

Prof. Dr. Ralf Dillerup

Arbeitspapier

**Investitionsentscheidungen in flexible
Fertigungssysteme. Ein integrierter,
systemdynamischer Bewertungsansatz**

Autoren:

Erich Zahn,

Ordinarius an der Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftliche Planung

Uwe Schmid

Mitarbeiter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftliche Planung

der Universität Stuttgart

Ralf Dillerup,

Mitarbeiter am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftliche Planung

der Universität Stuttgart

Erschienen in:

Zeitschrift für Betriebswirtschaft; 1999 Ergänzungsheft 1
Innovation und Investition, S. 43-67

Investitionsentscheidungen in flexible Fertigungssysteme

-

Ein integrierter, systemdynamischer Bewertungsansatz

Von Erich Zahn, Uwe Schmid und Ralf Dillerup

Prof. Dr. Erich Zahn ist Ordinarius für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Betriebswirtschaftliche Planung an der Universität Stuttgart. Bevorzugte Forschungsgebiete: Strategisches Management, Technologiemanagement, Produktionsmanagement.

Dr. Uwe Schmid ist Akademischer Rat am Lehrstuhl von Prof. Zahn. Bevorzugte Forschungsgebiete: Ökologieorientiertes Management, Produktionsmanagement.

Dipl.-Kfm. Ralf Dillerup ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl von Prof. Zahn. Bevorzugte Forschungsgebiete: Produktionsmanagement.

Investitionsentscheidungen in flexible Fertigungssysteme

-

Ein integrierter, systemdynamischer Bewertungsansatz

Überblick

- Mit Investitionen in flexibel automatisierte Fertigungstechnologie läßt sich eine Vielzahl von wettbewerbsstrategischen Potentialen erschließen, was in Theorie und Praxis unstrittig ist. Ein geeigneter methodischer Ansatz zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung, welcher der strategischen Dimension solcher Investitionsentscheidungen hinreichend Rechnung trägt, steht indes noch aus.
- Die Defizite verfügbarer Ansätze zur Wirtschaftlichkeitsanalyse flexibler Fertigungssysteme aufgreifend, ist es das Ziel des vorliegenden Beitrages, eine integrierte, systemdynamische Verfahrensweise zur Entscheidungsunterstützung bei derartigen Investitionsvorhaben vorzustellen. Das Leistungspotential der entwickelten Methodik wird ferner am Beispiel eines Rolladengetriebeherstellers fallspezifisch illustriert.
- Die für Wissenschaft und Praxis gleichermaßen bedeutsamen Ergebnisse dieser Arbeit stellen sich wie folgt dar: Nur eine erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei Investitionen in flexibel automatisierte Fertigungstechnologie vermag die für das skizzierte Problem charakteristischen Vernetzungen und wechselseitigen Abhängigkeiten der Entscheidungskriterien sowie die strategischen Folgewirkungen im Zeitablauf situationsgerecht zu erfassen. Hierzu bedarf es neben einer integrierten Betrachtung von „harten“ quantitativen Entscheidungsvariablen (Kosten, Rentabilitäten etc.) und „weichen“ qualitativen Erfolgsgrößen (Flexibilität, Qualität u.a.m.) vor allem einer dynamischen Analyse, um dem Investitionsprozeß in seiner wettbewerbsstrategischen Tragweite gerecht zu werden.

A. Investitionen in flexible Fertigungssysteme - ein strategisches Entscheidungsproblem

Die Bedeutung der industriellen Produktion unterliegt angesichts sich verschärfender Wettbewerbsbedingungen einem grundlegenden und tiefgreifenden Wandel.¹ Marktseitige Veränderungen wie die Entwicklung von Verkäufer- zu Käufermärkten, kürzere Produktlebenszyklen sowie sinkende Preise bei gleichzeitigem Ansteigen der Anforderungen hinsichtlich Produktqualität, Variantenvielfalt und kurzen Lieferzeiten machen eine verstärkte Mobilisierung aller Leistungspotentiale erforderlich. Der Übergang von der traditionellen „mass production“ zur kundenindividuellen, maßgeschneiderten „mass customization“ bringt den zu beobachtenden Paradigmenwechsel in der Industrie schlagwortartig zum Ausdruck.²

Als Folge des skizzierten Wandels entwickeln sich Flexibilität, Responsiveness und die Beherrschung von Vielfalt zu niedrigen Kosten immer mehr zu zentralen Erfolgsfaktoren eines modernen Produktionsmanagement. Insbesondere die Flexibilität von Organisationen und Fertigungssystemen als Antwort auf permanent gestiegene Markt- und Leistungsanforderungen steht dabei schon seit rund einer Dekade im Blickpunkt betriebs- und ingenieurwissenschaftlicher Forschung und Praxis.

I. Strategische Potentiale von Flexibilität und flexiblen Fertigungssystemen

Der Begriff Flexibilität verkörpert in einer allgemeinen Lesart die Anpassungsfähigkeit eines Systems, sich auf veränderte Gegebenheiten innerhalb oder außerhalb der jeweiligen Systemgrenze zielgerichtet einstellen zu können.³ Flexibilität bedeutet mithin das Vorhandensein von Freiheitsgraden in einer Entscheidungssituation⁴ und impliziert die Möglichkeit, „... veränderte Bedingungen so frühzeitig wie möglich erkennen und ohne Zeitverzögerung darauf reagieren zu können“.⁵ Der Aufbau und die Erhaltung von unternehmerischen Flexibilitätspotentialen ist dabei untrennbar mit den betrieblichen Leistungserstellungs- und -verwertungsprozessen verbunden. Folgerichtig interpretieren beispielsweise Sethi und Sethi Flexibilität als die Fähigkeit, „... to reconfigure manufacturing resources so as to produce efficiently different products of acceptable quality“.⁶ Die wettbewerbsstrategische Bedeutung wertschöpfungsbezogener Flexibilität manifestiert sich

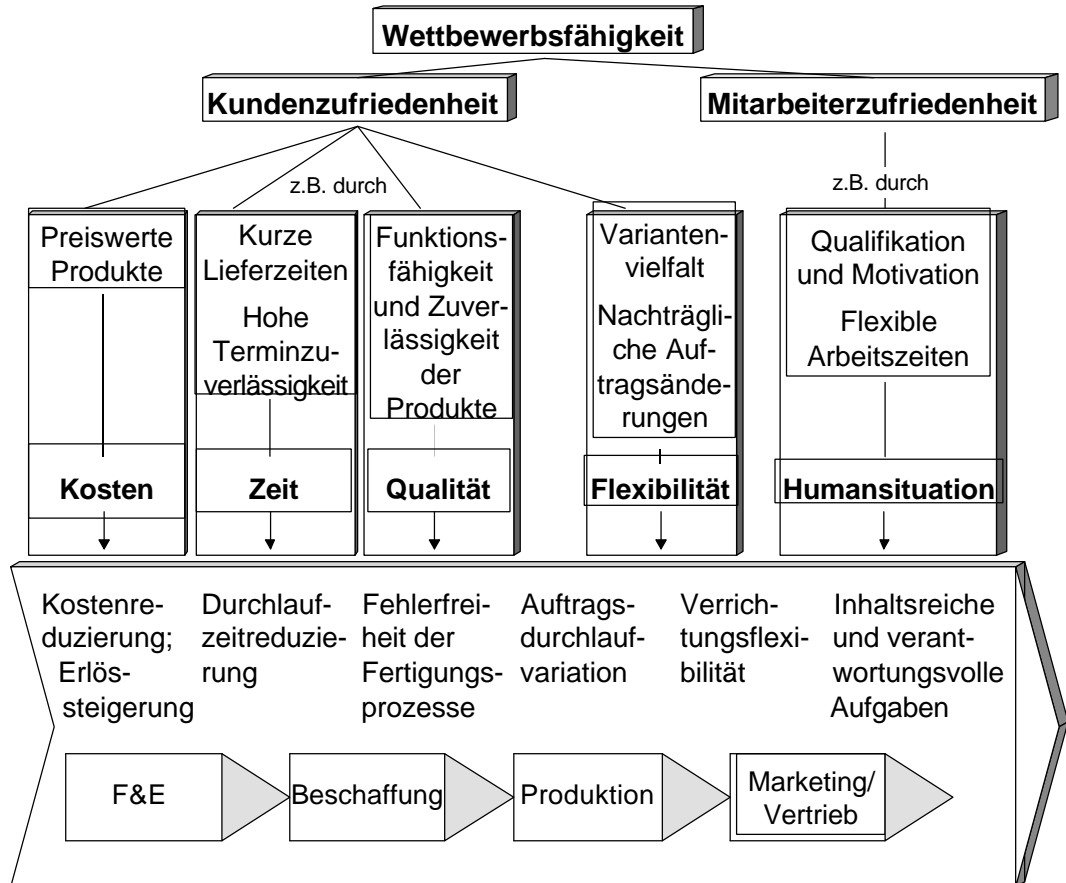
letztlich in großer Erweiterungsfähigkeit, schneller Umrüstbarkeit, optimaler Betriebsmittelredundanz und schneller Anpassungsfähigkeit von Fertigungssystemen.⁷ Auf diese Weise eröffnen sich dem Produktionsmanagement strategische Handlungsoptionen, die ein effektiveres und schnelleres Reagieren auf die eingangs skizzierten Wettbewerbsbedingungen ermöglichen.

Um das betriebliche Wertschöpfungsgeschehen flexibler gestalten zu können, bedarf es insbesondere der funktionalen und institutionalen Integration geeigneter Fertigungstechnik in die jeweiligen Produktionssysteme. So hat gerade die Entwicklung der Produktionstechnik - gekoppelt mit dem Fortschritt in der Informations- und Kommunikationstechnologie - in den zurückliegenden Jahren wesentlich zur Schaffung hoher Flexibilitätspotentiale auch in einer automatisierten, auf Massenproduktion ausgelegten Fertigung beigetragen. Ausdruck dieser Entwicklung ist der zunehmende Stellenwert von flexiblen Fertigungssystemen als Vertreter moderner computerbasierter Produktionstechnologie bzw. Advanced Manufacturing Technology (AMT) und ihre Verbreitung in der betrieblichen Praxis. Ungeachtet der Tatsache, daß sich bis zum heutigen Tage keine einheitlich verwendete Begriffsfassung herauskristallisiert hat, manifestieren sich die Aufgabeninhalte flexibler Fertigungssysteme in dem Leistungsvermögen der Anlagen, verschiedene Produktionsaufträge auf denselben Maschinen mittels unterschiedlicher Fertigungsprozesse in beliebiger Bearbeitungsreihenfolge ohne längere Umrüstzeiten durchführen zu können.⁸ Als Flexibilitätsgeneratoren fungieren hierbei vor allem Betriebsmittel, Personal und Logistik.⁹

Von einer Investitionsentscheidung zugunsten flexibler Fertigungssysteme verspricht sich das Produktionsmanagement handfeste ökonomische Vorteile. Im Vordergrund steht dabei zweifellos die grundsätzliche strategische Option, den traditionellen produktionswirtschaftlichen Zielkonflikt zwischen Flexibilität und Produktivität zu entschärfen. „Flexible manufacturing systems appeal to managers, who hope to achieve both the flexibility of job shop processing and the productivity of repetitive processing systems“.¹⁰ Das mit dem Einsatz flexibel automatisierter Produktionskonzepte möglich werdende, simultane Ausschöpfen der Potentiale von Werkstatt- und Fließfertigung ist überdies kennzeichnend für einen modernen Organisationstyp der Produktion, die Gruppenfertigung. Hierbei wird den in Gruppenform beschäftigten Arbeitskräften weitreichende Handlungsautonomie eingeräumt, um so kraft höherer Arbeitszufriedenheit und einer besseren Motivation zu höherer Produktivität und Flexibilität zu gelangen.¹¹ Demzufolge

zielen die Konzepte der flexibel automatisierten Fertigung nicht nur auf eine wirtschaftliche, sondern auch auf eine menschengerechte Produktionsweise ab und tragen auf diese Weise dem Faktor „Mitarbeiterzufriedenheit“ Rechnung.

