

## ENTWICKLUNGSTÄTIGKEIT IN ZEITKRITISCHEN SITUATIONEN

*Bernd Jokele, Daniel Karl Fuchs*

### Kurzfassung

Trotz Präventivmassnahmen kommt es immer wieder zu Situationen, die aufgrund eines technischen Fehlers eine Änderung von Produktkomponenten in den späten Phasen des Entwicklungsprozesses erfordert. Für den Entwickler bedeutet dies eine enorme Belastung, die sich durch den enormen Zeit- und Erfolgsdruck ergibt und unter der er kreative Lösungen zur Beseitigung des Produktmangels erarbeiten soll. Kriterien für eine anschließende Bewertung sind dann unter anderem die Realisierbarkeit hinsichtlich Fertigung und Montage. Die vorliegende Veröffentlichung stellt eine Vorgehensweise zur Diskussion, mit der die Entwickler unterstützt werden sollen, realisierbare Lösungen zu entwickeln. Dazu werden die Freiheitsgrade von Produkt und Prozess, die in den späten Phasen des Entwicklungsprozesses eingeschränkt sind, explizit berücksichtigt und dienen als Ausgangspunkt für die Lösungssuche. Bewertungsaspekte für die Lösungsauswahl werden dadurch bereits in der Phase der Lösungssuche berücksichtigt, wodurch die Zeit für die Lösungssuche und Bewertung reduziert werden kann.

### 1 Erhöhter Zeitdruck in der Produktentwicklung und die Folgen

Im Rahmen des Risikomanagements und Qualitätsmanagements werden Maßnahmen vorgeschlagen, die das Risiko verringern, Mängel des Produkts zu spät zu erkennen und kostenintensive Änderungen anstoßen zu müssen. Aber trotz Präventivmaßnahmen treten immer wieder gravierende Mängel an Produkten auf, deren Entwicklung schon fast abgeschlossen scheint oder – im schlimmsten Fall – die bereits auf dem Markt sind. Als Beispiel sei in diesem Zusammenhang auf die zahlreichen Rückrufaktionen in der Automobilbranche verwiesen.

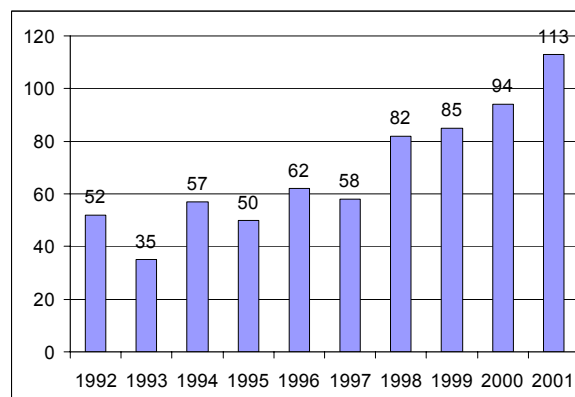


Bild 1: Anzahl der Rückrufaktionen in Deutschland (Quelle: Automobilelektronik/ Kraftfahrzeugbundesamt 2003)

Wie in Bild 1 dargestellt, hat sich die Anzahl der Rückrufaktionen in Deutschland im Zeitraum zwischen 1992 bis 2001 mehr als verdoppelt. Eine Ursache liegt in der zunehmenden Komplexität der Produkte. Es ist nahe liegend, dass diese zunehmende Komplexität auch eine Zunahme des Zeitaufwands für Präventivmaßnahmen bedeutet, da zum Beispiel wesentlich mehr Schnittstellen in Betracht gezogen werden müssen. Doch selbst bei gründlichster Produktplanung und –realisierung können Fehler gemacht werden. Eisenhut formuliert daher die Forderung für Unternehmen: „Auf nicht beeinflussbare Fehler reagieren, gegenüber beeinflussbaren Fehlern agieren.“ (Eisenhut 1999, S.43). Als Fehler wird in diesem Kontext ein technischer Fehler verstanden, der als derjenige Zustand eines technischen Produkts verstanden wird, bei dem der funktionale Ist-Zustand vom funktionalen Soll-Zustand abweicht (Eisenhut 1999, S.16). Demzufolge kann es sich dabei sowohl um das Fehlen von erwünschten Funktionen handeln als auch um das Auftreten von unerwünschten Funktionen. Für den Entwickler, von dem im Falle eines Produktmangels eben das von Eisenhut geforderte „Reagieren“ erwartet wird, stellt diese Situation eine extreme Stressbelastung dar.

