsführender Gesellschafter des Architekturbüros RMA Reichardt-Maas-Assoziierte) ein synergetischer Fabrikplanungsansatz entwickelt (vgl. [Wie14]). Im Folgenden wird dieser Ansatz beschrieben.

### Synergetische Fabrikplanung als integrierter Lösungsansatz

Der Ansatz integriert die spezifischen Zielsetzungen der unterschiedlichen beteiligten Planungsdisziplinen und die sich daraus ableitenden fachspezifischen Detailanforderungen (vgl. Abbildung 5). Aus Prozesssicht (Produktion, Logistik, Unternehmensorganisation, etc.) stehen die klassischen Forderungen nach hoher Produktivität, Qualität, kurzer Durchlaufzeit, ergonomischer Gestaltung sowie der Veränderungsfähigkeit im Vordergrund. Aus Raumsicht (Architektur, Haustechnik, Anlagentechnik, etc.) müssen Faktoren wie Gebäudetechnologie, Energieverbrauch oder auch das identitätsstiftende innere und äußere Erscheinungsbild adressiert werden.

Mit dem Ansatz der Synergetischen Fabrikplanung wird daher angestrebt, innerhalb kürzester Zeit mit minimalem und stark vernetztem Ressourceneinsatz ein optimales Planungsergebnis zu erzeugen. Die Form der Zusammenarbeit verschiebt sich hierbei von dem isolierten und sequentiellen Abarbeiten einzelner Arbeitspakete hin zu einem kreativen interdisziplinären, synergieorientierten Dialog, in dem die zunächst nur grob skizzierte Vision der Fabrik zielgerichtet und stufenweise in eine konkrete Lösung überführt wird [Wie14]. Im Gegensatz dazu sind konventionelle Planungsprozesse häufig durch unklare Verantwortlichkeiten und Schnittstellen oder widersprüchliche Datengrundlagen gekennzeichnet. Resultat sind meist Termin- und Budgetüberschreitungen, unzureichende Planungsergebnisse sowie Mängel in Funktion, Qualität, Leistung und Wandlungsfähigkeit.

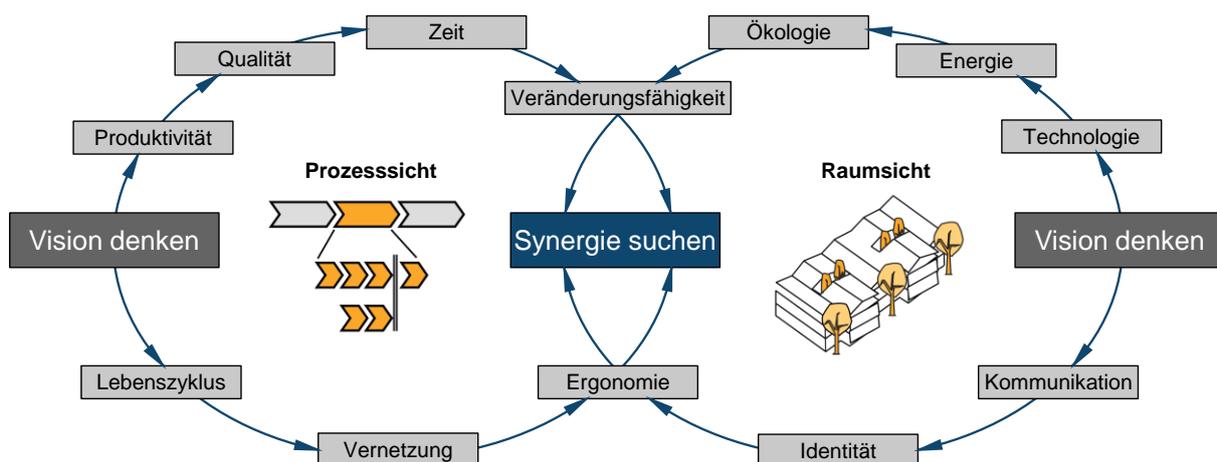


Abbildung 5: Synergetischer Ansatz der Fabrikplanung (in Anlehnung an [Wie14])

## Prozessmodell der Synergetischen Fabrikplanung

Die Ausgestaltung des Planungsprozesses ist abhängig von der Projektart: Je nachdem, ob es sich um eine Neuplanung, Erweiterung oder Reorganisation handelt, ergeben sich unterschiedliche Zielsetzungen, die wiederum differenzierte Vorgehensweisen erfordern. Dennoch sind grundsätzlich gleiche Phasen erkennbar, die mehr oder weniger detailliert durchlaufen werden müssen.

