

NAVIGATION DURCH DIE PRODUKTKONKRETISIERUNG

Josef Ponn, Udo Lindemann

Zusammenfassung

Die Konzeptphase in der Produktentwicklung spielt eine wichtige Rolle für die Produktqualität und den Erfolg des gesamten Entwicklungsprozesses. Sie ist u. a. durch eine große Unsicherheit bzgl. anforderungsgerechter Lösungen und einen hohen Informationsbedarf gekennzeichnet. In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, der die methodische Unterstützung einer erfolgreichen Konzeptphase verfolgt. Hierbei werden zwei Aspekte vorrangig betrachtet: die Unterstützung eines zielgerichteten Prozesses sowie die gezielte Bereitstellung von Methoden, Hilfsmitteln und lösungsbezogenen Informationen. Diese Ziele werden ermöglicht durch eine explizite Berücksichtigung des Grads der Produktkonkretisierung.

Um einen zielgerichteten Prozess zu realisieren, sind die konstruktiven Aktivitäten innerhalb der Konzeptphase sinnvoll zu verknüpfen. Im Rahmen dieser Aktivitäten werden Artefakte (z. B. Funktionsstrukturen, Prinziplösungen) als Ergebnisse erzeugt. Der Kerngedanke ist hier eine Planung und Steuerung des operativen Vorgehens basierend auf dem Konkretisierungsgrad dieser Artefakte. Ferner wird die situationsspezifische Bereitstellung von methodenbezogenen (z. B. alternative Methoden) und lösungsbezogenen Informationen (z. B. verfügbare Lösungen zu einem Problem) untersucht. Je nach dem Konkretisierungsgrad vorliegender Artefakte (z. B. auf funktioneller, prinzipieller oder gestalterischer Ebene) sind in einer Situation unterschiedliche Methoden, Informationen etc. relevant.

In der Konzeptphase finden sowohl Abstraktions- als auch Konkretisierungsschritte bzw. Übergänge zwischen verschiedenen Konkretisierungsebenen statt. Mit dem hier vorgestellten Ansatz wird ein Beitrag zur Überbrückung existierender Brüche zwischen diesen Ebenen und damit zur verbesserten Navigation durch die Produktkonkretisierung geleistet.

1 Einleitung

Die Konzeptphase spielt eine wichtige Rolle für die Produktqualität und den Erfolg des gesamten Entwicklungsprozesses. Sie ist in den oft zitierten frühen Phasen der Produktentwicklung anzusiedeln und befindet sich nach Gausemeier et al. [1] im Übergangsbereich der Strategischen Produktplanung zur Produktentwicklung. Die Konzeptphase ist u. a. dadurch gekennzeichnet, dass der Wissensstand des Entwicklers bzgl. anforderungsgerechter Produktlösungen noch sehr gering und der Informationsbedarf dementsprechend hoch ist.

Ziel des Beitrags ist es, Lösungsansätze zur Unterstützung einer erfolgreichen Konzeptphase zu entwickeln. Insbesondere werden folgende Fragestellungen untersucht:

1. Welches Vorgehen ist in der Konzeptphase abhängig von der Entwicklungssituation zielführend und wie können einzelne Aktivitäten sinnvoll verknüpft werden?
2. Wie können dem Entwickler hilfreiche Informationen zur optimalen Ausführung der relevanten Schritte besser zur Verfügung gestellt werden?

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: In Abschnitt 2 wird auf Besonderheiten der Konzeptphase eingegangen und die für diesen Beitrag relevante Problemstellung skizziert. In Abschnitt 3 wird auf die Bedeutung verschiedener Ebenen der Produktkonkretisierung eingegangen. In Abschnitt 4 wird ein Ansatz vorgestellt, der das Vorgehen in der Konzeptphase sowie den Einsatz von Methoden und die gezielte Einbindung von Artefakten unterstützt. Hierbei spielen Ebenen der Produktkonkretisierung eine entscheidende Rolle. Dieser Ansatz wird in Abschnitt 5 exemplarisch vertieft. Die Praktikabilität des Ansatzes und zukünftige Arbeiten werden in Abschnitt 6 diskutiert, in Abschnitt 7 erfolgt eine Zusammenfassung.

2 Charakter der Konzeptphase und Problemstellung

Zunächst werden die Rolle der Konzeptphase innerhalb der Produktentwicklung und diesbezügliche Forschungsaktivitäten betrachtet. Darauf aufbauend wird die in diesem Beitrag fokussierte Problemstellung herausgearbeitet.

2.1 Positionierung und Bedeutung der Konzeptphase im Entwicklungsprozess

In der Gliederung des Konstruktionsprozesses nach Pahl & Beitz [2] folgt das Konzipieren auf die Phase der Planung und Klärung der Aufgabe, im Anschluss sind die Phasen des Entwerfens und Ausarbeitens durchzuführen. In VDI-Richtlinie 2221 [3] ist das Vorgehen noch weiter differenziert. Von den sieben hier definierten grundlegenden Arbeitsschritten lassen sich die ersten vier mit der Konzeptphase assoziieren. Die Phase wird mit der Festlegung eines weiter zu verfolgenden Lösungskonzepts abgeschlossen, hierzu sind im Vorfeld prinzipielle Lösungen zu ermitteln, der Funktionsnachweis zu führen und die beste Alternative auszuwählen. Der Konzeptphase kommt somit eine hohe Bedeutung zu, da in ihr weitreichende Entscheidungen für die folgenden Phasen getroffen werden.

Hansen & Andreasen [4] weisen darauf hin, dass die Konzeptphase eine Situation darstellt, die mit großer Unsicherheit behaftet ist. Ein erarbeitetes Konzept schafft in der Regel Klarheit in den Fragen nach einem profitablen Business (für das Unternehmen), einem erfolgreichen Produkt (für den Kunden) und einem handhabbaren Prozess (für das Entwicklungsteam). Zwei verschiedene Aspekte sollte das Konzept enthalten: den technischen („idea in the product“) und den marktorientierten Aspekt („idea with the product“). Beide Aspekte sind während der Konzeptphase zu adressieren. In dem vorliegenden Beitrag erfolgt primär eine Fokussierung auf die technische Seite des Konzepts, eine mögliche Ergänzung um marktorientierte Aspekte wird jedoch nicht ausgeschlossen.

