

## **KOMPLEXITÄT ALS HERAUSFORDERUNG AN DIE ENTWICKLUNG VON INGENIEURMETHODEN – PROBLEMANALYSE UND LÖSUNGSANSATZ**

*Markus Weigt*

### **Zusammenfassung**

Die Handhabung von Komplexität ist in der derzeitigen Wettbewerbssituation zu einer wesentlichen Herausforderung für Unternehmen geworden. Komplexität betrifft unmittelbar den Menschen, der als Probleme lösender Bearbeiter im Zentrum vieler Prozesse steht und zur Sicherung und Erhöhung der Ausführungs- und Ergebnisqualität auf methodische Unterstützung angewiesen ist. Vor diesem Hintergrund analysiert der vorliegende Artikel Anforderungen an eine Unterstützung der Methodenentwicklung. Es wird ein Schema zur Strukturierung von Methodenentwicklungsprozessen beschrieben, welches den schrittweisen Aufbau von Prozessmodellen zur Beherrschung der Komplexität im Produktlebenszyklus unterstützt. Die Anwendung des Ansatzes wird exemplarisch vor dem Hintergrund der Analyse von Kundenfeedback zur Integration in frühe Phasen des Innovationsprozesses demonstriert.

### **1 Einleitung**

Die derzeitige Wettbewerbssituation ist durch eine hohe Innovationsgeschwindigkeit bei verkürzten Innovationszyklen gekennzeichnet. Gleichzeitig bestehen von Kundenseite steigende Erwartungen bezüglich Funktionalität und Qualität von Produkten, die bei möglichst geringen Kosten realisiert werden sollen. Kundenanforderungen und Innovationszwang verursachen somit einen Zielkonflikt in Bezug auf Innovationsprozesse zwischen zu verringernden Kosten, zu verringerndem Zeitbedarf und zu erhöhender Ergebnisqualität. Da Ergebnisse stets aus Prozessen resultieren, führen derart veränderte Aufgabenstellungen zu entsprechend veränderten Anforderungen an die Prozesse. Solche veränderten Anforderungen können eine qualitative Steigerung bestehender Anforderungen beinhalten, beispielsweise Zeitverkürzung oder Kostensenkung. Ebenso können auch völlig neue Anforderungen auftreten, z.B. aufgrund zunehmender Lebenszyklusorientierung, neuen gesetzlichen Vorgaben oder aus der Verknüpfung von Produkten und zugehörigen Dienstleistungen. In der inner- bzw. interbetrieblichen Wertschöpfungskette können diese veränderten Anforderungen auf allen Ebenen der Prozesshierarchien der Unternehmen wirksam werden. Sie betreffen demnach unmittelbar den Menschen, der als Probleme lösender Bearbeiter von Aufgabenstellungen im Zentrum vieler dieser Prozesse steht.

### **2 Grundlagen und Begriffsdefinitionen**

#### **2.1 Allgemeiner System- und Modellbegriff**

Im Zentrum der allgemeinen Systemtheorie steht der Begriff *System* als Ausdruck dafür, dass bestimmte Entitäten zweckmäßig nicht lediglich als Summe ihrer Bestandteile, sondern aufgrund von Beziehungen zwischen diesen Bestandteilen ganzheitlich zu betrachten sind. Ein System wird definiert als Menge von Elementen, die durch Relationen miteinander verknüpft sind. Ein System steht über Ein- und Ausgangsgrößen mit seiner Umgebung in Beziehung, von welcher es durch eine Systemgrenze abgegrenzt ist [1].

Ein System ist das Resultat der Bestimmungsleistung eines Beobachters. Dies wird beispielsweise anhand des Begriffes Element deutlich, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass es innerhalb der gewählten Betrachtungsebene nicht weiter differenziert wird [9]. Die bei der Systembestimmung ausgewählten Aspekte sind abhängig vom Bezugsrahmen der Bestimmung. Evolutionsbedingt ist Systembestimmung vor allem eine Abbildung in Zeit und Raum. Aus diesem Grund werden Systeme und Objekte oft miteinander identifiziert.

Ein System ist jedoch streng genommen stets ein *Modell*, das sich ein Beobachter von einem Original macht, nicht das Original selbst [6]. Ein Modell ist definiert als eine Abbildung eines natürlichen oder künstlichen Originals, welches selbst wiederum ein Modell sein kann. Diese Originalbezogenheit wird als Abbildungsmerkmal bezeichnet. Darüber hinaus weist der allgemeine Modellbegriff als weitere Merkmale das Verkürzungsmerkmal (Modelle erfassen im Allgemeinen nicht alle Eigenschaften und mithin Merkmale des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur die den jeweiligen Modellerschaffern bzw. Modellbenutzern relevant erscheinenden) und das pragmatische Merkmal (Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet, sondern erfüllen ihre Ersetzungsfunktion für bestimmte Subjekte, innerhalb bestimmter Zeitintervalle und zu einem bestimmten Zweck) [13].

Der allgemeine Modellbegriff ist sehr weit gefasst und beinhaltet letztlich jede zweckgerichtet vorgenommene, materielle oder immaterielle Abstraktion eines materiellen oder immateriellen Originals. Systemmodelle hingegen sind als gedankliche Konstrukte streng genommen stets immaterielle Abstraktionen von materiellen oder immateriellen Originalen.

## 2.2 Komplexität

Die allgemeine Modelltheorie stellt selbst ein Modell dar und kann demnach nur pragmatisch gerechtfertigt werden [13]. Dies gilt entsprechend für die Systemmodellbildung. Oft liegt die pragmatische Rechtfertigung der Anwendung der Systemtheorie darin, dass systemische Ansätze effektive Mechanismen zum Umgang mit *Komplexität* bereitstellen [1, 3]. Komplexität kann im engeren Sinn (ieS) als Eigenschaft eines Systemmodells angesehen werden, deren Ausprägung aus Art und Anzahl von jeweils Elementen und Relationen des Systemmodells resultiert. Im weiteren Sinn (iwS) kann Komplexität als Eigenschaft einer Handlungssituation betrachtet werden, deren Ausprägung aus der Komplexität ieS des Systemmodells des Handelnden und aus weiteren situativen Merkmalen wie Dynamik, Intransparenz sowie Unkenntnis und falschen Hypothesen resultiert [3]. Komplexität ieS und iwS ist subjektiv, da sie grundsätzlich nicht unabhängig von einem systembestimmenden Beobachter existiert und von dem mit der Systemmodellbildung verfolgten Zweck und von Wissen und Erfahrung des Handelnden in Bezug auf vergleichbare Systemmodelle und Handlungssituationen abhängt [3, 6].

