

Christoph Zanker und Kirsten Reisen

In der Diskussion um „Ganzheitliche Produktionssysteme“ (GPS) besteht Konsens, dass die dauerhafte Umgestaltung der Produktion zu einem Ganzheitlichen Produktionssystem darauf zielt, die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen weiter zu stärken.

Von besonderer Bedeutung für die Diskussion um GPS ist das Toyota-Produktionssystem (TPS). Toyota war das erste Unternehmen, das über Jahrzehnte hinweg ein mehrdimensionales integriertes Produktionskonzept entwickelt hat. Der internationale Erfolg Toyotas verleiht diesem Produktionssystem Vorbildcharakter und war Anlass für eine Vielzahl von Studien (Womack et al. 1990; Spear und Bowen 1999). Insbesondere die Toyota-Studie des MIT (Womack et al. 1990) entwickelte unter dem Begriff „Lean-Production“ eine autoritative Interpretation, die westliche Adaptionen des TPS wesentlich anleitete. Diese Entwicklungen aufgreifend begann unter dem Begriff „Ganzheitliches Produktionssystem“ Ende der 1990er Jahre in Deutschland eine Diskussion darüber, wie Grundprinzipien von Rationalisierungsprogrammen wie etwa „Lean-Production“ aufgegriffen und erfolgreich in bestehende Werke mit gewachsenen Produktionssystemen eingepasst werden können (Spath 2003, S. 9). Für diese spezifische Art von Produktionssystemen hat sich obgleich der zunehmenden Verbreitung des Phänomens GPS bisher keine einheitliche Begriffsbestimmung herausgebildet. Trotz dieser definitorischen Lücke ist unumstritten, dass bei dem Rationalisierungsansatz GPS das Toyota-Produktionssystem im Zentrum steht. Verschiedentlich werden auch Positionen vertreten, in denen GPS allein auf die Adaption der Toyota-Produktionsprinzipien fokussiert bzw. verkürzt wird (beispielsweise Deuse et al. 2007).

C. Zanker (✉)

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: Christoph.Zanker@isi.fraunhofer.de

K. Reisen

iwb, TU München, München, Deutschland

Das übergreifende Mantra des Toyota-Produktionssystems ist die Vermeidung von Verschwendung. Einer der Väter des Toyota-Produktionssystems, Taiichi Ohno, entwickelte eine Strategie, welche darauf abzielte, jegliche Verschwendung zu vermeiden. Dazu identifizierte er sieben Arten der Verschwendung (jap. Muda) (Ohno 2009), die es zu minimieren bzw. zu eliminieren gilt. Die daraus abgeleiteten Handlungslogiken und -prinzipien, wie Just-in-Time, Automation oder Kaizen, zielen darauf ab, die Stabilität des Produktionssystems zu maximieren. Der Begriff der Stabilität bezieht sich auf die Effizienz und Effektivität des Produktionssystems und damit die produktionsstrategischen Zielgrößen Kosten, Produktqualität und Prozessqualität. Eine entscheidende Rolle bei Maximierung der Stabilität spielt die Standardisierung von Prozessen, Methoden und Werkzeugen. Für Ohno lässt sich dies über die optimale Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen und die Beseitigung jeglicher Verschwendung erreichen (Ohno 2009). Standardisierung trägt in diesem Kontext dazu bei, die „intra- und interbetrieblichen Prozesskosten“, wie zum Beispiel die Kosten für Werkzeuge, Transporte oder die Beschaffung, zu reduzieren (Gabler 2010). In der Vergangenheit hat die Toyota-Produktionslogik ihre Überlegenheit in Bezug auf die genannten Zielgrößen eindrucksvoll bewiesen. Zahlreiche Unternehmen konnten mit Adaption der Toyota-Produktionslogik erfolgreich auf den durch die Globalisierung teilweise dramatisch gestiegenen Kostendruck sowie gestiegene Kundenanforderungen hinsichtlich Produkt- und Prozessqualität reagieren (Dörich und Neuhaus 2008, S. 3; Dombrowski et al. 2009, S. 1120).

Ein maximales Maß an Stabilität lässt sich idealerweise unter konstanten Umweltbedingungen realisieren. Bestehen keine grundlegenden externen Änderungszwänge, so können einerseits die internen Strukturen und Prozesse mit den standardisierten und formalisierten Optimierungsroutinen aufeinander abgestimmt werden, andererseits können die internen Strukturen an die externen Anforderungen im Sinne eines strategischen „Fits“ angepasst werden. Bisher zielen die standardisierten Verbesserungsroutinen nach Toyota-Vorbild ausschließlich auf die reaktive Verbesserung von im Produktionsprozess auftretenden Störungen und der Maximierung der Effizienz. Aspekte der Flexibilität werden bisher weitgehend ausgeblendet.

Unter Flexibilität versteht man zunächst die Anpassung von Organisationen an sich ändernde Umfeldbedingungen und damit die Frage, in welchem Zeitraum und in welchem Ausmaß ein Unternehmen auf geänderte externe Anforderungen reagieren kann. Das unternehmerische Umfeld ist durch eine zunehmende Dynamisierung gekennzeichnet. Unternehmen sehen sich einer individualisierten Nachfrage und einer gesteigerten globalen Konkurrenz ausgesetzt (Kaluza und Blecker 2005). Zudem lassen sich die Anforderungen des Marktes zumeist nur schwer prognostizieren (Bullinger et al. 2009). Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen unterliegen aufgrund ihrer zumeist durch Einzel- oder Kleinserienfertigung und durch einen starken Kundenauftragsbezug gekennzeichneten Produktionsstrukturen erhöhten Flexibilitätsanforderungen, welche auch im Produktionssystem berücksichtigt werden müssen (Aurich et al. 2006). Das Unternehmen muss daher in der Lage sein, sich sowohl kurzfristig wie auch mittel- und langfristig den geänderten Bedingungen anzupassen. „Die strategische Herausforderung besteht [...] in der

permanenten Harmonisierung von Kundenanforderungen und Unternehmensfähigkeiten.“ (Warnecke 1996, S. 435). Gerade in der jüngeren Vergangenheit sind Unternehmen in immer kürzeren Zyklen mit veränderten Marktanforderungen konfrontiert, deren Ausmaße zudem auch zugenommen haben. Flexibilität wird in einer globalisierten Wirtschaft zunehmend zum strategischen Wettbewerbsvorteil. Mit dem Eintreten und Abklingen der Weltwirtschaftskrise wurde deutlich, dass die Fähigkeit, flexibel auf sich ändernde Umfeldbedingungen zu reagieren, ein entscheidender Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz sein kann. Der Erfolg zahlreicher deutscher Unternehmen nach der Krise zeigt, dass eine hohe Flexibilität gute Möglichkeiten bietet, sich erfolgreich einem Kostenwettbewerb zu entziehen und durch rasche Reaktionsfähigkeit wieder Weltmarktanteile zu gewinnen.

Vor dem Hintergrund dieser hohen Bedeutung von Flexibilität bzw. Anpassungsfähigkeit von Unternehmen und der gleichzeitigen Vernachlässigung dieser Aspekte bei der Planung und Umsetzung von Toyota- bzw. Ganzheitlichen Produktionssystemen gehen die nachfolgenden Ausführungen zunächst der Frage nach, welche unterschiedlichen Flexibilitätsanforderungen an Betriebe bzw. Produktionssysteme gestellt werden, um dann entsprechende Implikationen für die strategische und operative Planung von Produktionssystemen abzuleiten.

2.1 Flexibilitätsanforderungen an Unternehmen

Zum Begriff der Flexibilität im Hinblick auf Unternehmen bzw. im Spezifischen auf Produktionssysteme existiert eine Vielzahl von verschiedenen Begriffen und Begriffsverwendungen, die sich je nach Betrachtungsperspektive bisweilen erheblich unterscheiden. Nachfolgend wird der Flexibilitätsbegriff bestimmt und gegenüber anderen Begrifflichkeiten abgegrenzt. Darauf aufbauend wird diskutiert, welche Flexibilitätsanforderungen vom Unternehmensumfeld, insbesondere vom Absatzmarkt, vom Beschaffungsmarkt und vom Arbeitsmarkt ausgehen. Schließlich wird erörtert, welche unternehmensinternen Stellhebel zur Sicherstellung einer flexiblen Produktion genutzt werden können, um den Stakeholdern aus dem Unternehmensumfeld gerecht zu werden.

2.1.1 Definition

Unter dem Begriff der Flexibilität kann im Allgemeinen die Fähigkeit eines Systems oder eines Prozesses verstanden werden, sich effektiv den sich ändernden Rahmenbedingungen anzupassen (Mandelbaum und Buzacott 1990; Zelenovic 1982). Eine Anpassung des Produktionssystems kann dabei sowohl aufgrund der Modifikation interner Vorgaben wie auch durch die Änderung externer Anforderungen nötig werden (Zäh et al. 2006). Westkämper ergänzt in seiner Definition von Flexibilität den Aspekt der Planung der Anpassungsmöglichkeiten (Westkämper et al. 2000, S. 24): „Ein System wird als flexibel

bezeichnet, wenn es im Rahmen eines prinzipiell vorgedachten Umfangs von Merkmalen sowie deren Ausprägungen an veränderte Gegebenheiten reversibel anpassbar ist.“ Kaluza beschreibt zwei Eigenschaften von Systemen: Flexibilität kann zum einen als das Maß verstanden werden, sich äußeren Umständen reaktiv anzupassen, zum anderen gibt die Flexibilität aber auch die proaktive Anpassungsfähigkeit der Systemkonfiguration an (Kaluza und Blecker 2005). Auch De Toni und Tonchia grenzen zwischen „adaption“, also Anpassung (reaktiv) und „change“ im Sinne von Veränderung (proaktiv) ab (De Toni und Tonchia 1998, S. 1587).

Nach Slack ist ein System umso flexibler, je mehr Zustände das System annehmen kann. Ein Zustand kann dabei beispielsweise eine variantenreiche Fertigung, die Produktion unterschiedlicher Quantitäten oder Qualitäten sein. Jedoch sind neben der Anzahl der möglichen Zustände auch die interdependenten Elemente Kosten und die Zeit („friction elements of the flexibility of a system“) für den Wechsel vom einen zum anderen Zustand (Slack 1983, S. 7) zu berücksichtigen. Upton integriert in seine Definition der Flexibilität sowohl die Aspekte der Anpassung und Veränderung wie auch die von Slack erwähnten Faktoren Kosten und Zeit (Upton 1994, S. 73): „Flexibility is the ability to change or react with little penalty in time, effort, cost or performance.“ Neben proaktiven und reaktiven Anpassungen unterscheidet die Literatur weitere Arten der Flexibilität. Slack differenziert in seinem Konzept nach der „range-“ und „response“-Dimension. Die Spannweite gibt dabei an, in welchem Ausmaß operationale Prozesse geändert werden können; „response“ oder Reaktion meint die Zeit, welche zur Anpassung benötigt wird (Slack 1983; Slack und Lewis 2002).