### 1.1 Eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten

Da derartige Krisensituationen in der Regel nicht eingeplant sind, stehen für die Problemlösung nur beschränkt Ressourcen zur Verfügung. Dazu kommen eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten für die Entwickler. Eine zunehmende Detaillierung des Produkts führt zu einer zunehmenden Einschränkung der Freiheitsgrade, die für eine Produkt- bzw. Prozessgestaltung zur Verfügung stehen (Bild 2). Wird eine Abweichung der Produkteigenschaften erst kurz vor der Auslieferung erkannt, muss mit einer enorm eingeschränkten Zahl von Änderungsmöglichkeiten das Problem gelöst werden. Sind zum Beispiel bereits kostenintensive Werkzeuge in Auftrag gegeben, dann sollte aufgrund der Folgekosten von einer Änderung der damit gefertigten Teile abgesehen werden. Sie stellen in diesem Fall dann keinen Freiheitsgrad des Produkts mehr dar. Ebenso können Prozessschritte der Fertigung und Montage nicht beliebig verändert werden. So ist es beispielsweise eine Kostenfrage, ob Lösungs-ideen, die die Beschaffung eines weiteren kostenintensiven Werkzeugs notwendig machen, finanzierbar sind.

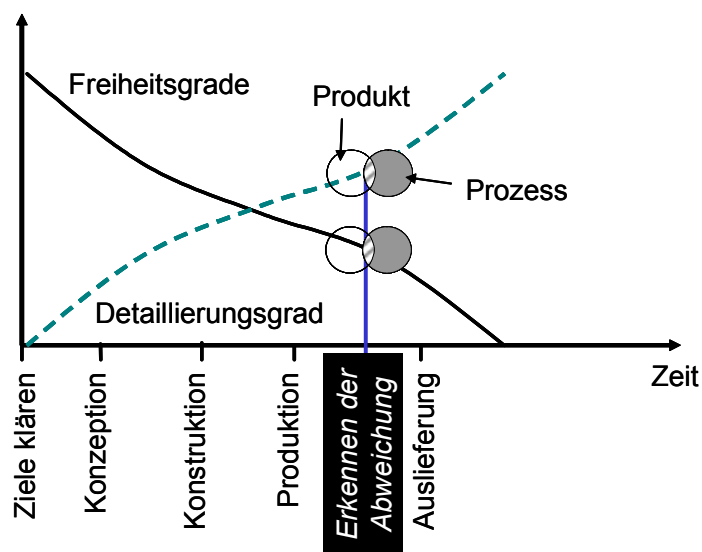


Bild 2: Anzahl der Freiheitsgrade von Produkt und Prozess und Detaillierungsgrad von Produkt und Prozess im Laufe des Entwicklungsprozesses