## 2.3 Methoden und Meta-Methoden

Eine *Methode* ist eine Menge von Vorschriften, deren Ausführung den Vollzug einer als zweckmäßig erachteten Operationsfolge unter gegebenen Bedingungen hinreichend sicherstellt [9]. Ein *Prozess* ist ein Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt [8]. Als Beschreibung empfohlener bzw. beabsichtigter Aktivitäten sind Methoden demnach ungeachtet ihrer Formulierung und Konkretisierung stets Modelle von Prozessen. Umgekehrt konstituiert nicht jedes Prozessmodell eine Methode. Eine Abstraktion eines Prozesses beispielsweise allein in Bezug auf seine Kosten kann zwar eine (betriebswirtschaftliche) Ersetzungsfunktion erfüllen und mithin ein Modell darstellen; diese Abstraktion ist jedoch keine Menge von Vorschriften, mithin handelt es sich bei einem solchen Prozessmodell nicht um eine Methode.

Da innerhalb von Prozessen Tätigkeiten elementare Einheiten darstellen und Eingaben und Ergebnisse von Prozessen Nahtstellen zu anderen Prozessen bzw. zur Umgebung eines Prozesses bilden, können Prozesse als Systeme angesehen werden [8] und Methoden demnach als Systemmodelle. Wird ein zur Entwicklung von Methoden geeigneter Prozess beschrieben, d.h. eine Methode zur Entwicklung von Methoden vorgegeben, so kann diese Methode als *Meta-Methode* angesehen werden, d.h. als Methode, deren beabsichtigte Operationsfolge die Definition von Methoden ist (Bild 1).

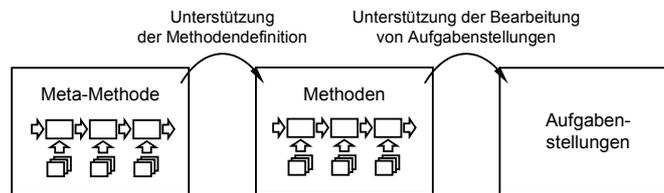


Bild 1: Zusammenhang zwischen methodischer und meta-methodischer Unterstützung

### 3 Problemanalyse

#### 3.1 Komplexität in der Produktentwicklung

Produktentwickler sind im Rahmen ihrer Tätigkeiten regelmäßig mit iwS komplexen Handlungssituationen konfrontiert. Ursächlich für erhöhte Komplexität ieS ist zum einen die angesichts der Wettbewerbssituation erforderliche Individualisierung der Produkte. Die geforderte Vielfalt von Modellen und Optionen, der mit Maßnahmen wie beispielsweise Baukästen-, Baureihen-, Modul- oder Paketsystemen begegnet wird, erhöht maßgeblich die Komplexität ieS technischer Produkte (vergl. [4, 11]). In engem Zusammenhang mit dem Wettbewerbsumfeld steht auch die zunehmende Interdisziplinarität technischer Produkte, die unter dem Stichwort Mechatronik in der einschlägigen Literatur beschrieben wird. Mechatronik ermöglicht die Realisierung neuer Funktionen und das Entwickeln neuer Prinziplösungen bei verbessertem Kosten/Nutzen-Verhältnis und bietet somit Potenziale, die ein erfolgreiches Agieren im globalen Wettbewerb gestatten. Gleichzeitig erhöht die enge Verknüpfung von Komponenten aus unterschiedlichen Disziplinen die Komplexität ieS der technischen Produkte [5].

Die Komplexität iwS von Handlungssituationen, mit welcher Produktentwickler bei ihren Tätigkeiten konfrontiert werden, resultiert aus der Natur dieser Tätigkeiten und deren Umfeld. Ziel von Entwicklungstätigkeiten ist das Entwerfen von Strukturen ieS komplexer Systeme, die ein bestimmtes gewünschtes Verhalten bewirken, d.h. das Antizipieren technischer Produkte auf Grundlage bestimmter Zielvorstellungen. Das Verhalten eines Systems legt nicht eindeutig dessen Struktur fest [7], daher bestehen im Rahmen der Produktentwicklung bezüglich der von Produktentwicklern zu treffenden Entscheidungen Freiheitsgrade. Die Auswirkungen dieser Entscheidungen sind jedoch intransparent, insbesondere in den frühen Phasen der Produktentstehung können sie nur schwer beurteilt werden [4]. Diese Schwierigkeit der Beurteilung in frühen Phasen der Produktentstehung resultiert zum einen aus der Vernetztheit der zu entwerfenden Elemente des zu antizipierenden technischen Systems, d.h. aus der Komplexität ieS. Zum anderen sind hierfür Merkmale von Zielvorstellungen und Zielvorgaben innerhalb konstruktiver Aufgabenstellungen ursächlich. Diese können insbesondere unbestimmt, allgemein, unklar und implizit sein, sowie Zielkonflikte beinhalten [3, 11]. Zudem ist das Umfeld, in dem Entwicklungstätigkeiten zu vollziehen sind, intransparent und dynamisch. Sowohl die Ziele als auch die Möglichkeiten zur Erreichung dieser Ziele sind demnach grundsätzlich unsicher und veränderlich [4, 5, 11]. Da zunehmend eine lebenszyklusorientierte Betrachtung von Produkten und zugehörigen Dienstleistungen im Fokus der

Entwicklungstätigkeit steht, steigen hier zu berücksichtigende Einflussfaktoren und die Vernetzung mit anderen Unternehmensbereichen und externen Systemen maßgeblich an.

Dementsprechend große Bedeutung hat in diesem Umfeld lebensphasenübergreifende Sicherung und Erhöhung der Qualität der Bearbeitung von Aufgabenstellungen. Methoden können hierzu einen maßgeblichen Beitrag leisten, da mit ihrer Hilfe die Gesamtheit unterstützender Faktoren wirkungsvoll organisiert werden kann [1, 9]. Ziel des im vorliegenden Artikel beschriebenen Ansatzes ist vor diesem Hintergrund die Unterstützung der Definition von heuristischen Methoden für komplexe Aufgabenstellungen.