Abb. 1: Wettbewerbswirkungen von flexiblen Fertigungssystemen¹²

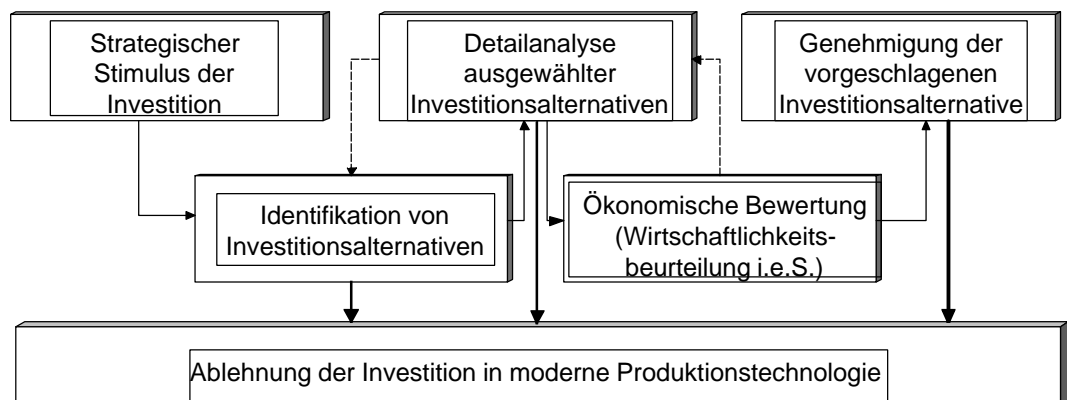


Die Einführung flexibler Fertigungssysteme wirkt sich ferner auf die in Abbildung 1 hervorgehobenen wettbewerbsrelevanten Ziele Zeit, Kosten und Qualität aus, die zusammen mit der strategischen Ressource Flexibilität den Wettbewerbsfaktor „Kundenzufriedenheit“ determinieren. So entfallen beispielsweise Umrüst-, Transport- und Liegezeiten beim Produktionsvollzug, was sich durchweg in kürzeren Durchlauf- und damit auch Lieferzeiten niederschlägt. Hand in Hand hiermit gehen niedrigere Lagerbestände sowie geringere Kapitalbindungs- und Logistikkosten einher. Weitergehende Kostenvorteile versprechen Rationalisierungseffekte kraft höherer Kapazitätsauslastungen und sinkender direkter Personalkosten. Schließlich können die Qualitätsstandards in der Fertigung verbessert werden, da sich einzelne Fertigungsprozesse dank einer automatisierten Prozeßüberwachung genauer reproduzieren lassen.

II. Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme als strategisches Problem

Allein die in Abbildung 1 ausgewiesenen wettbewerbsrelevanten Potentiale von flexiblen Fertigungssystemen lassen bereits erkennen, daß die Frage, ob eine Unternehmung in flexibel automatisierte Produktionstechnik investieren soll, ein komplexes Entscheidungsproblem von strategischem Rang verkörpert. Um die Tragweite solcher Investitionsentscheidungen besser abschätzen und die Gründe für eine mögliche Ablehnung von geplanten Investitionen in moderne computer-gestützte Fertigungstechnologie ursachenbezogen analysieren zu können, haben Kumar et al. ein realtypisches Phasenmodell für die Systeme einer Advanced Manufacturing Technology (AMT) entwickelt, das den zugrundeliegenden Entscheidungsprozeß in seiner Gesamtheit und seiner strategischen Bedeutung gemäß abbildet.¹³ Auch wenn dessen Darstellung in Abbildung 2 deutlich macht, daß der Prozeß strategischer Entscheidungsfindung für AMT-Investitionen weitaus mehr Phasen und damit auch potentielle Abbruchpunkte umfaßt als einzig den Tatbestand einer ökonomischen Bewertung, mißt die betriebliche Praxis der Bestimmung der Vorteilhaftigkeit einer Investitionsalternative unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten normalerweise die größte Bedeutung bei.

Abb. 2: Prozeßmodell strategischer Investitionsentscheidungen in moderne Produktionstechnologie



In Theorie und Praxis herrscht Einigkeit darüber, daß die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung komplexer Investitionsobjekte und/oder betrieblicher Reorganisationsmaßnahmen keine einfach zu lösende Planungs- bzw. Controllingaufgabe darstellt. So erschweren unter anderem folgende Tatbestände die für eine ökonomische Bewertung traditioneller Fassung unverzichtbaren Investitionsplanungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen:

- Hohe Investitionsvolumina, gekoppelt mit hoher Kapitalbindung und großen Fixkostenbelastungen während der Nutzungsphase.
- Lange Planungszeiträume sowie Einführungs- und Nutzungsdauern.
- Weitreichende strategische Implikationen und tiefgreifende organisatorische Veränderungen als Folge der getätigten Investition.
- Die Notwendigkeit, neben „harten“ quantitativen Entscheidungskriterien (Kosten, Rentabilitäten etc.) vermehrt „weiche“ qualitative Faktoren (Flexibilität, Qualität u.ä.m.) in die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung einfließen zu lassen.
- Interdependente Wirkungsbeziehungen zwischen den zu berücksichtigenden Zielgrößen und Entscheidungsvariablen mit der Konsequenz zeitlich verzögerter und räumlich verteilter Folgewirkungen.
- Eine nur eingeschränkt mögliche Quantifizier-, Monetarisier- und Prognostizierbarkeit von Kosten- und Nutzenwirkungen der Investitionsentscheidung über den gesamten Planungszeitraum aufgrund ihres unternehmensstrategischen Charakters.

Alle genannten Aspekte treffen auch auf AMT-Investitionen im allgemeinen sowie auf Investitionen in flexibel automatisierte Fertigungstechnologie im besonderen zu; sie unterstreichen nochmals, daß es sich bei der ökonomischen Prüfung und Bewertung solcher Investitionsvorhaben um Managemententscheidungen von strategischem Gewicht handelt. So verweisen Tempelmeier und Kuhn beispielsweise auf das hohe Investitionsvolumen (bis zu 150 Mio. DM) und die lange Lebensdauer eines flexiblen Fertigungssystems, die für gewöhnlich mehrere Produktlebenszyklen umfaßt.¹⁴

B. Ansätze zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme

Einer betriebswirtschaftlich fundierten Bestimmung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit von Investitionen in flexibel automatisierte Produktionstechnologie mittels des bekannten Methodenspektrums zur Investitionsplanung und -rechnung steht nicht zuletzt der strategische Charakter solch einer Entscheidung entgegen. Mit anderen Worten: es sind gerade die im voranstehenden Abschnitt thematisierten strategischen Potentiale von flexiblen Fertigungssystemen, welche bei einer Wirtschaftlichkeitsbeurteilung konventionellen Stils auf der Basis „harter“ monetärer Bewertungsmaßstäbe lediglich suboptimale oder gar falsche strategische Investitionsentscheidungen implizieren. Diese paradox erscheinende Situation veranschaulichen Pfeiffer et al. sowohl verbal als auch an einem Fallbeispiel:¹⁵

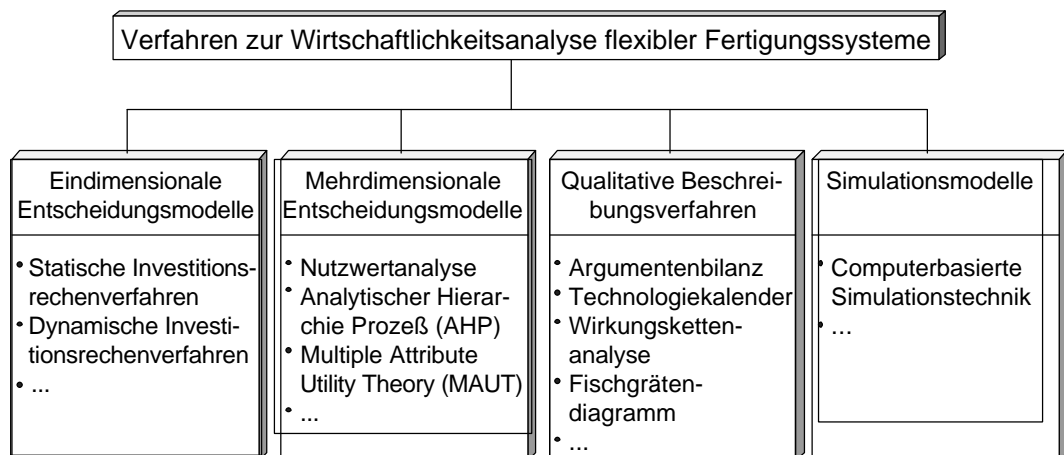
Unterstellt werde ein Investitionskalkül, das ausschließlich am traditionellen Wirtschaftlichkeitskriterium - verstanden als Verhältnis von Ertrag zu Aufwand bzw. von Leistung zu Kosten - ausgerichtet ist und den in Geldeinheiten ausgedrückten Erfolg einer Investitionsentscheidung widerspiegelt. Gegenüber Systemen konventioneller Fertigungstechnik, die in einer Unternehmung bereits zum Einsatz kommen und buchhalterisch mitunter sogar abgeschrieben sind, schneiden hierbei die vergleichsweise teureren flexiblen Fertigungssysteme zumeist unwirtschaftlich ab.¹⁶ Übersehen werden bei solch einer Investitionsrechnung indes nicht nur viele kostensenkenden Effekte, welche aus den erweiterten produktionstechnischen Möglichkeiten moderner flexibler Fertigungssysteme mittelbar erwachsen. So ziehen beispielsweise reduzierte Lagerbestände sowie verkürzte Rüst- und Durchlaufzeiten bei gleichzeitig erhöhter Prozeßqualität geringere Produktionskosten nach sich. Auch erlössteigernde Nutzeneffekte wie z.B. die schnellere Anpassungsfähigkeit von flexiblen Fertigungssystemen an sich ändernde Markt- bzw. Leistungsanforderungen bleiben bei konventionellen Wirtschaftlichkeitsanalysen außer Betracht.¹⁷ Schließlich gehen die aus strategischer Sicht erzielbaren relativen Wettbewerbsvorteile, die ausschöpfbaren Synergieeffekte und das gewonnene technologische Know-how in diese Art der Investitionsrechnung nicht ein, so daß die Systeme einer modernen computergestützten Fertigungstechnologie im Verhältnis zu gewöhnlichen Investitionsprojekten zwangsläufig zu ungünstig beurteilt werden.¹⁸

Den Aspekt einer unzulänglichen Einbeziehung von Nutzenaspekten in das Investitionskalkül hat auch Wildemann vor Augen, wenn er die für flexibel automatisierte Produktionskonzepte charakteristischen Eigenschaften Integration, Automation, (technologische) Neuartigkeit, Komplexität und Flexibilität als Problemfelder für eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung benennt.¹⁹ Hinter diesen konstituierenden Merkmalen verbergen sich wiederum die bereits skizzierten strategischen Potentiale flexibler Fertigungssysteme. Damit wird deutlich, daß es zur Bestimmung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit von AMT-Investitionen einer Ablösung des traditionellen engen, weil ausschließlich monetär gefaßten Wirtschaftlichkeitskriteriums durch ein um die strategische Dimension erweitertes Verständnis von Wirtschaftlichkeit bedarf. Dieses muß auch bei der Methodenwahl und -gestaltung zum Ausdruck kommen.

I. Verfügbare Ansätze zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme

In den zurückliegenden Jahren wurden zahlreiche Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme entwickelt und vorgestellt. Aus pragmatischen Gründen erfolgte hierbei vielfach ein Rückgriff auf die bewährten ein- und mehrdimensionalen Modelle der klassischen Investitionsrechnung. Um der geforderten Strategieorientierung besser gerecht werden zu können, erfuhr dieses bekannte Methodenspektrum darüber hinaus eine Erweiterung, so z.B. um qualitativ beschreibende Verfahren oder um die Simulationstechnik (siehe Abbildung 3).

Abb. 3: Verfügbare Ansätze zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme



In dem Maße wie Investitionen in flexible Fertigungssysteme als ein strategisches Entscheidungsproblem begriffen werden, stoßen insbesondere die traditionellen Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung an Grenzen, weil sie die wettbewerbsrelevanten betriebswirtschaftlichen Wirkungen solch eines komplexen Investitionsvorhabens nur unzulänglich abzubilden vermögen. Ein Blick auf die einzelnen Verfahrensklassen führt die wichtigsten Defizite vor Augen.

