

Drexl, Andreas; Kolisch, Rainer; Sprecher, Arno

Working Paper — Digitized Version

Koordination und Integration im Projektmanagement - Aufgaben und Instrumente

Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 443

Provided in Cooperation with:

Christian-Albrechts-University of Kiel, Institute of Business Administration

Suggested Citation: Drexl, Andreas; Kolisch, Rainer; Sprecher, Arno (1997) : Koordination und Integration im Projektmanagement - Aufgaben und Instrumente, Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, No. 443, Universität Kiel, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/149845>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Manuskripte
aus den
Instituten für Betriebswirtschaftslehre
der Universität Kiel

No. 443

**Koordination und Integration im Projekt-
management — Aufgaben und Instrumente**

Andreas Drexel / Rainer Kolisch / Arno Sprecher



Manuskripte
aus den
Instituten für Betriebswirtschaftslehre
der Universität Kiel

No. 443

**Koordination und Integration im Projekt-
management — Aufgaben und Instrumente**

Andreas Drexl / Rainer Kolisch / Arno Sprecher

April 1997

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die gewährte Unterstützung.

Prof. Dr. *Andreas Drexl*, Dr. *Rainer Kolisch*, Dr. *Arno Sprecher*, Lehrstuhl für Produktion und Logistik, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 40, 24118 Kiel

email: Drexl@bwl.uni-kiel.de
Kolisch@bwl.uni-kiel.de
Sprecher@bwl.uni-kiel.de

URL: <http://www.wiso.uni-kiel.de/bwlinstitute/Prod>
<ftp://ftp.wiso.uni-kiel.de/pub/operations-research>

1 Einleitung

Aus der zunehmenden Komplexität von Unternehmen hinsichtlich Größe, Leistungserstellung und -verwertung ergibt sich in der Regel die Notwendigkeit der Zerlegung in wirtschaftlich — mehr oder weniger — selbständig operierende Einheiten (zum Beispiel Abteilungen, Divisions, Cost- oder Profit-Center). Mit dieser sogenannten Divisionalisierung können Entscheidungsprobleme am Ort der Entstehung gelöst werden; Kosten für und Verzögerungen durch einen Informationstransfer entfallen.

Ein uneingeschränkter Nutzen ergibt sich aus der Divisionalisierung allerdings nur dann, wenn die Interessen der (dezentralen) Entscheidungsträger mit denen des Unternehmens harmonisieren und zudem die Interdependenzen der Einheiten vernachlässigbar sind. Gibt man diese Annahme realistischerweise auf, so können neben den lokalen Problemen der zielgerichteten Ressourceneinsatzplanung (zum Beispiel Personaleinsatzplanung, Maschinenbelegungsplanung, etc.) globale Organisations- bzw. Anreizprobleme entstehen:

- Die zur Verfügung stehenden Betriebsmittel (Ressourcen) des Unternehmens sind durch die Zentrale (Instanz) auf die einzelnen dezentralen Einheiten (Agenten) zu verteilen. Die sich hieraus ergebende Problematik, etwa die Einschränkung des Handlungsspielraums und -fähigkeit der Einheiten, ist Gegenstand der *Ressourcenallokation*.
- Die den dezentralen Einheiten zugewiesenen Betriebsmittel sind den Zielsetzungen des Unternehmens entsprechend einzusetzen. Es entstehen Probleme der Gestaltung von Anreizen und Verträgen. Diese werden in der *Prinzipal-Agenten-Theorie* behandelt.¹
- Nach bereits erfolgter Allokation der Ressourcen auf die dezentralen Einheiten verbleibt das Problem der *Koordination des Ressourceneinsatzes*.

Die Bedeutung der Problematik wird verstärkt, wenn nicht die Bearbeitung von Daueraufgaben, sondern Projekte, d.h. einmalige, zeitlich, sachlich und räumlich begrenzte Sonderaufgaben, Gegenstand der Leistungserstellung sind. Zusätzliches Gewicht gewinnt die Betrachtung der Problematik vor dem Hintergrund schlanker Produktionskonzepte, wenn knappe Ressourcen den organisatorischen Spielraum (Schlupf) verringern sowie „Outsourcing“ und „Downsizing“-Entscheidungen zur Kooperation mit anderen Unternehmen verpflichten.²

Die folgenden Ausführungen zeigen, welchen Beitrag die Koordinations- und Integrationsmechanismen des Projektmanagements zur effizienten Abwicklung arbeitsteiliger Prozesse leisten können. Im einzelnen gehen wir dabei wie folgt vor: Abschnitt 2 skizziert zunächst die Grundlagen des Projektmanagements. Abschnitt 3 präzisiert die Begriffe „Interdependenz“, „Koordination“ und „Integration“. Ferner wird eine Taxonomie von Koordinationswirkungen des Projektmanagements vorgestellt. Abschnitt 4 präsentiert die Annahmen eines formalen Modells zur Unterstützung des Projektmanagements bei der Lösung der Koordinations- und Integrationsaufgaben. Mögliche Koordinations- und Integrationsmechanismen werden in Abschnitt 5 an Beispielen verdeutlicht. Abschließende Bemerkungen folgen in Abschnitt 6.

¹Vgl. hierzu — aus der Fülle vorliegender Publikationen — lediglich die neuere Arbeit von Pfaff/Leuz (1995) und die dort angegebene Literatur.

²Picot/Reichwald (1994) gehen in diesem Zusammenhang der Frage nach der ‘Auflösung’ von Unternehmen nach.

2 Grundlagen des Projektmanagements

Ein Projekt ist ein einmaliges, zeitlich, sachlich und räumlich begrenztes Vorhaben, das unter Verwendung knapper Ressourcen durchzuführen ist. Projektaufgaben sind in der Regel relativ komplex und erfordern funktionsübergreifendes Wissen. Die Maßnahmen zur Durchführung eines Projektes werden unter Projektmanagement subsumiert. Planung, Steuerung und Kontrolle von Aufgaben, Personal und Betriebsmitteln im Sinne der Projektziele bilden die Schwerpunkte. Aus der ursprünglichen Anwendung des Projektmanagements im technischen Bereich, zum Beispiel zur Abwicklung von Großbauprojekten, hat sich ein breites Anwendungsspektrum entwickelt. Projekte zur Reorganisation, zur Entwicklung und Implementation von Informationssystemen sowie zur Kundenauftragsfertigung seien exemplarisch genannt. Zusammenfassend läßt sich Projektmanagement als Führungskonzept zur Abwicklung komplexer, in der Regel einmaliger Vorhaben interpretieren. Im wesentlichen besteht das Projektmanagement aus einer funktionellen, einer institutionellen und einer personellen Komponente:³

- Das *funktionelle* Projektmanagement definiert Projektgegenstand, -aufgaben und -ziele. Als integraler Bestandteil bestimmt die Prozeß- bzw. Ablauforganisation⁴ die einzusetzenden Instrumente sowie die Reihenfolge und den Zeitpunkt der Bearbeitung der Aufgaben.
- Das *institutionelle* Projektmanagement ordnet den Projektträgern Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortung zu und konstituiert somit die projektinterne Aufbauorganisation. Mit der Definition der Schnittstellen zwischen dem Projekt und der übergeordneten Organisationseinheit wird die projektexterne Aufbauorganisation festgelegt.
- Das *personelle* Projektmanagement definiert, basierend auf den Projektaufgaben, die Anforderungsprofile der Projektträger und Maßnahmen zur Abdeckung der Anforderungen. Unter Berücksichtigung der Unternehmenskultur wird die Projektkultur durch Führungs-, Kooperations- und Verhaltensrichtlinien vorgegeben.

Zentrale Aufgabe des funktionellen Projektmanagements ist das Ressourcenmanagement.⁵ Bezeichnet man nicht nur Betriebsmittel als Ressourcen, sondern zählt man — wie wir es im folgenden tun — zu den Ressourcen auch das Personal, so entstehen Überschneidungen zum Personalmanagement.

In jüngster Zeit hat das „Projektmanagement im Produktionsmanagement“⁶ über die klassischen Anwendungen in der Einzel- und Kleinserienfertigung⁷ hinaus weiter an Bedeutung gewonnen. Ausschlaggebend hierfür sind insbesondere folgende Gründe: Die steigende Differenzierung der Produkte nach Kundenwünschen führt zur Individualisierung der „Produktionsprojekte“ und somit zu einer verstärkten Zunahme der auftragsorientierten (make-to-order) im Vergleich zur lagerorientierten (make-to-stock) Produktion.