Diese beschriebenen Arten der Flexibilität lassen bereits erkennen, dass es sowohl für das äußere Umfeld, wie Kunden und Kooperationspartner, wahrnehmbare Auswirkungen der Flexibilität gibt wie auch solche, die keine direkten Kundennutzen schaffen, sondern ausschließlich zur Stabilität des Systems beitragen. Beispiele für die vom Markt wahrnehmbaren Anpassungen sind die zeitnahe Nachfragesättigung auch bei zyklischer oder unregelmäßiger Nachfrage, die Anpassung der Produkte an individuelle Kundenwünsche oder eine Erweiterung der Produktpalette (Upton 1994; Zhang et al. 2003). Upton und Zhang differenzieren Flexibilität daher wie folgt (Upton 1994, S. 75; Zhang et al. 2003, S. 176):

- Interne Flexibilität: Sie ist definiert als Ressource des Unternehmens („competencies“) und gibt an, welche Handlungsspielräume bzgl. Maschinen, Personal und Prozessen intern für Anpassungen bestehen („what the firm can do“). Die interne Flexibilität stellt keinen direkten Mehrwert für den Kunden dar.
- Externe Flexibilität: Sie stellt eine Kompetenz des Unternehmens dar („capabilities“) und beschreibt die für den Kunden sichtbaren Veränderungen („what the customer sees“). Die externe Flexibilität wirkt sich direkt auf die Kundenzufriedenheit aus.

Die Flexibilität ist eng verbunden mit den unsicheren Veränderungen des externen Umfelds (Narain et al. 2000). Unsicherheiten auf Zuliefer- bzw. Nachfrageseite und auf Prozessebene sowie ein steigender Kostendruck verlangen eine zunehmende Reaktionsfähigkeit von Unternehmen. Flexible Produktionssysteme können daher als eine „Versicherung

Tab. 2.1 Ebenen der Flexibilität (Narain et al. 2000; Wiendahl 2002)

	Notwendige Flexibilität	Ausreichende Flexibilität	Kompetitive Flexibilität
Definition	<i>...ermöglicht die Reaktion auf vereinzelnd auftretende und meist unvorhersehbare Probleme des operativen Bereichs</i>	<i>...gewährleistet unter den aktuellen Rahmenbedingungen des wirtschaftlichen Umfelds Prozessfähigkeit und Prozesssicherheit</i>	<i>...ist erforderlich, um auf langfristiger Basis auf Veränderungen des Wettbewerbs und des Käuferverhaltens reagieren zu können</i>
Fokus	Operativ, kurzfristig	Taktisch, mittelfristig	Strategisch, langfristig
Adressierte Problemfelder	• Produktqualität • Produktkosten • Kurze Lieferzeiten • Neue Produktdesigns • Produktmix • Nachfrageschwankungen	• Produktlebenszyklus • Materialien • Bestände • Maschinenauslastung • Maschinenausfälle	• Kapazitätserweiterungen • Produktionsumstellung • Anpassung an • Marktanforderungen
Elemente der Flexibilität	• Maschine • Produkt • Arbeitskräfte • Materialfluss • Volumen	• Prozesse • Arbeitsgänge • Material • Produktionsprogramm	• Produktion • Expansion • Markt

gegen unsichere Entwicklungen des Umfelds“ bzw. als „ein Mittel zur Risikoreduktion“ angesehen werden (Zäh et al. 2006, S. 30). Ein hohes Maß an Flexibilität ermöglicht aber auch Kundenanforderungen optimal zu erfüllen, dem Wettbewerbsdruck standzuhalten und näher am Markt zu agieren (Slack 1987). Daher sollte Flexibilität nicht nur in den operativen Unternehmensbereichen im Sinne einer passiven Anpassung oder der Risikovermeidung berücksichtigt werden. In ein erfolgreiches Flexibilitätsmanagement als Maßnahme zur Begegnung der Unsicherheit sollten auch taktisch-strategische Elemente mit einbezogen werden (Corsten 2007; Kaluza und Blecker 2005; Narain et al. 2000).

Abgeleitet aus den Problemen, welchen sich Unternehmen im heutigen Umfeld ausgesetzt sehen, können drei Ebenen der Flexibilität definiert werden (Narain et al. 2000, S. 207): Notwendige, ausreichende und kompetitive Flexibilität („necessary, sufficient and competitive flexibility“). In Abhängigkeit des Zeithorizonts und des Ausmaßes der Veränderungen betrifft die Realisierung von Flexibilitätspotenzialen die gesamte Unternehmung, von der einzelnen Maschine über Prozesse bis hin zum gesamten Produktionsnetzwerk (horizontale Klassifikation) (Gerwin 2005) (Tab. 2.1).

Es wird deutlich, dass Flexibilität sowohl eine Chancen- wie auch eine Risikodimension besitzt. Einerseits entstehen durch die Schaffung von Flexibilitätspotenzialen in der Unternehmung Kosten, andererseits können auf der operativen Ebene Einsparungen realisiert bzw. aus taktisch, strategischen Gesichtspunkten Chancen gegenüber Wettbewerbern entstehen (Corsten 2007; Thielen 1993). Um das richtige Maß an Flexibilität zu bestimmen, muss zwischen Kosten und Nutzen der Flexibilität differenziert werden. Dies gestaltet

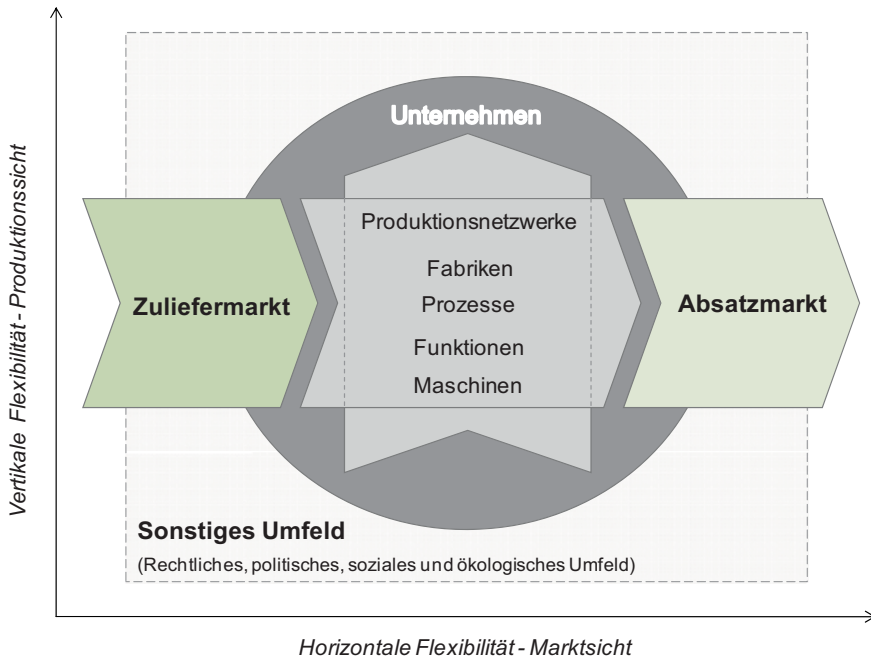


Abb. 2.1 Flexibilität aus Markt- und Produktionssicht

tet sich jedoch zumeist als komplexe Aufgabe (Thielen 1993; Zäh et al. 2006). Während die Kosten und zusätzliche Investitionen, wie zum Beispiel höhere variable Kosten für flexiblere Fertigungseinrichtungen, höhere Kapazitätskosten oder Kosten der Umstellung auf flexiblere Fertigungsmethoden, leichter zu quantifizieren sind, lässt sich der Flexibilitätsnutzen, welcher sich aus Risikovermeidung und der Chance, im Wettbewerb optimal reagieren zu können, ergibt, meist nur schwer messen (Wittmann 1993, S. 1173 ff.; Zäh et al. 2006). Dass ein ausreichendes Maß an Flexibilität für den Unternehmenserfolg unerlässlich ist, ist in Wissenschaft und Praxis unbestritten (Wittmann 1993, S. 1173 ff.). Für Kaluza hat Flexibilität neben Kosten, Qualität, Zeit, Service und Erzeugnisvielfalt die Bedeutung eines „strategischen Erfolgsfaktors“ (Kaluza und Blecker 2005, S. 5). Unter Berücksichtigung der gegenseitigen Abhängigkeiten, unter anderem auch zwischen Flexibilität und Kosten, gilt es für die Unternehmung bei allen Erfolgsfaktoren „eine gute Position zu erreichen“ (Kaluza und Blecker 2005, S. 15). Adam nennt „ausreichende Flexibilität“ zwar einen strategischen Erfolgsfaktor, schränkt aber ein, dass die ökonomische Sinnhaftigkeit berücksichtigt werden muss (Adam 1993). Corsten und Westkämper betonen ebenfalls, dass die Maximierung des Flexibilitätspotenzials kein Unternehmensziel sein kann, sondern sich die Bestimmung des optimalen Maßes am Bedarf orientieren muss (Corsten 2007; Westkämper und Zahn 2009). Flexibilität sollte kein „Selbstzweck“ sein, sondern „Mittel zum Zweck“, um die gesetzten Unternehmensziele zu erreichen (Adam 1993, S. 6; Corsten 2007, S. 16; Westkämper und Zahn 2009, S. 271) (Abb. 2.1).

Aus den vorangegangenen Ausführungen lässt sich erkennen, dass zur Bestimmung des Flexibilitätsbedarfs unternehmensinterne wie auch externe Faktoren betrachtet werden müssen. Einerseits werden marktseitig Anforderungen an das Unternehmen gestellt, wobei zwischen dem Absatz- und Zuliefermarkt unterschieden werden kann (horizontale Klassifikation), andererseits muss das Unternehmen intern durch Flexibilität stabile Prozesse und Anpassungsmöglichkeiten auf sich ändernde Umweltbedingungen schaffen (vertikale Klassifikation) (De Toni und Tonchia 1998). Ziel ist es ein „Gleichgewicht zwischen externen Anforderungen und internen Möglichkeiten zu finden“ (Wiendahl und Hernández 2002, S. 135).