1. Eindimensionale Entscheidungsmodelle

Den hierunter zu subsumierenden statischen und dynamischen Investitionsrechenverfahren liegt eine (monetäre) Monozielausrichtung zugrunde. Als ökonomische Vorteilhaftigkeitskriterien finden demzufolge ausschließlich Kosten, Rentabilitäten oder Kapitalwerte Berücksichtigung. Da die eindimensionalen Modelle der klassischen Investitionsrechnung samt und sonders dem traditionellen Wirtschaftlichkeitsverständnis verhaftet sind, werden sie - obzwar in der betrieblichen Praxis noch weit verbreitet - den Anforderungen an eine strategisch verankerte Investi-

tionsbeurteilung flexibel automatisierter Fertigungstechnologie aus den bereits genannten Gründen nicht gerecht.

2. Mehrdimensionale Entscheidungsmodelle

Im Gegensatz zu den eindimensionalen Bewertungsverfahren ermöglichen mehrdimensionale Investitionsmodelle die methodische Erfassung von mindestens zwei Zielvariablen. Bei den in Abbildung 3 exemplarisch ausgewiesenen Verfahren der Nutzwertanalyse, des Analytischen Hierarchie Prozesses (AHP) oder der Multiple Attribute Utility Theory (MAUT) handelt es sich dabei um Lösungsansätze für das Problem der multikriteriellen Entscheidungsfindung (Multi Criteria Decision Making, MCDM), speziell für sogenannte Multi-Attribut-Entscheidungen (Multi Attribute Decision Making, MADM).²⁰ Indem sie die Möglichkeit zur Integration nicht-monetärer, aber quantifizierbarer Vorteilhaftigkeitskriterien in das Investitionskalkül bieten, erlauben diese Verfahren eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme bei Mehrfachzielsetzung und tragen so dem strategischen Charakter solcher Investitionsentscheidungen besser Rechnung.²¹

Auch wenn die mehrdimensional angelegten Bewertungsverfahren eine strategisch erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse zulassen, sind deren Ergebnisse kritisch zu reflektieren. So übersteigen ganzheitliche Investitionsentscheidungen in ihren Anforderungen nicht selten die Voraussetzungen, die für einen sinnhaften Einsatz der einzelnen MADM-Verfahren erfüllt sein müssen. Dies betrifft insbesondere die aus der zugrundeliegenden formalen Nutzentheorie resultierenden Anwendungsbedingungen wie die geforderte Unabhängigkeit der einzelnen Entscheidungskriterien. Als weitere wesentliche Verfahrensmängel werden die Umrechnung unterschiedlicher Maßeinheiten in Nutzenkennwerte, der mit der vollständigen Aggregation von Teilnutzenwerten verbundene Informationsverlust sowie die Möglichkeit der Aufrechnung schlechter mit guten Kriterienerfüllungsgraden angeführt.²² Es besteht daher die Gefahr, daß Scheinwirtschaftlichkeiten ausgewiesen werden.

3. Qualitative Beschreibungsverfahren

Da sich insbesondere bei strategischen Investitionsentscheidungen nicht wenige Nutzeneffekte einer exakten Meß- und Quantifizierbarkeit entziehen, kommen vermehrt verbal beschreibende Bewertungsverfahren im Zuge von Wirtschaftlichkeitsanalysen zum Einsatz. In bezug auf Investitionen in flexible Fertigungssysteme besteht ihr vorrangiges Ziel darin, die in anderen Investitionsmodellen vernachlässigten weichen Entscheidungskriterien explizit aufzugreifen, um so

einen Beitrag zur Strukturierung qualitativer Aufwands- und Nutzenargumente zu leisten und deren Einbeziehung in die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung zu ermöglichen. Einzelne Methodiken wie z.B. die von Wildemann vorgestellte Argumentenbilanz²³ oder sein Technologiekalender²⁴ wurden speziell für die Investitionsplanung flexibler Fertigungssysteme entwickelt. Andere qualitative Beschreibungsverfahren wie die angeführten Wirkungskettenanalysen oder die Fischgrätendiagramme dienen allgemein der Veranschaulichung von kausalen Wirkungszusammenhängen²⁵ und sind folglich nicht auf Probleme der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung komplexer Investitionsobjekte beschränkt. Da in dieser Verfahrensklasse auf eine exakte Quantifizierung der Entscheidungsgrößen verzichtet wird, können die einzelnen Ansätze bestenfalls ergänzende Informationen für das betrachtete Investitionsproblem bereitstellen.

4. Simulationsmodelle

Um die Folgen einer Investitionsentscheidung in ihren wechselseitigen Abhängigkeiten und über die Zeit hinweg transparenter zu gestalten, findet schließlich auch die Simulation als Instrument zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme in Theorie und Praxis Verwendung. Deren Leistungspotential faßt Greschner plakativ zusammen, indem er feststellt: „Zur Erfassung komplexer Problemstellungen unter Einbeziehung ihrer dynamischen Phänomene und zur Beurteilung der Wirkungen strategischer Entscheidungsalternativen bietet sich die Simulation als einziges umfassendes Instrumentarium an“.²⁶ Hinzu kommt, daß es sich bei der Investitionsbeurteilung moderner Systemtechnologien um einen kollektiven Entscheidungs- und Lernprozeß handelt.

Herkömmliche Ansätze zur Bestimmung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit einer Investition in flexible Fertigungstechnologie leisten auch in diesen Punkten nur eine geringe methodische Hilfestellung, da sie die Entscheidungsträger lediglich mit den Ergebnissen einzelner Alternativenbewertungen konfrontieren. Das der Investitionsbeurteilung zugrundeliegende Modell und die darin enthaltenen Annahmen bleiben hingegen im verborgenen. Anders bei der Simulationstechnik; sie erlaubt einen strukturierten und nachvollziehbaren Modellerstellungsprozeß und gewährt so wesentliche Einsichten in die zu beurteilende Investitionsproblematik.²⁷ An Grenzen stoßen Simulationsverfahren zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung bei den Fragen, ob das betrachtete Investitionsproblem in all seinen Facetten hinreichend realitätsnah abgebildet wurde und inwieweit die für strategische

Investitionsentscheidungen bedeutsamen weichen, qualitativen Größen in mathematische Gleichungssysteme transferiert werden können. Außerdem erweist sich die Simulation nicht selten als zeitaufwendig und kostspielig, so daß ihr Einsatz selbst einer Wirtschaftlichkeitsbeurteilung zu unterziehen ist.

5. Zwischenfazit

Sämtliche der in Abbildung 3 exemplarisch ausgewiesenen Verfahren wurden in der Vergangenheit zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme herangezogen. Konkrete Anwendungsbeispiele einzelner Methoden und Instrumente finden sich z.B. in Hutchinson/Holland (1982), Kaplan (1986), Meredith/Suresh (1986), Horváth et al. (1987), Schlingensiepen (1987), Wildemann (1987), Canada/Sullivan (1989), Swamidass/Waller (1990), Dassen (1993), Son (1993) oder Boothroyd/Dewhurst/Knight (1994). Die auf die vier Modellklassen gemünzten Kritikpunkte haben indes deutlich gemacht, daß eine isolierte Anwendung einzelner Bewertungsverfahren der strategischen Dimension von Investitionen in flexibel automatisierte Produktionstechnologie nicht hinreichend gerecht wird. Nahezu alle modernen Ansätze zur betriebswirtschaftlichen Fundierung von AMT-Investitionen setzen daher auf eine Kombination verschiedener Methoden in Gestalt von Mehrstufen- oder Mehrebenenmodellen. Diese folgen dem Leitgedanken eines erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses, indem sie eine integrierte Analyse von „harten“ quantitativen Entscheidungskriterien und „weichen“ qualitativen Faktoren vorsehen. Exemplarisch sei auf die Konzeptionen und Beiträge von Meredith/Hill (1987), Wildemann (1987), VDMA/ZVEI (Hrsg., 1987), Azzone/Bertele (1989), Fine (1990), Klaue (1990), Krinsky/Miltenburg (1991), Bauer (1992), Hoitsch/Backes (1992), Zangemeister (1993), Currie (1994), Wildemann (1994) oder Angelis/Lee (1996) verwiesen.

II. Integrierter, systemdynamischer Ansatz zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme

Trotz des unbestreitbaren Erkenntnisfortschritts steht eine vollständig befriedigende Lösung des ökonomischen Auswahlproblems bei Investitionen in moderne computerbasierte Fertigungstechnologie noch aus.²⁸ Daß die Suche nach einer geeigneten Methodik bis zum heutigen Tage nicht abgeschlossen ist, belegen beispielsweise die neuen Vorschläge zur Beurteilung des Erfolges von Reorganisationen im Zeichen eines strategisch erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses

oder zur Durchführung einer strategischen Investitionsanalyse auf der Grundlage von Activity Based Costing und Analytischem Hierarchie Prozeß (AHP).²⁹ Derartige Wirtschaftlichkeitsanalysen stellen in der betrieblichen Praxis allerdings eher die Ausnahme denn die Regel dar. Zwar geht aus einschlägigen empirischen Studien gemeinhin hervor, daß für eine ökonomische Bewertung alternativer Investitionen in moderne Produktionssysteme sowohl quantitative als auch qualitative Verfahren herangezogen werden.³⁰ Deren Anwendung erfolgt aber in der Regel getrennt voneinander, was eine ganzheitliche Wirtschaftlichkeitsbeurteilung erschwert, wenn nicht gar unmöglich macht, da der gegensätzliche Analysefokus leicht zu widersprüchlichen Ergebnissen und damit zu schlecht auflösbaren Entscheidungsdilemmata führt.

Um rational fundierte Investitionsentscheidungen zu gewährleisten, ist somit ein integrierter Ansatz zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme unabdingbar. Neben dem Kriterium einer integrativen Problemperspektive lassen sich die zentralen Anforderungen an eine erweiterte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung schlagwortartig wie folgt charakterisieren:³¹ Mehrdimensionalität, Strategieorientierung, Ganzheitlichkeit, Transparenz und Simultaneität. Darüber hinaus muß dem Prozeßcharakter und damit letztlich der Dynamik einer solchen Problemstellung verfahrenstechnisch Rechnung getragen werden. Erst auf diese Weise kann es dem Produktionsmanagement gelingen, die das strategische Investitionsproblem konstituierenden Vernetzungen und wechselseitigen Abhängigkeiten der Entscheidungskriterien sowie die bereits angesprochenen langfristigen Folgewirkungen der Investition im Zeitablauf situationsgerecht abzubilden. Die Tatsache, daß es sich bei der Investitionsbeurteilung von flexibel automatisierter Fertigungstechnologie um einen kollektiven Entscheidungs- und Lernprozeß handelt, der ebenfalls einer methodischen Unterstützung bedarf, vervollständigt das Anforderungsprofil.

Vor diesem Hintergrund bietet sich ein integrierter, systemdynamischer Ansatz zur Analyse der ökonomischen Vorteilhaftigkeit komplexer Investitionen in flexible Fertigungssysteme an. Die allgemeine Systemtheorie³² liefert hierbei den metadisziplinären Bezugsrahmen für die methodische Behandlung dieses strategischen Entscheidungsproblems. Der Betrachtungsgegenstand - die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung von Investitionen in flexibel automatisierte Produktionstechnik - wird mithin als offenes, dynamisches, komplexes und zweckorientiertes System begriffen. Um der strategischen Dimension dieses Entscheidungsproblems gerecht

zu werden, müssen einzelne Systemelemente der Wirtschaftlichkeitsanalyse weit mehr umfassen als lediglich monetäre Vorteilhaftigkeitskriterien in Gestalt von Kosten, Rentabilitäten oder Kapitalwerten. Folgerichtig sieht der in Gliederungspunkt C illustrierte Modellierungsansatz zur Investitionsbeurteilung (siehe auch Abbildung 5) unter anderem die Subsysteme Markt, Operationen, Ausgangslogistik und Personal vor, welche ihrerseits die aus strategischer Sicht bedeutsamen Erfolgskriterien Kundenzufriedenheit, Marktanteil, Qualität, Lieferzeit und Mitarbeiterzufriedenheit als Strukturelemente enthalten.