Zusammenfassend kann sowohl bei den Anwendungen im industriellen Bereich als auch bei denen im Dienstleistungssektor von „Kundenauftragsfertigung“ gesprochen werden. Das breite

³Vgl. hierzu ausführlicher Krüger (1993); siehe zum Projektmanagement auch Madauss (1990) sowie Moder et al. (1983).

⁴Siehe hierzu Gaitanides (1983), Küpper/Helber (1995) sowie Domschke et al. (1993).

⁵Zur Bedeutung der geeigneten Berücksichtigung beschränkter verfügbarer Ressourcen in der Produktionsplanung und -steuerung und darüber hinaus vgl. v.a. Drexel et al. (1994b) und (1997).

⁶Vgl. Reiß (1995).

⁷Vgl. v.a. Drexel/Kolisch (1993a), (1993b) und (1993c).

Spektrum möglicher Anwendungen⁸ unterstreicht den wachsende Bedarf an fundierten Planungs- und Steuerungsmechanismen zur Unterstützung des Projektmanagements.

Im Hinblick auf den oben eingeführten, weit gefaßten Projektbegriff sind Projektplanung, -steuerung und -kontrolle wesentliche Aufgaben des Projektmanagements. Die Projektplanung beinhaltet das *Timing* der Aktivitäten unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit knapper Ressourcen und vorgegebener Liefertermine. Durch Vorgabe realistischer Soll-Werte entsteht die Grundlage für die Projektsteuerung und -kontrolle.⁹ Gleichzeitig stellt die Projektplanung auch die höchsten methodischen Anforderungen. Einer modellgestützten Durchführung der Koordinations- und Integrationsaufgaben des Projektmanagements kommt eine besondere Bedeutung zu. Modelle und Methoden zum Ressourcenmanagement, d.h. zur Projektplanung bei beschränkt verfügbaren Ressourcen, liegen somit implizit oder explizit Projektmanagement-Systemen¹⁰ und Montageleitständen¹¹ zugrunde. Aus methodischer Sicht sind an die genannten Systeme prinzipiell ähnliche Anforderungen zu stellen.

3 Interdependenz, Koordination und Integration

Interdependenz, Koordination und Integration sind seit langem zentraler Forschungsgegenstand der Betriebswirtschaftslehre. Entsprechend vielfältig und teilweise auch kontrovers werden die genannten Begriffe verwendet. Wir wollen im folgenden von *Interdependenz* sprechen, wenn sich mindestens zwei Entscheidungstatbestände gegenseitig beeinflussen.¹² Als Folge von Interdependenz können Entscheidungstatbestände nicht mehr unabhängig voneinander festgelegt werden. In Anlehnung an *Küpper*¹³ unterscheiden wir Verhaltens- und Sachinterdependenzen. *Verhaltensinterdependenzen* haben ihre Ursache im Verhalten von Personen zueinander; sie sind bei der Mitarbeitersteuerung und -führung von Bedeutung. *Sachinterdependenzen* beschreiben technisch-wirtschaftliche Abhängigkeiten; sie stehen bei der Projektplanung im Vordergrund und werden im weiteren Verlauf unserer Ausführungen primär betrachtet. Wir unterscheiden:¹⁴

- *Zeitliche Interdependenzen* liegen vor, wenn Entscheidungen für eine Periode des Planungszeitraums Entscheidungen für eine andere Periode des Planungszeitraums beeinflussen.
- *Vertikale Interdependenzen* sind zu beachten, wenn technologische Anforderungen Reihenfolgebeziehungen bei der Bearbeitung von Vorgängen oder der Erstellung von Produkten induzieren. Dies gilt insbesondere für mehrstufige Produktionsprozesse.

⁸Zu Anwendungen des Projektmanagements im F&E-Management vgl. *Brockhoff* (1992), im Innovationsmanagement *Hauschildt* (1993) und in konventionellen, ergebnisorientierten PPS-Systemen *Drexel et al.* (1994b). Weitere Anwendungen ergeben sich im Bereich „Business Process Redesign“ (vgl. *Tobias* (1991)) und in der Personaleinsatzplanung (vgl. *Salewski* (1995)).

⁹Zum Projekt-Controlling vgl. *Nandi/Dutta* (1988) sowie allgemein zu Controlling-Konzepten *Küpper* (1995). Während die Projektsteuerung die Operationalisierung des Projektplans zum Gegenstand hat, werden im Rahmen der Projektkontrolle der Projekt-Istzustand erfaßt sowie etwaige Abweichungen vom Soll-Zustand ermittelt und analysiert. Die zentrale Bedeutung der Projektplanung ergibt sich dann unmittelbar.

¹⁰Wie z.B. Artemis Schedule Publisher, CA-Super Project, Microsoft Project, Primavera Project Planner, Project Manager Workbench, Project Scheduler 6 oder Time Line. Ein Marktspiegel zur Projektmanagement-Software wurde von *Dworatschek/Hayek* (1992) erstellt. Ein entscheidungstheoretisch-fundierter Vergleich wurde von *Kolisch/Hempel* (1996) durchgeführt.

¹¹Wie z.B. Jobplan oder PRISMA; vgl. *Drexel et al.* (1994a).

¹²Vgl. *Küpper* (1995), S. 31.

¹³*Küpper* (1995), S. 31 ff.

¹⁴Vgl. hierzu auch *Drexel et al.* (1995) sowie *Küpper* (1995), S. 31 ff.

- *Horizontale Interdependenzen* liegen vor, wenn Vorgänge bzw. Produkte unter Verwendung derselben knappen Ressourcen bearbeitet bzw. erstellt werden.
- *Zielinterdependenzen* sind zu beachten, wenn unterschiedliche Zielsetzungen nicht unabhängig voneinander, das heißt ohne Auswirkung auf das erzielbare Ausmaß der übrigen Zielsetzungen, verfolgt werden können.

Durch Interdependenzen wird die Koordination, d.h. eine Abstimmung der voneinander abhängigen Entscheidungstatbestände notwendig. Ziel ist es, die Entscheidungstatbestände so miteinander zu koordinieren, daß die Unternehmensziele bestmöglichst erreicht werden.¹⁵ In Anlehnung an Koch¹⁶ unterscheiden wir — analog zu der oben erfolgten Differenzierung der sachlichen Interdependenzen — zwischen vertikaler, horizontaler und zeitlicher Abstimmung. Während die Abstimmung von Verhaltensinterdependenzen durch eine kulturorientierte Koordination¹⁷ unter Einsatz von Personalführungsinstrumenten¹⁸ erfolgt, stehen zur Koordination von Sachinterdependenzen u.a. die folgenden Instrumente zur Verfügung:¹⁹ Führungsgrundsätze, Organisationsinstrumente (Standardisierung, Programmierung; Aufgaben und Kompetenzverteilung; formale Kommunikationsstruktur; Koordinationsorgane), Informationsinstrumente (Informationsbedarfsanalyse, integrierte Systeme der Erfolgsrechnung, Kosten- und Leistungsrechnung, Investitionsrechnung, Berichtssysteme), Planungsinstrumente (Einsatz simultaner Planungsinstrumente, sukzessive Planabstimmung, Plananpassung, Kennzahlen- und Zielsysteme, Systeme der Budgetvorgabe, Lenkungspreissysteme) und Kontrollinstrumente (Überwachungsinstrumente, Abweichungsanalyseinstrumente).

In der Projektplanung erfolgt eine Koordination auf der Basis von Planungsmodellen, die wir im folgenden auch als Optimierungsmodelle bezeichnen. Ein solches Planungsmodell bildet die relevanten Entscheidungstatbestände als Variablen und die Interdependenzen entweder in der Zielfunktion (bei Zielinterdependenzen) und/oder in den Nebenbedingungen (bei horizontalen, vertikalen und zeitlichen Interdependenzen) ab. Die Formulierung und die Berechnung einer Lösung eines solchen Optimierungsmodells sind damit eine Ausprägung von Planung, wobei wir Planung als „bewußten geistigen Prozeß, durch den zukünftiges Geschehen gestaltet werden soll“,²⁰ verstehen. Auf der Grundlage einer Lösung erfolgt eine (plangestützte) Koordination.²¹

Die Tatsache, daß ein Koordinationsinstrument Entscheidungstatbestände und deren Interdependenzen berücksichtigt, wird als *Integration* bezeichnet.²² Nach dem Gegenstand der berücksichtigten Entscheidungstatbestände und Interdependenzen wird beispielsweise zwischen Finanz- oder Produktionsplanungsmodellen unterschieden. Sowohl für die Planung innerhalb einer Funktion als auch über die Funktionsgrenzen hinweg steht die explizite Verwendung des Begriffs der „integrierten Planung“ für die Berücksichtigung von Interdependenzen über den üblichen (lokalen) Rahmen hinaus. Beispiele sind die integrierte Finanz- und Erfolgsplanung²³ und die integrierte

¹⁵Vgl. Trautmann (1981), S. 81.