Exkurs: Flexibilität, Wandlungsfähigkeit und Agilität

Neben dem Begriff der Flexibilität existieren zahlreiche ähnliche Begrifflichkeiten. In der englischsprachigen Literatur zur „Manufacturing Flexibility“ wird der Flexibilitätsbegriff oft als Oberbegriff für die Fähigkeit zur Anpassung, Veränderung oder Reaktion („adaption“, „change“ oder „reaction“) verwendet (Beach et al. 2000; Narain et al. 2000; De Toni und Tonchia 1998; Upton 1994). Wie bereits erläutert hat Flexibilität mehrere Dimensionen. Sie umfasst reaktive und proaktive Aspekte. Flexibilität kann sowohl im Rahmen von Anpassungen in einem vorgedachten Rahmen innerhalb des Produktionssystems stattfinden, aber auch eine Veränderung des gesamten Systems implizieren („state flexibility“ und „action flexibility“). Sie stellt eine interne Ressource bzw. eine extern wahrnehmbare Kompetenz dar und betrifft die operative, taktische und strategische Ebene des Produktionssystems. Die deutschsprachige Literatur benutzt zumeist mehrere Begrifflichkeiten, welche die unterschiedlichen Dimensionen der Systemänderung beschreiben. Insbesondere der Begriff der „Anpassungsfähigkeit“ aber auch die „Elastizität“ werden dabei oft als Synonyme für Flexibilität verwendet (Wittmann 1993, S.1173 ff.; Kaluza und Blecker 2005). Wiendahl unterscheidet in seinem Modell unter dem Oberbegriff der Veränderungsfähigkeit fünf Typen der Veränderung: Umrüstbarkeit, Rekonfigurierbarkeit, Flexibilität, Wandlungsfähigkeit und Agilität (Abb. 3.2). Jeder Veränderungstyp kann dabei jeweils einer Leistungsebene aus Markt- und Produktionssicht zugeordnet werden (Abb. 2.2).

Auf der operativen Ebene beziehen sich Umrüstbarkeit und Rekonfigurierbarkeit auf die reaktive Umstellung eines einzelnen Arbeitsplatzes oder Maschine bzw. eines Fertigungs- und Montagesystems (Arnold et al. 2008; Wiendahl 2009). Flexibilität bezeichnet dagegen die „taktische Fähigkeit eines ganzen Produktions- oder Logistikbereichs“ sich „überwiegend reaktiv“ anzupassen (Wiendahl 2002, S. 127). Die Umstellung auf „neue, aber ähnliche Produktgruppen“ erfolgt dabei zumeist durch eine „Veränderung des Produktionsprozesses oder der logistischen Funktionen“ (Arnold et al. 2008, S. 311). Ebenfalls der taktischen Ebene zugeordnet findet sich die Wandlungsfähigkeit, welche die reaktive und proaktive Veränderung einer gesamten Fabrikstruktur umfasst, um die Produktion neuer oder ähnlicher Produkte zu ermöglichen. Die strategische Fähigkeit, die für die Erschließung neuer Märkte erforderlichen Veränderungen durchzuführen, wird Agilität genannt (Arnold et al. 2008; Wiendahl 2002; Wiendahl 2009).

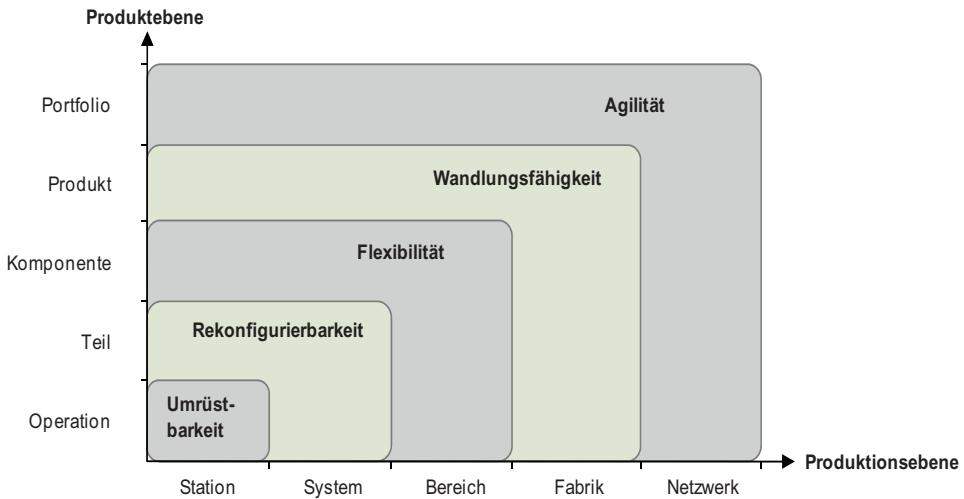


Abb. 2.2 Veränderungstypen der Fabrik (Wiendahl 2002, S. 126)

Eine weitere Abgrenzung ergibt sich aus der Zusammenführung der Definitionen von Flexibilität, Reaktionsfähigkeit, Wandlungsfähigkeit und Veränderungsfähigkeit. Flexibilität wird im Vergleich zu den englischsprachigen Autoren in einem engeren Kontext benutzt, und wird häufig als die Fähigkeit des Systems sich in einem vorgedachten Rahmen anzupassen, definiert (Bullinger et al. 2009; Hernández und Wiendahl 2005; Schmigalla 1995; Westkämper et al. 2000; Wiendahl 2002). Reinhart definiert die Reaktionsfähigkeit als das benötigte Potenzial, „um jenseits vorgedachter Dimensionen und Korridore agieren zu können“ (Reinhart 2000, S. 38). Flexibilität und Reaktionsfähigkeit, als Möglichkeiten zur Adaption an ein turbulentes Umfeld, bilden gemeinsam die Wandlungsfähigkeit des Unternehmens (Reinhart 2000). Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen bieten das Potenzial, „nicht vorhergesehene Funktionen und Fähigkeiten in das bestehende (Produktions-) System zu integrieren“ (Nyhuis et al. 2008, S. 14) (Abb. 2.3).

Die Veränderungsfähigkeit dient als Oberbegriff für Flexibilität und Wandlungsfähigkeit. Aus systemtheoretischer Sichtweise wird ein Gleichgewicht zwischen dem System der Unternehmung und dem Umfeld angestrebt. Abweichungen des Umfelds müssen demnach durch eine Veränderung der Systemstruktur (Flexibilität) oder eine Transformation des Systems (Wandlungsfähigkeit) ausgeglichen werden (Hernández und Wiendahl 2005). Insgesamt verdeutlichen die Ausführungen, dass in Abhängigkeit der jeweiligen Untersuchungsperspektiven eine Vielzahl von Definition entstanden sind, sich eine allgemeingültige Definition allerdings noch nicht durchgesetzt hat. Die verschiedenen englischsprachigen Literaturstudien, unter anderem von De Toni und Tonchia, zeigen die Multidimensionalität des Flexibilitätsbegriffs auf. Während hier zusammengefasst unter dem Begriff der Flexibilität deren verschiedene Eigenschaften differenziert werden (intern/extern, reaktiv/proaktiv, horizontal/vertikal, operativ/taktisch/strategisch,...), findet

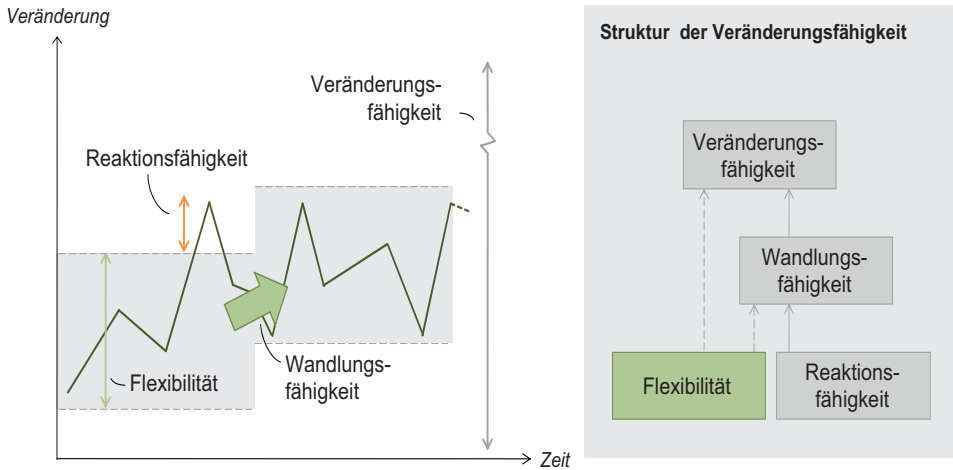


Abb. 2.3 Abgrenzung der Flexibilität (Bullinger et al. 2009; Hernández und Wiendahl 2005; Reinhart 2000)

man bei deutschen Autoren meist eine Abgrenzung zwischen einer engeren Flexibilitätsdefinition und verwandten Begrifflichkeiten (Reaktionsfähigkeit, Wandelbarkeit, Veränderungsfähigkeit, Agilität,...).

2.2 Externe Anforderungen der verschiedenen Stakeholder an Produktionssysteme

Das unternehmerische Umfeld ist geprägt von Unsicherheiten, auf Zuliefer- und Nachfrageseite wie auch auf der unternehmensinternen Prozessebene (Narain et al. 2000) (Zäh et al. 2006). Bis in die 1960er Jahre wurden Produkte in meist wenigen Varianten durch Massenproduktion für einen „anonymen Markt“ gefertigt (Adam 1998, S. 24). Mit dem Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt stiegen die Anforderungen an die Unternehmensplanung und -steuerung. Steigender Wettbewerb erforderte eine stärkere Kundenorientierung. Service-, Qualitäts- und auch Umweltaspekte gewannen an Bedeutung (Adam 1998; Backhaus 2003). Die zunehmenden Anforderungen des externen Unternehmensumfelds sind gleichbedeutend mit einem höheren Komplexitätsgrad der Produktion (Adam 1998). Eine wachsende Dynamisierung des Geschäftsumfelds und Kompliziertheit im Sinne „vielfältig miteinander vernetzte(r)“ Strukturen verlangen daher Flexibilität im Unternehmen (Adam 1993; Thielen 1993, S. 40; Zäh et al. 2006). Bevor die Reaktionsmöglichkeiten von Unternehmen aufgezeigt werden, soll daher in diesem Abschnitt zunächst eine Anforderungsdefinition stattfinden. Die umfeldbedingten Unsicherheiten und externen Flexibilitätsanforderungen, welche auf das Unternehmen und sein Produktionssystem einwirken, lassen sich in folgende übergeordnete Betrachtungsfelder gliedern (Adam 1993; Bullinger et al. 2009; Corsten 2007; Vahrenkamp 2008; Zahn und Schmid 1996):

- Absatzmarkt
- Arbeitsmarkt
- Beschaffungsmarkt
- Sonstiges Umfeld

2.2.1 Absatzmarkt

Die Erfüllung von Kundenanforderungen ist grundlegende Voraussetzung für das Bestehen am Markt. Produkte können nur verkauft werden, wenn die Bedürfnisse des Kunden befriedigt werden können und dieser einen Nutzen bzw. Zufriedenheit aus dem Kauf generieren kann (Hinterhuber und Matzler 2009; Meffert et al. 2008). Das Unternehmen muss sich im vorliegenden Käufermarkt auf die differenzierten Kundenwünsche einstellen und sein Leistungsangebot entsprechend anpassen (Adam 1993; Meffert et al. 2008). Aufgrund der Tatsache, dass der technische Standard und damit der Grund- bzw. Basisnutzen für den Kunden meist nur wenig zwischen einzelnen Produkten verschiedener Anbieter abweicht, geben erst zusätzliche Produktfunktionen und Serviceleistungen den Ausschlag für die Kaufentscheidung (Corsten 2007; Matzler et al. 2009). Dabei lassen sich fünf grundlegende Anforderungskategorien für Produkte unterscheiden: Neben Preis 1) und Qualität 2) wird der Kundennutzen durch die Produktfunktionen 3) und die Logistikleistung 4) und Service 5) geschaffen (Backhaus und Voeth 2007). Die Logistikleistung umfasst sämtliche lieferbezogenen Aspekte wie Lieferzeit, Lieferfähigkeit, Liefertreue, Lieferflexibilität oder aber auch die Informationsbereitschaft (Arnold et al. 2008) (Abb. 2.4).