Aufgrund der hohen Bedeutung innerhalb der Produktentwicklung zum einen und der Tatsache der hohen Prozess- und Ergebnisunsicherheit zum anderen ist die Konzeptphase Gegenstand vielfältiger Forschungsarbeiten. Einige Ansätze dienen der Schaffung eines besseren Verständnisses für die Inhalte und Mechanismen der Konzeptphase, um daraus Richtlinien etc. für die Unterstützung einer erfolgreichen Konzeptgenerierung abzuleiten. Salonen et al. [5] untersuchen z. B. die Vorhersagbarkeit von Produkteigenschaften (property predictability) in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Hierbei beschäftigen sie sich u. a. mit der Fragestellung, bis zu welchem Konkretisierungsgrad Lösungen (Produktmodelle) auszuarbeiten sind, um eine verhältnismäßig verlässliche Entscheidung hinsichtlich der besten Konzeptalternative machen zu können.

Zahlreiche andere Ansätze zielen auf eine bessere Unterstützung der Konzeptphase durch Rechnerwerkzeuge ab, um das Problem der Abhängigkeit des Entwicklungserfolgs von persönlichen Eigenschaften der Entwickler (Kreativität, Erfahrung, Fachwissen etc.) zu beheben. Exemplarisch sei der funktionsorientierte Ansatz von Bryant et al. [6] genannt, der eine automatisierte Ableitung von Produktkonzepten verfolgt. Derartige Ansätze werden hier nicht fokussiert, obwohl zwei Aspekte auch für diesen Beitrag von Interesse sind: zum einen

die Unterstützung des Übergangs von Funktionsmodellen zu Produktmodellen auf Prinzip- bzw. Gestaltebene, zum anderen die Wiederverwendung von extrahiertem Wissen über bestehende Produkte.

2.2 Betrachtete Problemstellungen

Ausgangspunkt der Betrachtung ist die Entwicklungssituation. Vielfach wird betont, dass die Anwendbarkeit von Vorgehensmodellen, der Einsatz von Methoden etc. immer von der jeweils vorliegenden Situation abhängt. Im Kontext dieses Beitrags wird zur Beschreibung der Entwicklungssituation der bisherige Prozess und die bis dahin erreichten Zwischenergebnisse, Ziele und Anforderungen, die Aufgabe bzw. das Problem und der Entwickler mit seinen individuellen Eigenschaften herangezogen (siehe Bild 1). Der Aspekt Individuum vs. Team wird hier nicht gesondert betrachtet, es wird davon ausgegangen, dass der Ansatz sowohl für den einzelnen Entwickler als auch für ein Entwicklungsteam Gültigkeit besitzt. Den in Abschnitt 1 formulierten Fragestellungen können die für den Beitrag relevanten Problemstellungen (und daraus resultierend Ansätze für die Unterstützung) zugeordnet werden. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

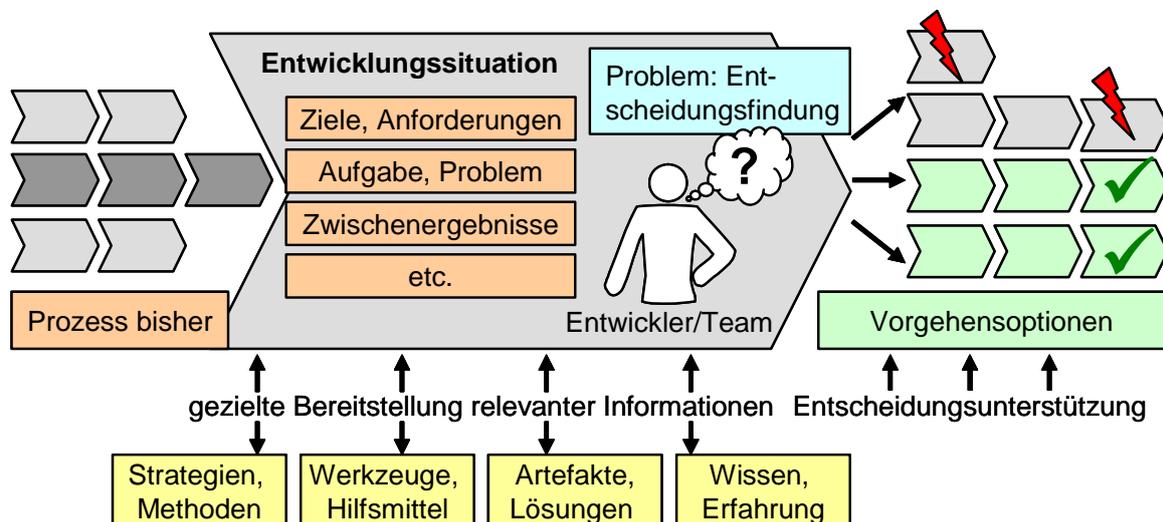


Bild 1: Differenzierte Betrachtung der Entwicklungssituation und Ansätze zur Unterstützung

Je nach Situation ist der weitere Prozess zu planen und durchzuführen. Hier hat eine Entscheidungsunterstützung hinsichtlich des weiteren Vorgehens auf operativer Ebene zu erfolgen. Es sind Aktivitäten anzustreben, die letztendlich zum Erfolg und nicht zu unnötigen Iterationen, Änderungen am Konzept etc. führen. Zur strategischen und operativen Planung von Entwicklungsprozessen, sowie zur Prozessdokumentation und -reflexion existieren in der Entwicklungsmethodik zahlreiche Vorgehensmodelle, die aber oftmals einen tendenziell zu allgemeinen bzw. zu starren Charakter aufweisen und für eine situationsspezifische Unterstützung noch nicht ausreichend sind. Die Berücksichtigung des Konkretisierungsgrads der betrachteten Artefakte bzw. Zwischenergebnisse ermöglicht eine konkretere Anwendung von Vorgehensmodellen.