Das im Folgenden vorgestellte Prozessmodell (vgl. Abbildung 6) gibt einen strukturierten Ordnungsrahmen für die genannten Planungsfälle vor und zeichnet sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit aus. Grundlage ist ein modularer Aufbau in dem Abhängigkeiten beschrieben und Verknüpfungen zwischen einzelnen Prozessschritten nachvollziehbar gestaltet sind. Zusätzliche Informationen bezüglich anzuwendender Methoden und Werkzeuge sowie die Bewertung der Ergebnisqualität sind ebenfalls Teil des Prozessmodells [Wie14].

Ausgangspunkt bilden die Leistungsphasen der Produktionsplanung, die sich aus den Hauptprozessen Vorbereitung, Strukturdesign, Layoutgestaltung und der Umsetzung des Projektes nach Planungsabschluss zusammensetzen. Dieses Teilmodell beschreibt die Gestaltung der technologischen und logistischen Prozesse sowie der Produktionseinrichtungen nach Material-, Energie- und Kommunikationsflüssen in Stufen zunehmender Konkretisierung. Dem stehen die Leistungsphasen der Objektplanung gegenüber. Diese bestehen nach der in Deutschland gesetzlich geregelten Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) aus neun Leistungsphasen von der Grundlagenermittlung bis zur Objektbetreuung und Dokumentation [HOAI13].

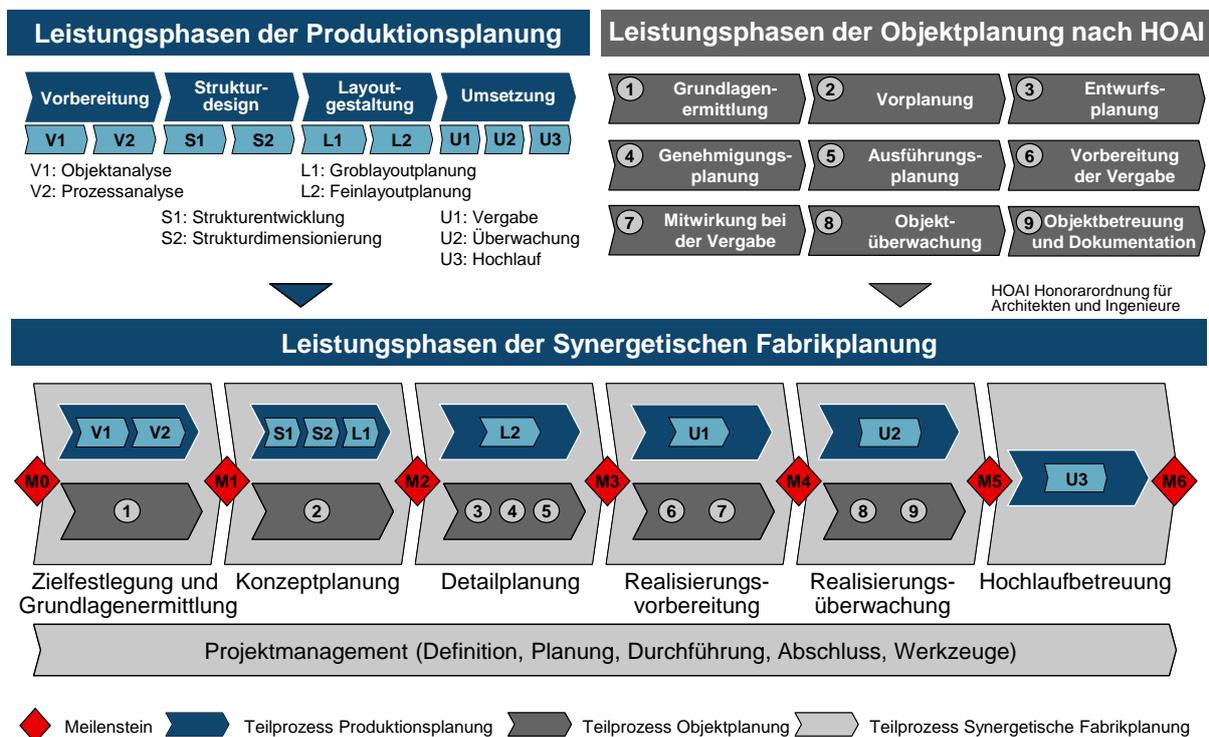


Abbildung 6: Prozessmodell der synergetischen Fabrikplanung (in Anlehnung an [Wie14])

Die Synergetische Fabrikplanung integriert die Leistungsphasen der Produktions- sowie der Objektplanung und beschreibt den Fabriklebenszyklus von der Vorbereitung der Planung bis zum Betrieb in sechs Phasen. Jeder Abschluss eines Teilprozesses bildet einen Meilenstein. Begleitet werden die Phasen durch ein Projektmanagement bestehend aus Projektdefinition, Planung, Durchführung und Abschluss. Die Bezeichnung der Phasen folgt der VDI-Richtlinie VDI 5200 [VDI11].