### 3.2 Anforderungen an meta-methodische Unterstützung

Wichtigste Anforderung an methodische Unterstützung ist, dass diese effektiv und effizient ist, d.h. sie soll hinreichend zuverlässig die Erarbeitung guter Lösungen unterstützen und hierbei sollen Aufwand und Nutzen in einem akzeptablen Verhältnis stehen [1]. Der Zielsetzung des vorliegenden Ansatzes entsprechend wird als primäre Anforderung an die Meta-Methode folglich festgelegt, dass diese die *Definition von heuristischen Methoden unterstützt*. Dies berücksichtigt, dass sich heuristische Methoden allgemeinen objektiven Nachweisen ihrer Effektivität und insbesondere Effizienz regelmäßig entziehen [4].

Der Gegenstandsbereich dieser Methoden umfasst *Aufgabenstellungen aus dem Ingenieurbereich im Allgemeinen*, wobei die *Handhabung von Komplexität iwS* unterstützt werden soll. Die Entwicklung einer Methode zur Unterstützung der Bearbeitung einer iwS komplexen Aufgabenstellung kann ebenfalls als komplexe Aufgabenstellung angesehen werden, daher ist die Unterstützung der Handhabung von Komplexität iwS eine mittelbare und eine unmittelbare Anforderung an meta-methodische Unterstützung (Bild 2).

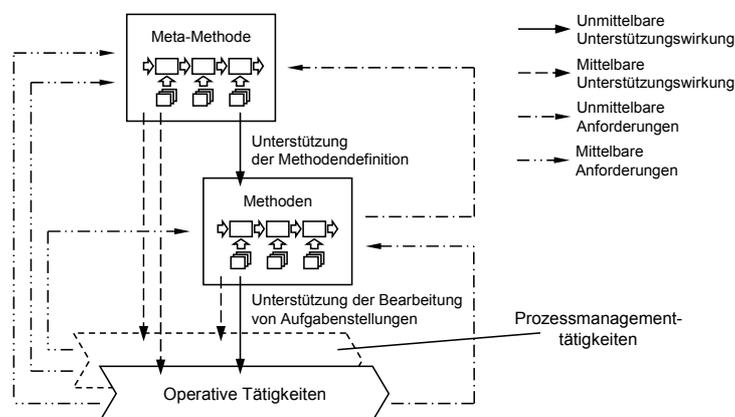


Bild 2: Unmittelbare und mittelbare Unterstützungswirkung und Anforderungen

Die Entstehung eines Nutzens erfordert die konkrete Anwendung einer ansonsten lediglich abstrakt anweisenden Methode, d.h. ihre Überführung in einen Prozess. Dabei können über den Bearbeiter hinaus Aspekte des Prozessmanagements betroffen sein. Es ist daher von der Meta-Methode *Unterstützung auf Bearbeiter- und Prozessmanagementebene* zu fordern. Die zu definierenden Methoden sollen zumindest mittelbar das Prozessmanagement bei der Umsetzung der Methoden in einen konkreten Prozess unterstützen. Es handelt sich also nicht um Prozessmanagementmethoden per se, sie sollen jedoch für die Umsetzung in Prozesse gut geeignet sein.

Da Problembewusstsein eine notwendige Voraussetzung für intuitives Problemlösen ist [4] und komplexe Handlungssituationen definitionsgemäß gerade durch solche Merkmale gekennzeichnet sind, aufgrund derer ein adäquates Problembewusstsein beim Bearbeiter re-

regelmäßig nicht vorhanden ist, kann Komplexität iwS besser durch diskursives Denken bewältigt werden als durch intuitives Denken. Es ist daher von der Meta-Methode zu fordern, dass durch sie sowohl unmittelbar als auch mittelbar eine *Unterstützung diskursiven Denkens* erfolgt. Dies bedeutet, die Vorgehensweisen *bei der Methodendefinition und bei der Bearbeitung von Aufgabenstellungen* sollen jeweils systematisch, schrittweise und mitteilbar sein. Da diskursive Prozeduren zur Erhöhung der Transparenz von Methoden beitragen, ist dies auch im Hinblick auf die Akzeptanz von methodischer Unterstützung und somit deren Umsetzbarkeit relevant.

Ein meta-methodischer Ansatz sollte für Top-Down- und Bottom-Up-Ansätze, sowie für Kombinationen daraus geeignet sein. In Verbindung mit der geforderten diskursiven Vorgehensweise erfordert dies eine Unterstützung *schrittweiser Konkretisierung und schrittweiser Abstraktion und Aggregation* von Prozessmodellen. Dies sollte *nach einheitlichen oder zumindest aufeinander abbildbaren Kriterien* erfolgen, um eine Nahtstelle zwischen beiden Entwicklungsrichtungen bereitzustellen und so deren kontextspezifisch flexible Handhabung zu gewährleisten.

Methoden können als Systemmodelle hierarchisch strukturiert werden. Es kann daher bei der Entwicklung heuristischer Methoden eine Nutzung existierender Methoden als Subsysteme zweckmäßig sein, sofern diese für die intendierte Anwendung geeignet sind. Dies erfordert zum einen eine *Identifikation potenziell anwendbarer existierender Methoden*, sowie zum anderen eine zumindest *qualitative Beurteilung der Anwendbarkeit existierender Methoden* im Kontext der intendierten Anwendung.

Über diese spezifischen Anforderungen hinaus existieren weitere allgemeine Anforderungen, die vorwiegend denkpsychologisch motiviert sind. Beispielsweise wird in Bezug auf heuristische methodische Unterstützung gefordert, diese solle Begabung, Fähigkeit und Problembewusstsein nicht ersetzen, sondern voraussetzen und stimulieren, mit sinnvollem Problemlösungsverhalten verträglich sein, zu Intuition und Kreativität nicht im Gegensatz stehen, sondern diese nutzbar machen, und kein strikt zu befolgendes Rezept, sondern ein kreativer, intelligent anzuwendender Leitfaden zur Problemlösung sein [1].