¹⁶Koch (1982), S. 9 ff.

¹⁷Vgl. Rühli (1992).

¹⁸Hierzu zählen nach Küpper (1994, S. 865) Zielvorgaben, Schaffung gemeinsamer Wertvorstellungen, gemeinsame Erwartungsbildung und die Schaffung positiver sozio-emotionaler Beziehungen.

¹⁹Vgl. hierzu auch Kieser/Kubicek (1992), S. 92 sowie Küpper (1994), S. 865 und Küpper (1995), S.25.

²⁰Küpper (1995), S. 59.

²¹Neben dem normativen Wert besitzt jedes Entscheidungsmodell auch eine deskriptive Bedeutung, indem zum einen die Vorstellungen über Interdependenzen offengelegt werden und zum anderen eine Analyse der Interdependenzen ermöglicht wird; vgl. hierzu auch Küpper (1995), S. 39.

²²Damit bewirkt Integration immer Koordination und Koordination macht Integration notwendig.

²³Vgl. Chmielewicz (1972).

Produktionsplanung²⁴.

Zur Einordnung der Koordinationsfunktionen des Projektmanagements verwenden wir im folgenden die Differenzierung von Whang²⁵ hinsichtlich des betrieblichen Bereichs, in dem Interdependenzen berücksichtigt werden. Wir fassen hierzu eine Tätigkeit bzw. einen Vorgang als kleinste, nicht weiter zerlegbare Aufgabe auf:

- *Intrafunktionale Koordination*: Koordination von Tätigkeiten innerhalb einer betrieblichen Funktion
- *Interfunktionale Koordination*: Koordination von Tätigkeiten unterschiedlicher betrieblicher Funktionen
- *Interorganisationale Koordination*: Koordination von Tätigkeiten unterschiedlicher Organisationen

Whang unterscheidet weiter hinsichtlich der Perspektive, aus der die Individuen oder Gruppen von Individuen innerhalb einer Organisation Ziele²⁶ verfolgen:

- *Individual-Perspektive*: Ein Entscheidungsträger lenkt das System. Der Entscheidungsträger verfügt über alle relevanten Informationen. Er setzt Informationen und Ressourcen den Primär- und Sekundärzielen entsprechend ein. Folglich kann Koordination — bei geeigneter Abbildung der Interdependenzen — auf der Basis von Optimierungsmodellen erfolgen.
- *Team-Perspektive*: Mehrere Entscheidungsträger mit gemeinsamen Primärzielen und in der Regel unterschiedlichen Sekundärzielen steuern das System. Die Entscheidungsträger verfügen sowohl über gemeinsame als auch über individuelle Informationen und Ressourcen. Die Informationen und Ressourcen werden vorrangig zur Erreichung der identischen Primärziele und nachrangig zur Verfolgung der Sekundärziele eingesetzt.
- *Kontrakt-Perspektive*: Mehrere Entscheidungsträger mit in der Regel unterschiedlichen Primär- und Sekundärzielen steuern das System. Die Entscheidungsträger verfügen sowohl über gemeinsame als auch über individuelle Informationen und Ressourcen. Informationen und Ressourcen werden unter Berücksichtigung von Vertragsbedingungen den Primär- und Sekundärzielen entsprechend eingesetzt.

Aus der Kombination der drei Koordinationstypen und den drei Perspektiven ergibt sich die in *Abbildung 1* dargestellte Taxonomie von neun unterschiedlichen Koordinations-Perspektive-Beziehungen. In Abschnitt 5 werden wir für die vier mit „⊗“ markierten Koordinations-Perspektive-Beziehungen an Beispielen verdeutlichen, welche Koordinationsmechanismen die quantitative Projektplanung bereitstellt. Abschnitt 6 skizziert anschließend Probleme und Lösungsmöglichkeiten für die übrigen Felder.

²⁴ Vgl. etwa Gillessen (1988).

²⁵ Whang (1995).

²⁶ Zu Zielen und Zielbeziehungen vgl. auch Hauschildt (1977).

Abbildung 1: Koordinations-Perspektiven-Matrix

		Perspektive		
		Individual	Team	Kontrakt
Koordination	Intra-funktional	⊗		
	Inter-funktional	⊗	⊗	
	Inter-organisational	⊗		

4 Modellgestützte Koordination und Integration im Projektmanagement

Im vorangehenden Abschnitt haben wir bereits eine Reihe von Koordinationsinstrumenten genannt. In diesem Abschnitt schaffen wir die Grundlage für die Darstellung quantitativer, d.h. modellgestützter Koordinationsinstrumente. Dazu skizzieren wir ein Modell zur Unterstützung von Koordinations- und Integrationsentscheidungen.

Zunächst wird eine Strukturanalyse durchgeführt. Dabei wird das Gesamtprojekt in einzelne Vorgänge zerlegt und es werden technologische Interdependenzen bzw. Reihenfolgebeziehungen zwischen den Vorgängen ermittelt. Zur graphischen Darstellung von Netzplänen kann z.B. ein vorgangsknoten-orientierter MPM-Netzplan²⁷ gewählt werden. Folgende Annahmen werden getroffen:

- Das Projekt besteht aus J Vorgängen. Vorgang 1 ist der einzige Startvorgang (Quelle) und Vorgang J ist der einzige Endvorgang (Senke).
- Die Reihenfolgebeziehungen werden durch die Mengen der direkten Vorgänger (Nachfolger) \mathcal{P}_j (\mathcal{S}_j) der Vorgänge $j, j = 1, \dots, J$ spezifiziert.
- Das Netzwerk, durch das die Reihenfolgebeziehungen abgebildet werden, ist azyklisch.
- Die Bearbeitung eines Vorgangs j kann erst begonnen werden, wenn alle seine Vorgänger abgeschlossen sind.
- Mit \bar{T} ist eine obere Schranke für die Projektdauer gegeben.
- Jeder Vorgang $j, j = 1, \dots, J$, ist in genau einem von M_j möglichen Ausführungsmodi durchzuführen. Die Ausführung eines Vorgangs j in einem Modus m dauert $d_{j,m}$ Perioden und ist nicht unterbrechbar.

²⁷Zu den Grundlagen der Netzplantechnik vgl. Altrogge, (1994), Domschke/Drexel (1995), Küpper et al. (1975) sowie Schwarze (1994).

- Eine Menge R an erneuerbaren Ressourcen kann durch die Vorgänge gebraucht werden. Die verfügbare Kapazität in Periode $t, t = 1, \dots, \bar{T}$, beträgt $K_{r,t}^\rho$ Einheiten. Wird ein Vorgang j in Modus m durchgeführt, so benötigt er $k_{j,m,r}^\rho$ Einheiten der erneuerbaren Ressource r in jeder Periode, in der er bearbeitet wird.
- Eine Menge N an nicht-erneuerbaren Ressourcen kann durch die Vorgänge verbraucht werden. Die Gesamtkapazität beträgt K_r^ν Einheiten. Wird ein Vorgang j in Modus m durchgeführt, so verbraucht er $k_{j,m,r}^\nu$ Einheiten der nicht-erneuerbaren Ressource r .
- Die Vorgänge sind topologisch sortiert, d.h. kein Vorgang besitzt eine höhere Nummer als einer seiner Vorgänger. Die Modi der Vorgänge sind nach nicht abnehmenden Dauern sortiert.
- Die Parameter werden als ganzzahlig und deterministisch bekannt²⁸ vorausgesetzt.

Die diesen Annahmen zugrundeliegende Problemstellung läßt sich formal als Optimierungsmodell abbilden; es ist im Anhang wiedergegeben. Dort werden auch unterschiedliche Zielfunktionen dargestellt.