Den Beginn des synergetischen Prozesses bildet der Meilenstein Projektbeschluss (M0). Letzterer ist meist die Folge einer strategischen Neupositionierung des Unternehmens aufgrund starker Veränderungsimpulse. Die eigentliche Fabrikplanung beginnt mit der Zielfestlegung. Hierzu erarbeitet das Planungsteam „auf Basis des Meilensteins 0 eine Vision, Mission sowie strategische Ziele für die neue Fabrik“ [Wie14].

Parallel dazu erfolgt die Grundlagenermittlung für das Projekt. Diese erfolgt aus Produktionsplanungssicht in zwei Schritten. In der Objektanalyse (V1) werden zum einen die herzustellenden Produkte untersucht und zum anderen Informationen bzgl. neuer oder vorhandener Betriebseinrichtungen inkl. aller notwendigen Flächen und erforderlichem Personal aufgenommen. Im Rahmen der Prozessanalyse (V2) werden die relevanten Produktionsabläufe aus technologischer Sicht auf Basis der Arbeits- und Ablaufpläne ermittelt und charakterisiert. Seitens der Objektplanung findet in dieser Leistungsphase die Klärung der Aufgabenstellung aus Sicht der Bauplanung statt.

In der darauffolgenden „Konzeptplanung werden aus der Sicht der Produktionsplanung die Prozessphasen der Strukturentwicklung (S1), Strukturausplanung (S2) sowie die Groblayoutplanung (L1) durchlaufen“ [Wie14]. In der Strukturentwicklung werden die zukünftigen funktionalen Beziehungen beispielsweise zwischen Fertigungs-, Montage- und Logistikbereichen losgelöst von räumlichen Restriktionen definiert und somit das Fabrikkonzept festgelegt. Dabei werden meist mehrere Alternativen (z. B. reine Funktionsorientierung, reine Prozessorientierung) ausgearbeitet und mit Hilfe einer Nutzwertanalyse eine Vorzugsvariante ausgewählt. Anschließend erfolgt für die Vorzugsvariante die Strukturausplanung durch die Bestimmung der Anzahl notwendiger Produktionsmittel sowie deren Flächen, der Anzahl der Mitarbeiter sowie in Abstimmung mit der Objektplanung die Dimensionierung der Gebäuderaster und Bebauungsflächen. Die dabei erzielten Ergebnisse werden in der Groblayoutplanung auf Bereichsebene, meist in Form von Blöcken, räumlich angeordnet. Zusätzlich konzentriert sich die Objektplanung in der Leistungsphase 2 auf das „Planungskonzept für das Gebäude unter Beachtung der Tragfähigkeit, Genehmigungsfähigkeit und Kosten“ [Wie14]. Die Konzeptplanung bildet somit eine Machbarkeitsstudie für das Gebäude ab.

Die Detailplanung „umfasst seitens der Produktionsplanung die Festlegung der Betriebseinrichtungen für Fertigung, Montage und Logistik sowie die darauf basierende Feinlayoutplanung (L2)“ [Wie14]. So entsteht eine detaillierte Ausplanung der Fabrik mit der genauen Positionierung der Einrichtungen, Wege, Medienanschlüsse etc. Die Objektplanung stellt den Objektentwurf nach Leistungsphase 3 fertig. In dieser Phase werden gesetzliche Restriktionen, beispielsweise den Brandschutz betreffend, berücksichtigt.

Mit Erreichen des Meilensteins M3 ist die Planung des Fabrikobjektes abgeschlossen. In der anschließenden Realisierungsvorbereitung wird zur Umsetzung der Planungsergebnisse übergegangen. Produktionsseitig erfolgt die Vorbereitung der Vergabe von Aufträgen für

neue Produktionseinrichtungen und gegebenenfalls eine Anpassung zu übernehmender Betriebsmittel. Die Objektrealisierung wird wesentlich durch die Objektplanung vorangetrieben, wobei die Produktionsplanung eher als Prozessbegleiter fungiert [Wie14]. In der Realisierungsüberwachung werden die auszuführenden Arbeiten der Gewerke überwacht und Abnahmen durchgeführt. Die somit fertiggestellte Fabrik wird im Rahmen der Hochlaufbetreuung sowohl aus Raum- als auch aus Prozesssicht soweit unterstützt bis die vereinbarte Produktionsmenge erreicht ist.

