

## BUG OR FEATURE? MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DES FEHLERMANAGEMENTS IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

*Michael Schmidt-Kretschmer, Bruno Gries, Lucienne Blessing*

### Zusammenfassung

Kein Produkt ist frei von Fehlern. Die Erfahrung bzw. das Knowhow der Konstrukteure erwächst aus dem Erkennen, Bewältigen und letztlich Lernen aus Fehlern. Um dem großen Risiko [1], das Fehler bei der Produktentwicklung darstellen, zu begegnen, betreiben viele Unternehmen Fehlermanagement. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass die Frage, was genau einen Fehler darstellt, oft nicht genau beantwortet werden kann. Ziel des Beitrages ist es die Problematik der ganzheitlichen Erfassung, Verfolgung und Behebung von Fehlern während der Entwicklungsphasen mit direkter Kopplung bzw. Ergänzung des Anforderungsmanagements aufzuzeigen. Diese Kopplung wird in Firmen bisher nur wenig umgesetzt. Ferner werden aus den Ergebnissen einer Fallstudie Einschätzungen zu Möglichkeiten und Effekten einer ganzheitlichen Vorgehensweise herangezogen.

### 1 Einführung und Begriffsklärung

Viele Produkte, so wie wir sie heute kennen, stehen am Ende einer Reihe fehlerbehafteter Vorgänger [2]. Die Wahrscheinlichkeit von Fehlern in der Produktentwicklung ist hoch. Wenn, wie in [3] geschätzt, im Laufe der Entwicklung eines komplexen Produkts überschlägig 10 Millionen Entscheidungen getroffen werden, ergeben sich bei einer Fehlerrate von 0,01% noch 1000 Fehler. Die Produktentwicklung erfüllt, wie u.a. in [4] gezeigt, alle Kriterien komplexer Handlungssituationen, für die Dörner [5] die Mechanismen menschlichen Versagens untersucht hat, nämlich Vernetztheit, Dynamik und Intransparenz.

Trotz ihrer wichtigen Rolle beim Sammeln von Erfahrungen, sind Fehler im Produktentstehungsprozess kostspielig. In der Literatur (z.B. [6]) werden die Kosten, die Unternehmen durch Fehlerbehebung entstehen mit bis zu 20% des Umsatzes beziffert. Die *Zehnerregel der Fehlerkosten* besagt, dass diese Kosten umso höher ausfallen, je später Fehler entdeckt werden: Mit jeder Phase der Produktentstehung (d.h. Konstruktion und Entwicklung, Beschaffung und Fertigung sowie Auslieferung und Einsatz) steigen die Kosten für die Behebung eines Fehlers in etwa um den Faktor 10 (Bild 1).

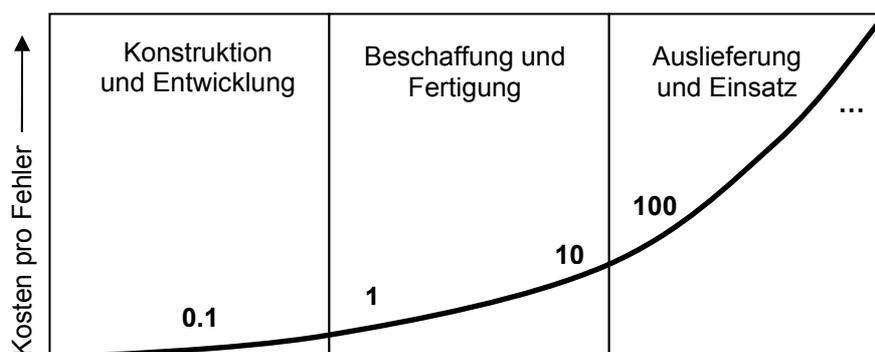


Bild 1: Zehnerregel der Fehlerkosten nach VDI 2247 [7]

Was jedoch ist ein Fehler? Im allgemeinen Sprachgebrauch bezeichnet dieser Begriff die festgestellte Abweichung eines wahrgenommenen Ist-Zustands von einem bestimmten Soll-Zustand. Somit hängt die Existenz eines Fehlers stark von der Definition des Soll-Zustandes ab. Bei der Entwicklung eines Produkts erfolgt diese Definition im Idealfall durch alle beteiligten Stakeholder. In Bezug auf Soll-Zustand und Abweichungen lassen sich zwischen den Produkteigenschaften, den Stakeholdern und der Produktentwicklung folgende Wechselwirkungen darstellen (Bild 2):