5 Verdeutlichung der Koordinations- und Integrationswirkungen

Zur Verdeutlichung der in *Abbildung 1* herausgestellten Koordinations-Perspektive-Beziehungen betrachten wir das folgende, in *Abbildung 2* dargestellte Beispiel. Ein Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung hat einen Kundenauftrag erhalten. Der Vertrieb (V) hat bereits technische Spezifikationen und Lieferkonditionen (Preis, Liefertermin, Pönale) mit dem Kunden ausgehandelt. Damit fallen alle weiteren Aufgaben in die Zuständigkeitsbereiche der Funktionen Entwicklung und Produktion. Im einzelnen sind dies die Aufgaben Konstruktion der Baugruppe 1 (KB1) und der Baugruppe 2 (KB2), die Fertigung der benötigten Teile (FT), die Fertigung der Baugruppe 1 (FB1) und der Baugruppe 2 (FB2) sowie die Montage der Baugruppen und Teile zum Endprodukt (M). Die vertikalen Interdependenzen zwischen den Aufgaben sind durch Pfeile dargestellt. Beispielsweise ist die Herstellung der Baugruppe 2 (FB2) erst nach Fertigstellung der Konstruktion (KB2) möglich. Horizontale Interdependenzen bestehen zwischen den innerhalb einer Funktion durchzuführenden Tätigkeiten, so zum Beispiel zwischen KB1 und KB2. Wir gehen in unserem Beispiel davon aus, daß innerhalb jeder Funktion nur jeweils eine Aufgabe zu einem Zeitpunkt durchgeführt werden kann; erneuerbare Ressourcen stehen also nur mit einer Einheit zur Verfügung, nicht-erneuerbare Ressourcen sind nicht zu betrachten.²⁹ Die Durchlaufdauer der Aufgaben beträgt für M und FB1 jeweils eine Woche, für FT zwei Wochen, für KB2 drei Wochen, für KB1 vier und für FB2 fünf Wochen. Die Länge jeder Aufgabe ist in *Abbildung 2* proportional zu ihrer Dauer dargestellt.

5.1 Intrafunktionale Koordination bei Individual-Perspektive

Unter Vernachlässigung der zwischen den Funktionen bestehenden vertikalen Interdependenzen soll zunächst eine intrafunktionale Koordination bei Individualperspektive erfolgen. Das heißt,

²⁸Zur Behandlung von stochastischen Projektplanungsproblemen vgl. z.B. *Neumann* (1990).

²⁹Wegen $|N| = 0$ erübrigt sich die Unterscheidung zwischen erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Ressourcen. Zur Vereinfachung der Notation vernachlässigen wir daher den Index 'ρ' bei $K_{r,t}^\rho$ und $k_{j,m,r}^\rho$. Analog wird der Modus-Index 'm' nur dann explizit aufgeführt, wenn eine Mehr-Modus-Instanz betrachtet wird.

unter Berücksichtigung intrafunktionaler, vertikaler und horizontaler Interdependenzen, sind die Aufgaben zeitlich so einzuplanen, daß die Durchlaufzeit innerhalb der betrachteten Funktion minimiert wird. *Tabelle 1* und *Tabelle 2* geben die zur Lösung der beiden Planungsaufgaben für die Funktionen Entwicklung und Produktion notwendigen Instanziierungen des im Anhang dargestellten Entscheidungsmodells wieder. S entspricht dabei der geforderten (fiktiven) Senke. Das Ergebnis ist in *Abbildung 3* und *Abbildung 4* dargestellt. Die Durchlaufzeit in der Entwicklung beträgt 7 Wochen, die in der Produktion 9 Wochen.

Abbildung 2: Beispielprojekt

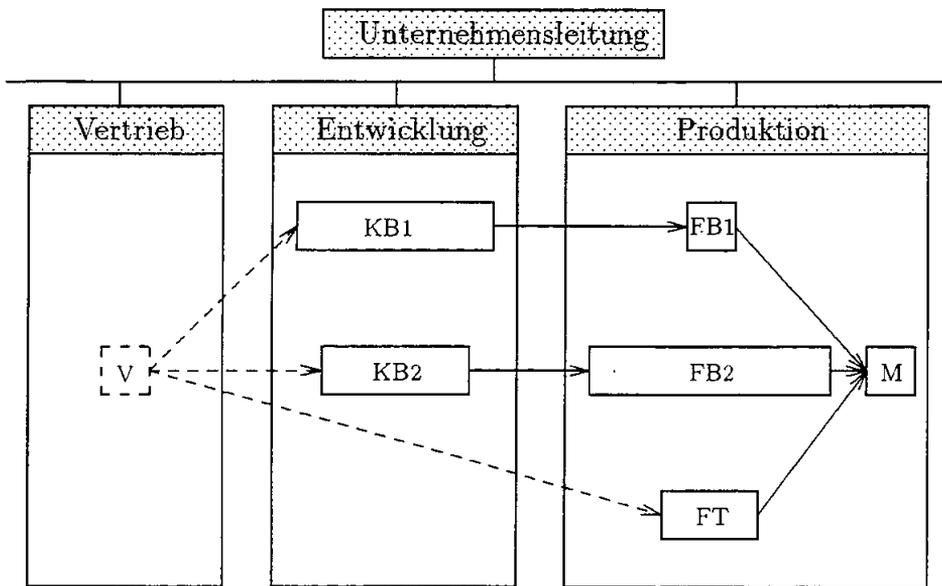
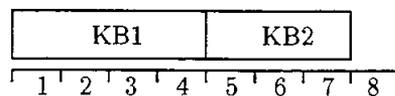


Abbildung 3: Ablauforganisation der Entwicklungsaufgaben bei intrafunktionaler Koordination und Individual-Perspektive



5.2 Interfunktionale Koordination bei Individual-Perspektive

Sollen die im vorigen Abschnitt ermittelten intrafunktionalen Ablaufpläne zu einem alle Funktionen umfassenden Plan erweitert werden, so wird in der Praxis in der Regel die Reihenfolge der Aufgabenbearbeitung innerhalb der Funktionen beibehalten. Die (zuvor nicht berücksichtigten) vertikalen Interdependenzen zwischen den Funktionen erzwingen jedoch eine Verschiebung der Start- und Endzeiten der Aufgaben FB1, FB2 und M in der Produktion. Man erhält den

Abbildung 4: Ablauforganisation der Produktionsaufgaben bei intrafunktionaler Koordination und Individual-Perspektive

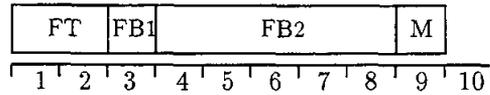


Tabelle 1: Intrafunktionale Koordination bei Individual-Perspektive in der Entwicklung — Modellinstanziierung

j	KB1	KB2	S	
d_j	4	3	0	
\mathcal{P}_j	V	V	KB1, KB2	
$k_{j,1}$	1	1	0	$K_{1,t} = 1, t = 1, \dots, \bar{T}$
$\bar{T}=7, R = 1, \text{Min } Z = \sum_{t=1}^{\bar{T}} t \cdot x_{S,t}$				

Tabelle 2: Intrafunktionale Koordination bei Individual-Perspektive in der Produktion — Modellinstanziierung

j	FB1	FB2	FT	M	
d_j	1	5	2	1	
\mathcal{P}_j	V	V	V	FB1, FB2, FT	
$k_{j,1}$	1	1	1	1	$K_{1,t} = 1, t = 1, \dots, \bar{T}$
$\bar{T}=9, R = 1, \text{Min } Z = \sum_{t=1}^{\bar{T}} t \cdot x_{M,t}$					

in *Abbildung 5* dargestellten Gesamtablaufplan mit einer Durchlaufzeit von 13 Perioden. Dieses Planungsergebnis läßt sich durch interfunktionale Koordination verbessern. *Tabelle 3* gibt die Instanziierung des gesamten Entscheidungsmodells für den Fall der interfunktionalen Koordination wieder. Das Planungsergebnis mit einer Durchlaufzeit von 10 Perioden ist in *Abbildung 6* dargestellt.