## Praxisbeispiel

---

In diesem Abschnitt wird das Prozessmodell der synergetischen Fabrikplanung anhand eines Praxisbeispiels verdeutlicht. Auftraggeber war ein Unternehmen der Feinmechanikbranche, welches aufgrund gewachsener Strukturen sowie der manufakturartigen Produktion hohe Umlaufbestände aufwies. Infolge der gewachsenen Strukturen ergaben sich außerdem lange Transportwege innerhalb der bestehenden Produktionsstätte, die darüber hinaus keinerlei Möglichkeit für weiteres Wachstum bot. Daher beauftragte das Unternehmen die Architekten von RMA – Reichardt – Maas – Assoziierte sowie die Ingenieure des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH mit der Planung eines neuen Produktionsgebäudes mit optimiertem Logistikkonzept bei gleichzeitig hoher Wandlungsfähigkeit und wirksamer Außendarstellung. Aus Gründen der Geheimhaltung wurden die nachfolgenden Inhalte verfremdet.

## Zieldefinition

---

In einem ersten Schritt wurden gemeinsam im Planungsteam bestehend aus Geschäftsführung und erster Führungsebene des Auftraggebers sowie externen Planungspartnern (Logistikplaner, Architekt, Haustechniker) u. a. folgende planungsrelevante Unternehmensziele identifiziert:

- Verbesserung der Nachhaltigkeit
- Effizienz- und Qualitätssteigerungen in allen Prozessen
- Entwicklung und Einführung flexibler Fertigungskonzepte
- Wandel von Manufaktur zur schlanken Fließfertigung
- Transparenz für Mitarbeiter und Kunden
- signifikantes Umsatzwachstum (inkl. Einführung neuer Produktgenerationen)

Aus diesen Zielen wurden im Rahmen eines Workshops Anforderungen an die zukünftige Fabrik abgeleitet (vgl. Abbildung 8). Diese wurden in „harte Anforderungen“ für die Prozesssicht und „weiche Anforderungen“ für die Raumsicht unterteilt. Anforderungen aus Prozesssicht hinsichtlich Materialfluss und Logistik waren beispielsweise kurze Transportweglängen sowie die Überschneidungsfreiheit und Stetigkeit der Materialflüsse. Außerdem wurden die festgelegten Anforderungen gewichtet. Deutlich zu erkennen ist, dass die Wandlungsfähigkeit der Fabrik den höchsten Stellenwert einnimmt.

## Objekt- und Prozessanalyse

---

Im nächsten Schritt dieser Leistungsphase wurden aus Sicht der Produktionsplanung die Objekt- (A1) sowie die Prozessanalyse (A2) durchgeführt, um die Planungsgrundlagen zu schaffen. Dabei wurden Informationen und Daten u. a. zu folgenden Punkten aufgenommen und analysiert:

- Produktportfolio
- Produktionsprogramm
- Wirtschaftlichkeit
- Standort & Gebäude
- Layout
- Prozessketten und Logistik
- Technik & Technologie
- Aufbau- und Ablauforganisation

In der Objektanalyse wurde eine Aufnahme vorhandener bzw. neu anzuschaffender Betriebseinrichtungen durchgeführt. Dazu wurden systematisch alle planungsrelevanten Daten für alle Fachsichten aufgenommen. Zu diesen Daten gehören unter anderem:

- Flächenbedarf Maschine (Footprints),
- Anforderungen an die Energieversorgung,
- Anforderungen an Medienversorgung z. B. Druckluft,
- Bodenlast (Anforderungen an das Fundament),
- Nebenflächen.

Im Rahmen der sich daran anschließenden Prozessanalyse wurden der aktuelle Material- und Kommunikationsfluss aufgenommen (vgl. Abbildung 7). Wichtige Hilfsmittel dafür sind Flussmatrizen, Sankey- oder Spagetti-Diagramme. In einer Flussmatrix repräsentieren die Zeilen die Quellen des Materials bzw. der Kommunikation während die Spalten die Senken darstellen. Die Werte in den Zellen stellen beispielsweise die Transport- oder Kommunikationsintensität zwischen Quelle und Senke dar und können u. a. als Volumen bzw. Mengen quantitativ oder anhand einfacher Symbole (gering, mittel, hoch) qualitativ ausgedrückt werden.

Für die graphische Darstellung des Materialflusses kann das Sankey-Diagramm verwendet werden. Diese Darstellungsform bietet eine intuitive Analyse der Beziehungen von Bereichen. Die genannten Hilfsmittel erlauben eine systematische Datenaufnahme und geben einen strukturierten Überblick über die betrieblichen Abläufe. Auf dieser Grundlage können Schwachstellen im Material- und Kommunikationsfluss sichtbar und im Rahmen der Planungen behoben werden.