Die Aktivitäten können durch die gezielte Informationsbereitstellung unterstützt werden. Relevante Informationen können Methoden und Hilfsmittel, Artefakte, existierende Produkte und Lösungen, Erfahrungen aus abgeschlossenen Projekten etc. betreffen. Um gezielt nur auf diejenigen Informationen aus verfügbaren Informationsspeichern zugreifen zu können, die in der Situation wirklich Relevanz besitzen und für die erfolgreiche Bearbeitung des Prozessschritts hilfreich sind, wird in die Betrachtung der Situation vor allem der Produktkonkretisierungsgrad einbezogen. Auf dessen Bedeutung geht der nächste Abschnitt ein.

3 Bedeutung der Produktkonkretisierungsebenen

In diesem Abschnitt soll die Bedeutung der differenzierten Betrachtung von Produktkonkretisierungsebenen anhand eines Fallbeispiels, das aus einem Studentenprojekt unter Betreuung des Autors stammt, herausgearbeitet werden.

3.1 Beschreibung des Fallbeispiels

Die Aufgabe war die Entwicklung eines innovativen Umwerfersystems für Liegeräder. Die Motivation zu diesem Projekt resultierte aus der Tatsache, dass Liegeräder gegenüber normalen Rädern veränderte Anforderungen an die Gangschaltung haben. Beispielsweise ist ein größerer Übersetzungsbereich mit der Schaltung abzudecken (am Berg sind kleinere Gänge notwendig, in der Ebene und im Gefälle können größere Gänge gefahren werden). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, muss man z. B. die Spreizung der Schaltung vergrößern. Dazu werden bei Kettenschaltungen bevorzugt die Zähnezahldifferenzen vorne an den Kettenblättern vergrößert. Ziel der Arbeit war die Entwicklung eines Umwerfersystems, das für die Verwendung am Liegerad geeignet ist und Schwachstellen vorhandener Systeme nicht mehr aufweist. Bild 2 zeigt Artefakte aus verschiedenen Phasen der Arbeit.

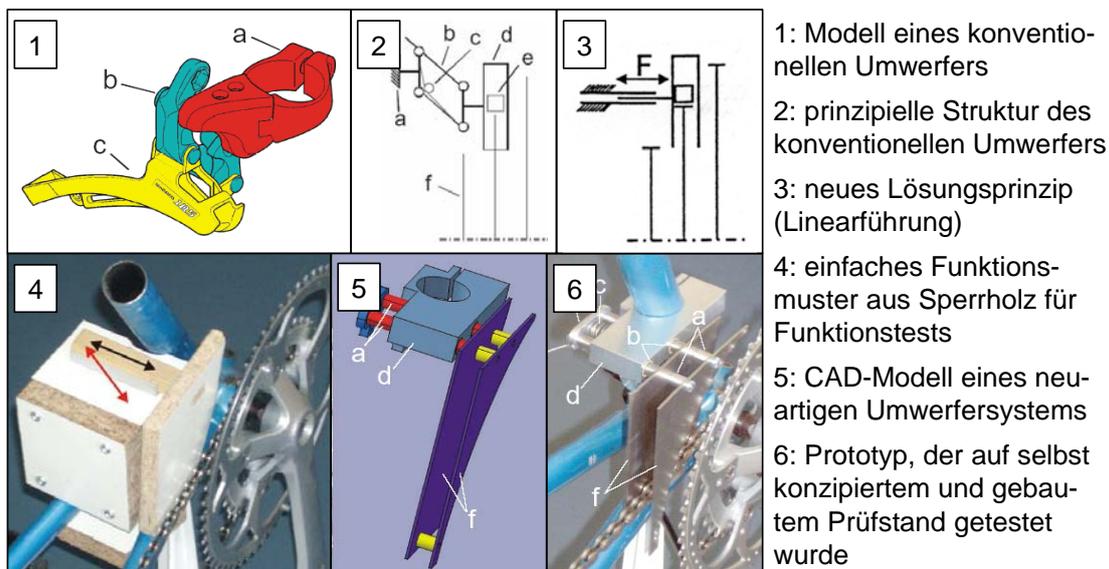


Bild 2: Artefakte aus verschiedenen Phasen des Entwicklungsprozesses

3.2 Bedeutung einer differenzierten Betrachtung von Konkretisierungsstufen

Im Projekt diente das Münchener Vorgehensmodell nach Lindemann [7] zur Planung des Vorgehens und wurde auch zur Analyse der tatsächlich durchgeführten Prozessschritte herangezogen (siehe Bild 3). Diese Analyse zeigt auf, in welcher Reihenfolge Schritte des Vorgehensmodells durchgeführt, welche Methoden jeweils angewandt, welche Artefakte als Ergebnisse erzeugt und welche Erkenntnisse dabei gewonnen wurden. Das in diesem Projekt gewonnene Wissen kann für die Anwendung in neuen Projekten zur Verfügung gestellt werden. Durch eine Klassifikation der Prozessschritte anhand der allgemeinen Schritte der Problemlösung im Modell (z. B. Ziel strukturieren, Lösungsalternativen suchen etc.) kann ein zielgerechter Rückgriff auf dieses Wissen erfolgen. Der Entwickler im neuen Projekt kann sich davon inspirieren lassen, wie andere Entwickler in ähnlichen Situationen vorgegangen sind, welche Methoden sie angewandt und welche Erfahrungen sie damit gemacht haben. In Bild 3 sind exemplarisch drei Elemente im Modell herausgegriffen, die im Entwicklungsprozess des Umwerfersystems identifiziert und zugeordnet werden konnten.