Die Flexibilität eines Unternehmens ist für den Absatzmarkt nur indirekt von Bedeutung. Solange kein expliziter Nutzen für den Kunden generiert wird, nimmt er die Flexibilität des Produktionssystems nur auf indirekte Weise wahr, nämlich indem er ein seinen Anforderungen gerecht werdendes Produkt erwerben kann (Upton 1994). Anforderungen des Marktes an die Flexibilität sind daher eher impliziter Art. Nach Friedli können die folgenden flexibilitätsrelevanten Anforderungen des Absatzmarktes unterschieden werden (Friedli 2006, S. 116): Dynamik und kürzere Produktlebenszyklen, Kundenindividualität und eine große Sortimentsbreite, kurze Reaktionszeiten bzw. kurze Lieferzeiten und eine hohe Liefertreue. Zahn und Schmid sehen im unsicheren Markt- und Wettbewerbsumfeld Leistungsvielfalt und Kundenorientierung als entscheidende Erfolgsfaktoren, um dadurch dem Kunden „jeden Wunsch flexibel und schnell“ erfüllen zu können (Zahn und Schmid 1996, S. 86). Kinkel führt in diesem Zusammenhang zusätzlich den Begriff der „Neuproduktflexibilität“ ein, der die Fähigkeit eines Unternehmens beschreibt, neue Produkte zur Marktreife zu entwickeln und durch einen reibungslosen Produktionsanlauf schnell und kundengerecht zu produzieren (Kinkel 2010, S. 2). Diese Markteigenschaften bzw. Kundenanforderungen stehen jedoch möglicherweise in einem Spannungsfeld mit dem internen Streben nach einer hohen Auslastung und niedrigen Beständen, nach Standardisierung, Fertigungstiefen und Konzentration auf die Kernkompetenzen des Unternehmens sowie der Amortisationszeit von Investitionen (Friedli 2006).

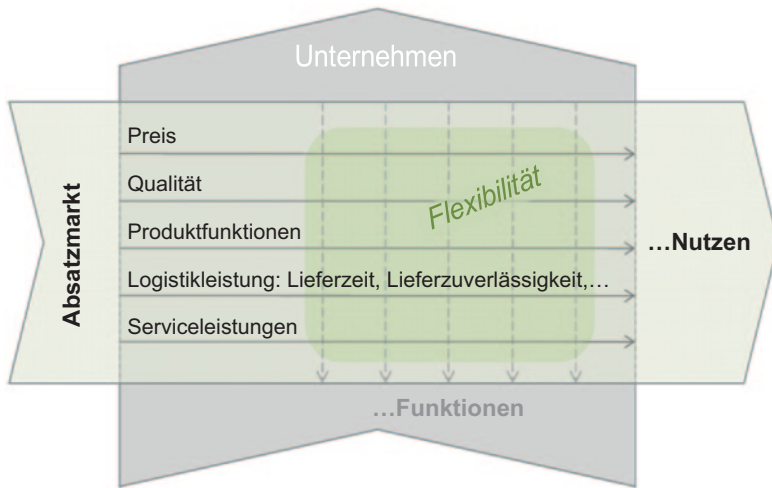


Abb. 2.4 Flexibilitätsanforderungen des Absatzmarktes (in Anlehnung an Backhaus (Backhaus und Voeth 2007))

Einerseits ermöglicht die unternehmerische Flexibilität, die Produkte entsprechend den Anforderungen des Absatzmarktes liefern zu können. Dies betrifft vor allem die schnelle Verfügbarkeit bei schwankendem Absatz, aber auch die Produktgestaltung entsprechend den sich wandelnden individuellen Kundenanforderungen hinsichtlich Funktionen, Preis, Qualität, Varianten und zusätzlichen produktbegleitenden Serviceleistungen (Adam 1993; Zahn und Schmid 1996). Andererseits sorgt die Flexibilität dafür, dass trotz dieser notwendigen Anpassungen die Erreichung der Unternehmensziele und eine wirtschaftliche Produktion sichergestellt werden.

2.2.2 Beschaffungsmarkt

Ebenso wie der Absatzmarkt birgt auch der Beschaffungsmarkt Unsicherheiten für das Unternehmen, woraus wiederum Flexibilitätsanforderungen entstehen. Die Beschaffung im weiteren Sinne umfasst dabei die Versorgung mit sämtlichen zur Leistungserstellung benötigten Produktionsfaktoren wie Betriebsmittel, Werkstoffe, Kapital, Dienstleistungen und Informationen (zur menschlichen Arbeitsleistung: s. Abschnitt „Arbeitsmarkt“). Aufgabe der Beschaffungsplanung ist es daher, die benötigten Produktionsfaktoren zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Quantität und Qualität bereitzustellen (Corsten 2007; Zahn und Schmid 1996). In diesem Prozess sind zudem auch die wirtschaftlichen Restriktionen der Unternehmung zu beachten und folglich die damit verbundenen Kosten der Beschaffung zu optimieren (Corsten 2007).

Die Unternehmung agiert auf dem Beschaffungsmarkt als Kunde ihrer Zulieferer und stellt daher ähnliche, wie im vorangegangenen Abschnitt „Absatzmarkt“ beschriebene

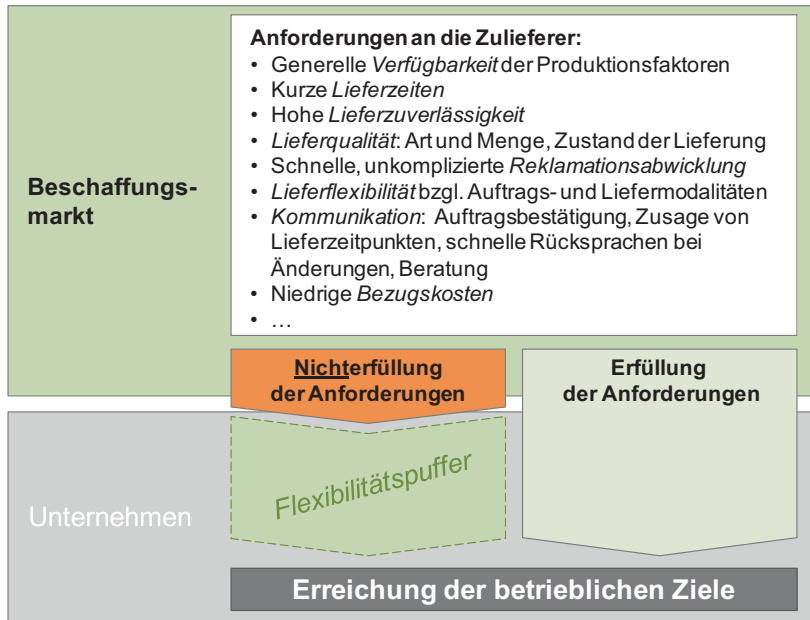


Abb. 2.5 Flexibilitätsanforderungen von Seiten des Beschaffungsmarktes (in Anlehnung an (Arnold et al. 2008; Ester 1997))

Anforderungen an die liefernden Unternehmen. Der Lieferservice und die Kommunikation mit dem Zulieferer sind ebenso von Bedeutung wie die Qualitäts- und Kostenaspekte (Ester 1997).

Die betriebliche Leistungserstellung und damit die Lieferfähigkeit auf dem Absatzmarkt stehen in einem engen Zusammenhang zum Beschaffungsprozess (Zahn und Schmid 1996). Als Konsequenz können Probleme bei der Beschaffung, wie Liefertermin- und Liefermengenabweichungen oder Qualitätsprobleme beim Lieferanten, zu Produktionsunterbrechungen und letztendlich zur Lieferunfähigkeit auf dem Absatzmarkt führen (Wiendahl 2008; Zahn und Schmid 1996). Um also Unsicherheiten im Beschaffungsprozess in Form von Abweichungen oder Nichterfüllung der Anforderungen reaktiv und proaktiv begegnen zu können, ist die Berücksichtigung eines Flexibilitätspotenzials im Produktionssystem unerlässlich (Abb. 2.5).

2.2.3 Arbeitsmarkt

Flexibilitätsanforderungen von Seiten des Arbeitsmarktes, welche im Produktionssystem berücksichtigt werden müssen, ergeben sich aufgrund von Unsicherheiten bzgl. folgender Faktoren:

- Personalstärke
- Qualifizierungsniveau und Qualifikationsmix

- Arbeitszeit
- Entlohnung

Mit den wirtschaftlichen Veränderungen in den letzten Jahrzehnten sind zum einen die Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit der Industrieunternehmen und damit indirekt auch an die Mitarbeiter gestiegen, zum anderen zeichnete sich auch ein Wertewandel in der Arbeitsorganisation hin zu einer Humanisierung der Arbeit ab (Zahn und Schmid 1996). Für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit ist neben der Positionierung auf dem Absatz- und Beschaffungsmarkt nicht zuletzt die „Kompetenz, Motivation und die zeitliche Flexibilität der Arbeitskräfte“ entscheidend (Arnold et al. 2008, S. 344).

Eng an die Absatzleistung gekoppelt ist der Personalbedarf der Unternehmung. Infolgedessen resultieren steigende oder sinkende Absatzzahlen und damit eine höhere oder geringere Produktionsauslastung in einem Personalbedarf bzw. einem Personalüberhang. Der Personalbedarf kann dabei quantitativer (Arbeitszahl, Personalstärke) oder qualitativer (Qualifikationsmix) Art sein. Hinsichtlich beider Aspekte erfordert es Flexibilität, um auch kurzfristig das erforderliche Personalvermögen „zur rechten Zeit am rechten Ort“ bereitzustellen (Langner 2007, S. 7). Nicht immer können im Fall einer hohen Produktionsauslastung offene Positionen, welche aufgrund von Fluktuation oder Nichtverfügbarkeit von qualifiziertem Personal entstehen, unmittelbar durch interne oder externe Ressourcen wieder besetzt werden. Ein möglicherweise inflexibel machender Personalabbau im Fall eines Personalüberhangs kann beispielsweise durch die Ergreifung reaktiver (z. B. Abbau von Überstunden) oder antizipativer Maßnahmen (z. B. Einstellungsstopp) vorgebeugt werden. Weist das Unternehmen nicht die benötigte personelle Flexibilität auf, kann in beiden Fällen ein erheblicher Wertverlust für das Unternehmen entstehen (Langner 2007, S. 7). Auch die Kosten für Personal sind keine deterministischen Größen, sondern unter anderem auch eine Funktion von Angebot und Nachfrage bzw. im Zeitverlauf eigen- oder fremdinitiiert anzupassen (Arnold et al. 2008) (Lindner-Lohmann et al. 2008). Beispiele hierfür können Lohnanhebungen zur Motivationserhöhung oder Mitarbeiterbindung sein, aber auch die Änderung gesetzlicher oder tariflicher Bestimmungen (Lindner-Lohmann et al. 2008).