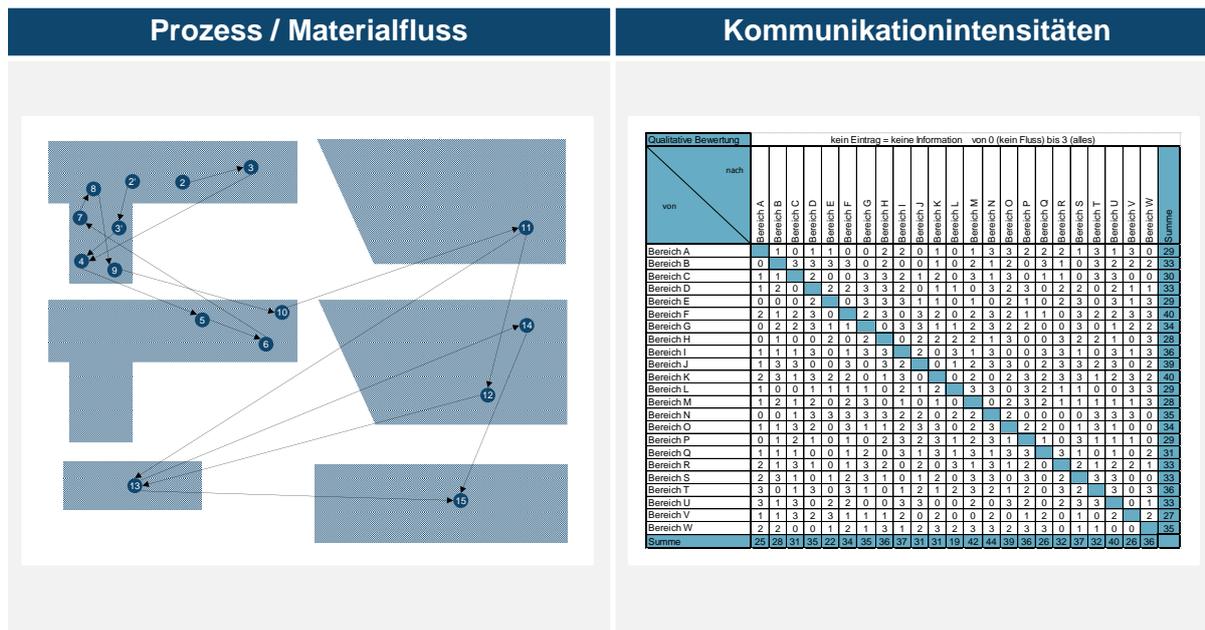


Abbildung 7: Aufgenommener Material- und Kommunikationsfluss im Ist-Zustand

Abbildung 7 zeigt links den Materialfluss des Ist-Zustands im vorliegenden Fall als reine Darstellung der Beziehungen der Bereiche ohne Angabe der Materialflussintensitäten. Ersichtlich ist, dass zum Teil lange Transportwege zwischen den Bearbeitungsstationen und kein klarer Materialfluss in eine bestimmte Richtung vorliegen. Neben dem Materialfluss wurden in der Prozessanalyse auch die Kommunikationsintensitäten in Form einer Kommunikationsflussmatrix (vgl. rechten Teil der Abbildung) herausgearbeitet.

Anschließend wurde eine nutzwertanalytische Bewertung des Ist-Zustandes durchgeführt (vgl. Abbildung 8), um Schwächen aufzudecken und im Folgenden die Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand messen zu können.

Nr.	Anforderung	Gewichtung / Priorisierung	IST-Situation	Var. 1	Var. 2	Var. 3
1	Prozesssicht: Wandlungsfähigkeit	28 %	35 %	81 %	84 %	79 %
2	Prozesssicht: Ergonomie	12 %	65 %	73 %	75 %	74 %
3	Prozesssicht: Materialfluss & Logistik	17 %	51 %	87 %	85 %	85 %
	Transportweglänge	6 / 10	3	7	7	8
	Überschneidungsfreiheit	4 / 10	6	9	8	9
	Stetigkeit	10 / 10	5	8	8	7
4	Prozesssicht: Kosten	16 %	56 %	79 %	80 %	75 %
5	Raumsicht: Energie & Ökologie	11 %	75 %	91 %	90 %	80 %
6	Raumsicht: Kommunikation	6 %	51 %	73 %	78 %	79 %
7	Raumsicht: Ästhetik & Identität	10 %	69 %	77 %	82 %	75 %
<b>Gesamtzielerreichung</b>			<b>53 %</b>	<b>81 %</b>	<b>83 %</b>	<b>78 %</b>