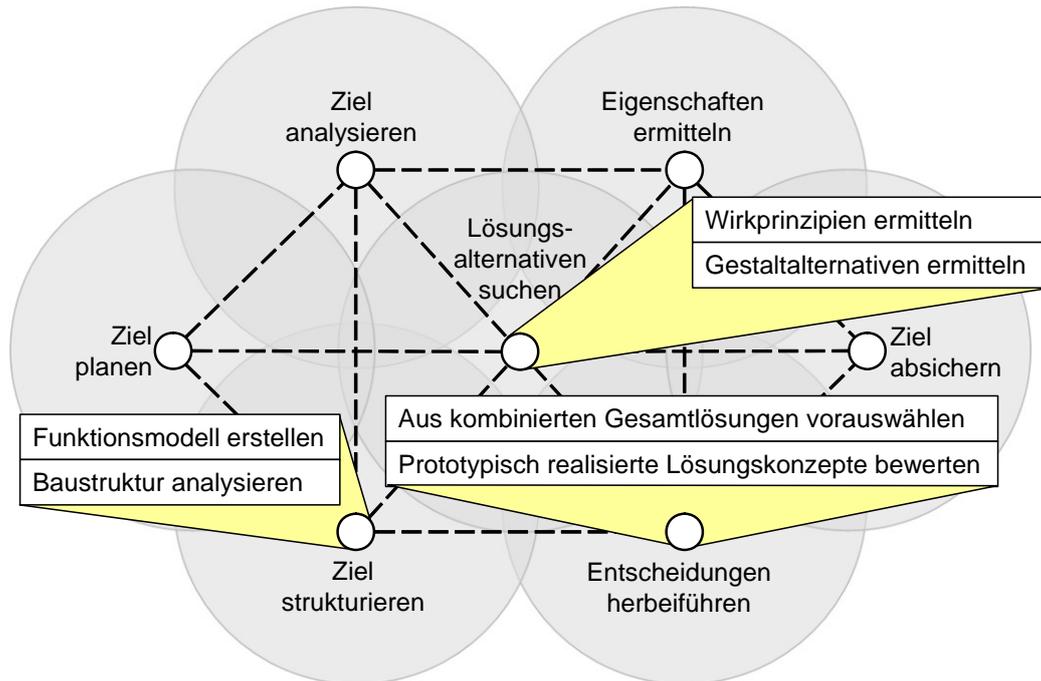


Bild 3: Ausgewählte Schritte aus dem Entwicklungsprozess, zugeordnet zu Elementen des Münchener Vorgehensmodells (nach Lindemann [7])

Zwei Situationen im Prozess, an denen eine Zielstrukturierung vorgenommen wurde, stellen die Analyse der Baustruktur herkömmlicher Umwerfersysteme und die abstrahierte Darstellung des betrachteten Systems in Form von Funktionsmodellen dar. In beiden Prozessschritten wurde eine Zerlegung des Systems vorgenommen, um kleinere handhabbare Teilsysteme zu erhalten, Transparenz zu schaffen und die Bildung von Handlungsschwerpunkten zu erleichtern. Der Unterschied liegt im Konkretisierungsgrad der betrachteten Objekte (Funktionen vs. Bauteile), hier unterscheiden sich auch die angewandten Methoden (umsatzorientiertes Funktionsmodell vs. hierarchische Baustruktur).

Eine Suche nach Lösungsalternativen fand in mehreren Phasen des Projekts statt. Bei der Suche nach Wirkprinzipien wurde z. B. auf einen Katalog physikalischer Effekte zurückgegriffen, mit dessen Hilfe mehrere neue Lösungsideen generiert werden konnten. Zur Ermittlung von Gestaltalternativen wurden nach Auswahl des Linearführungsprinzips konkrete Gestaltalternativen (z. B. Form des Leitblechs) diskutiert, um die optimale Alternative zu ermitteln. Hier fand ein iterativer Optimierungsprozess anhand eines Sperrholzmodells durch orientierende Versuche am selbst gebauten Prüfstand statt.

Schließlich kam es im Gesamtprozess auch zu mehreren Entscheidungssituationen. Nach der Ableitung von drei Gesamtkonzepten aus einem morphologischen Kasten heraus konnte in einer Vorauswahl ein Konzept ausgeschlossen werden, da es nicht die gewünschte Funktionalität erbrachte. Die zwei verbleibenden Konzepte wurden prototypisch realisiert und anhand mehrerer gewichteter Kriterien bewertet. Der größere Konkretisierungsgrad ließ hier deutlich differenziertere Aussagen bzgl. der Anforderungserfüllung zu, was sich auch auf die Wahl der Bewertungsmethode (gewichtete Punktbewertung) auswirkte.

Das Beispiel zeigt, dass es für die präzise Abbildung und Analyse der Entwicklungsschritte sinnvoll ist, neben der Klassifikation der Schritte im Hinblick auf die Elemente im Münchener Vorgehensmodell eine weitere Differenzierung nach der Produktkonkretisierung vorzunehmen. Durch Berücksichtigung der Konkretisierungsstufe können im Umkehrschluss noch gezielter Vorschläge hinsichtlich des weiteren Vorgehens bzw. des Einsatzes geeigneter Methoden gemacht werden. Ein zugehöriger Lösungsansatz wird im Folgenden vorgestellt.

4 Vorgehensplanung und Methodeneinsatz unter dem Aspekt der Produktkonkretisierung

Zunächst werden Modelle der Entwicklungsmethodik betrachtet, die sich mit Ebenen der Produktkonkretisierung (bzw. -abstrahierung) beschäftigen. Dann wird die Frage untersucht, wie im Rahmen des Konstruktionsprozesses und im Speziellen der Konzeptphase zwischen den Ebenen navigiert wird. Schließlich wird ein Modell vorgestellt, das die Navigationsmöglichkeiten abbildet und eine Zuordnung von Methoden und Hilfsmitteln ermöglicht.

4.1 Ebenenmodelle der Produktkonkretisierung (bzw. -abstrahierung)

Entwicklungsprozesse stellen tendenziell den Weg von abstrakten zu konkreten Produktmodellen dar. Jedoch ergeben sich auch Schritte vom Konkreten zum Abstrakten im Sinne einer Analyse. Diese Aspekte finden sich beispielsweise im Vorgehensplan nach VDI 2221 [3] wieder. Die dort beschriebenen sieben Schritte führen jeweils zu Arbeitsdokumenten (z. B. Funktionsstruktur, prinzipielle Lösung etc.), die zunehmende Konkretisierungen darstellen.