- Die Wahrnehmung des Ist-Zustands ist Grundlage für die Beurteilung von Abweichungen vom Soll-Zustand und legt sich für die Stakeholder in Abhängigkeit von z.B. Erwartungen und Informationsstand individuell fest.
- Die Beeinflussung der Produkteigenschaften erfolgt in erster Linie durch den Stakeholder Produktentwicklung. Diese gewährleistet dabei die Realisierbarkeit der Entwicklung auch hinsichtlich organisatorisch vereinbarter Randbedingungen.
- Die Kommunikation sowohl von Ist- als auch von Soll-Zustand im Sinne eines permanenten Abgleichs zwischen Produktentwicklung und den übrigen Stakeholdern ist der entscheidende Faktor für die Sicherstellung der Sinnhaftigkeit bzw. für die Gültigkeit der Zielsetzung der Entwicklung des Produkts.

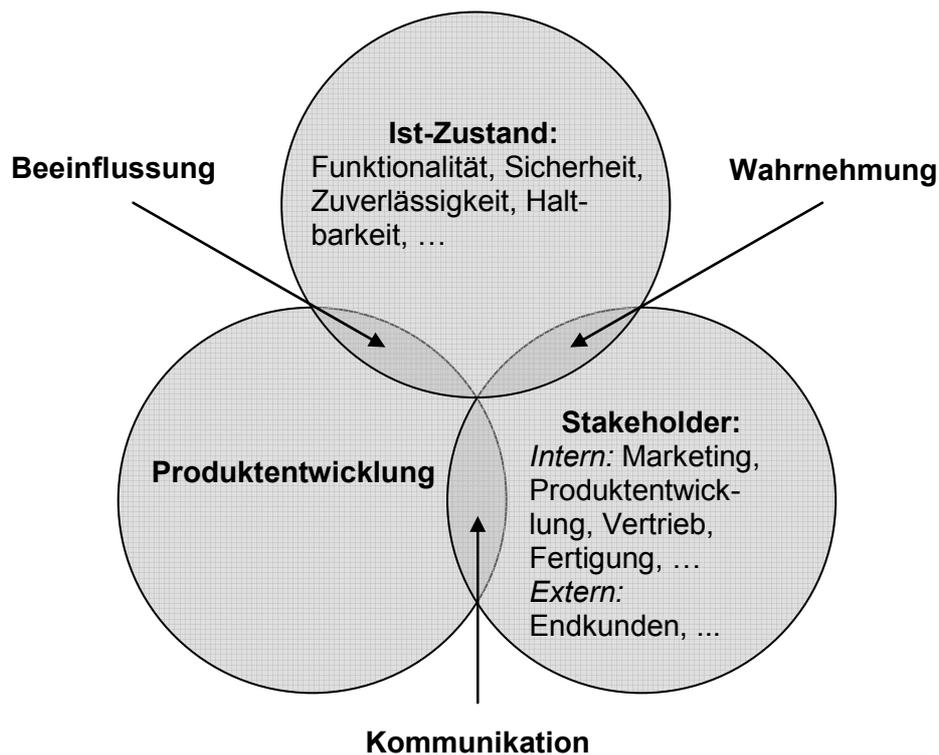


Bild 2: Wechselbeziehungen zwischen der Produktentwicklung, Produkteigenschaften und Stakeholdern.

Der Soll-Zustand eines Produkts ist von den unterschiedlichen Erwartungen der Stakeholder innerhalb des Produktlebenszyklus abhängig, die sich deutlich unterscheiden können. Bild 3 stellt typische Erwartungen dar, die Kunden im Allgemeinen an Produkte stellen. Demnach ist die Erfüllung bestimmter grundlegender Erwartungen (die, wie dargestellt, z.T. gesetzlich festgeschrieben ist) notwendig, jedoch alles andere als hinreichend um ein hohes Maß an Kundenzufriedenheit sicherzustellen. Es liegt nahe, im unteren Bild die Grenze dessen, was

als Fehler anzusehen ist, bei der (Nicht-)Erfüllung zugesicherter Eigenschaften zu ziehen. Diese Sichtweise kann jedoch problematisch sein, wie das Beispiel in [4] zeigt.