## 1.2 Auswirkungen des Zeitdrucks auf die Entwickler

Klassische Vorgehensweisen und Methoden im Rahmen der Produktentwicklung (Ehrlenspiel 1995) lassen sich in solchen Extremsituationen zum Teil nur schwer umsetzen. Eine kreative Lösungssuche im Team setzt z.B. voraus, dass die Teammitglieder Zeit haben. Die in Kreativsitzungen erarbeiteten Lösungen stellen sich in einer anschließenden Bewertung oft als nicht realisierbar heraus. Vor allem in den späten Phasen des Produktentwicklungsprozesses sind - wie oben beschrieben - die Freiheitsgrade bzgl. Produkt und Prozess bereits so weit eingeschränkt, dass eigentlich gute Lösungsalternativen an den zu erwartenden Änderungskosten scheitern. Dazu kommt, dass sich der Zeitdruck negativ auf die Problemlösefähigkeit auswirkt. In empirischen Untersuchungen ließ sich nachweisen, dass ein erfolgreicher Kreativprozess eine Funktion der zur Verfügung stehenden Zeit ist (Amabile 2002, S.3). Eine Studie, in der kreative tätige Personen über einen Zeitraum von 30 Wochen beobachtet wurden, wies nach, dass unter Zeitdruck zwar länger gearbeitet wird, aber die Qualität der kreativen Leistung abnimmt (Amabile 2002, S.14). Darüber hinaus neigen Personen unter Stress, in Abhängigkeit von Persönlichkeits- und Situationsvariablen, mehr oder weniger zu ego-protektionistischem Verhalten (Alms 1984, S.58). Als Stressor prädestiniert ist dabei Zeitdruck, durch den das Individuum die für die Problemlösung verfügbare Zeit als nicht ausreichend empfindet. Die Folge kann sein, dass Informationen gezielt ausgewählt werden und unerwünschte Informationen so evtl. keine Berücksichtigung finden (Alms 1984, S. 57-58). Ebenso beobachtbar ist eine zunehmende Rigidität des Problemlösungsverhaltens, das heißt, unter Stresseinwirkung wird bevorzugt auf bekannte, eingefahrene Lösungswege zurückgegriffen (Alms 1984, S.62).

## 2 Konstruktionsmethodische Unterstützung in zeitkritischen Situationen

Um den Entwickler in solchen Extremsituationen eine Hilfestellung zu bieten muss eine Unterstützung auf operativer Ebene angeboten werden. Gerade in einer zeitkritischen Situation erscheint es daher angebracht, dem Problemlösenden Zwischenziele vorzugeben, die detaillierter sind als in den bekannten Vorgehenszyklen aus der Systemtechnik. Der Vorgehenszyklus für die Systemsynthese (Ehrlenspiel 1995, S.79) oder das Vorgehen nach VDI 2221 (VDI 2221, S.9) widerspiegeln zwar elementare Tätigkeiten und Prozessergebnisse, allerdings obliegt es dem Konstrukteur die relativ abstrakt formulierten Schritte auf seine spezifische Problemsituation zu adaptieren. Im Folgenden werden Ansätze vorgestellt, die das Ziel haben in solchen zeitkritischen Situationen die Zeit für die Lösungssuche zu reduzieren.

### 2.1 Bildung eines Krisenteams

Im Falle des unerwarteten Auftretens einer nicht tolerierbaren Zielabweichung des Produkts stellt sich zunächst die Frage, wer mit der Problemlösung beauftragt wird. Da Krisenfälle im Normalfall hinsichtlich Ressourcenplanung nicht vorgesehen sind, ist es schwierig größere Teams zu bilden, ohne zu riskieren, dass andere Projekte in Verzug geraten. Daher muss es Ziel sein, die Kapazitäten für die Problemlösung auf ein ausreichendes Maß zu beschränken. Dazu kommt, dass es mit zunehmender Teamgröße mehr und mehr zeitaufwendiger ist, Informationen weiterzugeben. Dies gilt vor allem auch für Lösungsansätze, die diskutiert und bewertet werden sollen. Ferner sind Besprechungen mit zunehmender Teamgröße aufgrund der abzustimmenden Termine immer schwieriger zu organisieren. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen erscheint es zweckmäßig möglichst kleine Teams mit zwei bis drei Teammitgliedern vorzusehen. Ein weiterer Vorteil dieser überschaubaren Teamgröße ist die Eignung für eine diskursive Lösungssuche.