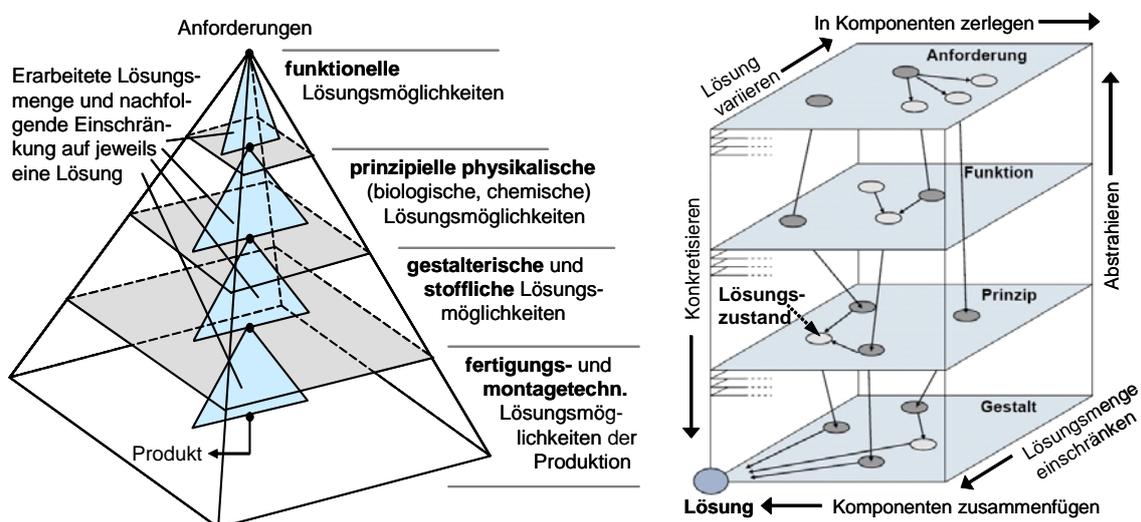


Bild 4: links: Modell nach Ehrlenspiel [8]; rechts: Modell nach Rude [9]

Ehrlenspiel [8] stellt ein hierarchisches Modell zur Abbildung von technischen Systemen vor (siehe Bild 4 links). In diesem sind die Bereiche Funktion, Physik und Gestalt als horizontal angeordnete Ebenen wiedergegeben. In Sinne einer durchgängigen Produkterstellung ist als zusätzliche Ebene der Produktionsbereich dargestellt. Prozesse der Lösungssuche und -auswahl sind schematisch als Dreiecksflächen eingezeichnet. Die Pyramidenform des Modells bringt die Zunahme von sinnvollen Lösungsmöglichkeiten und den Informationszuwachs mit zunehmender Konkretisierung zum Ausdruck.

Rude [9] skizziert den Modellraum des Konstruierens (Bild 4 rechts), in dem lösungsfindende Tätigkeiten beschrieben werden können und der aus drei Dimensionen aufgespannt wird: der Konkretisierungsgrad ordnet die vom Abstrakten zum Konkreten hin entstehenden Ergebnisse des Konstruktionsprozesses; der Zerlegungsgrad (entgegengesetzt: Komplexitätsgrad) ordnet die von außen nach innen hin immer genauer werdenden Beschreibungen von Produkten; der Variationsgrad ordnet die Menge der Lösungsalternativen. Die den Dimensionen zugehörigen Tätigkeiten des Entwicklers sind jeweils als entgegengesetzte Richtungen in Bild 4 dargestellt. Innerhalb des Modellraums werden den vier Konkretisierungsebenen Anforderung, Funktion, Prinzip und Gestalt jeweils Partialmodelle eines integrierten Produktmodells zugeordnet.

Neben diesen hier vorgestellten existieren weitere Modelle, in denen nach verschiedenen Produktkonkretisierungszuständen differenziert wird. Die Anzahl und Bezeichnung der Zustände bzw. Ebenen differiert mehr oder weniger stark mit den Modellen. Zudem scheint eine eindeutige Zuordnung zu Phasen im Konstruktionsprozess (z. B. Konzipieren, Entwerfen, Ausarbeiten) und den zugehörigen Einzelschritten schwer realisierbar zu sein. Eine allgemeingültige Definition von Konkretisierungszuständen sowie eine stringente Zuordnung zu Konstruktionsphasen und -prozessen werden hier ebenfalls nicht angestrebt. Stattdessen ist das Ziel die Entwicklung eines Modells, das die operative Navigation zwischen verschiedenen Konkretisierungszuständen und den Einsatz geeigneter Methoden unterstützt.

4.2 Navigation durch die Produktkonkretisierung und methodische Unterstützung

Basis für folgende Ausführungen ist eine an Rude angelehnte Differenzierung von Produktkonkretisierungsebenen. Schritte im Konstruktionsprozess können interpretiert werden als Sprünge auf höher oder tiefer liegende Ebenen (Generierung von Modellen bzw. Artefakten auf abstrakterer oder konkreter Ebene) bzw. als Schritte, in denen der Konkretisierungsgrad gleich bleibt (hier ändert sich z. B. der Zerlegungs- oder Variationsgrad). Das Vorgehen bei der Problemlösung kann ferner als Durchlaufen der Elemente im Münchener Vorgehensmodell aufgefasst werden. Werden beide Aspekte (Problemlösung, Konkretisierung) gemeinsam betrachtet, so ergibt sich eine kombinierte Darstellung nach Bild 5.