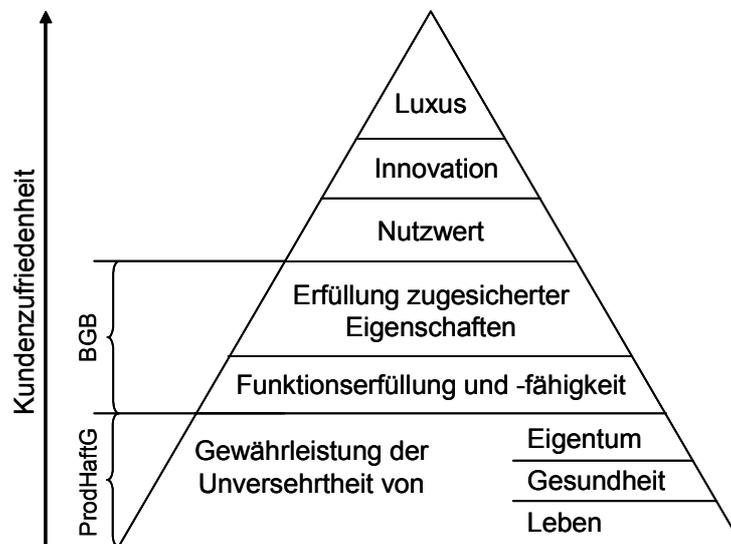


Bild 3: Typische Kundenerwartungen an ein Produkt (nach [8])

Aus Unternehmenssicht kann in erster Näherung eine Unterteilung in interne (z.B. Produktentwicklung, Fertigung, Logistik, Kundendienst sowie Qualitätswesen, Vertrieb und Marketing) und externe (z.B. Endkunde, Prüf- und Zertifizierungsbehörden) Stakeholder vorgenommen werden. Was aus Sicht der Produktentwicklung interne und externe Stakeholder neben der Zugehörigkeit zum Unternehmen weiterhin unterscheidet, ist der Umstand, dass interne Stakeholder Eigenschaften eines Produktes wahrnehmen, das sich noch in der Entwicklung befindet und die demnach noch nicht endgültig sind.

## 2 Probleme des Fehlermanagements in der Produktentwicklung

Für die Berücksichtigung der Wechselwirkungen und deren Abhängigkeiten in der Organisation und Realisierung von Entwicklungsprojekten stehen der Industrie unterschiedliche Strategien zur Verfügung. Der Soll-Zustand eines Produkts kann im Rahmen des Anforderungsmanagements, die Abweichungen des Ist-Zustands hiervon mit Methoden des Fehlermanagements bearbeitet werden. Das Anforderungsmanagement ist in allen Produktentwicklungsphasen relevant und ist oft problembehaftet, wenn es nicht konsequentes Anforderungsänderungsmanagement umfasst [9]. Die Methoden des Fehlermanagements insbesondere präventive Fehlervermeidungsstrategien sind Gegenstand zahlreicher Qualitätstechniken (siehe z.B. [2], [8]). Mit dem so umrissenen ganzheitlichen Anspruch lassen sich folgende grundsätzliche Probleme bei der Fehlererfassung und -behebung nennen:

### 2.1 Die Wahrnehmung der Stakeholder

Produkteigenschaften werden von internen (z.B. Entwicklern) und externen (z.B. Endkunden beim Feldtest) Stakeholdern sehr individuell, d.h. mit großen Unterschieden, wahrgenommen. Die Beurteilung des verfügbaren Ist-Zustandes und der Abweichungen bezieht sich dabei auf den individuellen Soll-Zustand des Beurteilenden. So können sich beispielsweise die Nutzerbedürfnisse und damit der Soll-Zustand durchaus im Laufe der Produktentwicklung ändern. Unabhängig vom Soll-Zustand der internen Stakeholder (Anforderungsliste) wird der Nutzer bzw. Endkunde Abweichungen hinsichtlich seines individuellen Soll-Zustands als Fehler bewerten, wenn der Ist-Zustand des Produkts hinsichtlich bestimmter Eigenschaften nicht seinen Erwartungen entspricht. Das Spektrum möglicher Fehler ist dadurch praktisch