Abbildung 8: Anhand definierter Fabrikanforderungen durchgeführte Bewertung des Ist-Zustands und der entstandenen Planungsvarianten

Der Ermittlung des Nutzwerts des Ist-Zustands erfolgte anhand der Bewertung der Erfüllung der zu projektbeginn definierten Fabrikanforderungen auf einer Skala von 0 (nicht erfüllt) bis 9 (sehr gut erfüllt). Die Bewertung des Ist-Zustandes ergab eine Gesamtzielerreichung von 53 %. Deutlich zu erkennen ist beispielsweise eine sehr schlechte Bewertung der Wandlungsfähigkeit. Gründe hierfür waren unter anderem die gewachsenen Strukturen in einem ca. 100 Jahre alten Industriebau, die keinerlei Modularität sowie fehlende Erweiterungsrichtungen und Skalierbarkeit aufwiesen.

### Strukturentwicklung

Mit Erreichen des Meilensteins M1 konnte die Zielfestlegung und Grundlagenermittlung abgeschlossen und zur Konzeptplanung übergegangen werden. In der Produktionsplanung wurden die Prozessphasen Strukturentwicklung (S1) und Strukturdimensionierung (S2) bearbeitet. Abbildung 9 stellt eine entstandene Strukturvariante dar. Dabei wurde eine Kombination aus Funktions- und Prozessorientierung gewählt: In zwei parallelen Fertigungsbereichen (Funktionen) werden Teile prozessorientiert produziert und anschließend in einem gemeinsamen Montagebereich weiterverarbeitet. Die ausgewählte Strukturvariante biete unter anderem den Vorteil einer Verbesserung der Übersichtlichkeit durch die Vereinheitlichung von Materialflüssen zwischen den Struktureinheiten z. B. durch den eindeutigen Übergang zwischen den beiden Fertigungsbereichen und der Montage.