Die Mitarbeiter als Ressource des Unternehmens grenzen sich insofern von den anderen Produktionsfaktoren ab, als dass ihre Einsatzflexibilität, ihr Erfahrungs- und Kontextwissen, ihre Kreativität und Motivation wenn überhaupt nur bedingt technologisch oder organisatorisch zu substituieren sind (Arnold et al. 2008). Es müssen daher Lösungen im Unternehmen geschaffen werden, die in Abhängigkeit der Auslastung eine flexible Anpassung hinsichtlich aller vier Anforderungskategorien erlaubt.

2.2.4 Sonstiges Umfeld

Neben den zuvor beschriebenen Unsicherheiten ist das Unternehmen auch Einflüssen des sozialen und politischen Umfelds ausgesetzt (Adam 1993; Vahrenkamp 2008). Nach Vahrenkamp ergeben sich sowohl „implizite wie explizite Restriktionen“ bezüglich der „Art der Unternehmensführung, der Entrichtung von Steuern und Abgaben, der Formen der

Tab. 2.2 Einflussfelder des weiteren Umfelds

Politik	Sozialbereich	Technik	Allgemeine Trends
• Steuergesetzgebung • Wirtschaftsgesetzgebung • Währungspolitik • Kreditpolitik • ...	• Arbeitszeitbestimmungen • Arbeitsschutz • Mitbestimmung • ...	• Neue Produkte • Neue Produktionsverfahren • ...	• Öffentliches Leben • Wertewandel • ...

Vertragsgestaltung, der Standards der Produktentwicklung und [...] (des) Umgang(s) mit gefährlichen Stoffen und Abfall“ (Vahrenkamp 2008, S. 8).

Dieses Umfeld entzieht sich weitestgehend der direkten Einflussnahme durch das Unternehmen. Eine sich ändernde Rechtslage erfordert möglicherweise Anpassungen im Unternehmen. Nichtsdestotrotz kann beispielsweise aufgrund von Entwicklungen im Technikbereich oder von gesellschaftlichen Trends auch die Chance für das Unternehmen entstehen, sich einen Konkurrenzvorteil zu verschaffen (Adam 1993; Adam 1998; Vahrenkamp 2008).

Generell stellt dieses sogenannte „Turbulente Umfeld“ die Unternehmen vor die Herausforderung, die Reaktionsfähigkeit sicherzustellen, Trends abzuschätzen und präventiv Maßnahmen zu ergreifen, welche die Flexibilitätsanforderungen des Umfelds mit dem Flexibilitätspotenzial des Produktionssystems in Einklang bringen (Adam 1993; Wiendahl 2008) (Tab. 2.2).

2.3 Interne Fähigkeiten zur Erfüllung der Flexibilitätsanforderungen

Der vorangegangene Abschnitt macht deutlich, dass das Unternehmen Anforderungen verschiedener Stakeholder ausgesetzt ist, welche unternehmerische Flexibilität erfordern. Nach Ashbys „Gesetz der erforderlichen Vielfalt“ kann die Unternehmung diese Komplexität des äußeren Umfelds umso besser ausgleichen, je höher ihre eigene Varietät ist (Thielen 1993). Für die Unternehmung ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen der Realisierung von Kosteneinsparungen sowie Gestaltung schlanker Produktionsprozesse aufgrund des Wettbewerbsdrucks einerseits und dem Vorhalten von Ressourcen, welche die Anpassung an zukünftige Entwicklungen erlauben, andererseits (Schulze et al. 2008). In die Bestimmung der erforderlichen Flexibilität sind demzufolge die generellen Unternehmensziele und der Grad der Varietät der Umwelt miteinzubeziehen (Thielen 1993). Eine flexibilitätsgerechte Gestaltung des Produktionssystems ist dabei der wesentliche Erfolgsfaktor, um der Dynamik und Komplexität des Marktes zu begegnen (Aurich et al. 2003). Die folgenden Abschnitte beschreiben nun, welche Formen der Flexibilität im Produktionssystem berücksichtigt werden müssen.

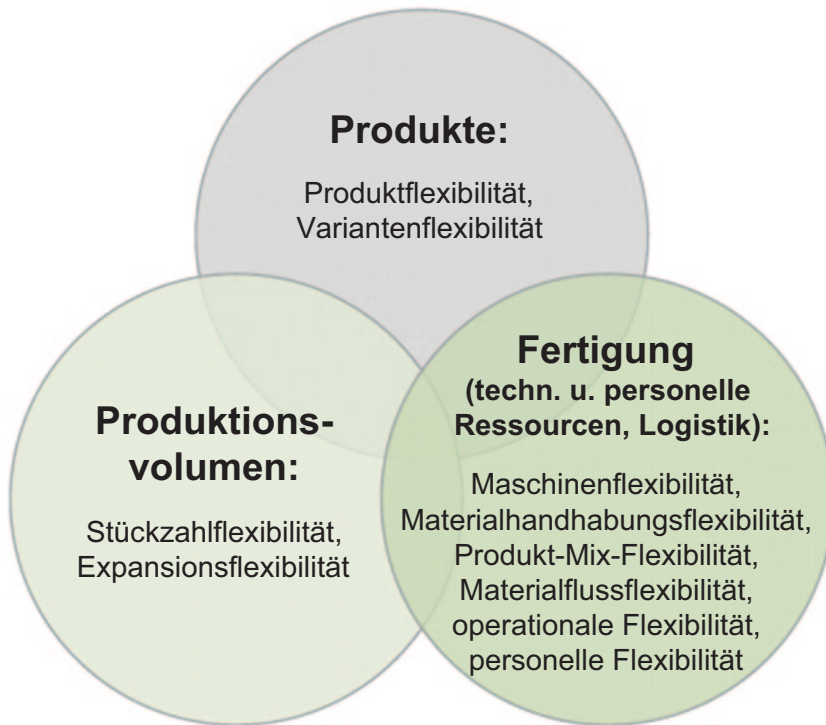


Abb. 2.6 Flexibilität zur Erfüllung der Anforderungen des Absatzmarktes

2.3.1 Absatzmarkt (Kunden-Produkt-Markt)

Aus Sicht des Marktes lassen sich die folgenden interdependenten Flexibilitätsfelder identifizieren, welche dem Produktionssystem ermöglichen, sich an kurz-, mittel- und langfristige Veränderungen anzupassen (Aurich et al. 2003; Janssen 1997; Sethi und Sethi 1990) (Abb. 2.6):

Flexibilität bezüglich der zu fertigenden Produkte

Um den zahlreichen Anforderungen der Kunden gerecht zu werden, muss das Unternehmen in der Lage sein, sowohl verschiedene Produkte wie auch Varianten dieser Produkte fertigen und gegebenenfalls sogar individuelle Kundenwünsche bei der Produktion berücksichtigen zu können. Die dazu benötigte Produkt- bzw. Variantenflexibilität können wie folgt definiert werden (Aurich et al. S. 214): „Produktflexibilität bezeichnet die Fähigkeit eines Unternehmens, mit einem bestehenden Produktionssystem verschiedene Arten von Produkten fertigen zu können bzw. ein bestehendes Produktionssystem an wechselnde Produkte anzupassen. [...] Variantenflexibilität bezeichnet die Fähigkeit eines Unternehmens, mit einem bestehenden Produktionssystem verschiedene Varianten eines Produkts fertigen zu können bzw. ein bestehendes Produktionssystem an wechselnde Produktvarianten anzupassen.“

Die Produktflexibilität bezieht sich nach Slack sowohl auf die Einführung neuer Produkte wie auch auf die Veränderung bisher bestehender Produktlinien (Slack 1987). Je höher die Produkt- bzw. Variantenflexibilität des Produktionssystems, desto effizienter kann das Unternehmen auf die externen Anforderungen reagieren und neue Produkte schnell und kostensparend auf den Markt bringen (Narain et al. 2000; Sethi und Sethi 1990). De Toni und Tonchia bezeichnen die Produktflexibilität als die wichtigste Flexibilitätsart aus der Perspektive des Marketings (De Toni und Tonchia 1998). Insbesondere auch in Märkten mit kurzen oder unsicheren Produktlebenszyklen bietet diese Form der Flexibilität einen besonderen Wettbewerbsvorteil, da sie eine schnelle Reaktionsfähigkeit sicherstellt (Sethi und Sethi 1990).

Die Produkt- und Variantenflexibilität hängen wiederum unter anderem von der Flexibilität der Maschinen und Einrichtungen zur Materialhandhabung sowie der operationalen Flexibilität der Produkte ab. Computerprogrammierbare Maschinen, Vorrichtungen für einen schnellen Werkzeugwechsel oder flexible Spannvorrichtungen erleichtern die Fertigung unterschiedlicher Produkte und Varianten (Sethi und Sethi 1990). Ein Ansatz, um der größer werdenden Nachfrage nach individualisierten, maßgefertigten Gütern und Dienstleistungen unter Berücksichtigung von Kostenaspekten zu begegnen, ist das Konzept der kundenindividuellen Massenfertigung („mass customization“) (Bullinger et al. 2009). Die Strategie beinhaltet zum einen den Einsatz flexibler Produktionstechnologien und zum anderen eine modulare Produktgestaltung. Ziel sind eine höhere Flexibilität, aber dennoch im Vergleich zur individualisierten Einzelfertigung höhere Stückzahlen und damit niedrigere Stückkosten. Eine weitere Strategie ist das „Postponement“ (dt. Verschiebung, Aufschub). Durch eine möglichst späte Kundenspezifizierung im Produktionsprozess sollen zuvor Skaleneffekte der Produktion ausgenutzt werden (Corsten und Gössinger 2001).