unbegrenzt und kann auch aufgrund des zeitlichen Einflusses nie eindeutig determiniert werden. Dies bedeutet, dass jede Anforderungsliste hinsichtlich der Bedürfnisse der Stakeholder unvollständig ist und allenfalls eine Momentaufnahme für einen bestimmten Prozesszeitpunkt repräsentieren kann.

## 2.2 Die Vollständigkeit der Beschreibung des Soll-Zustands

Bei der Beschreibung des Soll-Zustandes komplexer Produkte wird eine gewisse Unvollständigkeit akzeptiert, damit der Gebrauch der Beschreibungen (z.B. Anforderungslisten) handhabbar bleibt. Die Beurteilung der zahlreichen Wechselwirkungen wird den Methoden zur Erfassung oft nachgeschaltet (DSM, QFD), wobei Aufwand und Komplexität mit der Anzahl der Anforderungen enorm ansteigen. Besonders Wechselwirkungen und damit verbundene Schnittstellen zwischen den Entwicklern stellen ein großes Problem während der Produktentwicklung dar. Zur erforderlichen Granularität der Beschreibungen sind kaum Aussagen verfügbar. Die Anforderungen sollen nach [1] aber möglichst quantifiziert werden, damit Realisation und Evaluation vereinfacht werden.

## 2.3 Die Kommunikation und Organisation des Soll-Zustandes und der Abweichungen

Der Produkterfolg wird durch die Nützlichkeit für bzw. der Nutzbarkeit durch die Stakeholder festgelegt, insbesondere Endkunden/-nutzer. Gerade diese sind aber am wenigsten im Produktentstehungsprozess involviert und wenn, dann meist nur im Rahmen spezieller Teilprozesse (z.B. Befragungen, Akzeptanz-, Usability- und Feldtests). Dies kann zu erheblichen Fehlern in der Produktentwicklung führen, zumal der Nutzer sich oft nicht seiner wirklichen Bedürfnisse bewusst ist oder nicht fähig, diese eindeutig zu artikulieren. Direkte Aussagen der Nutzer („Voice of the Customer“) repräsentieren somit nur eine Untergruppe der Bedürfnisse („Needs“) und werden darüber hinaus durch die weitere Kommunikation durch Interpretation zusätzlich gefiltert bzw. verfälscht (Bild 4).

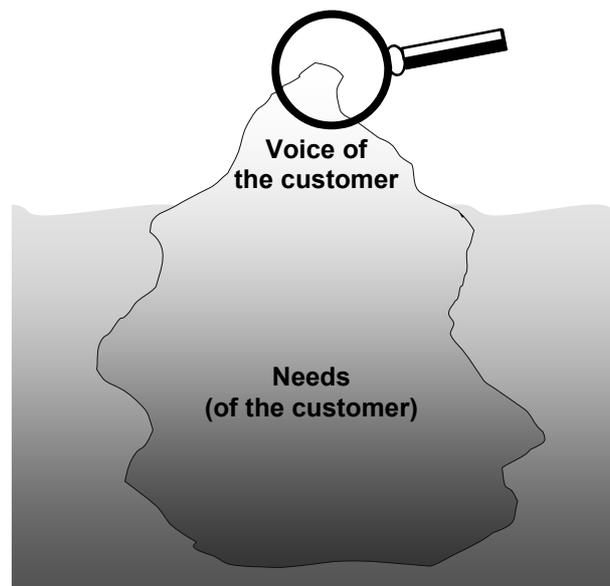


Bild 4: Visualisierung des Kernproblems der Anforderungsermittlung

Aber auch die interne Kommunikation zwischen den Stakeholdern und der Produktentwicklung, die oft in Form von Meilensteinen bzw. Gates vollständig zusammengeführt wird, hat entscheidenden Einfluss auf die erfolgreiche Fehlerbehebung. Grundlage dieser Kommuni-