## 2.2 Problemanalyse und Identifizierung der relevanten Produktkomponenten

Bevor man sich ein Bild über die Änderungsmöglichkeiten des zu modifizierenden Produkts macht, sollte in einem ersten Schritt zunächst analysiert werden, welche Bauteile ursächlich an der Entstehung des Fehlers beteiligt sind. Für die Visualisierung der Analyseergebnisse bietet das aus der TRIZ-Methodik bekannte Ursache-Wirkungsdiagramm (Bild 3) an. Dies bietet zugleich die Möglichkeit, bei Problemen deren Ursache-Wirkungszusammenhänge unklar sind, auf die Möglichkeit der antizipierenden Fehlererkennung zurückzugreifen, die einen Einsatz der „TRIZ-Methodik in ihrer ganzen Breite“ bereits zur Identifizierung der Problemursachen zulässt (Terninko 1998, S.231). Aus der Problemanalyse lassen sich abschließend die Produktkomponenten feststellen, die für die Problemlösung relevant sind. An dieser Stelle weisen Fuchs und Jokele (2003) darauf hin, dass eine individuelle Problemanalyse das Problemverständnis unterstützt. Dabei soll nicht auf eine dogmatische Problemanalyse nach einem Standardverfahren (z.B. SADT, UML) herangezogen werden. Viel mehr sollen die eigenen Strukturierungsfähigkeiten (Gegenüberstellung mit Hilfe von Matrizen, Identifizierung von Gemeinsamkeiten durch Mengenlehre) und die besonderen Randbedingungen (Zeit, Qualifikation) mit in die Problemanalyse einfließen. Dadurch kann sich der Entwickler schneller in eine Situation/Problem hineinversetzen.

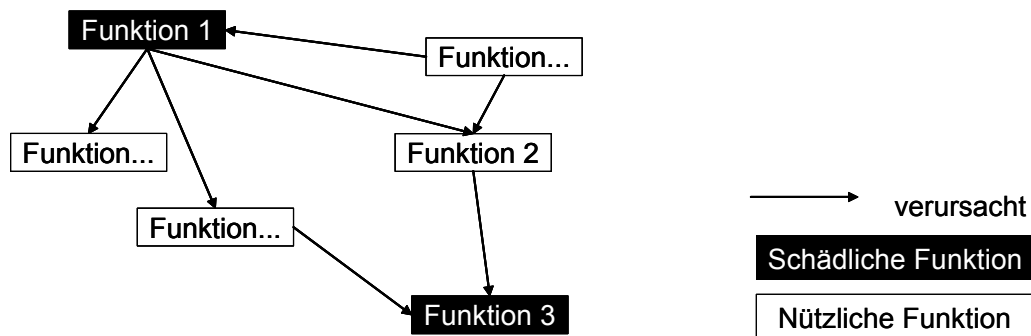


Bild 3: Ursache-Wirkungsdiagramm für die Problemanalyse

## 2.3 Feststellen der Freiheitsgrade des Produkts

Nach einer Analyse der möglichen Problemursachen und einer darauf basierenden Eingrenzung der Produktkomponenten, die in funktionalem Zusammenhang mit dem Auftreten des Problems stehen, muss als nächstes die Frage geklärt werden, welche Produktkomponenten mit vertretbarem Aufwand zu modifizieren sind. Dazu ist es notwendig zu wissen, inwieweit die Änderung einer bestimmten Komponente andere Komponenten beeinflusst. Aus dem Änderungsmanagement bieten sich hierzu verschiedene Matrizen an. In Einflussmatrizen können dabei die Zusammenhänge zwischen den Produktkomponenten oder zwischen den Funktionen oder zwischen Produktkomponenten und Funktionen aufgezeigt werden (Flanagan 2003, S.4). Um den zeitlichen Aufwand in Grenzen zu halten, ist es entscheidend, dass sich die Analyse der gegenseitigen Beeinflussung zunächst auf die im Rahmen der Problemanalyse als relevant identifizierten Produktkomponenten fokussiert. Um einen Überblick über die an der Entstehung von unerwünschten, fehlerverursachenden Funktionen beteiligten Produktkomponenten zu erhalten, sollten diese Funktionen ebenfalls in die Komponenten-Funktions-Matrix (Bild 5) aufgenommen werden. Aus den vorliegenden Matrizen kann nun der Änderungsaufwand je nach Produktkomponenten abgeschätzt werden und daraus abgeleitet werden in welchem Umfang Produktkomponenten geändert werden können, also welche Freiheitsgrade dem Entwickler noch zur Verfügung stehen.