## 4 Lösungsansatz

### 4.1 Kontext und Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung

Entwurfsprobleme in der Produktentwicklung sind Planungsprobleme und als solche selbstreferentiell, d.h. Problemlösung und Problemverständnis hängen voneinander ab. Zum einen erfordern Verständnis bzw. Beschreibung des Problems eine Vorstellung von dessen Lösung, andererseits kann ein Verständnis des Problems bereits als wesentlicher Teil der Lösung angesehen werden [12]. Ebenso bildet auch die Entwicklung heuristischer Prozessmodelle eine zirkuläre Struktur von Problemverständnis und Problemlösung: Methoden sollen operative Tätigkeiten unterstützen; Tätigkeiten sind abstrakt jedoch nur über Beschreibungen zugänglich. Eine Analyse der zu unterstützenden Tätigkeiten im Sinne einer Klärung der Anforderungen an deren methodische Unterstützung setzt insofern eine Modellvorstellung des zukünftigen Prozesses voraus; solche Prozessmodelle zu entwickeln ist aber gerade Gegenstand der Methodenentwicklung. Die Anwendung system- und modelltheoretischer Prinzipien kann eine Abstraktion vom konkreten Anwendungs- bzw. Tätigkeitskontext des operativen Prozesses unterstützen und damit den Einstieg in die beschriebene zirkuläre Struktur erleichtern.

Methoden sind als Prozessmodelle Abstraktionen von Prozessen und als (immaterielle) Produkte [8] gleichzeitig Ergebnisse von Methodenentwicklungsprozessen. Eine Meta-Methode wiederum stellt eine Abstraktion dieser Methodenentwicklungsprozesse dar. Dementspre-

chend können im Kontext der Methodenentwicklung und -anwendung drei unterschiedliche Abstraktionsebenen unterschieden werden (Bild 3).

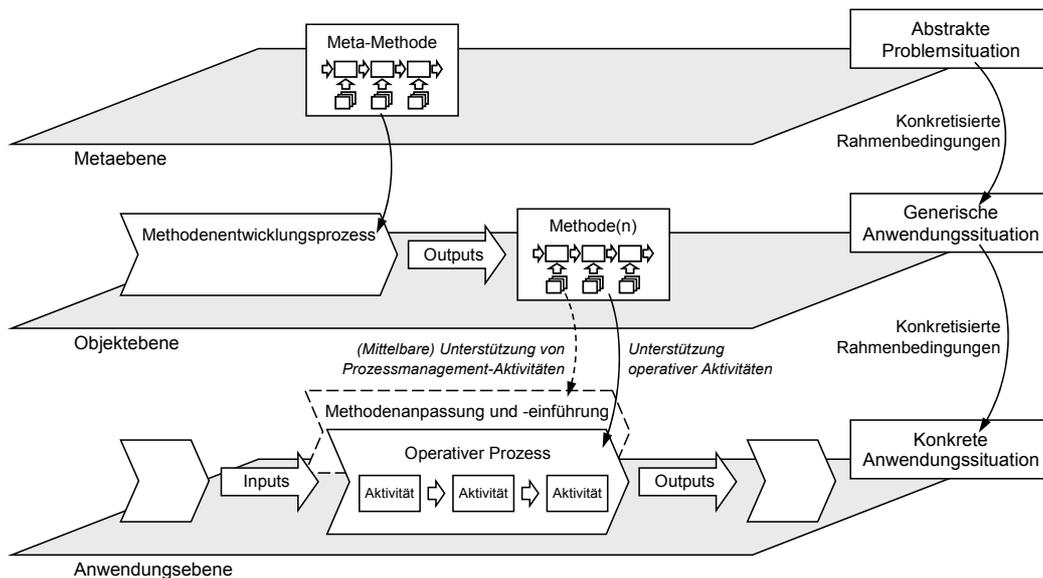


Bild 3: Kontext der Methodenentwicklung und -anwendung

Auf Anwendungsebene werden Bearbeiter in konkreten Anwendungssituationen mit konkreten Aufgabenstellungen konfrontiert, die unter Anwendung von Methoden bearbeitet werden. Auf Objektebene werden verallgemeinerte, generische Anwendungssituationen fokussiert, da Methoden invariant über einer Klasse von Aufgabenstellungen anwendbar sein sollen (vergl. [9]). Auf Metaebene können abstrakte Problemsituationen betrachtet werden, d.h. Arten von Problemen bzw. Spezifika von Transformationsbarrieren, die in generischen Anwendungssituationen auftreten. Auf diesen Abstraktionsebenen werden von Bearbeitern jeweils Problemlöseprozesse vollzogen, also informationsumsetzende Tätigkeiten (vergl. [2]).

In Prozessen der Anwendungsebene werden konkrete Informationen verarbeitet, z.B. konkrete Produkthanforderungen im Produktentwicklungsprozess. Auf Objektebene werden Methoden definiert, um den Eigenschaften der operativ umgesetzten Informationen gerecht zu werden, z.B. der Dynamik oder Intransparenz von Marktinformationen an sich, auf deren Grundlage Produkthanforderungen definiert werden. Auf Metaebene kann eine Strukturierung des Methodenentwicklungsprozesses mittels abstrakter Aspekte des Informationsumsatzes vorgenommen werden (Bild 4).

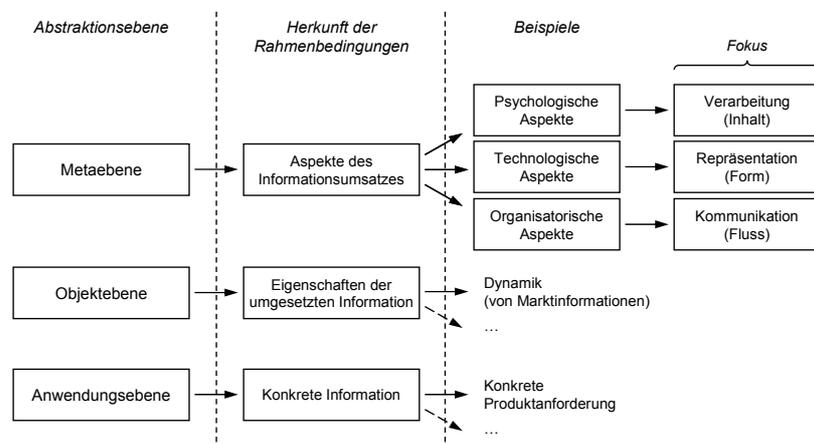


Bild 4: Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung und -anwendung

Da die Ergebnisse operativer Prozesse von kognitiven Leistungen der Bearbeiter, von der Unterstützung durch Informations- und Kommunikationstechnologie, sowie von der Integration in bestehende Prozessstrukturen abhängen, sind psychologische, technologische und organisatorische Aspekte des Informationsumsatzes zu berücksichtigen. Vor dem Hintergrund der Entwicklung heuristischer Prozessmodelle fokussieren diese jeweils die denkpsychologische Verarbeitung, die Repräsentation bzw. Modellierung, sowie die Kommunikation der Information. Auf diese Aspekte kann deshalb mittels der Begriffe Inhalt, Form und Fluss Bezug genommen werden.