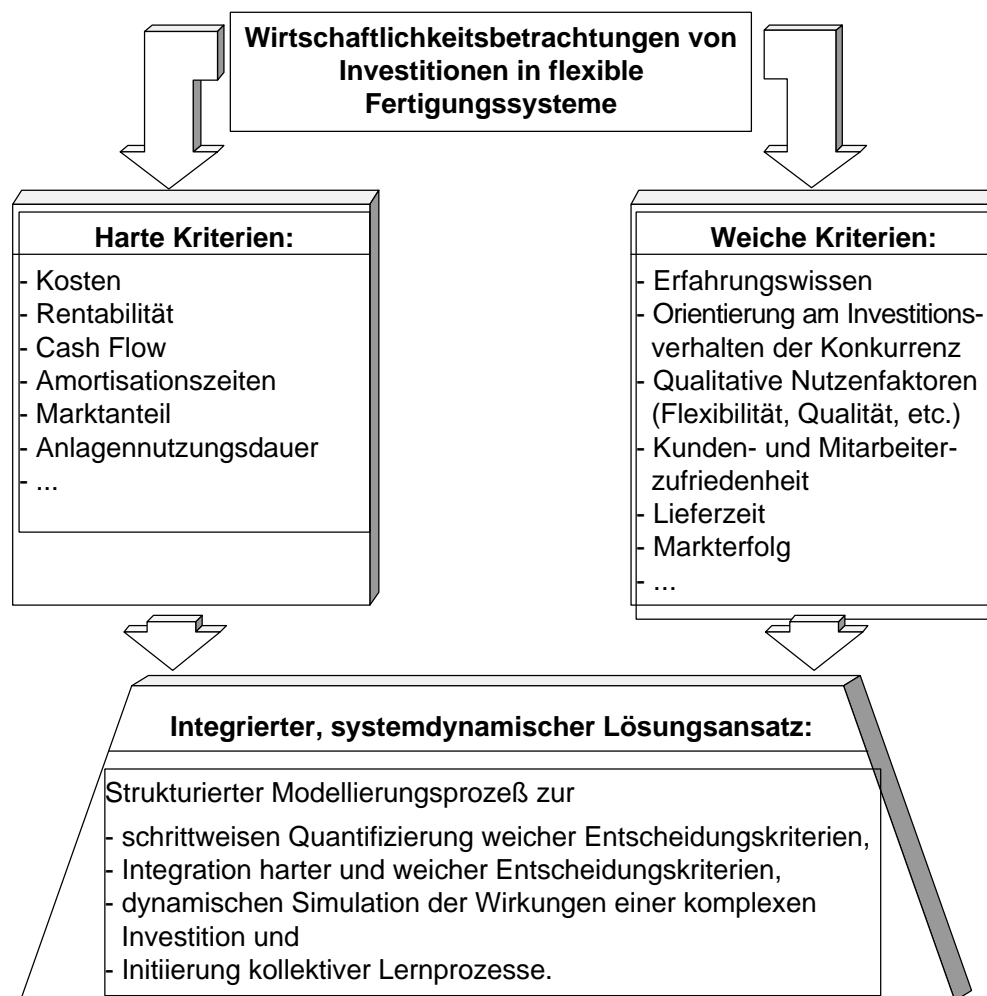
Aufbauend auf der methodologischen Plattform der Systemtheorie wurde für das in den nachfolgenden Abschnitten vorzustellende Anwendungsbeispiel auf die Methodik System Dynamics zurückgegriffen. Hierbei handelt es sich um ein auf der kybernetischen Regelungs- und Informationstheorie basierendes Modellierungs- und Analysekonzept, das mit dem Einsatz zeitkontinuierlicher Simulationstechnik gekoppelt ist.³³ Diese Methodik erlaubt somit nicht nur eine system- und simulationsbasierte Evaluierung alternativer Investitionsentscheidungen auf der Grundlage harter und weicher Einflußfaktoren, sondern gestaltet auch den eigentlichen Modellerstellungsprozeß für die daran beteiligten Entscheidungsträger transparent, so daß die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung nachvollziehbar werden.

Übertragen auf das Problemfeld „Wirtschaftlichkeit flexibel automatisierter Produktionstechnologie“, lassen sich mit System Dynamics die Potentiale der verschiedenen in Abbildung 3 ausgewiesenen Verfahrensklassen ausschöpfen. Die grundsätzliche Eignung dieses integrierten systemdynamischen Ansatzes für das betrachtete Entscheidungsproblem unterstreicht ferner ein Abgleich mit den vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) identifizierten Anforderungen, denen erweiterte Verfahren der Wirtschaftlichkeitsberechnung in der Fertigung idealerweise zu entsprechen haben. Insbesondere mit Blick auf die Kriterien³⁴

- einer Berücksichtigung personeller und organisatorischer Einflußgrößen,
- einer Integration qualitativer, unter Umständen nur schwer quantifizierbarer Zielgrößen,
- einer Abbildung indirekter Wirkungen der Investitionsentscheidung,
- einer Einbeziehung Betroffener in den Verfahrensablauf,
- einer Verbindung zur strategischen Planung sowie
- einer systematischen Erfassung zeitlich versetzt auftretender Synergieeffekte

erweist sich der gewählte Simulationsansatz vom Typ System Dynamics vielen der genannten modernen Ansätze zur betriebswirtschaftlichen Fundierung von AMT-Investitionen als ebenbürtig, wenn nicht gar als überlegen. Dies trifft vor allem auf den letztgenannten Aspekt zu, wonach die (langfristigen) Folgewirkungen einer Investitionsentscheidung im Zeitablauf explizit Berücksichtigung finden müssen. Die System Dynamics-Methodik verspricht gerade hier weiterreichende Erkenntnisse, da sie die problemspezifischen Rückkopplungsbeziehungen und Zeitverzögerungen in ihrer Dynamik abzubilden vermag. Überdies unterstützt sie das aus strategischer Sicht unverzichtbare Durchspielen von „Was wäre ... wenn“-Analysen sowie das Denken in Szenarien.

Abb. 4: Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme



Ziel des entwickelten integrierten, systemdynamischen Ansatzes zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme ist es, das aus der isolierten Analyse harter, quantitativer und weicher, qualitativer Entscheidungskriterien resultierende Spannungsfeld wenn nicht aufzulösen, so doch zumindest zu entschärfen (siehe Abbildung 4). Damit wird zum einen der skizzierten strategischen Dimen-

sion des Entscheidungsproblems sowie den daraus erwachsenden Erfordernissen eines erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses Rechnung getragen. Zum anderen geht der integrierte systemdynamische Ansatz auch mit der jüngst erhobenen Forderung konform³⁵, wonach das Augenmerk nicht nur auf den Tatbestand der ökonomischen Evaluierung, sondern - wie in Abbildung 2 veranschaulicht - verstärkt auf den Investitionsprozeß in seiner Gesamtheit zu richten ist.

C. Systemdynamische Modellierung von Investitionsentscheidungen in flexible Fertigungssysteme

Die Ergebnisse des in Abbildung 4 skizzierten Lösungsansatzes zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibel automatisierter Fertigungstechnologie werden nachfolgend anhand des hierfür erstellten Simulationsmodells und eines Fallbeispiels veranschaulicht. Indem das konzipierte Simulationsmodell erlaubt, eine Vielzahl verschiedener Produktionssituationen eines flexiblen Fertigungssystems nachzubilden und deren Auswirkungen auf harte und weiche Entscheidungskriterien transparent zu gestalten, bietet es zugleich die Möglichkeit einer umfassenden Investitionsevaluierung im Sinne des beschriebenen erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses. Die Potentiale dieses systemdynamischen Ansatzes werden schließlich am Beispiel eines Rolladengetriebeherstellers fallspezifisch illustriert.

I. Modellierungsansatz und generische Strukturen flexibler Fertigungssysteme

Das zur Investitionsbeurteilung herangezogene Simulationsmodell basiert auf einem Modellierungsansatz, der das Resultat eines an der Universität Stuttgart durchgeführten, interdisziplinären Forschungsprojektes zur Weiterentwicklung flexibler Fertigungssysteme darstellt.³⁶ Darin wurden über mehrere Jahre hinweg nicht nur flexible Fertigungssysteme technisch analysiert und verbessert, sondern auch eine Methodik auf der Basis von System Dynamics entwickelt, welche es erlaubt, eine Vielzahl von praxisbezogenen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen ohne wesentliche Veränderungen der Modellstrukturen vorzunehmen. Dieses Vorgehen macht sich die Potentiale des System Dynamics-Ansatzes zunutze, einen effizienteren Modellierungsprozeß kraft Konzipierung sogenannter generischer Modelle zu gewährleisten. Allgemein gesprochen bilden solche generischen Modelle die

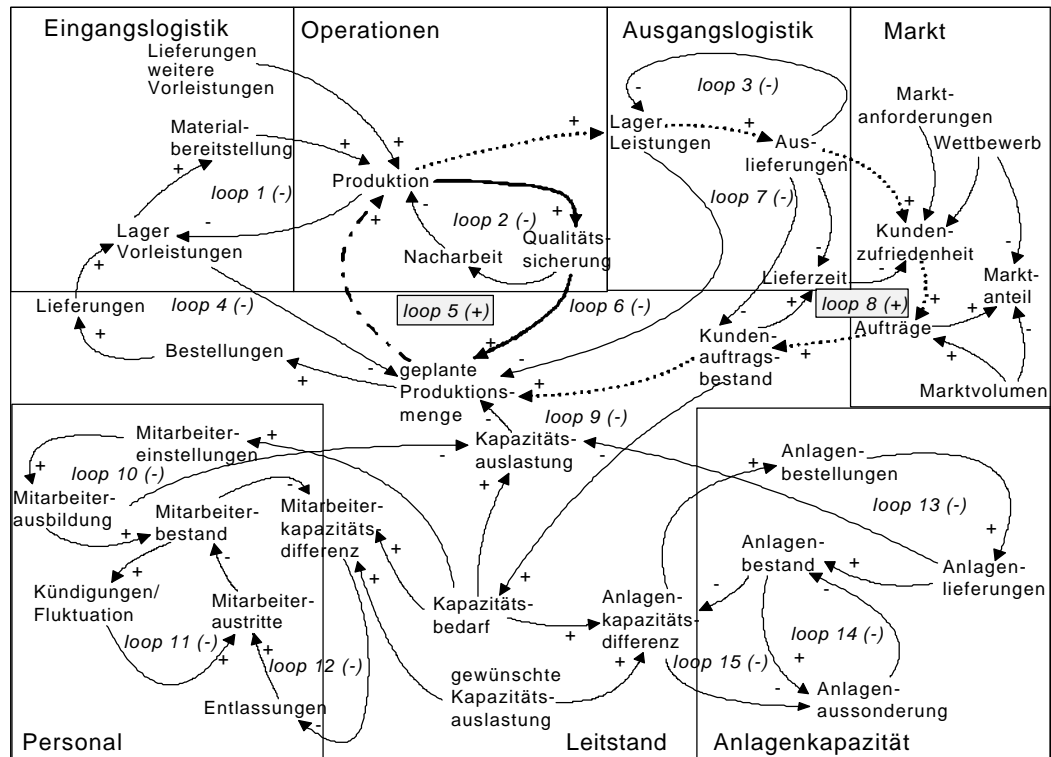
jeweils betrachtete Problemstruktur in idealtypischer Form ab. Sie enthalten sämtliche relevanten Elemente und Beziehungszusammenhänge eines komplexen Anwendungsfeldes, aus denen dann fallspezifische Simulationsmodelle mit einem vergleichsweise geringen Aufwand abgeleitet werden können. Das generische Modell geht dabei eine Synthese mit dem Spezialwissen über eine konkrete Problemsituation ein.³⁷

Im Rahmen des erwähnten Forschungsprojektes wurden dementsprechend generische Modellstrukturen der Fertigung respektive allgemeintypische Grundstrukturen flexibler Fertigungssysteme identifiziert und modular in verschiedenen Modellsektoren abgebildet. Bei Bedarf können diese generischen Modellstrukturen dann mittels Parametervariation schnell auf eine spezifische Unternehmenssituation angepaßt werden. So lassen sich verschiedene Formen von Montagesystemen, z.B. fertigungstechnische Alternativen, eine variable Zahl an Bearbeitungsstufen oder unterschiedliche Marktcharakteristika modellhaft abbilden. Dieses generische Modellierungskonzept erlaubt mithin eine Investitionsbewertung flexibler Fertigungssysteme, ohne für jeden zu untersuchenden Einzelfall ein spezifisches Simulationsmodell aufwendig erstellen zu müssen.