Flexibilität des Produktionsvolumens

Neben sich wandelnden Anforderungen an die Produkteigenschaften und die Qualität schwankt auch die nachgefragte Quantität. Das Unternehmen muss, soweit wie möglich, die benötigten Mengen prognostizieren und die Produktion entsprechend anpassen (Bullinger et al. 2009). Zum einen lässt sich bei manchen Produkten eine saisonal bestimmte Nachfrage identifizieren (z. B. in der Lebensmittelindustrie oder Textilindustrie), zum anderen können aber auch unregelmäßige und damit nur schwer prognostizierbare Kapazitätsschwankungen der zu liefernden Mengen entstehen (Abele et al. 2008; Bullinger et al. 2009). Dieser Herausforderung der schwankenden Stückzahlen muss das Unternehmen mit einer entsprechenden Flexibilität in der Produktion begegnen. Diese Art der Produktionsflexibilität wird in der Literatur mit den Begriffen „Stückzahlflexibilität“, „Volumenflexibilität“ oder „Mengenflexibilität“ beschrieben (Aurich et al. 2003; Bullinger et al. 2009; Janssen 1997; De Toni und Tonchia 1998). Aurich definiert die Stückzahlflexibilität wie folgt (Aurich et al. S. 214): „Stückzahlflexibilität bezeichnet die Fähigkeit eines Unternehmens, ein bestehendes Produktionssystem an schwankende Stückzahlen anzupassen“. Die Expansionsflexibilität stellt dagegen aus der strategischen Perspektive

die Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Outputmengen dar, beispielsweise bei Eintritt in neue Märkte (Sethi und Sethi 1990).

Janssen unterscheidet zwischen der „quantitative(n) Kapazität“ und der „qualitative(n) Kapazität“. Während die Variantenflexibilität die qualitative Kapazität darstellt, ist die Volumenflexibilität definiert als die „mögliche(n) Ausbringungsmengen je Zeiteinheit bei gegebenem Ressourcen- und Fähigkeitenbestand (quantitative Kapazität)“ (Janssen 1997, S. 125).

Flexibilität der Fertigung (Technische und personelle Ressourcen, Logistik)

Die Flexibilität, effizient neue Produkte oder Varianten einzuführen bzw. das Produktionsvolumen an den aktuellen Bedarf anzupassen, wird maßgeblich durch die Flexibilitäts-eigenschaften der Produktionsressourcen bestimmt. Anpassungsmaßnahmen betreffen dabei einerseits die technischen Systeme, wie die Maschinen zur Fertigung und Materialhandhabung und andererseits die personellen Kapazitäten und die Organisation der Fertigung (Abele et al. 2008). Die in diesem Abschnitt beschriebenen Flexibilitätsarten umfassen dabei die Anpassung der bereits bestehenden und somit theoretisch verfügbaren Ressourcen bezüglich Personal und Fertigungseinrichtungen (Tab. 2.3).

Die beschriebenen Flexibilitätsarten lassen erkennen, dass die Flexibilität des Produktionssystems von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängt. In Abhängigkeit der Zielsetzung des Unternehmens muss Flexibilität daher auf mehreren Ebenen berücksichtigt werden (Abele et al. 2008; Janssen 1997). Die Leistungsfähigkeit des Produktionssystems wird zum einen durch das den einzelnen Produktionsfaktoren inhärente Flexibilitätspotenzial, zum anderen auch durch die flexible Gestaltung der Schnittstellen und Prozesse des gesamten Systems bestimmt.

Die Flexibilität des Personals hinsichtlich der Anforderungen des Absatzmarktes bestehen darin, die für die Herstellung des nachgefragten Produktmix erforderlichen Aufgaben in der vorgegebenen Zeit zu erfüllen. Dies erfordert, dass die Arbeitsstationen durch ausreichend qualifizierte Mitarbeiter besetzt werden bzw. ausgefallene Mitarbeiter ersetzt werden können (Zhang et al. 2003). Auch eine Flexibilisierung der Arbeitszeit hilft mit einer schwankenden Auslastung umzugehen. Sowohl auf strategischer wie auch auf der operativen Ebene können Anpassungen stattfinden. Die strategische Ebene umfasst den langfristigen Planungshorizont und damit eine quantitative Anpassung der Mitarbeiterkapazität durch Einstellungen oder Entlassungen wie auch die Durchführung von Qualifikationsmaßnahmen. Auf der operativen Ebene können betriebsintern flexible Arbeitszeitmodelle eingeführt oder als betriebsexternes Instrument Zeit- und Leiharbeitsfirmen zur Bewältigung der aktuellen Arbeitsmenge hinzugezogen werden (Heiserich 2002).

Auch bei der Planung der technischen Ressourcen müssen Flexibilitätspotenziale einbezogen werden. Insbesondere die Produktivität sowie Kostenaspekte stehen im Spannungsfeld zu einer Flexibilisierung der Produktion. Die kundenindividuelle Fertigung ist nur zum Teil mit den in der Massenfertigung eingesetzten Spezialaggregaten zu realisieren und verlangt daher den Einsatz von mehrzweckfähigen Bearbeitungssystemen. Compu-

Tab. 2.3 Flexibilitätsarten in der Fertigung

Flexibilitätsart	Definition
Produkt-Mix-Flexibilität	In Abhängigkeit von der Kundennachfrage kann sich das Mengenverhältnis der nachgefragten Produkte ändern. Die Produkt-Mix-Flexibilität bezeichnet die Fähigkeit des Produktionssystems, verschiedene Produktionsprogramme realisieren zu können. Sie hängt dabei sowohl von der eingesetzten Technologie wie auch von der Organisation der Produktion ab (Slack 1983)
Maschinenflexibilität	Die Maschinenflexibilität bezieht sich auf die Anzahl der Operationen, die eine Maschine ohne größeren Aufwand für die Umrüstung ausführen kann (Narain et al. 2000) (Sethi und Sethi 1990). Sie ermöglicht unter anderem kleinere Losgrößen, niedrigere Lagerkosten, einen höheren Maschinenauslastungsgrad und kürzere Durchlaufzeiten bei neuen Produkten (Sethi und Sethi 1990). Bezüglich der Maschinenflexibilität können folgende Dimensionen unterschieden werden: Anzahl der beweglichen Achsen, Vorgangswiederholfrequenz, zulässige Eigenschaften des Werkstücks (Maße, Gewichte, Temperatur), nutzbare Werkzeugaufsätze etc. (Janssen 1997)
Materialhandhabungsflexibilität und Materialflussflexibilität	Die Materialhandhabungsflexibilität beschreibt die Fähigkeit der Maschinen und logistischen Systeme, verschiedene sich in der Geometrie unterscheidende Teile aufzunehmen, zu transportieren, zu lagern oder zu positionieren (Narain et al. 2000) (Sethi und Sethi 1990). Die Materialhandhabungsflexibilität umfasst ebenfalls die Materialflussflexibilität (Janssen 1997) (Sethi und Sethi 1990). Das Materialversorgungssystem ist dann flexibel bezüglich des Materialflusses, wenn es zudem „Freiheitsgrade [...] hinsichtlich der Transportwege und -zeiten“ aufweist (Janssen 1997, S. 125)
Operationale Flexibilität	Die operationale Flexibilität eines Bauteils oder Produkts besteht darin, dass es technisch auf unterschiedliche Art und Weise gefertigt werden kann. Diese Form des Flexibilitätspotenzials generiert sich im Regelfall bereits im Produktentwicklungsprozess durch ein entsprechendes Produktdesign (Sethi und Sethi 1990)
Durchlaufflexibilität	Die Durchlaufflexibilität gibt an, auf wie vielen physischen Wegen ein Werkstück unter Festlegung einer bestimmten Arbeitsgangfolge die Fabrik durchlaufen kann (Janssen 1997). Sie ermöglicht ähnlich wie die operationale Flexibilität auch im Falle eines Maschinenausfalls lieferfähig zu bleiben, sofern die entsprechenden redundanten Maschinen verfügbar sind. Notwendige Bedingung ist die Existenz von Materialhandhabungs-/Materialflussflexibilität (Sethi und Sethi 1990)
Personelle Flexibilität	Die Fähigkeit der Mitarbeiter, sich den geänderten Produktionsaufgaben anzupassen, kann als personelle Flexibilität bezeichnet werden. Sie umfasst zum einen Anpassung der Arbeitsaufgaben oder der Arbeitszeit, zum anderen aber auch finanzielle Flexibilität als Kompensation der beiden erstgenannten Punkte (Sethi und Sethi 1990; Zhang et al. 2003)

terprogrammierbare Systeme (CNC-Maschinen, Industrieroboter,...) büßen gegenüber Spezialaggregaten an Produktivität ein, wenngleich auch nicht in dem Maße wie manuell gesteuerte Systeme, verfügen jedoch vor allem auch über eine höhere Maschinenflexibilität (Janssen 1997).

Auch die Anordnung und Verknüpfung der einzelnen Fertigungsaggregate oder Fertigungssysteme definieren die Flexibilität des gesamten Produktionssystems. Die flexible Gestaltung des Materialflusssystems bestimmt die Möglichkeiten der Materialhandhabung und die Wege des Fabrikdurchlaufs einzelner Produkte. Auch die operationale Flexibilität kann erst ausgenutzt werden, wenn der Transport zwischen den einzelnen Produktionsschritten möglich ist. Maschinenflexibilität, Materialhandhabungsflexibilität, Durchlaufzeitflexibilität, operationale Flexibilität und personelle Flexibilität wiederum bestimmen, welcher Produkt-Mix gefertigt werden kann (Sethi und Sethi 1990).

Beschaffungsmarkt für Produktionsfaktoren

Den Unsicherheiten des Beschaffungsmarktes muss das Unternehmen mit einem entsprechenden Flexibilitätspotenzial entgegentreten. Flexibilität bezieht sich in diesem Kontext auf die für die Produktion benötigten Inputfaktoren: Betriebsmittel, Werkstoffe, Kapital, Dienstleistungen, Informationen und menschliche Arbeitsleistung (Zahn und Schmid 1996).

Kann ein Zulieferer nicht, in abweichender Qualität oder nur zeitlich verzögert liefern, definiert die sogenannte Inputflexibilität oder Ressourcenflexibilität die Fähigkeiten des Unternehmens sich dieser geänderten Ausgangslage anzupassen und somit das geplante Produktionsprogramm zu realisieren. Inputflexibilität ist demnach die Fähigkeit des Fertigungsprozesses „ohne Einbuße bei der Qualität des Endproduktes unter Einsatz unterschiedlicher Arten und Qualitäten von Produktionsfaktoren“ ablaufen zu können (Janssen 1997, S. 125). Sanchez Konzept der Ressourcenflexibilität unterscheidet folgende drei Dimensionen (Sanchez 1997, S. 73–74):

- Die Spannweite als die Anzahl der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten einer Ressource
- Die Kosten und den Aufwand für den Wechsel von einem spezifischen Einsatz zu einer alternativen Möglichkeit
- Der Zeitbedarf, welcher für die Umstellung benötigt wird

Beide Flexibilitätsarten betreffen auch die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Flexibilitätsarten der Maschinen- und Materialhandhabungsflexibilität bzw. der personellen Flexibilität. Sind bestimmte Ressourcen auf dem Beschaffungsmarkt nicht mehr verfügbar oder übersteigen diese die Preisobergrenze, lassen sich in einem inputflexiblen Produktionssystem andere Werkstoffe einsetzen bzw. es kann auf alternative Lieferantenbeziehungen zurückgegriffen werden. Werden andere Arten oder Qualität an Einsatzstoffen verwendet, kann dies wiederum implizit bedeuten, dass der Fertigungsprozess angepasst oder andere Fertigungsverfahren eingesetzt werden müssen. Veränderungen des externen Umfelds können das Produktionssystem so beeinflussen, dass auch bei der Mitarbeiterka-

pazität und -qualifikation Anpassungsbedarfe entstehen. Die quantitative Anpassung der Beschäftigung ist dabei jedoch nur durch eine begrenzte Dynamik gekennzeichnet (Westkämper und Zahn 2009). Auch sind Mitarbeiter mit einem entsprechend hohen Qualifikationsniveau erforderlich, um den technologischen Wandel in Form verkürzter Produktlebenszyklen und sich wandelnder Märkte bewältigen zu können. Im Produktionssystem müssen daher alternative Personalbeschaffungs- bzw. Personalentwicklungsmaßnahmen geplant werden, welche eine flexible Synchronisation von Bedarf und Personalbestand erlauben, wie beispielsweise flexible Arbeitszeitgestaltung, Trainings und Job Rotation oder die Zusammenarbeit mit Zeitarbeitsfirmen (Lindner-Lohmann et al. 2008).