#### 4.2 Meta-methodisches Rahmenwerk

Da Anforderungen an Methoden für operative Tätigkeiten unmittelbar oder mittelbar auch für meta-methodische Unterstützung gelten, wird vorgeschlagen, Meta-Methode und zu entwickelnde Methoden nach einheitlichen Prinzipien zu strukturieren. Da es sich jeweils um Modelle für (informationsumsetzende) Problembearbeitungsprozesse handelt, können hierzu die allgemeinen informationsverarbeitenden Operationen Analyse (Feststellung von Merkmalen von Information), Akquise (aktives Erhebung neuer Informationen), Aufbereitung (Änderung von Merkmalen, speziell formbezogener, ohne Änderung des Inhalts) und Definition (Erzeugung neuen Inhalts) verwendet werden.

Diese Operationen dienen zur Strukturierung des Methodenentwicklungsprozesses und als Bausteine für die zu entwickelnden Methoden. In der Phase der Methodenentwicklung fokussieren diese Operationen primär die umzusetzenden Informationen, in der anschließenden Phase der Methodenanpassung und -einführung hingegen primär die Unternehmensressourcen. Hierbei erfolgt ein Übergang von qualitativen (Befähigung der Ressourcen) zu quantitativen Aspekten (Kapazität der Ressourcen) (Bild 5).

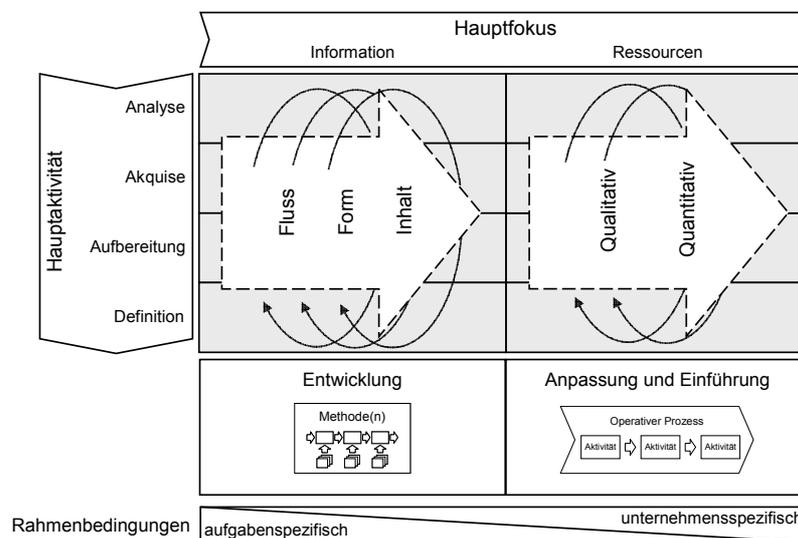


Bild 5: Meta-methodisches Rahmenwerk

Dementsprechend ist die Methodenentwicklung ein iterativer Prozess der Anwendung der allgemeinen informationsverarbeitenden Operationen auf den Informationsumsatz im zukünftigen Prozess, wobei sich der Fokus der Operation von Fluss zu Form zu Inhalt der Information verschiebt. Somit berücksichtigt die Prozedur organisatorische Anforderungen und solche, die sich auf die Handhabung der Informationen beziehen, vor jenen der eigentlichen denkpsychologischen Verarbeitung.

Eine Anwendung dieser Prozedur top-down realisiert einen vom Tätigkeitskontext abstrahierten Aufbau konzeptioneller Methodenschemata ausgehend von den Prozessgrenzen. Dieser

beginnt mit einer Analyse der Prozessgrenzen und -nahtstellen (vorgegebene Eingangs- und geforderte Ausgangsinformationen) sowie der Feststellung jener Merkmale der Eingangsinformationen, die hauptsächlich für die Komplexität iWS der jeweiligen Anwendungssituation sind, sowie derjenigen Merkmale der zukünftigen Ausgangsinformationen, die für eine zielorientierte Abwicklung des nachgelagerten Prozesses ausschlaggebend sind. Hierauf aufbauend kann eine erste Festlegung von Akquise- und Aufbereitungsschritten der Eingangsinformationen erfolgen, und es können notwendige Transformationsschritte und die Aufbereitung der so erzeugten Informationen für die nachgelagerten Prozesse skizziert werden. Das Resultat ist ein konzeptionelles Methodenschema: eine Festlegung von abstrakten Operationen in Form eines Ablaufplans zur Transformation vorgegebener und zusätzlich gewonnener Eingangsinformationen in Ausgangsinformationen. Konzeptionelle Methodenschemata sind unabhängig vom Anwendungskontext und im Hinblick auf die Ursachen der Komplexität formuliert. Sie unterstützen daher die Nutzung systemtechnischer Prinzipien zur Komplexitätsbewältigung bei der schrittweisen Konkretisierung der Schemata, d.h. dem Übergang vom „Was“ eine Methode bewirken soll zum „Wie“ sie dies bewirken kann. Ebenso ist eine Anwendung bottom-up möglich, in welchem Fall eine Entwicklung ausgehend von einem deskriptiven Prozessmodell („Was“ wird getan?) hin zu den zugrunde liegenden methodischen Wirkmechanismen („Warum“ wird dies getan?) erfolgt. In beiden Entwicklungsrichtungen beinhaltet die Vorgehensweise also eine explizite Spezifikation dessen, was in informatischer Hinsicht durch eine Methode bewirkt werden soll, und dies stellt eine Nahtstelle zur Integration existierender Methoden dar.

## 5 Anwendungsbeispiel „Kundenfeedback“

Aus der Sicht vieler Unternehmen ist eine dauerhafte Kundenbindung ein entscheidender Wettbewerbsvorteil. Entsprechendes Potenzial bietet eine Berücksichtigung von in der Nutzungsphase existierender Produkte erhobener Informationen in laufenden Innovationsprozessen, um Kundenwünschen besser gerecht werden zu können. Aus Gründen der Kosten- und Qualitätsverantwortung von Entwicklungsentscheidungen ist im Sinne des *Frontloading* eine Berücksichtigung dieser Informationen in möglichst frühen Phasen des Innovationsprozesses zweckmäßig [10]. Vor diesem Hintergrund wird die Anwendung des vorgeschlagenen Ansatzes demonstriert, indem top-down schrittweise eine Struktur eines solchen Feedback-Prozesses entworfen wird (Bild 6).