Abbildung 5: Ablauforganisation bei intrafunktionaler Koordination und Individual-Perspektive

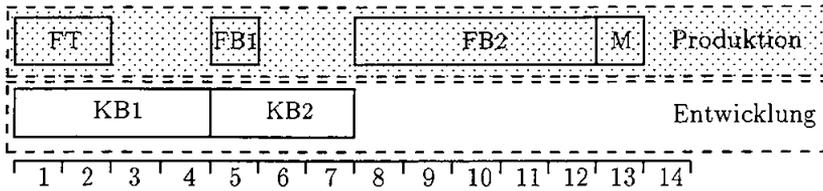


Abbildung 6: Ablauforganisation bei interfunktionaler Koordination und Individual-Perspektive

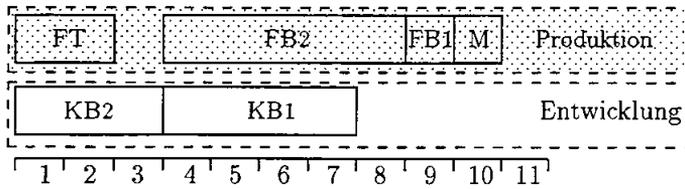


Tabelle 3: Interfunktionale Koordination bei Individual-Perspektive — Modellinstanziierung

j	KB1	KB2	FB1	FB2	FT	M	
d_j	4	3	1	5	2	1	
\mathcal{P}_j	V	V	KB1	KB2	V	FB1, FB2, FT	
$k_{j,1}$	1	1	0	0	0	0	$K_{1,t} = 1, t = 1, \dots, \bar{T}$
$k_{j,2}$	0	0	1	1	1	1	$K_{2,t} = 1, t = 1, \dots, \bar{T}$
$\bar{T}=16, R = 2, \text{Min } Z = \sum_{t=1}^{\bar{T}} t \cdot x_{M,t}$							

5.3 Interorganisationale Koordination bei Individual-Perspektive

Gilt es, den Auftrag z.B. wegen eines Liefertermins innerhalb von 8 Wochen fertigzustellen, so kann dies nur durch eine Parallelisierung von Aufgaben durch den Einsatz zusätzlicher Kapazitäten erfolgen. Wir nehmen an, daß die Aufgaben FB2 und KB2 partiell auf unternehmensexterne Kapazitäten verlagert werden können. Dabei ist folgendes zu beachten: Für beide Aufgaben muß der Arbeitsumfang von mindestens einer Woche im Unternehmen verbleiben. Damit können maximal

vier bzw. zwei Wochen Arbeitsumfang von FB2 und KB2 an ein externes Produktionsunternehmen bzw. an ein externes Konstruktionsbüro vergeben werden. Die Vergabe des Arbeitsumfangs von einer Woche für FB2 (KB2) verursacht Kosten in Höhe von 10.000 (15.000) Geldeinheiten. Das externe Konstruktionsbüro, an das Teile der Aufgabe KB2 vergeben werden können, hat in der dritten und vierten Woche keine Kapazitäten zur Verfügung, das externe Produktionsunternehmen hat in den Wochen 1 und 2 sowie 5 und 6 keine Kapazitäten zur Verfügung.

Das Planungsziel besteht darin, den Auftrag bei minimalen Vergabekosten innerhalb von 8 Wochen fertigzustellen. Die Instanziierung für diese Problemstellung findet sich in *Tabelle 4*.³⁰ Dabei entspricht die Ressource $r = 1$ (2) der eigenen (externen) Entwicklung, während Ressource $r = 3$ (4) die eigene (externe) Produktion darstellt. Für jeden der Teilvorgänge KB2/1 bis KB2/3 sowie FB2/1 bis FB2/5 werden je zwei Modi vorgesehen, mit deren Hilfe sich die Nachfrage nach der internen bzw. externen Ressource abbilden läßt. Die Modi $m = 1$ und $m = 2$ erlauben dabei die Differenzierung zwischen interner und externer Ressource. Das Ergebnis mit minimalen Kosten von

$$15.000 \sum_{j \in \{KB2/1, KB2/2\}} \sum_{t=1}^{\bar{T}} x_{j,2,t} + 10.000 \sum_{j \in \{FB2/1, \dots, FB2/5\}} \sum_{t=1}^{\bar{T}} x_{j,2,t} = 25.000$$

Geldeinheiten ist in *Abbildung 7* dargestellt.

Tabelle 4: Interorganisationale Koordination bei Individual-Perspektive — Modellinstanziierung

j	KB1	KB2/1, ..., KB2/3	FB1	FB2/1, ..., FB2/5	FT	M
m	1	2	1	2	1	1
\mathcal{P}_j	V	V	KB1	KB2/1, ..., KB2/3	V	FB1, FB2/1, ..., FB2/5
$d_{j,m}$	4	1	1	1	1	1
$k_{j,m,1}$	1	0	0	0	0	0
$k_{j,m,2}$	0	1	0	0	0	0
$k_{j,m,3}$	0	0	1	1	1	1
$k_{j,m,4}$	0	0	0	1	0	0

$$\bar{T} = 8, |R| = 4, K_{1,t} = K_{3,t} = 1, t = 1, \dots, \bar{T}, K_{2,t} = 1, t = 1, 2, 5, \dots, \bar{T}, K_{4,t} = 1, t = 3, 4, 7, \dots, \bar{T}$$

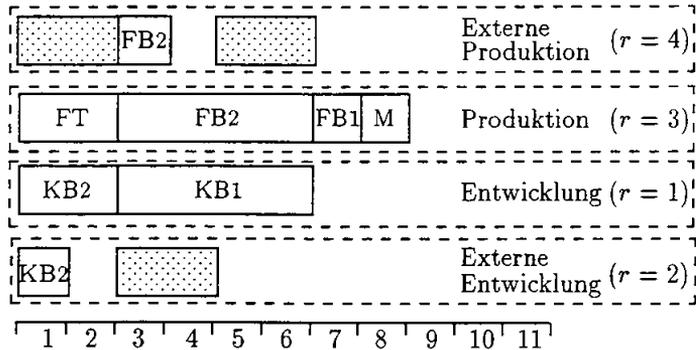
5.4 Interfunktionale Koordination bei Team-Perspektive

Besonders bei umfangreichen Projekten wird häufig eine Zergliederung des gesamten Projektes in Teilprojekte vorgenommen.³¹ Diese werden über Meilensteine koordiniert; ansonsten sind die Teilprojekte autonom. Entsprechend können in den Teilprojekten unterschiedliche, oft bereichs- oder funktionsbezogene Ziele verfolgt werden, wobei jedoch Übereinstimmung in Bezug auf das Oberziel des Unternehmens besteht. Zum Beispiel kann das Projekt „Entwicklung und Fertigung eines Kundenauftrags“ in die zwei Unterprojekte „Produktentwicklung“ und „Produktfertigung“ zergliedert werden. Die Ziele der Teilprojekte ergeben sich daraus, an welchen Kennzahlen die

³⁰Hier und im folgenden nicht explizit instanziierte Ressourcenangebote sind gleich Null.

³¹Vgl. hierzu etwa *Schwarze* (1994), S. 59 ff.

Abbildung 7: Ablauforganisation bei interorganisationaler Koordination und Individual-Perspektive



Projektleiter der Teilprojekte (die Funktionsverantwortlichen) gemessen werden. Wir nehmen an, daß die Entwicklung das Ziel verfolgt, die Kosten zu minimieren, während die Produktion das Ziel hat, den Auftrag frühestmöglich fertigzustellen.³² Die Koordination der Teilprojekte erfolgt dann über die Meilensteine „Fertigstellung der Entwicklungsarbeiten KB2 (KB1) nach 2 (6) Wochen“. Die Instanziierungen sind in *Tabelle 5* und in *Tabelle 6* zu finden. Das Ergebnis entspricht dem des letzten Abschnitts. Die Meilensteine sind wegen

$$\sum_{t=1}^{\bar{T}} \sum_{m=1}^2 t \cdot x_{KB2/v,m,t} \leq 2 \quad (v = 1, \dots, 3)$$

und

$$\sum_{t=1}^{\bar{T}} t \cdot x_{KB1,1,t} \leq 6$$

eingehalten.

Tabelle 5: Interfunktionale Koordination in der Entwicklung bei Team-Perspektive — Modellinstanziierung

j	KB1	KB2/1, ..., KB2/3	
m	1	1	2
\mathcal{P}_j	V		V
$d_{j,m}$	4	1	1
$k_{j,m,1}$	1	1	0
$k_{j,m,2}$	0	0	1
			$K_{1,t} = 1, t = 1, \dots, \bar{T}$
			$K_{2,t} = 1, t = 1, 2, 5, \dots, \bar{T}$
$\bar{T}=8, R = 2$			

³²Zu Funktionszielen vgl. *Hauschildt (1996)*.