2.4 Zusammenfassung: Flexibilität des Produktionssystems

Flexibilität, definiert als die Fähigkeit eines Systems oder eines Prozesses, sich effektiv in Hinblick auf Kosten, Qualität und Zeit den sich ändernden Rahmenbedingungen anzupassen, ist sowohl operativer, taktischer wie auch strategischer Erfolgsfaktor, der maßgeblich zur Erfüllung der Unternehmensziele beiträgt. Die Ausführungen der vorangegangenen Abschnitte machen deutlich, dass vor dem Hintergrund einer zunehmenden Dynamisierung des externen Umfelds im Produktionssystem zahlreiche Formen der Flexibilität berücksichtigt werden müssen, um die Anforderungen der externen Stakeholder effizient erfüllen zu können. Die Gesamtflexibilität des Systems wird dabei durch die am wenigsten flexible Ressource limitiert und definiert folglich die strategischen Handlungsoptionen des Unternehmens (Sanchez 1997). Das Flexibilitätsmanagement hat dabei die Aufgabe, die erforderlichen Reaktionsspielräume (Flexibilitätspotenziale) zu ermitteln und die zur Erfüllung der Unternehmensziele optimalen Flexibilitätspotenziale bereitzuhalten (Nagel 2003). Die Komplexität der Flexibilitätsplanung ergibt sich einerseits aus der Tatsache, dass es sich bei den Planungsgrößen um die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen handelt und andererseits die einzelnen Flexibilitätsarten, wie in den vorangegangenen Ausführungen beschrieben, nicht als voneinander unabhängige Größen betrachtet werden können. Die Dimensionen der Flexibilität müssen daher in ihrer Gesamtheit bereits in den allgemeinen Planungsprozess des Produktionssystems einbezogen werden, um Inflexibilitäten bezüglich der Realisierung künftiger Erfolgspotenziale zu vermeiden (Adam 1996; Nagel 2003; Sanchez 1997) (Abb. 2.7).

2.5 Implikationen für die strategische Planung und Steuerung von Produktionssystemen

Die vergangenen Ausführungen haben die verschiedenen Facetten des Flexibilitätsbegriffes dargestellt. Gleichzeitig wurde die wettbewerbsstrategische Bedeutung von flexiblen und anpassungsfähigen Organisationen deutlich. Für die Planung von Ganzheitlichen Produktionssystemen folgt daraus zunächst einmal, dass Flexibilitätsaspekte dezidierter

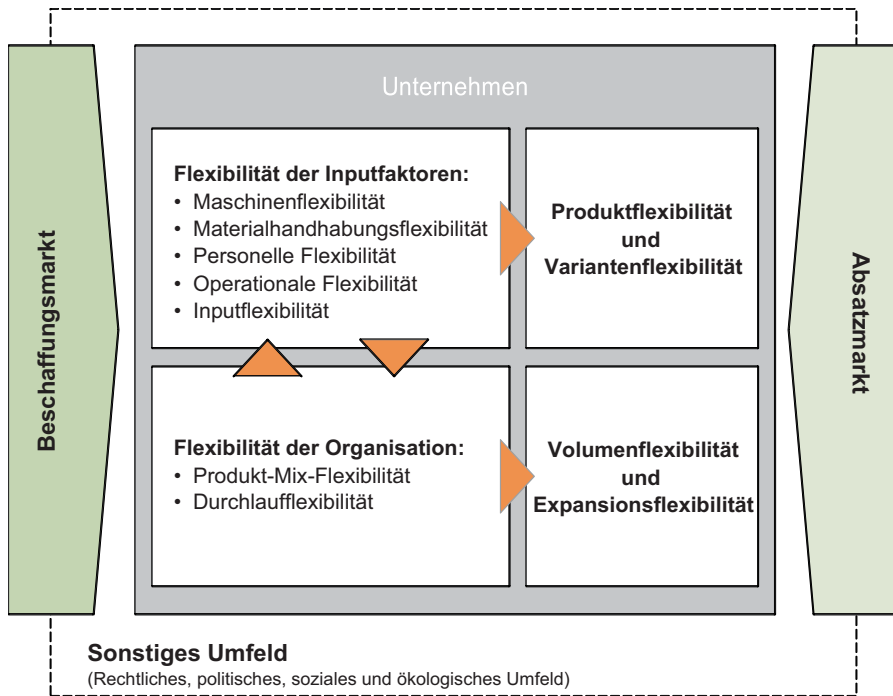
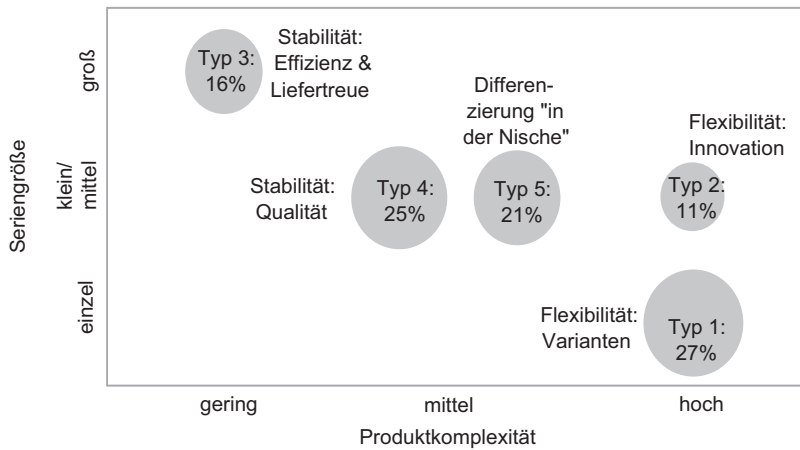


Abb. 2.7 Flexibilität des Produktionssystems

Bestandteil im Rahmen der Planung und Steuerung von Ganzheitlichen Produktionssystemen sein müssen. Thielen spricht hier vom strategischen Flexibilitätsmanagement, dessen Aufgabe es ist, „ein integriertes Konzept von Flexibilitätsanforderungen zu entwerfen und dieses im Rahmen des normativen und strategischen Managements zu realisieren“ (Thielen 1993, S. 134). Sind die Flexibilitätsanforderungen geklärt, so ist auf der operativen Realisierungsebene zu prüfen, ob und inwieweit die (Toyota-)Kernelemente von Ganzheitlichen Produktionssystemen mit den Anforderungen korrelieren. Damit ist insbesondere die konkrete Steuerungsaufgabe verbunden, wie die Unternehmung von einem drohenden Ungleichgewicht von Effizienzvorteilen durch Vermeidung von Verschwendung auf der einen Seite und Flexibilitätsbedarfen auf der anderen Seite zu einem Gleichgewichtsniveau gelangt.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die Toyota-Produktionslogik ihren Ursprung in einer Produktionsumgebung hat, die durch hohe Seriengrößen, wenige Grundvarianten und eine niedrige Wertschöpfungstiefe gekennzeichnet ist. Ist die Produktion anders strukturiert, beispielsweise eine variantenreiche Kleinserienproduktion von komplexen Systemen, kann die Passfähigkeit und der Nutzen der GPS-Prinzipien nicht unmittelbar vorausgesetzt werden. Die Effizienzfokussierung der Toyota-Prinzipien bringt im Hinblick auf die strategische Ausrichtung des Unternehmens eher kontraproduktive Wirkungen mit sich. Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang die Frage,



Erhebung Modernisierung der Produktion 2009, Fraunhofer ISI

Abb. 2.8 Betriebstypen nach Seriengröße und Produktkomplexität (Kinkel und Maloca 2010)

wie sich die Anker Elemente für Stabilität – Standardisierung, Regulierung und Formalisierung – verhalten. Nicht selten resultiert hier eine gewisse Rigidität des Produktionssystems gegenüber Anpassungsnotwendigkeiten.

Wie aktuelle empirische Untersuchungen des Fraunhofer ISI zeigen, wählen Unternehmen in Abhängigkeit der Produktkomplexität und der Seriengröße ganz unterschiedliche Strategien im Hinblick auf die Ausrichtung ihres Produktionssystems auf Stabilität und Flexibilität (Kinkel und Maloca 2010). Unternehmen, die wenig komplexe Produkte in hohen Seriengrößen fertigen, setzen auf Effizienz und Liefertreue. Hier kommen Toyota- bzw. GPS-Prinzipien sehr erfolgreich zum Einsatz. Bei Unternehmen, deren Produktportfolio eher durch Klein- bzw. Einzelserien charakterisiert sind, funktioniert dies eher nicht (Abb. 2.8).

Die skizzierten Herausforderungen des Flexibilitätsmanagements von Produktionssystemen werden zum Anlass genommen, um nachfolgend Möglichkeiten aufzuzeigen, wie die Ganzheitlichen Produktionssystemen inhärenten Produktionslogiken, -methoden und -instrumente mit ihren unbestreitbaren Vorteilen im Hinblick auf Effizienz so angepasst werden können, dass sie auch entsprechenden Nutzen in Produktionsumgebungen entfalten, deren Hauptcharakteristikum Flexibilität ist.

Literatur

- Abele, E., Rumpel, G., & Kuhn, S. M. (2008). Flexible Produktionskonzepte für die saisonale Produktion. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 103(9), 585–588.
- Adam, D. (1993). Flexible Fertigungssysteme im Spannungsfeld zwischen Rationalisierung, Flexibilisierung und veränderten Fertigungsstrukturen. In D. Adam (Hrsg.), *Flexible Fertigungssysteme* (S. 6–28). Wiesbaden, Gabler Verlag.