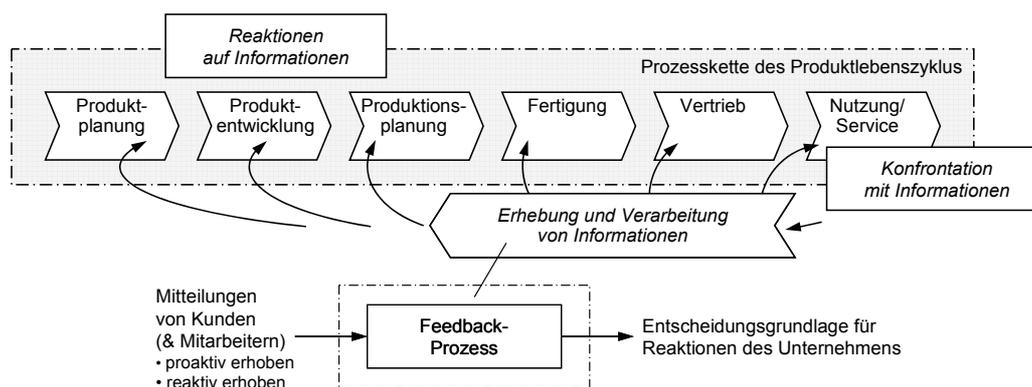


Bild 6: Integration von Informationen aus der Produktnutzung

Die in diesem Kontext relevanten Informationen sind Mitteilungen von Kunden, aber auch z.B. von Servicemitarbeitern, die mit dem Produkt in Berührung kommen. Mitteilungen von Mitarbeitern können infolge ihrer an der Unternehmenssicht orientierten Perspektive auf das Produkt relativ leicht berücksichtigt werden; die Erfassung und Analyse der Meldungen von Kunden hingegen stellt eine iWS komplexe Aufgabenstellung dar. Die Komplexität resultiert beispielsweise aus der Heterogenität von Kundenstamm und Produktportfolio, sowie aus der

Intransparenz von Kundenreaktionen bzw. -mitteilungen, die nicht ohne weiteres als Grundlage für objektive Entscheidungen dienen können.

In systemorientierter Sichtweise betreffen die Systemnahtstellen (Fluss der Information) des Feedback-Prozesses zum einen die Phase von Produktnutzung bzw. Service (Input) und zum anderen alle dieser Phase vorgelagerten Prozesse und diese Phase selbst (Output). Eine Informationsakquise kann grundsätzlich anlassunabhängig proaktiv oder/und anlassbezogen reaktiv erfolgen (Bild 6).

Die Mitteilungen von Kunden fokussierend, kann in beiden Fällen davon ausgegangen werden, dass diese vorwiegend unstrukturiert und natürlichsprachlich verbal oder textuell erfolgen (Form der Information). Darüber hinaus werden sie subjektiv sein, da sie beispielsweise von der grundsätzlichen individuellen emotionalen Disposition und von individuellem technischem Sachverstand geprägt sind (Inhalt der Information). Aus diesen Gründen werden zusätzliche Schritte aktiver Informationsakquise und -aufbereitung vorgesehen. Die gesammelten und aufbereiteten Eingangsinformationen sind dann in eine Grundlage für möglichst objektive Entscheidungen des Unternehmens zu transformieren und entsprechend der Erfordernisse der adressierten Prozesse aufzubereiten. Dementsprechend kann ein erstes konzeptionelles Methodenschema aufgebaut werden (Bild 7a).

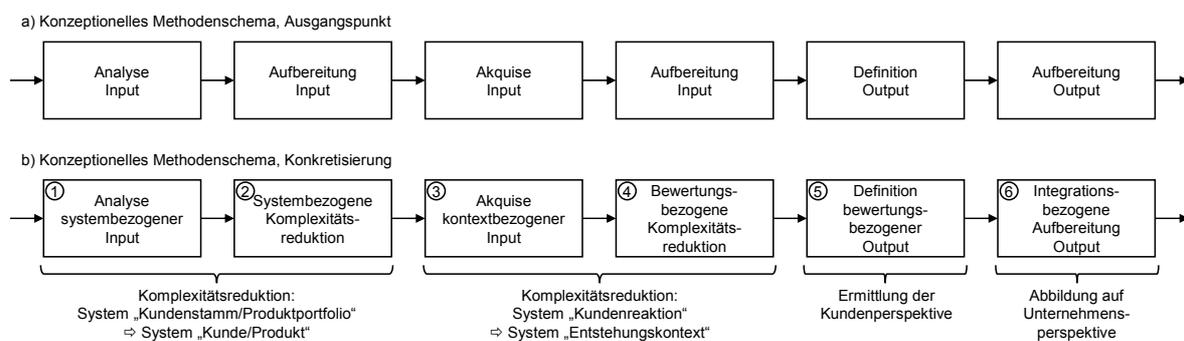


Bild 7: Konzeptionelle Methodenschemata für den Feedback-Prozess

Die Konkretisierung dieses Schemas erfolgt entsprechend der Ursachen für Komplexität iwS (Bild 7b, Schritte 1-4) und den Erfordernissen der Prozessnahtstellen (Bild 7b, Schritte 5-6).

Ursächlich für Komplexität ieS sind Art und Anzahl von Elementen und Relationen des aus Kundenstamm und Produktportfolio bestehenden Systemmodells. Eine systembezogene Komplexitätsreduktion kann insofern in Form der Eingrenzung auf relevante Informationsquellen erfolgen. Bei proaktiver Erhebung ist dies durch Festlegung zu befragender Kunden (z.B. gemäß genutzter Produktkategorien) möglich; bei reaktiver Erhebung kann dies anlassbezogen erfolgen (z.B. als Reaktion auf Beschwerde oder Nachfrage von Service) (Bild 7b, Schritte 1-2).