Die grundlegenden Strukturen des generischen Simulationsmodells sind im Kausaldiagramm der Abbildung 5 dargestellt. Im einzelnen gliedert es sich in die Modellsektoren Eingangslogistik, Operationen, Ausgangslogistik, Markt, Personal, Anlagen, Leitstand und Bewertungskennzahlen. Abgebildet ist die einfachste Konfiguration eines Simulationsmodelles mit jeweils einem Modul, was einem einstufigen Montagesystem zur Herstellung von Gütern für einen bestimmten Markt entspricht. Gestaltet sich das betrachtete Fertigungssystem komplexer, können die Sektoren der vorliegenden Problemstruktur entsprechend vervielfältigt werden. So bedarf es beispielsweise für mehrere Bearbeitungsstufen eines flexiblen Fertigungssystems modelltechnisch einer entsprechenden Anzahl an Subsystemen „Operationen“ sowie gegebenenfalls weiterer Leitstände. In gleicher Weise lassen sich auch alle anderen Module, z.B. unterschiedliche Märkte, problemspezifisch multiplizieren. Da die Investitionsbeurteilung flexibel automatisierter Fertigungstechnologie im Mittelpunkt der Betrachtungen steht, beinhaltet das Kausaldiagramm in Abbildung 5 die für eine Wirtschaftlichkeitsanalyse aus strategischer Sicht erforderlichen Entscheidungskriterien und Strukturelemente flexibler Fertigungssysteme. Die zu analysierenden Kostenwirkungen sowie daraus gebil-

dete Kennzahlen sind in einem separaten Bewertungsmodul zusammengefaßt, welches aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in Abbildung 5 enthalten ist.

Abb. 5: Grundlegende generische Strukturen flexibler Fertigungssysteme



Die abgebildete, einfachste Modellstruktur mit je einem Modellsektor zeigt bereits auf, daß die Gesamtheit der Einflußfaktoren in ihrer Vernetztheit sowie in ihrem Zusammenwirken ein komplexes Regelkreissystem darstellt. Zentrales Element ist dabei der Leitstand, welcher mit seinen Führungsentscheidungen die Kausalschleifen (Loops) schließt und mithin aus kybernetischer Sicht die Funktion des Reglers wahrnimmt. Die eingezeichneten Loops sind bis auf zwei Ausnahmen (Loop 5 und 8) negativer Polarität, was darauf schließen läßt, daß die Aktivitäten des Leitstandes zielführend wirken. Als kritisch erweisen sich die beiden angesprochenen Loops positiver Polarität, welche im Kern die weichen Faktoren Qualität und Markterfolg enthalten, da sie eine selbstverstärkende Verhaltensdynamik erzeugen:

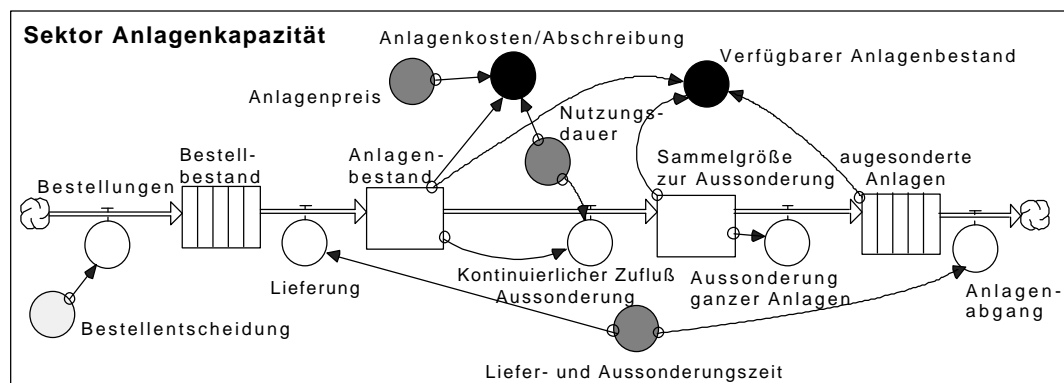
- Die Kausalschleife 5 bringt eine Konsequenz des strategischen Erfolgsfaktors Qualität zum Ausdruck, indem mangelnde Qualität in der Produktion von der Qualitätssicherung festgestellt und von der Produktionsplanung berücksichtigt wird. Somit wirken Qualitätsprobleme im Zeitablauf auf die Produktion zurück, wobei entsprechende Fehlmengen und Nacharbeit berücksichtigt werden.
- Der Markterfolg wird implizit durch Loop 8 determiniert. Darin wirken die marktrelevanten Ergebnisse der Fertigung über die Auslieferungen der Leistungen in bestimmter Qualität und Lieferzeit auf die Kundenzufriedenheit und über die gewonnenen Aufträge letztlich wieder auf die Produktion zurück. In

direkter Abhängigkeit hiervon stellt der Erfolgsindikator Marktanteil ein Maß für das qualitative Entscheidungskriterium Markterfolg dar.

Als inhärenter Bestandteil der Gesamtstruktur des Simulationsmodells beeinflussen die beiden genannten weichen Einflußfaktoren folglich das dynamische Verhalten sowie das Investitionskalkül in entscheidendem Maße.

Die formale Umsetzung der generischen Strukturen flexibler Fertigungssysteme in ein Simulationsmodell erfolgte mit dem Modellierungstool STELLA und wird exemplarisch an dem Sektor „Anlagenkapazitäten“ erläutert. Dieser bildet den Einsatz flexibler Fertigungstechnik ab und bringt die produktionstechnische Verfügbarkeit der Anlagen zum Ausdruck (siehe Abbildung 6).

Abb. 6: Strukturen des Modellsektors Anlagenkapazitäten



Neubestellungen von Anlagen als Resultat positiver Investitionsentscheidungen erhöhen den Bestand bereits bestellter, aber noch nicht gelieferter Fertigungssysteme. Nach Ablauf einer bestimmten Lieferzeit kann eine neue Anlage in Betrieb genommen werden und auf diese Weise den Bestand an verfügbaren Kapazitäten mehren. Zur Abbildung technologisch hochentwickelter Produktionssysteme ist es erforderlich, die nicht unerheblichen Lieferfristen spezialisierter Technologie wie z.B. flexibler Fertigungssysteme explizit zu berücksichtigen, da diese Zeitverzögerung von strategischer Bedeutung sein kann. Nach Ablauf einer anlagenspezifischen Nutzungsdauer stehen die Fertigungssysteme zur Ausmusterung an. Da sich aus Gründen einer kontinuierlichen Simulation auch nicht-ganzzahlige Werte für die auszusondernden Anlagen ergeben, werden diese Werte aufsummiert und ein Bearbeitungssystem erst dann außer Betrieb gesetzt, wenn seine Nutzungsperiode vollständig abgelaufen ist. Abschließend werden die Anlagenkapazitäten noch monetär in Höhe ihrer Abschreibungen bewertet sowie die verfügbare Kapazität aus den verschiedenen Anlagenbestandsgrößen zusammengefaßt.

II. Die Investitionsproblematik eines Rolladengetriebeherstellers

Die vorgestellten generischen Modellstrukturen flexibler Fertigungssysteme sind, wie bereits erwähnt, für praktische Analysen auf einen spezifischen Fall anzupassen. Als Beispiel dient hierfür ein mittelständischer Hersteller von Rolladengetrieben aus Baden-Württemberg.

Das betrachtete Unternehmen beschäftigt insgesamt ca. 150 Mitarbeiter und erzielt rund 50 Mio. DM Jahresumsatz. Es operiert in einer Marktnische eines oligopolistischen Marktes, der zu gleichen Teilen durch die kritischen Erfolgsfaktoren Preis und Lieferzeit geprägt ist. Die vom Markt geforderte Lieferzeit beträgt im Durchschnitt zwei Wochen. Mit Blick auf das Leistungsspektrum bedient der Hersteller zwei Produkt-Markt-Segmente, die beide durch einen Marktanteil von ca. 10% bei einem Marktwachstum von ungefähr 5% per annum gekennzeichnet sind. Neben konjunkturellen Schwankungen müssen vor allem saisonale Schwankungen in Höhe von 20% planerisch berücksichtigt werden. Die Fabrikation der Getriebe erfolgt mit hoher Fertigungstiefe. Dennoch schlagen die Materialkosten mit 50% des Produktwertes zu Buche. Weiterhin stellen die Kosten für Personal und Anlagen sowie die Gemeinkosten in Höhe von 25% die wichtigsten Kostenbestandteile dar. Aus technischer Sicht weist der Produktionsprozeß verschiedene Fertigungs- und Montageschritte auf, wobei hier lediglich die Montagetätigkeiten näher betrachtet werden und Eingang in das Modell finden.

Die Investitionsproblematik des Unternehmens bestand darin, zu überprüfen, ob die Anschaffung eines flexiblen Fertigungssystems zu Montagezwecken wirtschaftlich ist. Aus der Fülle an denkbaren Investitionsalternativen, welche in diesem Fallbeispiel mit Hilfe des Simulationsmodelles bewertet wurden, soll nachfolgend exemplarisch die technisch favorisierte Lösung näher untersucht werden. Zum Vergleich wird dieser Investitionsalternative die bestehende manuelle Anlage gegenübergestellt. Die beiden, mit identischen Kapazitäten ausgelegten Montagealternativen lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Das manuelle Montagesystem entspricht der vorliegenden Fertigungssituation im Unternehmen und besteht aus vier nicht miteinander verketteten Montagestationen, der Vormontage, der anschließenden Montage sowie der Qualitätssicherung und dem Verpackungsbereich. Alle Stationen weisen einen geringen Automatisierungsgrad auf und werden demzufolge weitgehend manuell betrieben.

Hierzu sind 63 angelernte Mitarbeiter in der Montage beschäftigt, welche im Zwei-Schicht-Betrieb erfolgt.

- Das moderne flexible Fertigungssystem beinhaltet ebenfalls vier Bearbeitungsstationen. Die Vormontage wird von fünf verbundenen Industrierobotern übernommen. Während sich die daran anschließende Komplettierung der Getriebe nur teilautomatisiert verrichten läßt, besteht die Qualitätssicherung wiederum aus einer vollautomatisierten, multifunktionalen Prüfstation. Die abschließende Versandstation bleibt unverändert manuell. Neben diesen Arbeitsstationen wird auch die Logistik durch ein fahrerloses Transportsystem und eine vollautomatisierte Teilebereitstellung weitgehend automatisiert.

Eine betriebswirtschaftlich fundierte Beurteilung der verschiedenen Investitionsalternativen im Fallbeispiel mußte neben harten Faktoren, z.B. den Kostenwirkungen, explizit auch weiche Entscheidungskriterien wie Lieferzeit, Flexibilität und Qualität sowie deren Marktwirkung im Sinne des beschriebenen erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses berücksichtigen. Mit dem vorgestellten Simulationsmodell lassen sich dazu verschiedene Szenarien untersuchen und hierbei die Auswirkungen einzelner Einflußgrößen auf die Gesamtwirtschaftlichkeit einer Alternative transparent machen. Die fallspezifische Anpassung des generischen Simulationsmodells auf die Belange des Rolladengetriebeherstellers für die beiden skizzierten Montagesysteme als Vergleichsobjekte erlaubt schließlich eine ökonomische Bewertung der genannten Investitionsalternativen. In einem ersten Schritt werden zu diesem Zweck die beiden alternativen Montagesysteme simuliert und einander gegenübergestellt, wobei der Analysefokus - wie in traditionellen Bewertungsverfahren - zunächst ausschließlich auf die harten Entscheidungskriterien gerichtet ist.