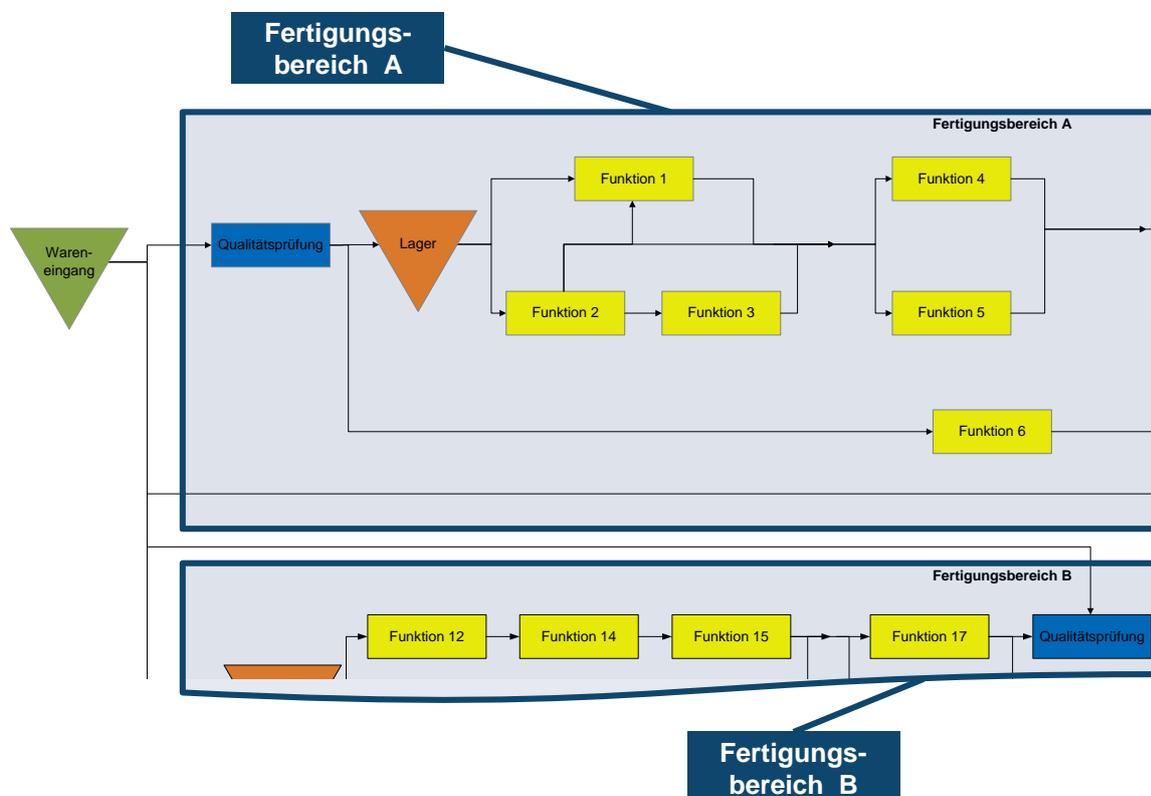


Abbildung 9: Ausschnitt aus einer entwickelten Strukturvariante

## Strukturdimensionierung

Auf Grundlage der entwickelten Struktur wurden die Strukturelemente dimensioniert, d. h. jedem Element wurde eine Flächengröße zugewiesen. Die Flächengrößen wurden u. a. auf Basis der zugeordneten Produktionsmittel und deren resultierendem Footprint ermittelt. Dabei wurde auch die zukünftige Entwicklung des Produktportfolios und Produktionsprogramms berücksichtigt, um die definierten Wachstumsziele in der neuen Fabrik realisieren zu können. Darüber hinaus wurden Flächenaufschläge für Transport- und Verkehrswege berücksichtigt. Weiterhin wurde in Abstimmung mit den Architekten ein Gebäuderaster definiert. Im Beispiel wurde das Raster auf 4,50 m x 4,50 m festgelegt. Auf Basis des Gebäuderasters wurden die zuvor ermittelten Flächenbedarfe auf ganzzahlige Vielfache des Gebäuderasters gerundet. Auf diese Weise wird die Wandlungsfähigkeit der zu beplanenden Fläche unterstützt, da Flächenbelegungen infolge der standardisierten Größe vergleichsweise einfach angepasst werden können.

## Groblayoutplanung

Im Rahmen der Groblayoutplanung (L1) wurden durch das Projektteam auf Basis der dimensionierten Struktur verschiedene Groblayoutvarianten entwickelt, die sich vor allem in Bezug auf Grundkonzepte, wie beispielsweise Spine-, Stern- oder U-Shape-Anordnung, unterscheiden. Bereits in dieser Phase wurden relevante Restriktionen bzgl. Gesetzgebung, Grundstück etc. berücksichtigt. Abbildung 10 zeigt eine entwickelte Layoutvariante. Die Groblayoutplanung fand in Form mehrerer Workshops statt. Planungsgrundlage waren Kartonelemente in Gebäuderastergröße (bzw. einem ganzzahligen Vielfachen davon), die die zu beplanenden Bereiche repräsentieren.

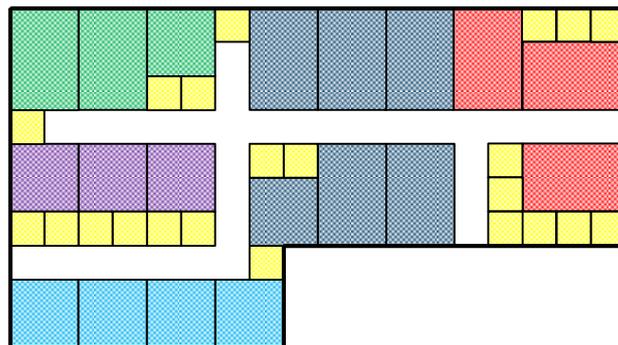


Abbildung 10: im Rahmen der Groblayoutplanung entstandene Layoutvariante (Tiefgeschoss)

Im Anschluss wurde durch das Projektteam die Vorzugsvariante für das Groblayout mit Hilfe der bereits erwähnten Nutzwertanalyse ausgewählt (vgl. Variante 2 in Abbildung 8 und Abbildung 11). Vorteil der ausgewählten Vorzugsvariante ist neben der höchsten Gesamtzielerreichung in diesem Fall die ausgewogene Bewertung aller Zielfelder des Planungsprojekts. Im Vergleich zum Ist-Zustand konnten in allen Bereichen Potenziale gehoben und vor allem die Wandlungsfähigkeit deutlich verbessert werden.