kation des Soll-Zustands bildet die Anforderungsliste des Produkts, welche die Gesamtheit der Erwartungen der Stakeholder zu einem bestimmten Zeitpunkt dokumentiert, die an das zu entwickelnde Produkt gestellt werden. Sie stellt die unmittelbarste Norm dar, von der eine Abweichung gleichbedeutend mit dem Vorliegen eines Fehlers ist. Die Vielfalt der Produkteigenschaften und unterschiedlichen Stakeholder, verbunden mit der Dynamik des Produktentstehungsprozesses erfordert es, die Kommunikation zwischen den Fehler feststellenden Stakeholdern und der Produktentwicklung so effizient und effektiv wie möglich zu gestalten. Dies ist Aufgabe des Fehlermanagements.

Eine ganzheitliche und kontinuierliche Fehlerverfolgung stellt erhöhte Anforderungen an die interdisziplinäre Kommunikation im Zusammenspiel mit der Behandlung des Soll-Zustandes, d.h. der Anforderungen, dar. Bei dem durch Wahrnehmung und Erwartungen beeinflussten Erfassen ist dabei stets zu klären, ob es sich um eine Abweichung zum fixierten Sollzustand handelt, d.h. einen Fehler, um eine neue Anforderung handelt. Der letztere Fall unterstreicht die starke Wechselwirkung zwischen Anforderungs- und Fehlermanagement und wird in der Regel eine Anpassung, d.h. eine Neuabschätzung der in der Projektplanung vereinbarten Ressourcen erforderlich machen.

Die dargestellten Probleme des Fehlermanagements in der Produktentwicklung werfen grundlegende Fragestellungen zum Umgang mit dem Soll-Zustand und auftretenden Abweichungen auf:

- Wie kann die Dynamik (zeitliche Änderungen) der unterschiedlichen Erwartungen der Stakeholder berücksichtigt werden, damit Produktentwicklungen plan- und steuerbar sind?
- Wie kann die Vollständigkeit der Beschreibung des Soll-Zustandes beurteilt werden?
- Wie kann man die Produktbewertung des Endnutzers während des Entwicklungsprozesses kontinuierlich und zeitnah berücksichtigen?

### 3 Fallstudie

Untersucht wurde ein Beispiel für das Zusammenspiel von Anforderungs- und Fehlermanagement in einem Unternehmen mittlerer Größe. Die Durchführung der Fallstudie erfolgte retrospektiv anhand umfangreichen Datenmaterials und anhand von Interviews mit Beteiligten zur Behebung von Unklarheiten. Die Resultate wurden durch eine redundante Anwendung von Anforderungs- und Fehlermanagement erzielt. Hierbei wurde neben dem regulären Anforderungsmanagement und den vorhandenen standardisierten Evaluationsprozessen zur Fehlerbehandlung ein zusätzlicher Prozess für das Fehlermanagement eingeführt.

#### 3.1 Systembeschreibung

Die Systemeinführung erfolgte weitgehend analog zu den Empfehlungen in [10], wobei frühzeitig deutlich gemacht wurde, dass nicht „Fingerpointing“, sondern Produktverbesserung im Fokus des Prozesses steht, da Fehlermanagement problematisch werden kann, wenn das Finden des Fehlerverursachers zu sehr im Vordergrund steht. Die Realisierung des Fehlermanagements erfolgte zur Erhöhung des Benutzerkomforts mittels eines kommerziellen Trackingprogramms (Beispiele siehe [11]), grundsätzlich wäre aber auch eine Realisierung mittels regulärer Office-Software möglich gewesen. Als wesentliche Eigenschaften der Software lassen sich nennen: unproblematische(r) Zugang / Verfügbarkeit für alle Stakeholder (Einträge von Endkunden erfolgten via Kanalisierung über den Vertrieb), Beschreibungsmöglichkeit für die Inhalte, zeitliches Tracking der Elemente (z.B. Inhalte und Bearbeitungsstand, Fehler-

reporter, -bearbeiter, -klassifizierung und -priorisierung) und übliche Datenbearbeitungsroutinen.