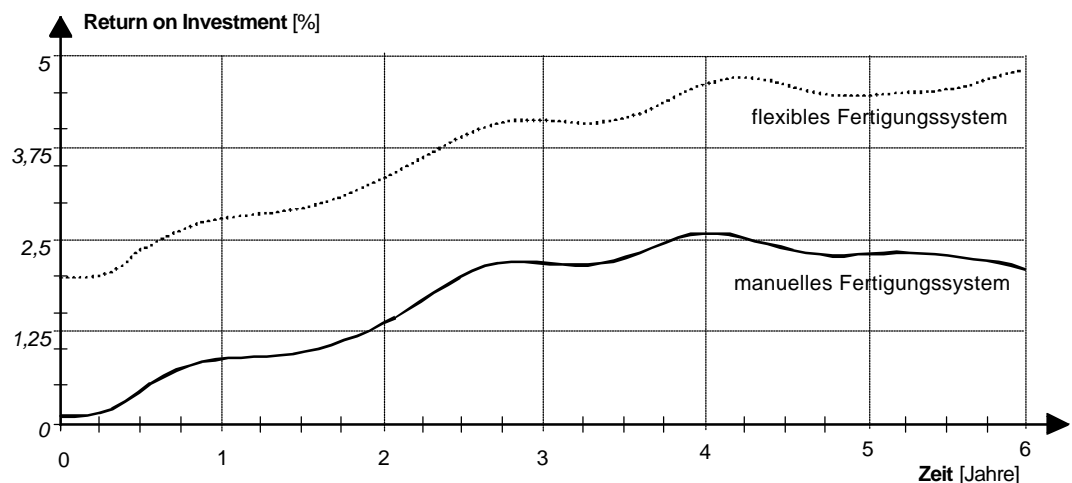
III. Simulationsergebnisse einer traditionellen Wirtschaftlichkeitsanalyse im Fallbeispiel

Der hohe Automatisierungsgrad des flexiblen Fertigungssystems geht einerseits mit einer vergleichsweise höheren Kapitalintensität einher, andererseits führt er zu erheblichen Einsparungen im Personalbedarf von 63 auf 12 Montagemitarbeiter. Demzufolge verändern sich die einzelnen Kostenanteile an den gesamten Herstellkosten, welche für die betrachteten Investitionsalternativen ein vergleichbares Niveau aufweisen. Eine signifikante Änderung läßt sich dabei für die jeweiligen prozentualen Anteile von Anlage- und Personalkosten an den Herstellkosten konstatieren. Insofern sind diese für eine Wirtschaftlichkeitsbeurteilung klassischen

Stils als entscheidungsrelevante Größen zu kennzeichnen, da z.B. die Materialkosten für beide Produktionsvarianten unverändert bleiben.

Im herkömmlichen manuellen Montagesystem schwanken die Personalkosten in einer Bandbreite zwischen 27,5% und 32,5% der gesamten Herstellkosten. Demgegenüber macht sich die geringere Mitarbeiterzahl im Falle einer flexiblen Fertigung insofern deutlich bemerkbar, als der Personalkostenanteil auf lediglich 6,5% der Gesamtkosten absinkt. Dieser starken Verringerung steht eine nur geringe Erhöhung der Anlagekosten gegenüber, die von rund 4% der Herstellkosten bei der manuellen Fertigung auf ca. 10% im automatisierten Montagesystem ansteigen. Die Ursache für diese vergleichsweise moderate Zunahme der relativen Anlagekosten vom manuellen zum automatisierten Montagesystem ist in der hohen Anzahl von 63 erforderlichen Arbeitsplätzen im manuellen System zu sehen. Jeder einzelne Arbeitsplatz ist zwar für sich genommen nicht besonders kapitalintensiv, in summa ergibt sich jedoch ein nicht unerheblicher kumulierter Anlagenwert, welcher sich auf ca. 40% des Wertes für ein flexibles Montagesystem beläuft.

Abb. 7: Vergleich des harten Kriteriums „Return on Investment“ für das manuelle und das flexibel automatisierte Montagesystem



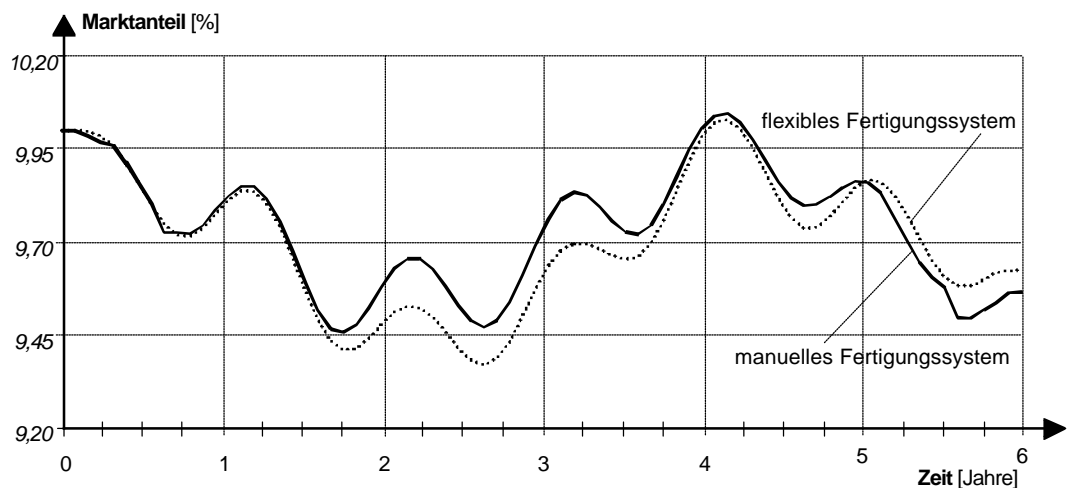
Die skizzierten Kostenstrukturen legen die Hypothese nahe, daß bei ausschließlicher Betrachtung harter Wirtschaftlichkeitskriterien die wesentlich niedrigeren Personalkostenanteile des flexibel automatisierten Montagesystems ausschlaggebend für die ökonomische Vorteilhaftigkeit einer Investition in moderne Fertigungstechnologie sein werden. Abbildung 7 bestätigt diese Vermutung, indem der Return on Investment - stellvertretend für das Gros harter monetärer Erfolgsgrößen - deutlich bessere Ergebniswerte für das flexible Fertigungssystem ausweist als für die konventionelle, von manueller Arbeit geprägte Montagetechnik. Angesichts der vergleichsweise einfachen Produkte und hoher Stückzahlen sowie ein-

gedenk der höheren Automatisierung des modernen Montagesystems ist das bessere Abschneiden der Investitionsalternative „Flexibles Fertigungssystem“ dank ihrer günstigeren Kostenstruktur und kürzerer Durchlaufzeiten durchaus plausibel. Die bislang vorgestellten Simulationsergebnisse, wonach sich eine Investition in flexibel automatisierte Montagetechnik für die Produktionsbedingungen des Fallbeispiels unter „harten“ Rentabilitäts Gesichtspunkten als ökonomisch vorteilhaft erweist, können ohne Zweifel auch mit traditionellen eindimensionalen Investitionsrechenverfahren (siehe Abbildung 3) erzielt werden. Eine Einbeziehung „weicher“ qualitativer Entscheidungskriterien in das Investitionskalkül scheidet bei diesen Ansätzen zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung jedoch aus methodischen Gründen aus. Daß eine solchermaßen erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse mit dem vorgestellten systemdynamischen Ansatz grundsätzlich möglich ist und wie sich dies simulationstechnisch darstellt, zeigen die nachfolgenden Betrachtungen.

Um die von weichen Einflußfaktoren ausgehenden Wirkungen auf die Wirtschaftlichkeit in strategischer Perspektive transparent zu gestalten, bedarf es zunächst der Auswahl eines geeigneten, gut quantifizierbaren Indikators. Im vorliegenden Beispiel wird diesbezüglich der Markterfolg des Unternehmens herangezogen und anhand der Größe Marktanteil des Rolladengetriebeherstellers visualisiert. Mit anderen Worten: die für die Investitionsbeurteilung ebenfalls entscheidungsrelevanten weichen Faktoren wie z.B. die Lieferzeit oder die Qualität werden anhand ihrer mittelbaren Wirkungen auf den Markterfolg als strategische Erfolgsgröße zum Ausdruck gebracht. Folgende Argumentationskette illustriert diesen Zusammenhang exemplarisch (siehe das Kausaldiagramm der Abbildung 5): Kürzere Lieferzeiten sorgen ceteris paribus für eine erhöhte Kundenzufriedenheit und in der Folge für eine verbesserte Auftragssituation. Dieser Tatbestand schlägt sich seinerseits in einer Steigerung des strategischen Erfolgsfaktors „Marktanteil“ nieder.

Abbildung 8 zeigt den Marktanteilsverlauf der betrachteten Unternehmung. Für beide Montagesysteme verläuft der Kurvenzug dabei über weite Zeitabschnitte annähernd auf gleicher Höhe, wobei der Einsatz moderner Fertigungstechnologie langfristig gesehen einen tendenziell höheren Marktanteil verspricht. Mit Blick auf die Produktionsbedingungen des Fallbeispiels bestätigt dieses Simulationsergebnis somit, daß die Vorteilhaftigkeit des flexibel automatisierten Fertigungssystems hinsichtlich der harten Entscheidungskriterien auch bei einer Einbeziehung der Wirkungen weicher Faktoren nicht in Frage gestellt wird.

Abb. 8: Vergleich der Wirkung weicher Kriterien anhand des Marktanteils für das manuelle und das flexibel automatisierte Montagesystem



Um eine korrekte Interpretation der Kurvenverläufe in Abbildung 8 sicherzustellen, muß auf einen Tatbestand *expressis verbis* hingewiesen werden. Dem vorgestellten Szenario liegt u.a. die Annahme zugrunde, daß die in das Investitionskalkül einfließenden weichen Entscheidungskriterien wie Qualität, Flexibilität oder Mitarbeiterzufriedenheit simulationstechnisch zwar erfaßt und wirksam sind, sie jedoch in der Intensität ihrer Wirkeinflüsse bei den betrachteten Investitionsalternativen nicht signifikant voneinander abweichen. Mit anderen Worten: Die Wirkungen der für moderne flexible Fertigungssysteme charakteristischen strategischen Potentiale in puncto Flexibilität, Qualität und humaner Produktion (siehe Abbildung 1) werden in diesem Simulationslauf zunächst noch ausgeblendet, um einen aussagefähigen Ergebnisvergleich im Sinne der hier unterstellten traditionellen Wirtschaftlichkeitsanalyse zu gewährleisten. Damit wird zugleich deutlich, warum in Abbildung 8 nur marginale Verbesserungen des Markterfolges bei einer Investition in flexibel automatisierte Fertigungstechnologie zu verzeichnen sind.

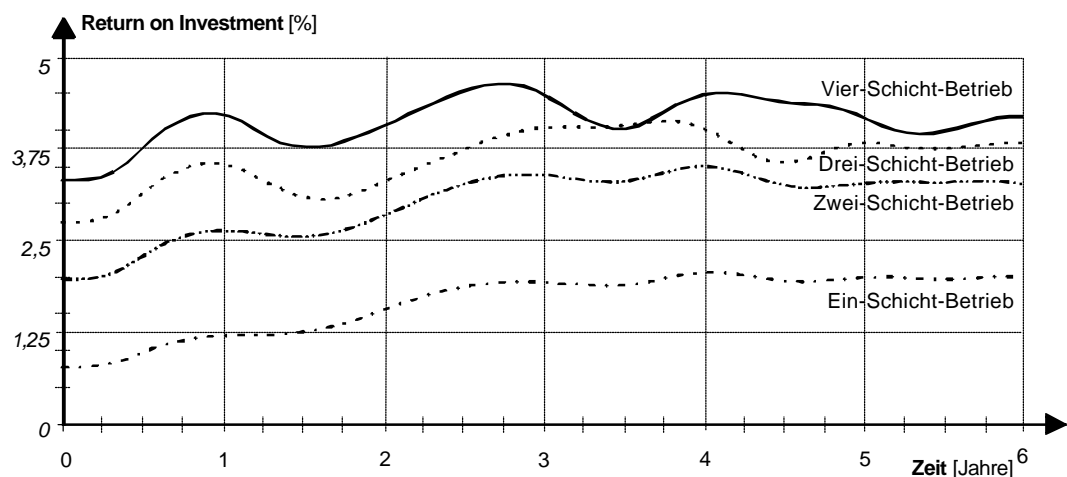
Das eigentliche Leistungsvermögen des entwickelten integrierten, systemdynamischen Ansatzes zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme kommt daher erst in einem nächsten Schritt zum Tragen, wenn nämlich die genannten strategischen Einflußfaktoren explizit Gegenstand einer erweiterten ökonomischen Evaluierung werden.