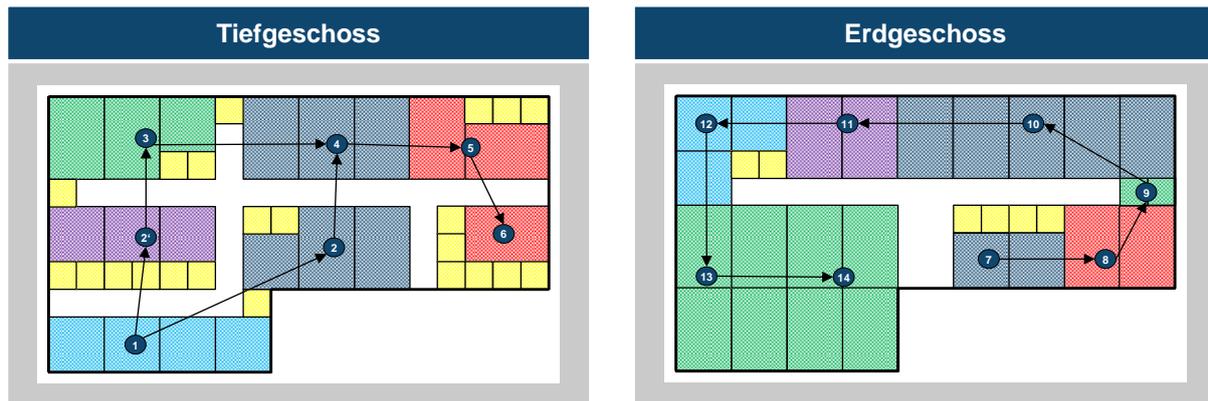


Abbildung 11: Ausgewählte Layoutvariante inklusive Materialfluss

Die Vorzugsvariante zeichnet sich durch einen eindeutigen Materialfluss aus. Im Tiefgeschoss wird ein gerichteter Materialfluss von links nach rechts und im Erdgeschoss von rechts nach links möglich. Somit wurde ein kurzer Materialfluss zwischen den Stockwerken erzielt. Die hohe Wandlungsfähigkeit wurde u. a. durch eine sehr gute Skalierbarkeit (vorgedachte Erweiterungsrichtung) sowie den modularen Aufbau erreicht. Ein Nachteil der ausgewählten Layoutvariante ist eine ggf. eingeschränkte Ergonomie in den inneren Gebäudebereichen durch reduzierte Tageslichtverfügbarkeit. Jedoch wurde diesem Nachteil durch ein geeignetes Lichtkonzept der Objektplanung entgegengewirkt.

### Feinlayoutplanung

Im Rahmen der Feinlayoutplanung (L2) wurden die Groblayoutelemente bis auf Ebene einzelner Einrichtungsgegenstände ausgeplant. Zur besseren räumlichen Wahrnehmung wurde anschließend ein 3D-Modell der Fabrik auf Ebene des Feinlayouts erstellt (vgl. Abbildung 12). Mit Erreichung des dritten Meilensteins konnte der Planungsauftrag erfolgreich beendet und das entwickelte, zukunftsfähige Fabrikkonzept an den Kunden übergeben werden.

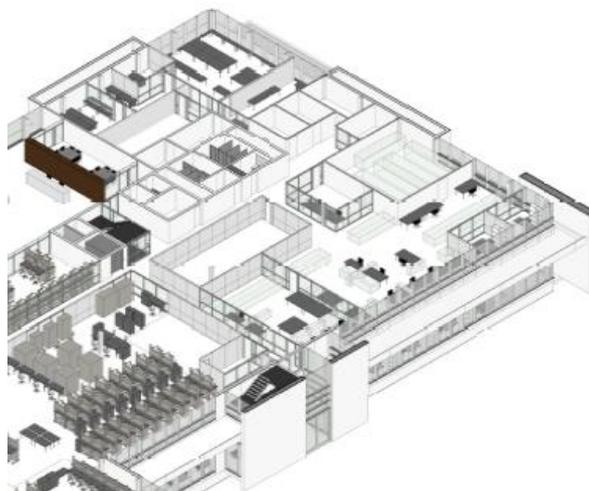


Abbildung 12: Auszug aus einem 3D-Modell der ausgewählten Vorzugsvariante

## Literaturverzeichnis

---

- [Kal05] Kaluza, B.; Blecker, T.: Erfolgsfaktor Flexibilität: Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2005.
- [Nyh05] Nyhuis, P.; Elscher, A.: Process Model for Factory Planning. In: 38th International CIPR Seminar on Manufacturing Systems, Florianopolis, Brasilien, 2005.
- [Nyh07] Nyhuis, P.; Kolakowski, M.; Heinen, T.: Adequate and Economic Factory Transformability - Results of a Benchmarking. 2nd International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production, Toronto, 2007.
- [VDI11] Verband Deutscher Ingenieure: VDI 5200 Blatt 1: Fabrikplanung, Planungsvorgehen, Beuth Verlag, Düsseldorf, 2011.
- [Wie14] Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P.: Handbuch Fabrikplanung. 2. Aufl., Carl Hanser Verlag, München, 2014.
- [Zäh05] Zäh, M. F.; Moeller, N.; Vogl, W.: Symposium of Changeable and Virtual Production. In: Zäh, M. F.: 1st International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2005), München, Utz, 2005.

## Kontaktdaten

---

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH  
Hollerithallee 6 | 30419 Hannover

☎ +49 (0)511 27976-0 | @ info@iph-hannover.de | 🌐 www.iph-hannover.de