Die Organisation des Fehlermanagements wurde durch eine Kommission bestehend aus mindestens einen Vertreter der Abteilungen und einen Vertreter des jeweiligen Projekts verantwortet. Um die Hemmschwelle der Nutzung zu minimieren, wurden für Beschreibung der Fehler keine Auflagen gemacht, d.h. eindeutige Definitionen/Aufgabenklärungen, Fehlerklassifizierung und Zuordnung der jeweiligen Fehlerbearbeiter wurden durch die Kommission erst nach dem Fehlerreporting durchgeführt. Ferner wurden die Einträge durch die Kommission hinsichtlich der Dringlichkeit der Bearbeitung priorisiert; hoch priorisierte Einträge wurden sofort und andere gebündelt bis zum Phasenende oder bis zur nächsten Phase bearbeitet.

### 3.2 Ausgewählte Ergebnisse der Datenanalyse

Die Inbetriebnahme des Fehlermanagementsystems wurde im analysierten Projekt (Neuentwicklung eines mechatronischen Produkts) mit der Verfügbarkeit der Labormuster gestartet. Für die Analyse wurden alle Daten der folgenden Projektphasen berücksichtigt: Labormusterphase, Prototypphase, Nullserie/Produktion der ersten Serie bis zum Product Launch. In diesem betrachteten Zeitraum von ca. 74 Wochen erfolgten insgesamt 1145 Einträge in das Fehlermanagementsystem. Dabei wurden sowohl Einträge als Ergebnis regulärer Tests (vgl. Tabelle 2), als auch Einträge, die bei ungeplanten/organisierten Nutzungen durch die Stakeholder detektiert wurden, berücksichtigt. Die in den Standardtests detektierten Fehler wurden komplett im System berücksichtigt, um den Gesamtaufwand für die Verwaltung der Fehler zu minimieren und die Prozesse zu harmonisieren.

In der Labormusterphase wurden im Vergleich mit den folgenden Phasen weniger Ereignisse detektiert, was eindeutig auf die geringe Verfügbarkeit von Labormustern zurückgeführt werden konnte (aufgrund der hohen Erstellungskosten standen für jede Entwicklungsabteilung nur wenige Labormuster zur Verfügung) (Bild 5).

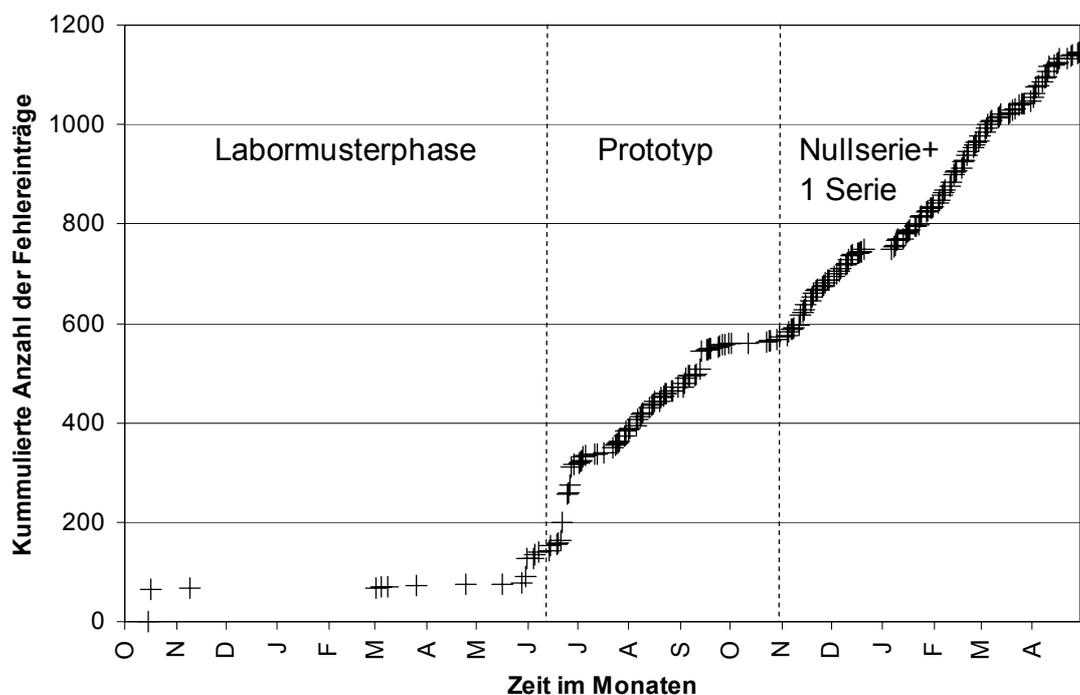


Bild 5: Verlauf der kumulierten Anzahl der Einträge in das Fehlererfassungssystem