- Adam, D. (1996). *Planung und Entscheidung – Modelle, Ziele, Methoden – mit Fallstudien und Lösungen*. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Adam, D. (1998). *Produktions-Management*. Wiesbaden, Gabler Verlag.
- Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., & Furmans, K. (Hrsg.) (2008). *Handbuch Logistik*. Berlin, Springer.
- Aurich, J. C., Barbian, P., & Wagenknecht, C. (2003). Prozessmodule zur Gestaltung flexibilitäts-gerechter Produktionssysteme. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 98(5), 214–218.
- Aurich, J. C., Drews, O., Fuchs, C., & Wagenknecht, C. (2006). Produktionssystem für den Mittelstand – Gestaltung prozessorientierter Produktionssysteme unter Flexibilitätsgesichtspunkten. *wt Werkstattstechnik online*, 96(5), 302–307.
- Backhaus, K. (2003). *Industriegütermarketing*. München, Vahlen.
- Backhaus, K., & Voeth, M. (2007). *Industriegütermarketing*. München, Vahlen.
- Beach, R., Muhlemann, A. P., Price, D. H. R., Paterson, A., & Sharp, J. A. (2000). A review of manufacturing flexibility. *European Journal of Operational Research*, 122(1), 41–57.
- Bullinger, H.-J., Spath, D., Warnecke, H.-J., & Westkämper, E. (Hrsg.) (2009). *Handbuch Unternehmensorganisation – Strategien, Planung, Umsetzung*. Berlin, Springer.
- Corsten, H. (2007). *Produktionswirtschaft – Einführung in das industrielle Produktionsmanagement*. München, Oldenbourg.
- Corsten, H., & Gössinger, R. (2001). *Einführung in das Supply Chain Management*. München, Oldenbourg.
- De Toni, A., & Tonchia, S. (1998). Manufacturing flexibility – a literature review. *International Journal of Production Research*, 36(6), 1587–1617.
- Deuse, J., Stausberg, J. R., & Wischniewski, S. (2007). Leitsätze zur Gestaltung einer verschwendungsarmen Produktion. Adaption von Ganzheitlichen Produktionssystemen für den Mittelstand. *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 102(5), 291–294.
- Dombrowski, U., Zahn, T., & Grollmann, T. (2009). Roadmap für die Implementierung Ganzheitlicher Produktionssysteme. *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 104(12), 1120–1125.
- Dörich, J., & Neuhaus, R. (2008). Sicherung von Produktionsarbeit – Eine Initiative des Verbandes der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e. V. – Ein Erfahrungsbericht.
- Ester, B. (1997). Benchmarks für die Ersatzteillogistik Benchmarkingformen, Vorgehensweise, Prozesse und Kennzahlen. Erich Schmidt Verlag, Berlin, zugl.: Dissertation, Techn. Hochschule Darmstadt, 1996.
- Friedli, T. (2006). *Technologiemanagement – Modelle zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit*. Berlin, Springer.
- Gabler Verlag. (Hrsg.) (2010). Gabler Wirtschaftslexikon online. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de>.
- Gerwin, D. (2005). An agenda for research on the flexibility of manufacturing processes. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(14), 1171–1182.
- Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. (1993). Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- Heiserich, O.-E. (2002). *Logistik – eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden, Gabler.
- Hernández, R., & Wiendahl, H.-P. (2005). Die wandlungsfähige Fabrik – Grundlagen und Planungsansätze. In B. Kaluza & T. Blecker, (Hrsg.), *Erfolgsfaktor Flexibilität – Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen* (S. 203–227). Berlin, Erich Schmid Verlag.
- Hinterhuber, H. H., & Matzler, K. (Hrsg.) (2009). *Kundenorientierte Unternehmensführung – Kundenorientierung, Kundenzufriedenheit, Kundenbindung*. Wiesbaden, Gabler.
- Janssen, H. (1997). *Flexibilitätsmanagement – theoretische Fundierung und Gestaltungsmöglichkeiten in strategischer Perspektive*. Stuttgart, Schäffer-Poeschel.
- Kaluza, B., & Blecker, T. (2005). Flexibilität – State of the Art und Entwicklungstrends. In B. Kaluza & T. Blecker (Hrsg.), *Erfolgsfaktor Flexibilität – Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen*. Berlin, Erich Schmid Verlag.

- Kinkel, S., & Maloca, S. (2010). Flexibilitäts- und Stabilitätsstrategien in der deutschen Industrie. Muster und Erfolgsfaktoren verschiedener Betriebstypen. In Fraunhofer ISI (Hrsg.), *Mitteilungen aus der ISI-Erhebung „Modernisierung der Produktion“*, Nr. 54, Karlsruhe.
- Langner, M. (2007). *Ressourcenorientierte Arbeitswirtschaft – Konzeptionelle Voraussetzungen für einen effizienten Einsatz von Personalvermögen in Unternehmen*. Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag.
- Lindner-Lohmann, D., Lohman, F., & Schirmer, U. (2008). *Personalmanagement*. Heidelberg, Physica Verlag.
- Mandelbaum, M., & Buzacott, J. (1990). Flexibility and decision making. *European Journal of Operational Research*, 44(1), 17–27.
- Matzler, K., Stahl, H. K., & Hinterhuber, H. H. (2009). Die Customer-based View der Unternehmung. In H. H. Hinterhuber & K. Matzler (Hrsg.), *Kundenorientierte Unternehmensführung – Kundenorientierung, Kundenzufriedenheit, Kundenbindung*. Wiesbaden, Gabler.
- Meffert, H., Burmann, C., & Kirchgeorg, M. (2008). *Marketing – Grundlagen marktorientierte Unternehmensführung – Konzepte, Instrumente, Praxisbeispiele*. Wiesbaden, Gabler.
- Nagel, M. (2003). *Flexibilitätsmanagement – Ein systemdynamischer Ansatz zur quantitativen Bewertung von Produktionsflexibilität*. Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag.
- Narain, R., Yadav, R. C., Sarkis, J., & Cordeiro, J. J. (2000). The strategic implications of flexibility in manufacturing systems. *International Journal of Agile Management Systems*, 2(3), 202–213.
- Nyhuis, P., Reinhart, G., & Abele, E. (2008). *Wandlungsfähige Produktionssysteme – Heute die Industrie von Morgen gestalten*. Garbsen, PZH Produktionstechnisches Zentrum.
- Ohno, T. (2009). *Das Toyota-Produktionssystem: Das Standardwerk der Lean Production*. Frankfurt a. M., Neuausgabe, Campus.
- Reinhart, G. (2000). Im Denken und Handeln wandeln. In G. Reinhart & H. Hoffmann (Hrsg.), *Münchner Kolloquium – nur der Wandel bleibt: Wege jenseits der Flexibilität* (S. 17–40). München, Herbert Utz Verlag.
- Sanchez, R. (1997). Preparing for an Uncertain Future – Managing Organizations for Strategic Flexibility. *International Studies of Management and Organization*, 27(Sommer), 71–94.
- Schmigalla, H. (1995). *Fabrikplanung – Begriffe und Zusammenhänge*. München, Hanser.
- Schulze, C. P., Klemke, T., Doroudian, S., & Nyhuis, P. (2008). Wandlungsfähig und schlank – Anforderungen an zukunftsrobuste Produktionssysteme. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 103(9), 580–584.
- Sethi, A. K., & Sethi, S. P. (1990). Flexibility in Manufacturing – A Survey. *The Journal of Flexible Manufacturing System*, 2(4), 289–328.
- Slack, N. (1983). Flexibility as a Manufacturing Objective. *International Journal of Operations & Production Management*, 3(3), 4–13.
- Slack, N. (1987). The flexibility of manufacturing systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 7(4), 35–45.
- Slack, N., & Lewis, M. (2002). *Operations strategy*. Harlow, FT Prentice Hall.
- Spath, D. (2003). Ganzheitliche Produktionssysteme – eine neue Chance für produzierende Unternehmen. 9–11.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production. *Harvard Business Review*, 77(5), 96–106.
- Thielen, C. A. L. (1993). *Management der Flexibilität – Integriertes Anforderungskonzept für eine flexible Gestaltung der Unternehmung*. St. Gallen: Haupt.
- Upton, D. (1994). The Management of Manufacturing Flexibility. *California Management Review*, 36(2), 72–89.
- Vahrenkamp, R. (2008). *Produktionsmanagement*. München, Oldenbourg.
- Warnecke, H. J. (Hrsg.) (1996). *Die Montage im flexiblen Produktionsbetrieb – Technik, Organisation, Betriebswirtschaft*. Berlin, Springer.

- Westkämper, E., & Zahn, E. (2009). *Wandlungsfähige Produktionsunternehmen – Das Stuttgarter Unternehmensmodell*. Berlin, Springer.
- Westkämper, E., Zahn, E., Balve, P., & Tilebein, M. (2000). Ansätze zur Wandlungsfähigkeit von Produktionsunternehmen – Ein Bezugsrahmen für die Unternehmensentwicklung im turbulenten Umfeld. *wt Werkstattstechnik online*, 90(1/2), 22–26.
- Wiendahl, H.-P. (2002). Wandlungsfähigkeit – Schlüsselbegriff der zukunftsfähigen Fabrik. *wt Werkstattstechnik online*, 92(4), 122–127.
- Wiendahl, H.-P. (2008). *Betriebsorganisation für Ingenieure*. München, Carl Hanser Verlag.
- Wiendahl, H.-P. (2009). Veränderungsfähigkeit von Produktionsunternehmen – Ein morphologischer Ansatz. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 104(1–2), 32–37.
- Wiendahl, H.-P., & Hernández, R. (2002). Fabrikplanung im Blickpunkt – Herausforderung Wandlungsfähigkeit. *wt Werkstattstechnik online*, 92(4), 133–138.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that changed the World – The Story of Lean Production*. New York, Harper Collins.
- Zäh, M. F., von Bredow, M., & Möller, N. (2006). Methoden zur Bewertung von Flexibilität in der Produktion. *Industrie Management*, 22(4), 29–32.
- Zahn, E., & Schmid, U. (1996). *Produktionswirtschaft 1 – Grundlagen und operatives Produktionsmanagement*. Stuttgart, Lucius & Lucius.
- Zelenovic, D. M. (1982). Flexibility – a condition for effective production systems. *International Journal of Production Research*, 20(3), 319–337.
- Zhang, Q., Vonderembse, M. A., & Lim, J.-S. (2003). Manufacturing flexibility –defining and analyzing relationships among competence, capability, and customer satisfaction. *Journal of Operations Management*, 21, 173–191.

Dr. Christoph Zanker hat Wirtschaftswissenschaften studiert und über die strategische Gestaltung von Produktionssystemen promoviert. Seit 2004 bei der Fraunhofer-Gesellschaft. Er leitet das Competence Center „Industrie- und Serviceinnovationen“ sowie das dazugehörige Geschäftsfeld „Innovative Produktionssysteme und Wertschöpfungsketten“.

Kirsten Reisen Dipl. Wirt.-Ing., ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München. Zuvor war sie Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

Balanced GPS

Ganzheitliche Produktionssysteme mit stabil-flexiblen
Standards und konsequenter Mitarbeiterorientierung

Kötter, W.; Schwarz-Kocher, M.; Zanker, C. (Hrsg.)

2016, VII, 201 S. 24 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-03514-3