Tabelle 6: Interfunktionale Koordination in der Produktion bei Team-Perspektive — Modellinstanziierung

j	FB1	FB2/1,...,FB2/5	FT	M	
m	1	1	2	1	1
\mathcal{P}_j	KB1	KB2/1,...,KB2/3	V	FB1, FB2/1,...,FB2/5	
$d_{j,m}$	1	1	1	1	1
$k_{j,m,1}$	1	1	0	1	1
$k_{j,m,2}$	0	0	1	0	0
					$K_{1,t} = 1, t = 1, \dots, \bar{T}$
					$K_{2,t} = 1, t = 3, 4, 7, \dots, \bar{T}$
$\bar{T}=9, R = 2$					

6 Weitere Koordinations- und Integrationswirkungen

Im vorliegenden Abschnitt skizzieren wir Koordinations- und Integrationswirkungen, die — bezogen auf *Abbildung 1* — nicht bereits ausführlich mit Hilfe von Beispielen im vorhergehenden Abschnitt verdeutlicht wurden.

6.1 Intrafunktionale Koordination bei Team-Perspektive

Im Kontext der intrafunktionalen Koordination ergeben sich horizontale Interdependenzen aus der Konkurrenz mehrerer Projekte um knappe Ressourcen sowie vertikale Interdependenzen aus technologisch bedingten Abhängigkeiten.

Gehen wir davon aus, daß — bezogen auf unser Beispielprojekt von *Abbildung 2* — innerhalb der Funktion Produktion die Verantwortlichen für die Aufgaben FB1, FB2, FT und M den Bedarf an Ressourcen, die Dauer der Nutzung der Ressourcen und die alternativen Durchführungsmodi den Erfordernissen entsprechend kommunizieren, so können die Interdependenzen durch ‘integrierende’ Planung koordiniert werden. Relevante Stichwort sind hier ‘Pooling der Ressourcen’, Betrachtung eines ‘Superprojektes’ (das alle Aufgaben der Funktion umfaßt) sowie Zuteilung der Ressourcen entsprechend dem Ergebnis der Planung. Verantwortlichkeiten reduzieren sich in diesem Fall auf Steuerung und Kontrolle.

Alternativ können z.B. die Aufgaben KB1 und KB2 der Funktion Entwicklung unabhängig voneinander geplant werden, indem die (knappen) Ressourcen beiden Aufgaben in der Phase der Planung vollständig zur Verfügung stehen. Diese ‘Individualplanung’ führt zu Projektplänen $P(KB1)$ und $P(KB2)$ mit Zielausprägungen $Z(KB1)$ und $Z(KB2)$. Sind bei einer monetär bewerteten, zu maximierenden Zielfunktion die Bedarfsperioden — bezogen auf diese ‘Individualpläne’ — bzgl. der knappen Ressourcen disjunkt, d.h. tritt kein Ressourcenkonflikt auf, so können die Aufgaben den Plänen entsprechend realisiert werden. Das Gesamtergebnis ist — bei additiver Zusammenfassung der Ergebnisse — $Z_{Ges} = Z(KB1) + Z(KB2)$. Treten Ressourcenkonflikte auf, so müssen die ‘Ressourcenangebote’ in KB1 und KB2 um die in den Plänen $P(KB1)$ bzw. $P(KB2)$ ausgewiesenen Bedarfe an knappen Ressourcen (teilweise) reduziert werden. Die so neu definierten Probleme werden dann gelöst und führen schließlich zu den Zielausprägungen $\underline{Z}(KB1)$ bzw. $\underline{Z}(KB2)$, d.h. zu unteren Schranken für den optimalen Zielfunktionswert. Diese realisierbaren Zielausprägungen ermöglichen es schließlich, den gesamten Zielbeitrag gemäß $\underline{Z}_{Ges} = \max\{Z(KB1) + \underline{Z}(KB2), \underline{Z}(KB1) + Z(KB2)\}$ zu ermitteln. Für den Zielfunkti-

enswert $Z^*(KB1,KB2)$ der optimalen Lösung beider Aufgaben des Gesamtprojektes der Funktion Entwicklung gilt somit $\max\{Z(KB1) + \underline{Z}(KB2), \underline{Z}(KB1) + Z(KB2)\} \leq Z^*(KB1,KB1) \leq Z(KB1) + Z(KB2)$.

Iterativ kann über eine nur teilweise Zuordnung von Ressourcen der Zielerreichungsgrad ggf. weiter verbessert werden.

6.2 Interorganisationale Koordination bei Team-Perspektive

Vor dem Hintergrund einer angestrebten langfristigen Kooperation verschiedener Organisationen gewinnt die Koordination von Zielinterdependenzen — etwa durch Teilung der Gewinne, die aus Synergien und einer verbesserten Koordination resultieren — fundamentale Bedeutung.

Zur Vereinfachung der Darstellung verzichten wir auf die konkrete Einbeziehung von horizontalen und vertikalen Interdependenzen und konzentrieren uns auf Zielinterdependenzen.

Wir betrachten folgende Situation: Ein Abnehmer bezieht von einem Zulieferer Bauteile, die er für die Fertigung seines Endproduktes verwendet. Während der Abnehmer die Projektdauer als entscheidende Komponente der Kosten identifiziert hat, sieht der Zulieferer seine Kosten im wesentlichen durch die Abweichung von einer gleichmäßigen Kapazitätsauslastung beeinflusst. Folglich ist es sinnvoll, daß der Abnehmer ein Modell zur Projektdauerminimierung verwendet, während der Zulieferer etwa ein Modell vom Typ 'Resource-Levelling' einsetzt. Auf Grundlage der minimalen Projektdauer können dann optimale Lieferzeitpunkte für die Bauteile bestimmt werden. Diese Lieferzeitpunkte dienen dem Zulieferer als Input für eine parametrische Behandlung des Kapazitätsplanungsproblems.

Nach kostenmäßiger Bewertung einer Verlängerung der minimalen Projektdauer durch den Abnehmer und kostenmäßiger Bewertung einer Abweichung vom optimalen Kapazitätsprofil durch den Zulieferer können Kostenvor- und -nachteile identifiziert und durch Kompensationszahlungen austariert werden.

6.3 Intrafunktionale Koordination bei Kontrakt-Perspektive

Im Gegensatz zur Team-Perspektive unterstellt die Kontrakt-Perspektive, daß die Kooperation der Individuen (Gruppen) des Unternehmens durch Verträge koordiniert wird. Durch Verrechnungspreise, Leistungsbewertung und Anreizsysteme steuert das Unternehmen (Prinzipal) die im wesentlichen eigene Interessen verfolgende Partner bzw. Mitarbeiter (Agenten). Die Ausgestaltung von Anreizsystemen bildet den Schwerpunkt der Prinzipal-Agenten-Theorie. Aufgrund der Vielschichtigkeit möglicher Anreizsysteme kann hier nur eine Skizze potentieller Mechanismen gegeben werden.

Zur Verdeutlichung intrafunktionaler Koordination bei Kontrakt-Perspektive betrachten wir exemplarisch den Bereich Produktion. Wir gehen davon aus, daß die Entlohnung eines (Aufgaben- oder) Projektmanagers mit der Dauer des zu realisierenden Projektes in der Form gekoppelt ist, daß die Entlohnung mit der Verkürzung der Projektdauer steigt. Je geringer also die Dauer, desto höher die Entlohnung. Wie in dem in der Team-Perspektive genannten Beispiel konkurrieren die Projektmanager um knappe (leistungsfähige) Ressourcen, um ihr Ziel der Projektdauerminimierung zu verfolgen. Zur Koordination der horizontalen Interdependenzen über einen Preismechanismus werden den Projektmanagern Budgets, also nicht-erneuerbare Ressourcen, zur Verfügung gestellt, aus denen die Beanspruchung einer (erneuerbaren) Ressource entsprechend ihrer Knappheit, Nutzungsdauer und Nutzungsintensität zu finanzieren ist. Ein Teil des Budgets, das vom Projektmanager nicht zur Durchführung des Projektes eingesetzt wurde, dient zur Verbesserung seiner Entlohnung.