Für die darauf folgenden Phasen ist ein grob linearer Verlauf mit ca. 4 Einträgen pro Arbeitstag erkennbar, der sich mit der großen Verfügbarkeit von Prototypen für alle Stakeholder-Gruppen eindeutig begründen lässt.

Die Einträge wurden durch die Organisatoren in die Klassen „Fehler“ oder „neue Anforderung“ eingeteilt. Hierbei wurden Fehler im Sinne einer reproduzierbaren Abweichung zum Soll-Zustand (in der Anforderungsliste fixierte Anforderung) definiert und neue Anforderungen als bisher nicht fixierte Soll-Zustände betrachtet. Die Bearbeitung der letzteren wurde an die Abteilung Marketing vergeben, wenn die Realisierung nicht ohne Mehraufwand durchführbar schien. Die Fehler, die Marketing/Vertrieb zugewiesen wurden, betrafen organisationsbedingt die Betriebsanleitung und den Kundendienst.

Von 115 zugewiesenen Einträgen der Klasse „neue Anforderung“ wurden über alle Phasen gesehen nur 22 im Rahmen der geplanten Ressourcen als nicht realisierbar angesehen, der Rest (93) wurde ohne Mehraufwand umgesetzt. Von den 22 neuen Anforderungen wurden letztendlich nur zwei durch das Anforderungsänderungsmanagement umgesetzt.

Lediglich reproduzierbare Einträge wurden einem Bearbeiter oder einer bearbeitenden Gruppe zugeordnet, ansonsten wurden sie der Klasse „andere“ zugeordnet.

Tabelle 1: Anzahl der Einträge nach Klassen, Phasen und Abteilungen geordnet.

Phase	Bearbeiter	Klassifizierung der Einträge				
		Fehler / Bug	Neue Anforderung / Feature	später im Plan	andere	gesamt
<b>Labormuster</b>	Entw. Mechanik	223	8	64	0	295
	Entw. Software	3	3	0	0	6
	Entw. Hardware	3	0	0	0	3
	Arbeitsvorbereitung	17	1	1	0	19
	Marketing/Vertrieb	1	0	0	0	1
	Andere	0	0	0	0	0
<b>Prototyp</b>	Entw. Mechanik	78	14	25	0	117
	Entw. Software	157	13	5	0	175
	Entw. Hardware	9	5	2	0	16
	Arbeitsvorbereitung	3	8	4	0	15
	Marketing/Vertrieb	20	8	8	0	36
	Andere	1	1	3	0	5
<b>Nullserie + 1.Serie</b>	Entw. Mechanik	32	8	1	1	42
	Entw. Software	313	27	13	5	358
	Entw. Hardware	7	1	0	0	8
	Arbeitsvorbereitung	10	2	2	0	14
	Marketing/Vertrieb	14	14	1	1	30
	Andere	1	2	2	0	5
<b>Ges.</b>		892	115	131	7	1145

Unter der Klasse „später im Plan“ wurden Aussagen zu Produkteigenschaften abgelegt, die nach der Planung erst später realisiert werden sollten (in frühen Entwicklungsphasen sind einige Produkteigenschaften noch nicht abrufbar).

Neben den Einträgen für die Produktentwicklung (Mechanik, Software, Hardware) wurden auch Einträge den Bereich der Arbeitsvorbereitung/Produktion betreffend Produktionsprozessverbesserungen gemacht.

Tabelle 2: Übersicht über reportierende und zugewiesene, bearbeitende Gruppen.