Komplexität ieS resultiert weiterhin aus der Intransparenz des individuellen Kundenfeedbacks, für welches eine Vielfalt vernetzter Einflussfaktoren Ausschlag gebend ist. Produktbezogen resultieren Reaktionen aus der erwartungsbezogenen Wahrnehmung von Verhalten (Funktion nicht oder nicht wie erwartet erfüllt) und Zustand des Produkts (wahrgenommener baulicher Zustand nicht wie erwartet). Von Bedeutung über das Produkt hinausgehend sind die Prozesse, mit denen Kunden konfrontiert werden. Einerseits kann Unzufriedenheit rein prozessbezogen entstehen, z.B. infolge von Problemen bei der Durchführung von Routinewartungen. Andererseits kann durch entsprechende prozessuale Maßnahmen ein produktbezogen unzufriedener Kunde beschwichtigt werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass solche Maßnahmen in der Nutzungsphase spät angesiedelt und daher tendenziell ineffizient in Bezug auf die Kundenbindung sind (Bild 8).

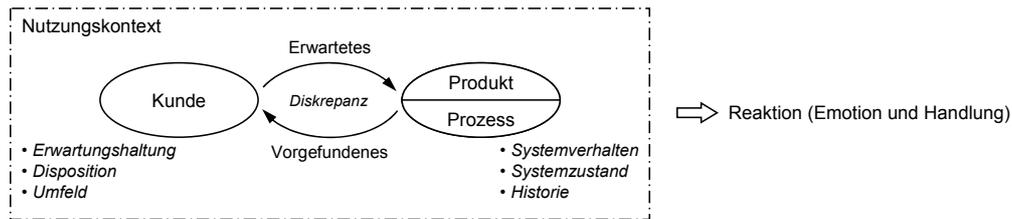


Bild 8: Entstehung von Kundenreaktionen

Grundsätzlich sind nicht nur gegenwärtige Diskrepanzen für Kundenreaktionen relevant, sondern die Historie von Produkt und Prozess, sowie das Umfeld des Kunden (z.B. Erfahrungen mit Produkten und Prozessen anderer Hersteller). Einflussfaktoren von besonderer Bedeutung sind subjektiv-individuelle Parameter des Kunden. Hier sind vor allem Anspruch (grundsätzliche Tendenz der Erwartungshaltung) und emotionale Disposition (grundsätzliche Tendenz von Reaktionen) zu nennen. Diese hängen wiederum mit dem Verständnis für Produkt und Prozess zusammen; oft kommt es zu einer kundenseitig wahrgenommenen Diskrepanz, obgleich aus Unternehmenssicht objektiv eine Abweichung nicht vorliegt, z.B. wenn bestimmte Funktionsweisen des Produkts für den Kunden nicht transparent sind und ein Verhalten daher als Fehler interpretiert wird. Um die wesentlichen Gründe für die Kundenreaktion transparent zu machen, sieht eine weitergehende Konkretisierung des konzeptionellen Methodenschemas eine Ermittlung und Dokumentation der grundsätzlichen, kunden-, produkt- und prozessbezogenen Gründe der Kundenreaktion vor (Bild 9, Schritte a-c).

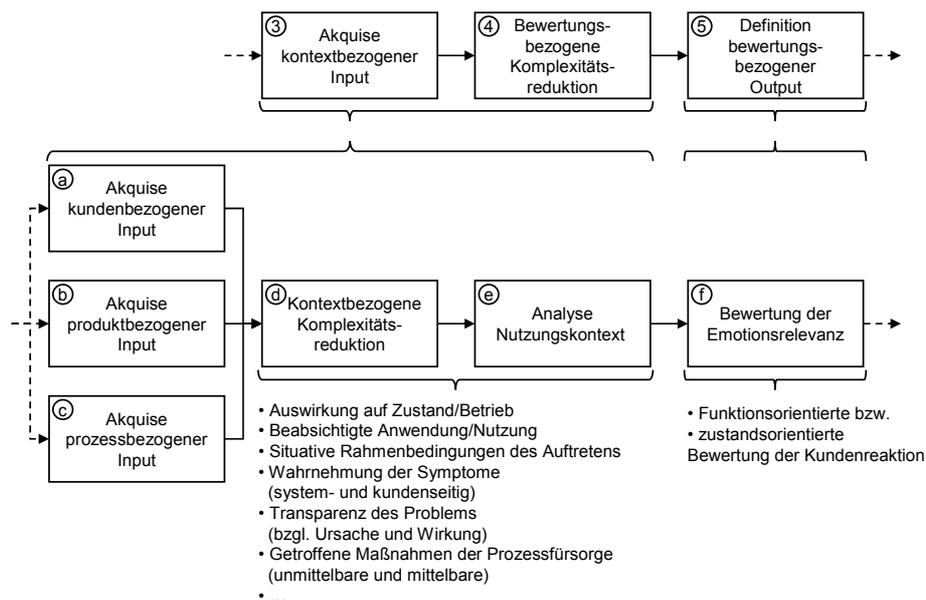


Bild 9: Weitere Konkretisierung des konzeptionellen Methodenschemas

Die empfundene Bedeutung der Diskrepanzen - und damit die Kundenreaktion - werden weiterhin durch den Nutzungskontext der Situation beeinflusst, in welcher die Diskrepanz auftritt bzw. wahrgenommen wird. Dieser Kontext beinhaltet u.a. die intendierte Nutzungssituation, aus der unmittelbar die Folgeschwere eines Problems resultiert, sowie die Wahrnehmung von Symptomen und die Transparenz des Problems, welches dem Kunden Rückschlüsse auf zu erwartende Abhilfemaßnahmen und damit entstehende Kosten erlauben. Eine strukturierte Dokumentation dieses Kontexts erhöht Transparenz und Aussagekraft des Kundenfeedbacks und trägt somit zur Objektivierung von Entscheidungen im Unternehmen bei, da das Nutzungsproblem und andere für die Kundenreaktion ursächliche Aspekte differenziert betrachtet werden können (Bild 9, Schritte d-e).

Somit kann die Komplexität der Eingangsinformationen vor dem Hintergrund der anschließenden Bewertung zur Ermittlung der Kundenperspektive (d.h. der Ermittlung der Emotionsrelevanz bestimmter funktionaler oder zustandsorientierter Probleme für die Kunden), z.B. durch statistische Verfahren, beherrschbar gemacht werden (Bild 9, Schritt f).

Integration des Kundenfeedbacks in Unternehmensprozesse im Rahmen des Frontloading bedeutet, dass gemäß der Kundenperspektive in frühen Phasen des Innovationsprozesses Entscheidungen zu Abhilfemaßnahmen zu treffen sind, z.B. konstruktive Änderungen oder auch Prüfmaßnahmen vor der Auslieferung. Die den Feedback-Prozess abschließende Aufbereitung der Ausgangsinformationen sollte daher eine Zusammenführung von Kundenperspektive und Herstellersicht unterstützen (Bild 7b, Schritt 6).