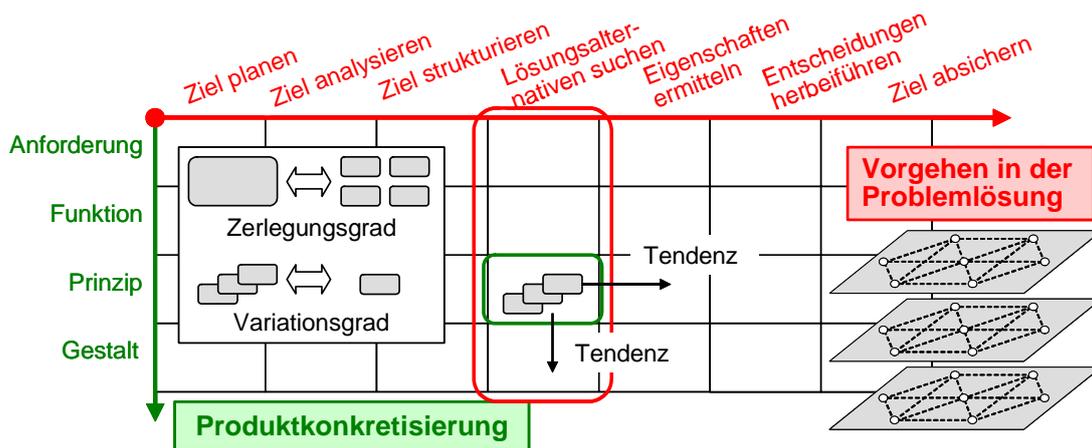


Bild 5: Verknüpfung von Elementen des Münchener Vorgehensmodells mit Konkretisierungsebenen; Darstellung von Situationen und Handlungsoptionen

Aus Gründen der übersichtlichen Darstellung werden die Elemente des Münchener Vorgehensmodells nach rechts und die Konkretisierungsebenen nach unten angetragen, so dass sich rechnerisch 28 Felder ergeben. Entwicklungsprozessschritte lassen sich den Feldern zuordnen (z. B. Suche nach Lösungsalternativen auf Prinzipiebene), eine Folge an Prozessschritten kann als Navigation durch den Raum interpretiert werden, der durch die betrachteten Dimensionen aufgespannt wird (trotz der vereinfachten Darstellung wird weiterhin von Konkretisierungsebenen gesprochen).

Die Unterstützung einer erfolgreichen Konzeptphase wird in dem skizzierten Modell durch die Ermöglichung einer sinnvollen Wahl und Verknüpfung der Aktivitäten zum einen und durch die Bereitstellung relevanter Informationen und Wissens Elemente (Methodenwissen, Lösungswissen, Erfahrungswissen etc.) zum anderen erzielt. In einer spezifischen Situation können Vorschläge hinsichtlich des weiteren Prozesses und des Methodeneinsatzes aus vorangegangenen Aktivitäten/Prozessschritten und dem Konkretisierungsgrad der vorliegenden Artefakte abgeleitet werden. Hierbei ist die Einordnung der vorliegenden Situation nach Art des letzten Prozessschrittes (z. B. Lösungssuche) und Konkretisierungsgrad der

vorliegenden Artefakte (z. B. Prinziplösungen) möglich. Weitere Handlungsoptionen ergeben sich aus dem tendenziellen Weg im Entwicklungsprozess (nach rechts: Standardablauf der Elemente im Vorgehensmodell, nach unten: vom Abstrakten zum Konkreten) – hier herrscht aber kein Zwang! – und aus Vorgehensmustern, die beispielsweise aus konkreten Projekten abgeleitet und in neuen Projekten wieder gezielt zur Verfügung gestellt werden können.

Eine verstärkte Orientierung an den Zwischenergebnissen der Prozessschritte und deren Konkretisierungsgrad trägt zu einem optimalen Prozess bei. Ein Ziel hierbei ist es u. a. dass Artefakte, die in einem Schritt generiert werden (z. B. Funktionsmodelle, Prinzipskizzen), einen Wert zum letztendlichen Ergebnis beitragen. Zu vermeiden ist es, dass in jedem Schritt umfangreiche Informationen generiert werden, denen in weiteren Prozessschritten keine Beachtung mehr geschenkt wird. Somit wird u. a. die Vermeidung bzw. Überwindung von Brüchen zwischen den betrachteten Konkretisierungsebenen angestrebt. Wie mit dem Modell gearbeitet werden kann, wird im Folgenden beschrieben.

5 Exemplarische Vertiefung des Ansatzes

Für die exemplarische Vertiefung des Ansatzes ist ein möglicher Pfad durch das Modell dargestellt, der anhand des in Kapitel 3 vorgestellten Fallbeispiels diskutiert wird. Konkrete für die Konzeptphase typische Problemstellungen in den einzelnen dargestellten Situationen werden zusammen mit möglichen Lösungsansätzen diskutiert.