## 2.4 Feststellen der Freiheitsgrade des Prozesses

Die unternehmensspezifischen Möglichkeiten der Fertigung und Montage bilden eine naturgemäß vorhandene Grenze bei der Umsetzung von Produktideen. Zwar wird diese Grenze durch die Möglichkeit erweitert, durch die Einbeziehung von Zulieferern Know-how bzw. Ressourcen zu erschließen, allerdings reduzieren sich diese Möglichkeiten in einer zeitkritischen Situation je nach erforderlichem Abstimmungsaufwand mit dem externen Partner. Um die Lösungssuche auf realisierbare Lösungen zu fokussieren wird in einem nächsten Schritt die Funktion-Bauteil-Matrix um die Information bzgl. der notwendigen Fertigungs- bzw. Montageschritte erweitert (Bild 5). Ergänzt um die weiteren Möglichkeiten, die unternehmensspezifisch zur Verfügung stehen, bildet diese Bauteil-Funktion-Prozess-Matrix den Grundstein für die anschließende Lösungssuche. Dabei sind die Freiheitsgrade des Prozesses bereits auf die Fertigungs- und Montageverfahren eingeschränkt, deren Verwendung für die Umsetzung von Lösungen nicht von Beginn an unrealistisch erscheint.

## 2.5 Lösungssuche durch lösungsorientierte Verknüpfung der Freiheitsgrade

Die Bildung des Krisenteams erfolgte unter der Prämisse der beabsichtigten diskursiven Lösungssuche (Bild 4). Als Ziel der diskursiven Lösungssuche nennt Wulf die Schaffung durchdachter Lösungen. Als „durchdacht“ gelten dabei Lösungen, die von ihrem aktuellen Konkretisierungsgrad her die Voraussetzung erfüllen, einem rationalen Bewertungs- und Entscheidungsprozess unterzogen zu werden (Wulf 2002, S.68).

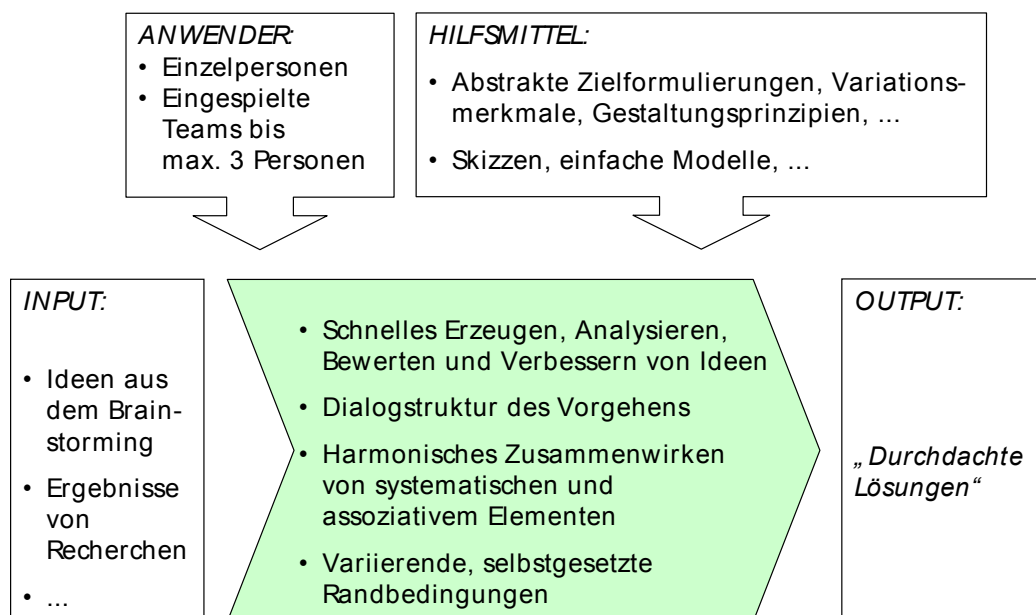


Bild 4: Der Diskurs der Gestaltfindung im Prozessmodell (Wulf 2002, S.67)