IV. Simulationsergebnisse einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse im Fallbeispiel

Die vorgestellte Modellkonzeption eröffnet eine Vielzahl an Möglichkeiten, um eine differenzierte Analyse der Auswirkungen weicher Erfolgsgrößen auf die

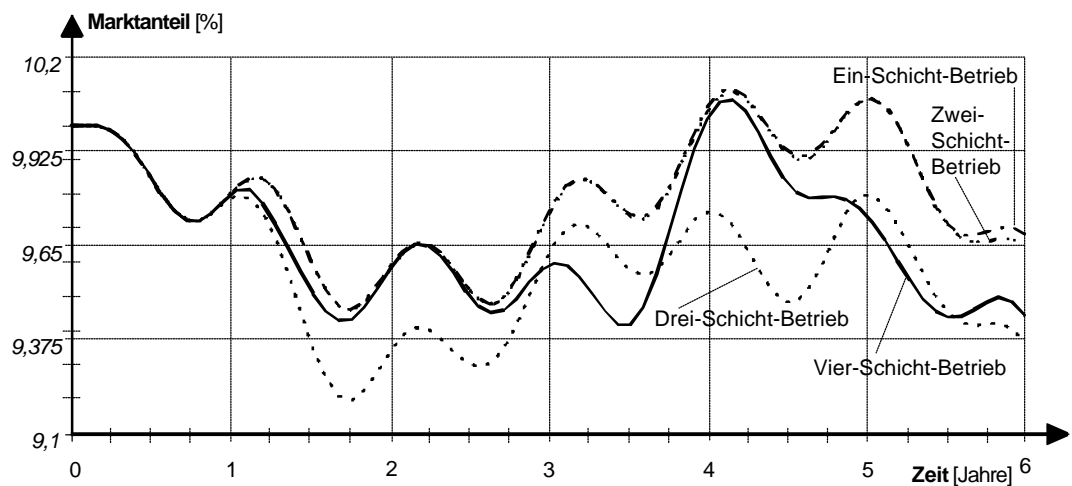
Wirtschaftlichkeit von Investitionen in flexible Fertigungssysteme vorzunehmen. Stellvertretend für die vielfältigen Optionen wird nachfolgend der Einfluß alternativer Betriebs- und Arbeitszeitmodelle als wesentliches Gestaltungsmittel des Flexibilitätsgenerators „Personal“ näher beleuchtet. Im Fallbeispiel zu untersuchen war dabei die aus technischen Gründen favorisierte flexibel automatisierte Montagesystemvariante unter den Bedingungen von Ein- und Mehr-Schicht-Betrieb.

Abb. 9: Vergleich des harten Kriteriums „Return on Investment“ verschiedener Schichtmodelle



Eine Ausweitung der Anlagenlaufzeiten bei Mehr-Schicht-Betrieb schlägt sich unter anderem in einem signifikanten Rückgang des zu Produktionszwecken erforderlichen Kapazitätsbedarfes nieder. Um dieselbe Ausbringungsmenge montieren zu können, ist mit steigender Schichtzahl weniger Montagekapazität erforderlich. Somit müßte die daraus resultierende geringere Anlagenkapazität zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit führen, denn dem Rückgang der Kosten für das verminderte Kapazitätswolumen steht lediglich eine relativ geringe Zunahme der Personalkosten entgegen, die durch Schichtzulagen hervorgerufen wird. Legt man analog einer Wirtschaftlichkeitsbeurteilung im traditionellen Stil zunächst wiederum den harten Erfolgsindikator Return on Investment zugrunde, ergibt sich das in Abbildung 9 dargestellte Bild. Danach bestätigen die Verläufe der Rentabilitätsgröße die formulierte Hypothese nicht in vollem Umfange. Zwar trifft die Annahme höherer Renditen bei zunehmender Schichtanzahl noch für das Ein- und Zwei-Schicht-Modell über die gesamte Laufzeit hinweg zu; im Drei- und Vier-Schicht-Betrieb treten hingegen größere Schwankungen und geringere Abstände der Renditeverläufe auf, die sich sogar an einer Stelle kreuzen und hier für kurze Zeit die Drei-Schicht-Variante als die vorteilhafteste Investitionsalternative ausweisen.

Abb. 10: Vergleich der Wirkung weicher Kriterien anhand des Marktanteils verschiedener Schichtmodelle



Die Erklärung hierfür liegt in den weichen Faktoren begründet, welche zu unterschiedlichem Markterfolg führen. Abbildung 10 weist diesbezüglich die Verläufe des Marktanteils für die alternativen Schicht-Modelle aus. Hierbei ist eine Umkehrung der Vorzugswürdigkeit einzelner Arbeitszeitmodelle im Vergleich zu den in Abbildung 9 dargestellten Kurvenzügen des Return on Investment zu beobachten. Aus Sicht der strategisch bedeutsamen Größe „Marktanteilsvolumen“ schneidet nun das Ein-Schicht-Modell am besten ab. Während die Marktanteilsentwicklung im Ein- und Zwei-Schicht-Modell noch nahezu identisch verläuft, ergeben sich beim Drei- und Vier-Schicht-Modell signifikante Marktanteilseinbußen. Diese resultieren aus zu langen Lieferfristen in Zeiten voller Kapazitätsauslastung. Mit anderen Worten: Bei auftretenden Produktionsengpässen wird die vom Kunden akzeptierte Lieferzeit überschritten, was eine negative Marktreaktion zur Folge hat. Die eigentliche Ursache hierfür ist letztlich in nicht oder nur eingeschränkt vorhandenen Flexibilitätspotentialen des Drei- respektive des Vier-Schicht-Modells zu suchen. Während im Drei-Schicht-Modell weder die Werktage noch die Wochenenden zur Abarbeitung von Auftragsüberhängen genutzt werden können, kann das Vier-Schicht-Modell Auftragsbestände durch die Ausnutzung sämtlicher Wochentage schneller abarbeiten und schneidet demzufolge tendenziell besser ab. Die in den beschriebenen Marktanteilsverlusten zum Ausdruck kommende Wirkung weicher Faktoren nimmt via zurückgehender Umsatzvolumina letztlich auch Einfluß auf die in Abbildung 9 ausgewiesene Entwicklung der Renditen. Damit wird deutlich, warum der Return on Investment für die verschiedenen Betriebszeitmodelle mit zunehmender Schichtanzahl lediglich unterproportional ansteigt, was sich in den geringer werdenden Abständen der Rentabilitätsverläufe zueinan-

der widerspiegelt. Nur durch eine zeitgleiche Berücksichtigung von harten und weichen Entscheidungsfaktoren läßt sich folglich eine gesicherte Investitionsempfehlung unter einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsperspektive aussprechen. Wird neben dem monetären Erfolg z.B. der strategischen Ressource Flexibilität eine hohe Bedeutung beigemessen, liegt in dem betrachteten Fallbeispiel die Vorzugswürdigkeit des Vier-Schicht-Modells auf der Hand. Darüber hinaus lassen die Simulationsergebnisse Gestaltungsempfehlungen zu, in welchen Zeiträumen die Flexibilitätpotentiale erhöht werden müssen, um unerwünschte negative Marktreaktionen zu vermeiden.

E. Fazit

Die Ergebnisse der Variation eines exemplarisch gewählten Gestaltungsparameters für den weichen Erfolgsfaktor Flexibilität haben deutlich gemacht, daß die Wirtschaftlichkeit flexibler Fertigungssysteme durch isolierte Analysen oder eindimensionale Rechenverfahren nicht problemangemessen ermittelt werden kann. Hierzu ist vielmehr eine ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen einzelner Investitionsentscheidungen im Sinne des skizzierten erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses gleichermaßen notwendig wie zweckmäßig. Um eine in strategischer Perspektive optimale Entscheidungsunterstützung sicherzustellen, bedarf es hierbei zumindest einer Integration der weichen Erfolgsfaktoren Lieferzeit, Qualität, Flexibilität und Mitarbeiterzufriedenheit in das Investitionskalkül.

Mit dem integrierten, systemdynamischen Ansatz zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibel automatisierter Fertigungstechnologie wurde diesbezüglich eine Methodik vorgestellt, welche eine fundierte Entscheidungsunterstützung gewährt, indem sie die Erfassung von interdependenten Wirkungsbeziehungen zwischen den zu berücksichtigenden Zielgrößen und Einflußfaktoren ebenso ermöglicht wie die Offenlegung der daraus resultierenden, vielfach zeitverzögert auftretenden Folgewirkungen. Darüber hinaus lassen sich wichtige Erkenntnisse für verschiedene, der eigentlichen Investition in flexibel automatisierte Fertigungstechnologie vorgelagerte Fragestellungen ableiten, so z.B. für bereits fixierte Make-or-Buy-Entscheidungen. Die Ergebnisse einer erweiterten Wirtschaftlichkeitsanalyse in der beschriebenen Form machen ferner potentielle Diskrepanzen zwischen strategischen Investitionsbedarfen und -möglichkeiten transparent, was nicht zuletzt Anstoß für eine kritische Überprüfung der gewählten Fertigungstiefe sein kann.

Schließlich erlaubt der vorgestellte integrierte, systemdynamische Lösungsansatz grundsätzlich Erweiterungen der (generischen) Modellstruktur dergestalt, daß weiterreichende produktionsstrategische Fragestellungen im Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung fallspezifisch in alternativen Szenarien untersucht werden können. Zu denken wäre hier z.B. an eine differenziertere Ausgestaltung des Modellsektors „Leitstand“ hinsichtlich zentraler oder dezentraler Arbeitsverteilung. Des weiteren ließe sich beispielsweise überprüfen, ob bzw. inwieweit Unterschiede in den quantitativen und qualitativen Ergebniswirkungen auftreten, wenn eine Ad-hoc-Einführung, ein stufenbezogenes Umsetzen oder die Wahl verschiedener Einführungszeitpunkte der einzelnen Fertigungssysteme erfolgt.

Literatur

- Angelis, D.I.; Lee, C.-Y. (1996): Strategic Investment Analysis Using Activity Based Costing Concepts and Analytical Hierarchy Process Techniques. In: International Journal of Production Research 34, 1996, 5, S. 1331-1345.
- Azzone, G.; Bertele, U. (1989): Measuring the Economic Effectiveness of Flexible Automation: A New Approach. In: International Journal of Production Research 27, 1989, 5, S. 735-746.
- Bakken, B.; Gould, J.; Kim, D. (1994): Experimentation in Learning Organizations: A Management Flight Simulator Approach. In: Morecroft, J.D.W.; Sterman, J.D. (Hrsg.): Modeling for Learning Organizations. Portland 1994, S. 243-266.
- Bauer, S. (1992): Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in der flexibel automatisierten Serienmontage. Düsseldorf 1992.
- Behrbohm, P. (1985): Flexibilität in der industriellen Produktion. Frankfurt 1985.
- Bertalanffy, L.v. (1969): General Systems Theory. New York 1969.
- Boothroyd, G.; Dewhurst, P.; Knight, W. (1994): Product Design for Manufacture and Assembly. New York u.a. 1994.
- Canada, J.R.; Sullivan, W.G. (1989): Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems. Englewood Cliffs 1989.
- Coyle, R.G. (1996): System Dynamics Modelling. A Practical Approach. London u.a. 1996.
- Currie, W.L. (1994): The Strategic Management of Advanced Manufacturing Technology. London 1994.
- Dassen, A. (1993): Entscheidungsunterstützung für Investitionen in flexible Fertigungssysteme (FFS). Berlin 1993.
- Fine, C.H. (1990): Developments in Manufacturing Technology and Economic Evaluation Models. Cambridge/Mass. 1990.
- Forrester, J.W. (1961): Industrial Dynamics. Cambridge/Mass. 1961.
- Gilmore, J.; Pine B.J. (1997): Massenproduktion - auf Kunden zugeschnitten, in: Harvard Business manager 19, 1997, 4, S. 105-113.
- Götze, U.; Bloech, J. (1995): Investitionsrechnung. 2. Aufl., Berlin u.a. 1995.
- Greschner, J. (1996): Lernfähigkeit von Unternehmen. Frankfurt/M. u.a. 1996.