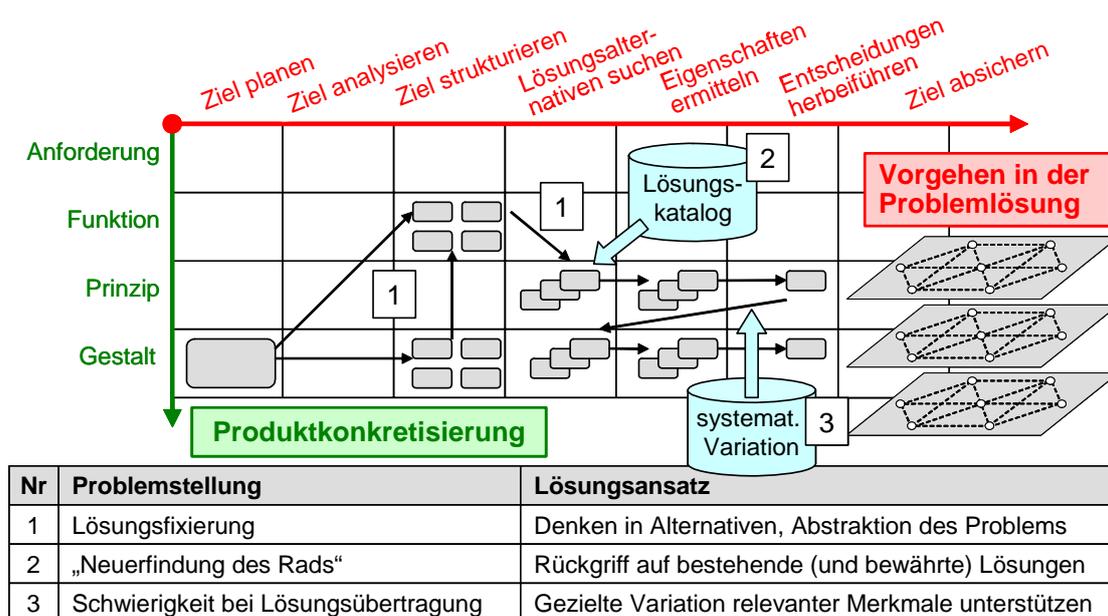


Bild 6: Darstellung eines exemplarischen Pfades durch das Modell

5.1 Bestimmung des Wirkprinzips

Falls sich Entwickler auf die Realisierung ihrer ersten „scheinbar passenden“ Ideen fokussieren, kann die Nichtberücksichtigung von möglichen Alternativen zu suboptimalen Produkten führen. Oder es kommt zu zeitintensiven Iterationen im Prozess, um Änderungen durchzuführen, wenn die vermeintlich optimale Lösung doch unzureichend ist. Hier erscheint die Unterstützung des Denkens in Alternativen und der Generierung abstrakter Problemmodelle vielversprechend. Um in einer konkreten Situation in der Konzeptphase die Gefahr der Lösungsfixierung zu vermeiden, ist es zielführend, sich von konkreten Gestaltlösungen (mittels Abstraktion) zu lösen, und auf funktioneller oder prinzipieller Ebene nach alternativen Lösungsmöglichkeiten zu suchen.

Oftmals wird viel Aufwand in die Ausarbeitung neuer Lösungen investiert, sozusagen wird „das Rad neu erfunden“, ohne Konzepte zu berücksichtigen, die in der Vergangenheit bereits erstellt wurden. Die Anpassung ähnlicher Lösungen könnte eine große Zeitersparnis bedeuten und zudem die Produktqualität erhöhen, wenn die Entwicklung auf bereits abgesicherten Lösungsprinzipien basieren würde. Es gilt also, den zielgerichteten Rückgriff auf bestehende Lösungen und die Ausnutzung bekannter Effekte (die evt. in anderen Produkten schon erfolgreich umgesetzt wurden) zu unterstützen. Bei der Suche nach prinzipiellen Lösungen kann die Anwendung geeigneter Methoden und Hilfsmittel die Ideengenerierung fördern. Im Fallbeispiel wurde zur Bestimmung von Wirkprinzipien ein Katalog physikalischer Effekte herangezogen. Der Einsatz derartiger Kataloge ermöglicht die Schaffung eines breiteren Lösungsfelds. Ein Ausschnitt aus dem verwendeten Effektkatalog sowie eine Auswahl generierter Ideen zeigt Bild 7.

	Typ	Nr	Name	Wirkprinzip	Prinzipiskenne	Formel
	Statisch starrer Körper	01	Hebel	Einseitiger Hebel: Starrer, um eine Achse drehbar gelagerter Körper mit einseitigem Hebelarm.	Einseitig 	r : Hebelarm $M = F \cdot r$ $v = \omega \cdot r$
			Zweiseitiger Hebel: Starrer, um eine Achse drehbar gelagerter Körper mit zweiseitigem Hebelarm.	Zweiseitig 	l_1, l_2 : Hebelarme $\frac{l_1}{l_2} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{s_1}{s_2}$ $s = v \cdot t$ $s = a \cdot t^2$	
	02	Keil	Zwei um den Winkel α zur Basis geneigte Ebenen, auf die senkrecht stehende Flankenkräfte ausgeübt werden.		α : Keilwinkel $F_2 = F_1 \cdot \frac{s_1}{s_2}$ $F_2 = \tan \alpha \cdot F_1$	

Bild 7: Bestimmung prinzipieller Lösungen auf Basis physikalischer Effekte

Als Hilfsmittel zur Bestimmung von Erfolg versprechenden Wirkprinzipien stehen Effektkataloge in papierbasierter wie digitaler Form zur Verfügung. Der Zugriff kann auf vielfältige Art und Weise erfolgen, wodurch ein anwenderspezifischer Umgang mit diesen Hilfsmitteln ermöglicht wird. Ein Beispiel der Zugriffsart ist der Zugang über zu realisierende Funktionen. Es gibt auch viele Ansätze, wie die Zuordnung von Funktionen zu Effekten automatisiert werden kann (z. B. [6]). Lösungsspeicher mit Fallbeispielen können ebenfalls die Ideengenerierung unterstützen. Hier erfolgt der Zugriff auf das Prinzip über die konkrete Anwendung, eine Übertragung auf die eigene Problemstellung ist jedoch notwendig.

5.2 Konkretisierung des Wirkprinzips

Die Anpassung existierender Lösungen geschieht oftmals nicht problemlos. Es ist immer die Situation zu berücksichtigen, in dem die jeweilige Lösung entstanden ist. Bei der Übertragung von Lösungsideen auf die eigene Problemstellung müssen diese Aspekte berücksichtigt werden. Die Übertragung von Prinzipien auf neue Anwendungen ist schon deshalb oft schwierig, da diese Prinzipien der Anschaulichkeit halber oft grafisch dargestellt sind, diese grafischen Repräsentationen jedoch exemplarische Konkretisierungen dieser Prinzipien darstellen, was zu einer Fixierung führen kann. Die rein verbale Beschreibung des Prinzips unterstützt aber unter Umständen nicht die gewünschte Bildung von Assoziationen. Wurde eine prinzipielle Lösung gefunden und in einem Bewertungsschritt einer weiteren Konkretisierung als würdig erachtet, stellt der nächste Prozessschritt den Übergang von der Prinzip- zur Gestaltebene dar. Um hier systematisch vorzugehen, und Schwierigkeiten in der Anpassung bzw. Konkretisierung von Wirkprinzipien zu vermeiden, bieten sich vorgehensspezifisch (Schritt Lösungssuche) und ebenenspezifisch (Übergang vom Prinzip zur Gestalt) verschiedene Methoden an. Im Fallbeispiel wurden anhand eines Formblatts gezielt alternative Lösungsmöglichkeiten mittels systematischer Variation generiert (siehe Bild 8 links). Hierbei wurde jeweils explizit ein Ziel der Variation formuliert.