Ein wesentliches Kriterium im Bewertungsprozess stellt die Realisierbarkeit der Lösung bezüglich Fertigung und Montage dar. Ist dieses Kriterium geklärt, kann man von einer „durchdachten“ Lösung hinsichtlich Realisierbarkeit sprechen. Entsprechend schließt sich im Normalfall nach der Erarbeitung von konstruktiven Lösungen eine zweite Lösungssuche an, die Suche nach Möglichkeiten für die Umsetzung der konstruktiven Lösung. Umsetzung meint hier die Fertigung, Montage bzw. Beschaffung. Diese Schritte laufen normalerweise sequentiell ab. Die Notwendigkeit für diese zweite Lösungssuche soll durch die nachfolgend beschriebene lösungsorientierte Verknüpfung der Freiheitsgrade von Produkt und Prozess ent-

fallen. Zentrales Hilfsmittel bei der diskursiven Lösungssuche sind nach Wulf abstrakte Zielformulierungen, über die eine Steuerung des Einsatzes von bewährten Methoden zur Lösungssuche (z.B. Lösungssuche mit physikalischen Gesetzen, Variation der Gestalt) erst möglich wird (Wulf 2002, S.68). Wulf unterscheidet drei Zwecke, die mit abstrakten Zielformulierungen verfolgt werden:

- Einfordern von Anforderungen
- Verwirklichung von Gestaltprinzipien
- Verbale Konstruktion eines zunächst fiktiven technischen System

Neben der assoziativen Kraft der abstrakten Zielformulierungen, verleihen sie durch ihre Formulierung in Befehls- oder Frageform der Lösungssuche eine zusätzliche Dynamik (Wulf 2002, S.66-74). Entscheidend ist die Verknüpfung zwischen den Freiheitsgrade von Produkt und Prozess und der zu lösenden Problemstellung. Eine Formulierung konnte folgendermaßen lauten:

“Wie müsste *Komponente A* unter Verwendung von *Prozess I* geändert werden, um die *Funktion 1* zu verhindern?“

Fertigungs- und Montageschritte

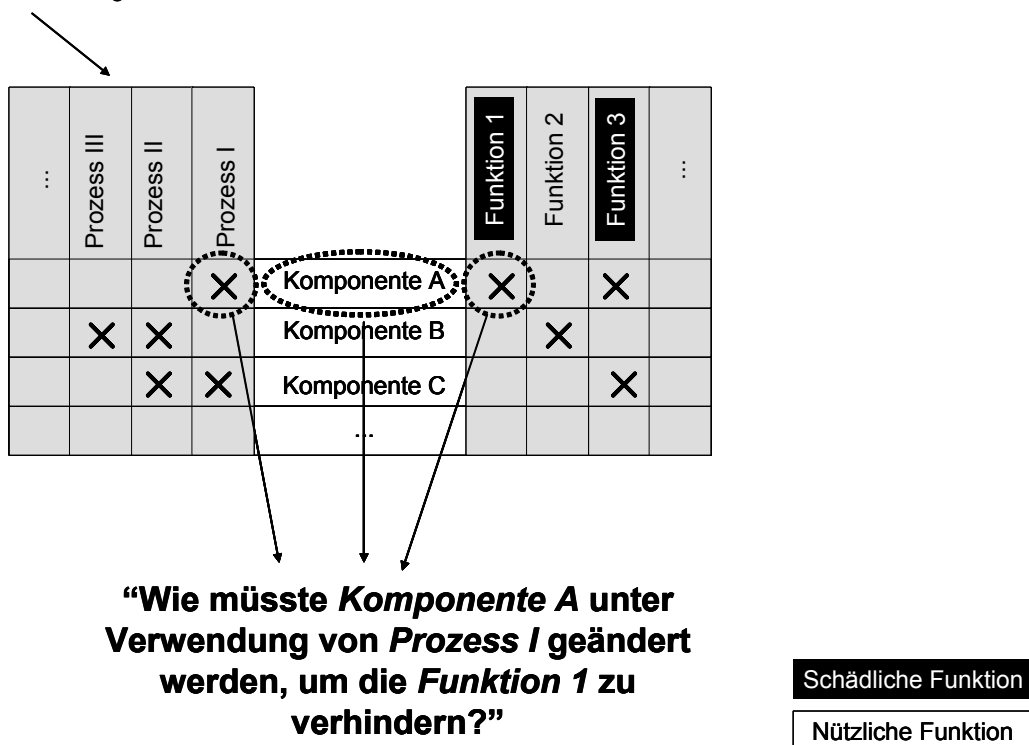


Bild 5: Ableitung der Zielformulierungen aus der Komponenten-Funktions-Prozess-Matrix