6.4 Interfunktionale und interorganisationale Koordination bei Kontrakt-Perspektive

Wir betrachten hier folgendes Szenario, das — nach geeigneter Definition der Begriffe ‘Zulieferer’ und ‘Abnehmer’ — gleichermaßen dazu geeignet ist, die interfunktionale und die interorganisationale Koordination bei Kontrakt-Perspektive zu verdeutlichen.

Für ein vom Zulieferer zu bedienendes Produktspektrum werden Richtpreis, Soll-Lieferzeit sowie Mindest- und Höchstbestellmenge festgelegt. Ebenso werden Aufschläge bzw. Abschläge für die Unterschreitung der Soll-Lieferzeit, die Unterschreitung der Mindestbestellmenge, die Überschreitung der Höchstbestellmenge sowie die Überschreitung der Soll-Lieferzeit spezifiziert.

Basiswerte für die zu ermittelnden Größen können mit Hilfe der Projektplanung ermittelt werden. Wird beispielsweise durch die Überschreitung eines Liefertermines die Projektdauer des Abnehmers verlängert, so liegt es nahe, die Kosten der Bindung der Ressourcen durch das noch nicht fertiggestellte Projekt sowie die vom Abnehmer an den Endkunden zu entrichtenden Vertragsstrafen zum Bestandteil etwaiger Säumiszuschläge zu machen. Eine (vollständige) Umlegung der entstehenden Kosten kann allerdings zur Erhöhung des Richtpreises führen, so daß schon bei der Vertragsgestaltung zu prüfen ist, ob die davon abhängigen Vorgänge des Abnehmers kritisch sind, d.h. ob deren Verlängerung bzw. Verzögerung automatisch zur Verlängerung der Projektdauer führt.

Anhang

Bei einer gegebenen, etwa von einer Heuristik bestimmten, oberen Schranke \tilde{T} für die Projektdauer, können unter Verwendung der Modi kürzester Dauer und der Reihenfolgebeziehungen mit Hilfe der Vorwärts- und Rückwärtsrekursion Zeitfenster³³ berechnet werden, in denen die Vorgänge abzuarbeiten sind. Die Zeitfenster sind durch die früheste Endzeit EF_j und die späteste Endzeit LF_j beschränkt. Die Schranken berechnen sich wie folgt:

$$\begin{aligned} EF_1 &= d_{1,1} \\ EF_j &= \max\{EF_i; i \in \mathcal{P}_j\} + d_{j,1}, & j = 2, \dots, J \\ LF_J &= \tilde{T} \\ LF_j &= \min\{LF_i - d_{i,1}; i \in \mathcal{S}_j\} & j = J - 1, \dots, 1 \end{aligned}$$

Die Zeitfenster dienen unter Verwendung von binären Entscheidungsvariablen $x_{j,m,t} = 1$, falls Vorgang j in Modus m durchgeführt und am Ende von Periode t beendet wird (0, sonst), dazu, das Problem als binäres, lineares Optimierungsmodell darzustellen.³⁴

$$\text{Minimiere } \Phi(x) = \sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t=EF_j}^{LF_j} t \cdot x_{j,m,t} \quad (1)$$

unter Beachtung der Nebenbedingungen

$$\sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t=EF_j}^{LF_j} x_{j,m,t} = 1 \quad j = 1, \dots, J \quad (2)$$

³³In den obigen Beispielen der Einfachheit halber vernachlässigt.

³⁴Vgl. Talbot (1982)

$$\sum_{m=1}^{M_h} \sum_{t=EF_h}^{LF_h} t \cdot x_{h,m,t} \leq \sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t=EF_j}^{LF_j} (t - d_{j,m}) x_{j,m,t} \quad j = 2, \dots, J, h \in \mathcal{P}_j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} k_{j,m,r}^\rho \sum_{q=\max\{t, EF_j\}}^{\min\{t+d_{j,m}-1, LF_j\}} x_{j,m,q} \leq K_r^\rho \quad r \in R, t = 1, \dots, \bar{T} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} k_{j,m,r}^\nu \sum_{t=EF_j}^{LF_j} x_{j,m,t} \leq K_r^\nu \quad r \in N \quad (5)$$

$$x_{j,m,t} \in \{0, 1\} \quad j = 1, \dots, J, m = 1, \dots, M_j, \quad t = EF_j, \dots, LF_j \quad (6)$$

Gesucht ist also eine zulässige Belegung der Variablen, sodaß die Nebenbedingungen (2)–(6) eingehalten werden und die Zielfunktion minimiert wird. In Verbindung mit der Binäritätsbedingung (6) entsteht die folgende Wirkung: Da der Vorgang J der einzige Endvorgang des Projektnetzwerkes ist, wird durch die Zielfunktion (1) die Minimierung der Projektdauer abgebildet. Die Restriktionen (2) sorgen dafür, daß jedem Vorgang genau ein Modus und eine Endzeit zugewiesen wird. Die Restriktionen (3) stellen sicher, daß die technologisch gegebenen Reihenfolgenbeziehungen eingehalten werden. Die Restriktionen (4) gewährleisten, daß die Kapazität der erneuerbaren Ressourcen nicht überschritten wird. Die Restriktionen (5) garantieren, daß die Kapazität der nicht-erneuerbaren Ressourcen eingehalten wird.

Für Instanzen mit $|N| \geq 2$ und $M_j \geq 2$ gehört bereits die Aufgabe, (irgend-)eine zulässige Lösung zu ermitteln, zur Klasse der NP-schweren Probleme.³⁵

Neben der Minimierung der Projektdauer können weitere Zielsetzungen verfolgt werden:³⁶

(a) Minimierung der gewichteten Verspätung der Vorgänge bei gegebenen Fertigstellungsterminen $\bar{\delta}_j \geq EF_j$:

$$\Phi(x) := \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t=\bar{\delta}_j+1}^{LF_j} (t - \bar{\delta}_j) x_{j,m,t}$$

(b) Minimierung der Anzahl verspäteter Vorgänge:

$$\Phi(x) := \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t=\bar{\delta}_j+1}^{LF_j} x_{j,m,t}$$

(c) Minimierung der mittleren Durchlaufzeit der Vorgänge bei gegebenen Freigabeterminen ρ_j :

$$\Phi(x) := \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t=EF_j}^{LF_j} (t - \rho_j) x_{j,m,t}$$

³⁵Vgl. Kolisch/Drexl (1997). Exakte Verfahren zur Lösung des Problems sind in Sprecher (1994), Kolisch et al. (1995), Sprecher et al. (1997), Sprecher/Drexl (1996a), (1996b) sowie Hartmann/Drexl (1997) dargestellt. Heuristische Verfahren werden beispielsweise in Drexl (1991), Drexl/Grünwald (1993), Kolisch (1995), Kolisch/Drexl (1997) sowie Hartmann (1997) beschrieben.

³⁶Eine Übersicht über zeit- und kostenorientierte Zielkriterien wird z.B. in Knolmayer/Rückle (1976) und Slowinski et al. (1994) gegeben.

(d) Maximierung des Barwertes bei (bereits abdiskontierten) gegebenen Zahlungen $c_{j,m,t}$:

$$\Phi(x) := \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^{M_j} \sum_{t \in EF_j}^{LF_j} c_{j,m,t} x_{j,m,t}$$

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zeigt, welchen Beitrag die Koordinations- und Integrationsmechanismen des Projektmanagements zur effizienten Abwicklung von Projekten leisten können. Im Rahmen einer Taxonomie wird zwischen intrafunktionaler, interfunktionaler und interorganisationaler Koordination unterschieden. Hinsichtlich der Perspektive, aus der Individuen oder Gruppen von Individuen innerhalb einer Organisation Ziele verfolgen, läßt sich zwischen Individual-, Team- und Kontrakt-Perspektive unterscheiden. Insgesamt kommt man damit zu einer Koordinations-Perspektive-Matrix mit neun Feldern. Für vier dieser Felder wird — mit Hilfe eines Beispiels — explizit verdeutlicht, welche Koordinations- und Integrationsmechanismen die ressourcenbeschränkte Projektplanung bereitstellt. Für die weiteren Felder werden mögliche Koordinations- und Integrationsmechanismen skizziert.

Summary

The subject of this paper are coordination and integration mechanisms for efficient production in divisionalized organisations provided by project management. We distinguish between intrafunctional, interfunctional and interorganisational coordination. Furthermore, the individual-, team- and contract-perspective is introduced in order to look at different ways how goals are pursued by individuals or groups of individuals. The outcome is a taxonomy consisting of nine entries each of which describes a specific combination of coordination and perspective. Four of these entries are illustrated by examples in detail by showing the coordination and integration mechanisms of resource-constrained project scheduling models. For the remaining entries coordination and integration mechanisms are sketched out.