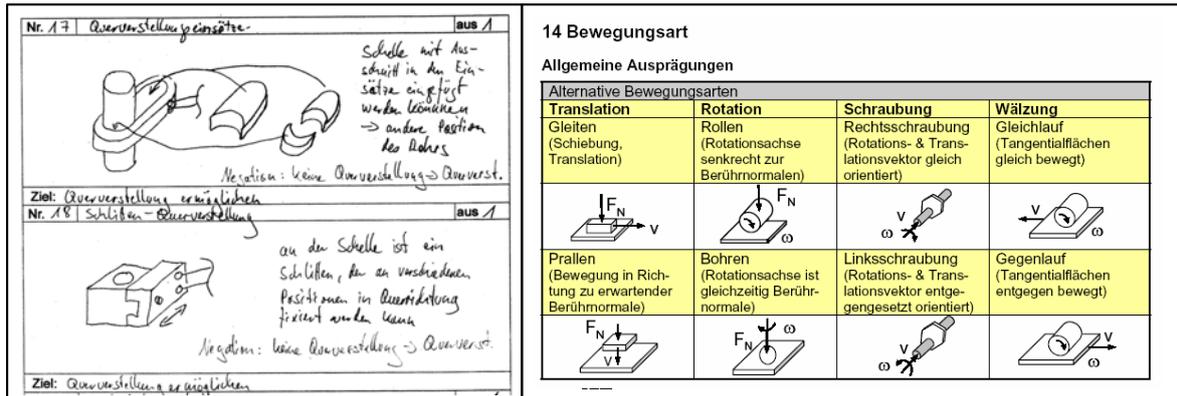


Bild 8: Variation der Gestalt mittels Formblatt und Checkliste an Variationsmerkmalen

Ein derartiger Formalismus kann helfen, muss aber nicht in jeder Situation und von jedem Entwickler eingesetzt werden. Die Variation bestehender Lösungen wird von erfahrenen Entwicklern z. T. unbewusst aber dennoch erfolgreich und zielgerichtet durchgeführt, ohne dass explizit Variationsziele oder variierte Merkmale geäußert werden. Für methodisch oder fachlich Unerfahrene können Formblätter oder Checklisten möglicher Variationsmerkmale (siehe Bild 8 rechts) hilfreich sein.

6 Diskussion

Die Praktikabilität des Ansatzes gilt es zu überprüfen. Dies ist zunächst im studentischen Umfeld vorgesehen, bevor an eine Übertragung ins industrielle Umfeld gedacht wird. Hierzu ist der Ansatz noch hinsichtlich einiger Aspekte zu konkretisieren, beispielsweise bzgl. der Situationen, in denen der Ansatz sinnvoll ist (z. B. Differenzierung nach Produktumfang, Art der Problemstellungen und Anforderungen etc.). Die Eröffnung von Handlungsoptionen basierend auf dem Konkretisierungsgrad der Zwischenergebnisse bzw. Artefakte wird als vielversprechend angesehen. Jedoch tauchen in der Realisierung Problemstellungen auf (z. B. Klassifikation von Artefakten), die in Zukunft ebenfalls noch intensiver zu untersuchen sind. Für eine situationspezifische Unterstützung mit Methoden und Hilfsmitteln wurde im Beitrag die Möglichkeit der Methodenauswahl basierend auf dem Konkretisierungsgrad der vorliegenden Produktmodelle bzw. Artefakte untersucht. Für die situationsgerechte Methodenauswahl existieren weitere Mechanismen (z. B. Zuordnung zu Teilprozessschritten des Entwicklungsprozesses, Auswahl basierend auf Methodenattributen, Zuordnung zu unterstützten Grundtätigkeiten etc.), deren zukünftige Einbindung in den Ansatz vorgesehen ist.

7 Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrags ist die Unterstützung einer erfolgreichen Konzeptphase. Ausgehend von Problemstellungen, die sich aus der Rolle der Konzeptphase im gesamten Entwicklungsprozess ergeben, fand eine Fokussierung der Betrachtung auf Aspekte des Vorgehens und des Methodeneinsatzes statt. Das Ergebnis ist ein Modell, das die Dimensionen des Vorgehens in der Problemlösung zum einen und die Ebenen der Produktkonkretisierung zum anderen in Kombination abbildet. Das Modell stellt damit eine Erweiterung des Münchener Vorgehensmodells nach Lindemann [7] um Aspekte der Produktkonkretisierung dar. Der Einsatz des Modells ist für die Wahl zielführender Handlungsoptionen und eine Zuordnung relevanter Methoden, Hilfsmittel, Artefakte etc. angedacht, die durch die Berücksichtigung des Konkretisierungsgrads noch besser möglich sind. Insgesamt strebt der Ansatz eine integrierte Betrachtung und Operationalisierung bestehender Vorgehensmodelle der Problemlösung zum einen und des Entwickelns und Konstruierens zum anderen an.

8 Literatur

- [1] Gausemeier, J.; Lindemann, U.; Schuh, G. (Hrsg.): Planung der Produkte und Fertigungssysteme für die Märkte von morgen. Frankfurt am Main: VDMA Verlag 2004.
- [2] Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendungen. Berlin: Springer 1997.
- [3] VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.
- [4] Hansen, C. T.; Andreasen, M. M.: A proposal for an enhanced design concept understanding. Proceedings of the 14th International Conference on Engineering Design 2003 (ICED 03), Stockholm: Design Society 2003.
- [5] Salonen, M.; Hansen, C. T.; Pertulla M.: Evolution of property predictability during conceptual design. Proceedings of the 15th International Conference on Engineering Design 2005 (ICED 05), Melbourne: Design Society 2005.
- [6] Bryant, C.; Stone, R.; McAdams, D.; Kurtoglu, T.; Campbell, M.: Concept generation from the functional basis of design. Proceedings of the 15th International Conference on Engineering Design 2005 (ICED 05), Melbourne: Design Society 2005.
- [7] Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Berlin: Springer 2005.
- [8] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung – Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion. München: Hanser 2003.
- [9] Rude, S.: Wissensbasiertes Konstruieren. Habilitationsschrift. Aachen: Shaker 1998.

Dipl.-Ing. Josef Ponn,
Lehrstuhl für Produktentwicklung
Technische Universität München
Boltzmannstraße 15 - D-85748 Garching
Tel: ++49 / 89 / 289-15141
Fax: ++49 / 89 / 289-15144
Email: ponn@pe.mw.tum.de
URL: <http://www.pe.mw.tum.de>