In der Kundenperspektive stehen regelmäßig Funktion bzw. Verhalten des Produkts im Vordergrund: Der Kunde wünscht, dass das Produkt etwas in einer bestimmten Weise tut. Der bauliche Zustand tritt demgegenüber eher in den Hintergrund, insbesondere falls eine Zustandsabweichung keine Verhaltensabweichung zur Folge hat. Die Herstellersicht ist hingegen vorwiegend realisierungsbezogen und baustrukturell bestimmt. Während bauliche Zustandsabweichungen direkt der Herstellersicht entsprechen, bedarf die funktionsorientierte Kundensicht einer Übersetzung, da für den Hersteller auch solche Funktionen von Bedeutung sein können, die als integrierte oder Teilfunktionen vom Kunden nicht oder anders wahrgenommen werden. Eine Möglichkeit, die aus diesen Gründen erforderliche Aufbereitung der Ausgangsinformationen zu realisieren, ist die Abbildung der unterschiedlichen funktionsorientierten Sichten von Kunden und Unternehmen mittels zweidimensionaler Matrizen. Angelehnt an Matrixmethoden der QFD oder der Produktmodularisierung können Relationen zwischen vom Kunden wahrgenommenen und für seine Zufriedenheit wichtigen Funktionen und der Herstellersicht dokumentiert werden. Darauf aufbauend kann die Kundenperspektive in Unternehmensprozesse integriert werden, beispielsweise indem sie im Rahmen einer FMEA für die Festlegung der Bedeutung von Fehlern eine Entscheidungsgrundlage genutzt wird.

## 6 Fazit

Die Handhabung von Komplexität ist in der derzeitigen Wettbewerbssituation zu einer wesentlichen Herausforderung für Unternehmen geworden. Komplexität betrifft unmittelbar den Menschen, der als Probleme lösender Bearbeiter im Zentrum vieler Prozesse der inner- und interbetrieblichen Wertschöpfungskette steht und zur Sicherung und Erhöhung der Ausführungs- und Ergebnisqualität auf methodische Unterstützung angewiesen ist. Hieraus resultieren spezifische Anforderungen an die Entwicklung von Ingenieurmethoden.

Auf Grundlage system- und modelltheoretischer Betrachtungsweisen erfolgte eine Untersuchung des Kontexts und der Rahmenbedingungen der Methodenentwicklung, und es wurde ein meta-methodisches Rahmenwerk zur Strukturierung und damit Systematisierung von Methodenentwicklungsprozessen definiert. Der Ansatz unterstützt eine abstrakte, vom Kontext der konkreten Tätigkeiten gelöste Entwicklung konzeptioneller Methodenschemata und deren schrittweise Konkretisierung. Dabei steht eine Analyse der umgesetzten bzw. umzusetzenden Informationen im Hinblick auf Ursachen von Komplexität iwS und die Festlegung von Maßnahmen zu deren Reduktion und Bewältigung im Vordergrund.

Die Anwendung der vorgeschlagenen Meta-Methode wurde am Beispiel der Erhebung und Aufbereitung von Kundenfeedback während der Nutzungsphase technischer Produkte demonstriert. Kundenreaktionen in der Nutzungsphase sind ihrer Natur nach subjektiv und werden von zahlreichen vernetzten Faktoren beeinflusst. Auf Grundlage einer Analyse der Prozessnahtstellen und Komplexitätsursachen wurde eine Struktur eines Feedback-

Prozesses zur funktions- und kontextorientierten Erfassung von Kundenreaktionen und zur Integration der Kundenperspektive in frühe Phasen des Innovationsprozesses entworfen.

Dieses Anwendungsbeispiel zeigt, dass der gewählte meta-methodische Ansatz eine schrittweise, mitteilbare Herangehensweise an den Entwurf eines Prozesses in einer iwS komplexen Situation ermöglicht. Das Beispiel versteht sich hingegen nicht als eine fertige Lösung, die ohne weiteres in einen operativen Prozess überführt werden kann. Hierzu sind weitergehende Untersuchungen zur unternehmensspezifischen Anpassung erforderlich, die beispielsweise die konkrete Bewertung von Kundenreaktionen, die Ausarbeitung qualitätssichernder Maßnahmen, sowie die informationstechnische Unterstützung betreffen.

## 7 Literatur

- [1] Daenzer, W. F., Huber, F. (Hrsg.): Systems Engineering. Verlag Industrielle Organisation, Zürich 2002
- [2] Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. Kohlhammer-Verlag, Stuttgart 1987
- [3] Dörner, D.: Die Logik des Misslingens. Rowohlt Verlag, Reinbek 1989
- [4] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München 2003
- [5] Gausemeier, J., Ebbesmeyer, P., Kallmeyer, F.: Produktinnovation. Carl Hanser Verlag, München 2001
- [6] Gomez, P.: Modelle und Methoden des systemorientierten Managements. Paul Haupt Verlag, Bern 1981
- [7] Hubka, V.: Theorie technischer Systeme. Springer-Verlag, Berlin 1984
- [8] ISO 9000:2000. Qualitätsmanagementsysteme; Grundlagen und Begriffe
- [9] Müller, J.: Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften. Springer-Verlag, Berlin 1990
- [10] Ovtcharova, J., Weigt, M., Seidel, M.: Virtual Engineering - Handlungsbedarf und Lösungsansätze zur Prozess- und Systemintegration. In: Tagungsband 7. Magdeburger Maschinenbau-Tage, 11.-12. Oktober 2005, Magdeburg
- [11] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K. H.: Konstruktionslehre. Springer-Verlag, Berlin 2005
- [12] Rittel, H. W. J., Webber, M. M.: Planning Problems are Wicked Problems. In: Cross, N. (Hrsg.): Developments in Design Methodology. Wiley, Chichester 1984
- [13] Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Springer-Verlag, Berlin 1973

Dipl.-Ing. Markus Weigt  
Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI)  
Universität Karlsruhe (TH)  
Adenauerring 20a, D-76131 Karlsruhe  
Tel.: +49-721-608-7958  
Fax: +49-721-661138  
Email: markus.weigt@imi.uni-karlsruhe.de  
URL: <http://www.imi.uni-karlsruhe.de>