- Hansmann, K.-W. (1997): *Industrielles Management*. 5. Aufl., München, Wien 1997.
- Hoitsch, H.-J.; Backes, M. (1992): Die ökonomische Bewertung strategischer Investitionen im CIM-Bereich. In: *Journal für Betriebswirtschaft* 42, 1992, 1, S. 41-56.
- Hopfmann, L. (1989): *Flexibilität im Produktionsbereich*. Frankfurt/M. u.a. 1989.
- Horváth, P.; Kleiner, F.; Mayer, R. (1987): Dynamische Investitionsrechnung für flexibel automatisierte Werkzeugmaschinen. In: *DBW* 47, 1987, 1, S. 69-84.
- Hutchinson, G.K.; Holland, J.R. (1982): The Economic Value of Flexible Automation. In: *Journal of Manufacturing Systems* 1, 1982, 2, S. 215-228.
- Hwang, C.-L.; Yoon, K. (1981): *Multiple Attribute Decision Making. Methods and Applications*. Berlin u.a. 1981.
- Ishikawa, K. (1994): *Guide to Quality Control*. 2. Aufl., 12. Printing, New York 1994.
- Kaplan, R.S. (1986): CIM-Investitionen sind keine Glaubensfrage. In: *Harvard manager* 8, 1986, 3, S. 78-85.
- Klaue, T. (1990): *Kosten und Nutzen der industriellen Flexibilität*. Baden-Baden 1990.
- Krinsky, I.; Miltenburg, J. (1991): Alternate method for the justification of advanced manufacturing technologies. In: *International Journal of Production Research* 29, 1991, 5, S. 997-1015.
- Kumar, V.; Murphy, S.A.; Loo, S.C.K. (1996): An Investment Decision Process: The Case of Advanced Manufacturing Technologies in Canadian Manufacturing Firms. In: *International Journal of Production Research* 34, 1996, 4, S. 947-958.
- Lane, D.C.; Smart, C. (1996): Reinterpreting 'Generic Structure': Evolution, Application and Limitations of a Concept. In: *System Dynamics Review* 12, 1996, 2, S. 87-120.
- Meredith, J.R.; Hill, M.M. (1987): Justifying New Manufacturing Systems: A Managerial Approach. In: *Sloan Management Review* 28, 1987, Summer, S. 49-61.
- Meredith, J.R.; Suresh, N.C. (1986): Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies. In: *International Journal of Production Research* 24, 1986, 4, S. 1043-1057.
- Moroff, G. (1993): *Werkzeugmaschinen in der industriellen Produktion*. Berlin 1993.
- Paich, M. (1985): Generic Structures. In: *System Dynamics Review* 1, 1985, S. 126-132.
- Pfeiffer, W.; Weiß, E.; Strubl, Chr. (1994): *Systemwirtschaftlichkeit*. Göttingen 1994.
- Reichwald, R.; Höfer, C.; Weichselbaumer, J. (1996): *Erfolg von Reorganisationsprozessen. Leitfaden zur strategieorientierten Bewertung*. Stuttgart 1996.
- Ruth, M.; Hannon, B. (1997): *Modeling Dynamic Economic Systems*. New York 1997.
- Schlingensiepen, J. (1987): Wirtschaftlichkeitsrechnung und kostenrechnerische Kalküle für flexible Fertigungssysteme. In: *Kostenrechnungspraxis* 31, 1987, 5, S. 179-186.
- Schneeweiß, C. (1991): *Planung 1. Systemanalytische und entscheidungstheoretische Grundlagen*. Berlin u.a. 1991.
- Sethi, A.K.; Sethi, S.P. (1990): Flexibility in Manufacturing: A Survey. In: *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 2, 1990, S. 289-328.
- Son, Y.K. (1993): Simulation-based Manufacturing Accounting for Modern Management. In: *Journal of Manufacturing Systems* 12, 1993, 5, S. 417-427.
- Spengler, T.; Geldermann, J.; Rentz, O. (1997): Multikriterielle Entscheidungsverfahren zur ganzheitlichen Bewertung von Investitionsalternativen. In: *ZfP* 8, 1997, 8, S. 55-79.
- Stevenson, W.J. (1996): *Production/Operations Management*. 5. Aufl., Chicago 1996.

- Swamidass, P.M.; Waller, M.A. (1990): A Classification of Approaches to Planning and Justifying New Manufacturing Technologies. In: Journal of Manufacturing Systems 9, 1990, S. 181-193.
- Tempelmeier, H.; Kuhn, H. (1992): Flexible Fertigungssysteme. Berlin u.a. 1992.
- VDMA/ZVEI (Hrsg., 1987): So beurteilen Sie Investitionen in rechnergestützte Fertigungssysteme. Frankfurt/M. 1987.
- Warnecke, H.-J. (Hrsg., 1996): Die Montage im flexiblen Produktionsbetrieb. Berlin u.a. 1996.
- Wildemann, H. (1987): Investitionsplanung und Wirtschaftlichkeitsrechnung für flexible Fertigungssysteme (FFS). Stuttgart 1987.
- Wildemann, H. (1994): Strategische Investitionsplanung für neue Produktionstechnologien. In: Corsten, H. (Hrsg.): Handbuch Produktionsmanagement. Wiesbaden 1994, S. 293-310.
- Yoon, K.; Hwang, C.-L. (1995): Multiple Attribute Decision Making: An Introduction. Thousand Oaks 1995.
- Zahn, E. (1972): Systemforschung in der Bundesrepublik Deutschland. Göttingen 1972.
- Zahn, E.; Foschiani, S.; Greschner, J. (1992): Systeme zur Unterstützung der strategischen Planung von Produktionssystemen. In: VDI-Zeitschrift 134, 1992, 6, S. 32-39.
- Zahn, E.; Schmid, U. (1996): Produktionswirtschaft I: Grundlagen und operatives Produktionsmanagement. Stuttgart 1996.
- Zahn, E.; Schmid, U. (1997): Produktionswirtschaft im Wandel. In: WiSt 26, 1997, 9, S. 455-460.
- Zangemeister, C. (1993): Erweiterte Wirtschaftlichkeits-Analyse. Dortmund 1993.
- Zäpfel, G.; Piekarz, B. (1996): Supply Chain Controlling. Wien 1996.
- Zimmermann, H.-J.; Gutsche, L. (1991): Multi-Criteria Analyse. Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzung. Berlin u.a. 1991.

Anmerkungen

- 1 Vgl. Zahn/Schmid, 1997, S. 455ff.
- 2 Vgl. Gilmore/Pine, 1997.
- 3 Vgl. Behrbohm, 1985, S. 162.
- 4 Vgl. Tempelmeier/Kuhn, 1992, S. 18.
- 5 Zäpfel/Piekarz, 1996, S. 41.
- 6 Sethi/Sethi, 1990, S. 295.
- 7 Vgl. Zahn/Schmid, 1996, S. 152.
- 8 Vgl. Wildemann, 1987, S. 19; ähnlich auch Canada/Sullivan, 1989, S. 60.
- 9 Vgl. Hopfmann, 1989, S. 45.
- 10 Stevenson, 1996, S. 188.
- 11 Vgl. Zahn/Schmid, 1996, S. 136.
- 12 Nach Reichwald/Höfer/Weichselbaumer, 1996, S. 34.
- 13 Zu dieser Konzeption und dem Phasenschema siehe Kumar et al., 1996, S. 950ff.
- 14 Vgl. Tempelmeier/Kuhn, 1992, S. 22.
- 15 Vgl. Pfeiffer/Weiß/Strubl, 1994, S. 4 und S. 143ff.
- 16 Vergleichbar argumentieren auch Angelis/Lee, 1996, S. 1344.
- 17 Vgl. Wildemann, 1994, S. 295.
- 18 Vgl. Hansmann, 1997, S. 145.

- 19 Vgl. Wildemann, 1987, S. 14ff.
- 20 Zu dieser Problemstellung siehe exemplarisch Hwang/Yoon, 1981; Schneeweiß, 1991, S. 107ff. und S. 291ff.; Zimmermann/Gutsche, 1991, S. 21ff. und S. 34ff. oder Yoon/Hwang, 1995.
- 21 Vgl. Götze/Bloech, 1995, S. 135.
- 22 Vgl. Spengler/Geldermann/Rentz, 1997, S. 68.
- 23 Vgl. Wildemann, 1987, S. 161ff.
- 24 Vgl. Wildemann, 1994, S. 298ff.
- 25 Vgl. Ishikawa, 1994, S. 18ff.
- 26 Greschner, 1996, S. 194.
- 27 Vgl. Zahn/Foschiani/Greschner, 1992, S. 33.
- 28 Vgl. Moroff, 1993, S. 310.
- 29 Vgl. Reichwald/Höfer/Weichselbaumer, 1996, respektive Angelis/Lee, 1996.
- 30 Siehe stellvertretend Kumar/Murphy/Loo, 1996, S. 954f.
- 31 Vgl. Bauer, 1992, S. 21ff.
- 32 Siehe hierzu originär Bertalanffy, 1969, sowie für einen Überblick über die Systemforschung Zahn, 1972.
- 33 Zu den Grundlagen und Anwendungsfeldern von System Dynamics siehe originär Forrester, 1961; der gegenwärtige „State of the art“ läßt sich beispielsweise Coyle (1996) oder Ruth/Hannon (1997) entnehmen.
- 34 Siehe das Anforderungsprofil des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) in Bauer, 1992, S. 30.
- 35 Siehe nochmals Kumar et al., 1996, S. 950ff.
- 36 Einen Überblick über das Verbundforschungsprojekt vermittelt Warnecke (Hrsg., 1996).
- 37 Zu den Prinzipien und Gestaltungsmerkmalen generischer Strukturen siehe Paich, 1985, S. 126ff.; Bakken/Gould/Kim, 1994, S. 247ff. und Lane/Smart, 1996, S. 87ff.

Investitionsentscheidungen in flexible Fertigungssysteme

-

Ein integrierter, systemdynamischer Bewertungsansatz

Zusammenfassung

Wirtschaftlichkeitsbeurteilungen von Investitionen in flexibel automatisierte Fertigungstechnologie verkörpern ein komplexes Managementproblem, dessen wettbewerbsstrategische Dimension zwar erkannt, jedoch mangels geeigneter Entscheidungsunterstützungsinstrumente in der betrieblichen Praxis allzu häufig vernachlässigt wird. Traditionelle ein- und mehrdimensionale Modelle zur Investitionsrechnung stoßen hier ebenso an methodische Grenzen wie die ausschließliche Verwendung qualitativer Beschreibungsverfahren. Abhilfe versprechen Mehrstufen- oder Mehrebenenmodelle, welche dem Leitgedanken eines strategisch erweiterten Wirtschaftlichkeitsverständnisses folgen. Vor diesem Hintergrund wurde ein integrierter, systemdynamischer Bewertungsansatz für komplexe Investitionen in flexible Fertigungssysteme entwickelt. Das Leistungspotential dieser Methodik wird dabei anhand eines Fallbeispiels illustriert.

Summary

Justifying investment in Advanced Manufacturing Technology has proved to be a rather complex issue for production management. Although being aware of its strategic character, practitioners not seldom seem to neglect that aspect in their decision calculus due to inappropriate management support methods. Conventional approaches for investment justification on the one hand are focusing exclusively on „hard“ decision criteria like costs or paybacks, whereas qualitative methods such as scoring models on the other hand emphasize „soft“ investment variables while lacking precise quantification of the hard ones. Some methodical progress has been made by merging these traditional approaches into multi-perspective or multi-layer frameworks in order to strengthen the strategic dimension of investment decision processes. Against this background an integrated, systemic, and dynamic approach for evaluating complex investments in Flexible Manufacturing Systems has been developed and is presented in this article. The results of an investment case study are rounding off the findings by putting them into a practical perspective.