Denkbar wäre ein Art Algorithmus zur Generierung dieser abstrakten Zielformulierungen, ähnlich wie bei den im Rahmen der TRIZ-Methodik aus dem Ursache Wirkungsdiagramm entwickelten Problemformulierungen. Allerdings soll hier auf eine zu automatisierte Vorgehensweise verzichtet werden. Vielmehr sollen Lösungen im kleinen Team erarbeitet und sofort kritisch betrachtet werden. Hierbei kommt es weniger auf die Anzahl der entwickelten Lösungsalternativen an als vielmehr sie zu “durchdachten” Lösungen im Sinne von Wulf weiterzuentwickeln.

Als Hilfsmittel hierfür dienen die in den vorangegangenen Schritten erstellten Matrizen, die den Entwicklern den ihnen zur Verfügung stehenden Handlungsraum in Form der Freiheitsgrade von Produkt und Prozess transparent machen. Die Lösungsvielfalt wird durch diese Vorgehensweise eingeschränkt. Dies geschieht aber bewusst und vor dem Hintergrund, keine Zeit für die Generierung von Lösungen zu investieren, deren Realisierbarkeit von Beginn an zweifelhaft erscheint.

### 3 Fazit

Die beschriebene Vorgehensweise zur Lösungssuche unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade von Produkt und Prozess soll verhindern, dass die wertvolle Ressource Kreativität, die unter Zeitdruck besonders eingeschränkt ist, auf Lösungsansätze fokussiert wird, die nicht schon bei ihrer Generierung als nicht realisierbar zu bewerten sind. Die Vorgehensweise versteht sich nicht als Algorithmus, der eine sichere und kostengünstige Problemlösung garantiert. Vor dem Hintergrund, dass Individuen unter Stresseinwirkung bevorzugt auf bekannte und eingefahrene Lösungswege zurückgreifen, sollen die beschriebenen Prozessergebnisse vielmehr als Elemente verstanden werden, die nahezu sequentiell abgearbeitet werden können, aber genügend Freiraum lassen, um zu einer Erfolg versprechenden Lösung zu gelangen.

### 4 Literatur

- [1] Alms W.: Der Einfluß von Zeitdruck auf das Problemlösen – in Abhängigkeit von Selbstkonzept, Attributierungstendenz, Geschlecht und Schultyp, tuduv-Verlagsgesellschaft, München, 1984
- [2] Amabile T., et al.: Time Pressure and Creativity in Organizations: A Longitudinal Field Study, 2002
- [3] Ehrlenspiel K.: Integrierte Produktentwicklung. München: Hanser 1995.
- [4] Eisenhut A.: Service Driven Design: Konzepte und Hilfsmittel zur informationstechnischen Kopplung von Service und Entwicklung auf Basis moderner Kommunikationstechnologien. Diss ETH Zürich, 1999
- [5] Flanagan T L, Eckert C M, Smith J, Eger T, Clarkson P J: A Functional Analysis Of Change Propagation, Proceedings zur ICED 2003, Stockholm
- [6] Fuchs D, Jokele B: Classification Of Product Information In General Context. Proceedings zur Konferenz AED 2003, Prag
- [7] Terninko, J: TRIZ – der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt. Dt. Übers. Rolf Herb, Landsberg/Lech: mi, Verl. Moderne Industrie, 1998
- [8] VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag 1993
- [9] Wulf J.: Elementarmethodische Konzepte zur Optimierung der Lösungssuche im Team, Diss, Verlag Dr. Hut, München, 2002

Dipl.-Ing. Bernd Jokele  
Dipl.-Ing. Daniel Karl Fuchs  
Lehrstuhl für Produktentwicklung  
TU München  
Boltzmannstrasse 15, D-85748 Garching  
Tel: +49-89-289-15126  
Fax: +49-89-85-15144  
Email: [jokele@pe.mw.tum.de](mailto:jokele@pe.mw.tum.de)  
[fuchs@pe.mw.tum.de](mailto:fuchs@pe.mw.tum.de)  
URL: <http://www.pe.mw.tum.de>