Literatur

- [1] Altrogge, G. *Netzplantechnik*. Oldenbourg, München-Wien, 2. Auflage, 1994.
- [2] Brockhoff, K. *Forschung und Entwicklung — Planung und Kontrolle*. Oldenbourg, München-Wien, 3. Auflage, 1992.
- [3] Chmielewicz, K. *Integrierte Finanz- und Erfolgsplanung — Versuch einer dynamischen Mehrperiodenplanung*. Poeschel, Stuttgart, 1972.
- [4] Domschke, W./Drexl, A. *Einführung in Operations Research*. Springer, Berlin, 3. Auflage, 1995.
- [5] Domschke, W./Scholl, A./Voß, S. *Produktionsplanung — Ablauforganisatorische Aspekte*. Springer, Berlin, 1993.
- [6] Drexl, A. Scheduling of project networks by job assignment. *Management Science*, 37:1590-1602, 1991.

- [7] Drexl, A./Eversheim, W./Grempe, R./Esser, E. CIM im Werkzeugmaschinenbau — Der PRISMA-Montageleitstand. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 46:279–295, 1994a.
- [8] Drexl, A./Fleischmann, B./Günther, H.-O./Tempelmeier, H. Konzeptionelle Grundlagen kapazitätsorientierter PPS-Systeme. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 46:1022–1045, 1994b.
- [9] Drexl, A./Grünewald, J. Nonpreemptive multi-mode resource-constrained project scheduling. *IIE Transactions*, 25(5):74–81, 1993.
- [10] Drexl, A./Haase, K./Kimms, A. Losgrößen- und Ablaufplanung in PPS-Systemen auf der Basis randomisierter Opportunitätskosten. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 65:267–285. 1995.
- [11] Drexl, A./Kolisch, R. Produktionsplanung und -steuerung bei Einzel- und Kleinserienfertigung. *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 22:60–66,102–103,137–141, 1993.
- [12] Drexl, A./Kolisch, R./Sprecher, A. Neuere Entwicklungen in der Projektplanung. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 49:95–120, 1997.
- [13] Dworatschek, S./Hayek, A. *Marktspiegel Projektmanagement-Software: Kriterienkatalog und Leistungsprofile*. TÜV Rheinland, Köln, 3. Auflage, 1992.
- [14] Gaitanides, M. *Prozeßorganisation*. Vahlen, München, 1983.
- [15] Gillessen, E. *Integrierte Produktionsplanung — Lagerhaltung und Fremdbezug als Bestandteile eines ganzheitlichen Planungskonzepts*. Springer, Berlin, 1988.
- [16] Hartmann, S. Project scheduling with multiple modes: A genetic algorithm. Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Nr. 435, 1997.
- [17] Hartmann, S./Drexl, A. Project scheduling with multiple modes: A comparison of exact algorithms. Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Nr. 430, 1997.
- [18] Hauschildt, J. *Entscheidungsziele — Zielbildung in innovativen Entscheidungsprozessen: Theoretische Ansätze und empirische Prüfung*. J.C.B. Mohr, Tübingen, 1977.
- [19] Hauschildt, J. *Innovationsmanagement*. Vahlen, München, 1993.
- [20] Hauschildt, J. *Erfolgs-, Finanz- und Bilanzanalyse*. Verlag Dr. Otto Schmidt, Köln, 3. Auflage, 1996.
- [21] Kieser, A./Kubicek, H. *Organisation*. Walter de Gruyter, Berlin, 3. Auflage, 1992.
- [22] Knolmayer, G./Rückle, D. Betriebswirtschaftliche Grundlagen der Projektkostenminimierung in der Netzplantechnik. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 28:431–445, 1976.
- [23] Koch, H. *Integrierte Unternehmensplanung*. Gabler, Wiesbaden, 1982.

- [24] Kolisch, R. *Project scheduling under resource constraints — Efficient heuristics for several problem classes*. Physica, Heidelberg, 1995.
- [25] Kolisch, R./Drexler, A. Local search for nonpreemptive multi-mode resource-constrained project scheduling. erscheint in: *IIE Transactions*, 1997.
- [26] Kolisch, R./Hempel, K. Auswahl von Standardsoftware, dargestellt am Beispiel von Programmen für das Projektmanagement. *Wirtschaftsinformatik*, 38(4):399–410, 1996.
- [27] Krüger, W. Stichwort 'Projektmanagement'. In: Wittmann, W. et al., Hrsg., *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*, S. 3560–3570. Poeschel, Stuttgart, 5. Auflage, 1993.
- [28] Küpper, H.-U. Industrielles Controlling. In Schweitzer, M., Hrsg., *Industriebetriebslehre*, S. 849–959. Vahlen, München, 2. Auflage, 1994.
- [29] Küpper, H.-U. Controlling – Konzeption, Aufgaben und Instrumente. In Küpper, H.-U., Hrsg., *Controlling*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1995.
- [30] Küpper, H.-U./Helber, S. *Ablauforganisation in Produktion und Logistik*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2. Auflage, 1995.
- [31] Küpper, W./Lüder, K./Streitferdt, L. *Netzplantechnik*. Physica, Würzburg, 1975.
- [32] Madauss, B.-J. *Handbuch Projektmanagement*. Poeschel, Stuttgart, 3. Auflage, 1990.
- [33] Moder, J.J./Phillips, C.R./Davis, E.W. *Project management with CPM, PERT and precedence diagramming*. Van Nostrand Reinhold, New York, 3. Auflage, 1983.
- [34] Nandi, S.N./Dutta, B.K. Trends in project cost control systems. *OMEGA*, 16(6):524–520, 1988.
- [35] Neumann, K. *Stochastic project networks*. Springer, Berlin, 1990.
- [36] Pfaff, D./Leuz, C. Groves-Schemata — Ein geeignetes Instrument zur Steuerung der Ressourcenallokation in Unternehmen? *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 47:659–690, 1995.
- [37] Picot, A./Reichwald, R. Auflösung der Unternehmung? Vom Einfluß der IuK-Technik auf Organisationsstrukturen und Organisationsformen. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 64:547–570, 1994.
- [38] Reiß, M. Stichwort 'Projektmanagement'. In: Kern, W. et al., Hrsg., *Handwörterbuch der Produktionswirtschaft*, S. 1656–1668. Poeschel, Stuttgart, 2. Auflage, 1995.
- [39] Rühli, E. Stichwort 'Koordination'. In: Freese, E., Hrsg., *Handwörterbuch der Organisation*, volume 2, S. 1164–1175. Poeschel, Stuttgart, 3. Auflage, 1992.
- [40] Salewski, F. *Hierarchische Personaleinsatzplanung in Wirtschaftsprüfungsgesellschaften*. Physica, Heidelberg, 1995.
- [41] Schwarze, J. *Netzplantechnik: Eine Einführung in das Projektmanagement*. Verlag Neue Wirtschaftsbriefe, Herne, 7. Auflage, 1994.

- [42] Słowiński, R./Soniewicki, B./Węglarz, J. DSS for multiobjective project scheduling. *European Journal of Operational Research*, 79:220–229, 1994.
- [43] Sprecher, A. *Resource constrained project scheduling — Exact methods for the multi-mode case*. Springer, Berlin, 1994.
- [44] Sprecher, A./Drexler, A. Solving multi-mode resource-constrained project scheduling by a simple, general and powerful sequencing algorithm. Part I: Theory. Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Nr. 385, 1996.
- [45] Sprecher, A./Drexler, A. Solving multi-mode resource-constrained project scheduling problems by a simple, general and powerful sequencing algorithm. Part II: Computation. Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, Nr. 386, 1996.
- [46] Sprecher, A./Hartmann, S./Drexler, A. An exact algorithm for project scheduling with multiple modes. erscheint in: *OR Spektrum*, 1997.
- [47] Tobias, A. O.R. techniques for use in redesigning manufacturing and associated business systems. *European Journal of Operational Research*, 51:168–178, 1991.
- [48] Trautmann, S. *Koordination dynamischer Planungssysteme*. Gabler, Wiesbaden, 1981.
- [49] Whang, S. Coordination in operations: A taxonomy. *Journal of Operations Management*, 12:413–422, 1995.