Reportierende	Bearbeiter						gesamt
	ME	SW	HW	AV	MV	andere	
Entw. Mechanik ME	93	2	2	6	1		104
Entw. Software SW	3	173	4	1	16	2	199
Entw. Hardware HW	6	62	4	1	5		78
Arbeitsvorbereitung AV	127	6	8	11			152
Marketing/Vertrieb MV	13	24		1	9		47
Reguläre Tests	212	272	9	28	37	7	565
Gesamtanzahl	454	539	27	48	68	6	1145

Die Anzahl der Einträge, die den eigenen Bereich betrafen, erhöhten die Verbindlichkeit der Bearbeitung durch größere Transparenz für die anderen Bereiche, z.B. ME: 93, SW: 173 (Tabelle 2). Die restlichen 232 bereichsübergreifenden Einträge kanalisiert die interne Kommunikation und unterstützten zusätzlich das Projektcontrolling.

Trotz großer Skepsis bei der Einführung förderten die Interviews hinsichtlich der Gesamtbeurteilung der Realisierung des beschriebenen Ansatzes fast ausschließlich positive Effekte zu Tage. Das System wurde als Standardwerkzeug für die Fehlerverfolgung von den Stakeholdern voll akzeptiert und intensiv genutzt (auch durch Markierungen für eigene ToDo's mit großer Verbindlichkeit; in diesen Fällen der Klasse „*später im Plan*“ zugeordnet). Es wurden u.a. durch die gezielte, bereichsübergreifende Kommunikation das grundsätzliche Verständnis für das Produkt und auch für die Machbarkeit möglicher Fehlerbehebungen verbessert und durch die eindeutige, definierte Abgrenzung von Fehlern und neuen Anforderungen (die dann kontrolliert in den regulären Anforderungsänderungsprozess überführt wurden) auch die Zusammenarbeit der beteiligten Stakeholder verbessert. Gegen Ende des betrachteten Zeitraumes wurden Einträge überwiegend durch bestimmte Mitarbeiter in das System eingetragen. Durch die Priorisierung und Bündelung der Maßnahmen zur Fehlerbehebung konnten Meilensteine bzw. Phasenabschlüsse vereinfacht werden. Ferner ließ sich in der Betrachtung über weitere Projekte eine erhöhte Sensibilisierung bei den Problemlösern erkennen, d.h. Fehler wurden früher hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen untersucht.

## 4 Diskussion

Das grundlegende Problem der unterschiedlichen Wahrnehmungen aller Stakeholder wird aufgrund der Zeitabhängigkeit nie vollständig lösbar sein. Für realisierbare und kalkulierbare Projekte in der Produktentwicklung müssen aber Prozesse definiert werden, die genau dieses Risiko verringern. Die Fallstudie, die aber aufgrund der Stichprobe (n=1) nicht verallgemeinerbar ist, zeigt, dass sich im definierten Zusammenspiel von Anforderungs- und Fehlermanagement positive Effekte erzielen lassen.

In der Fallstudie erfüllten zwei Hauptprozesse unterschiedliche, divergierende Zielsetzungen: das Anforderungsmanagement (inkl. Änderungsprozesse) sicherte durch einen eindeutig definierten Soll-Zustand (Festlegung von Anforderungen und Ressourcen zu einem bestimmten Zeitpunkt) die organisatorische Plan-, Durchführ- und Kontrollierbarkeit eines Entwicklungsprojektes, während die Fehlerverfolgung eine Möglichkeit darstellte, für alle internen und externen Stakeholder unmittelbar und zeitunabhängig Feedback zum Entwicklungsstand des Produkts zu geben und somit inhaltliche Diskussionen, Problemlösungen und Produktverbesserungen zu initiieren. Durch die beiden ineinander verzahnten Prozesse ließen sich einige der grundlegenden Probleme (vgl. Abschnitte 2.1 bis 2.3) relativieren und Lösungsansätze zu den genannten Fragestellungen nennen. Die ausreichende Verfügbarkeit von benutzbaren Mustern der jeweiligen Entwicklungsstände (vgl. Bild 5), bildet dabei die Voraussetzung für eine entwicklungsbegleitende Beurteilung der Produkteigenschaften.

Die kontinuierliche Berücksichtigung von zeitnahen Produktbewertungen der externen Endnutzer während des Entwicklungsprozesses war angesichts der eher als gering einzuschätzende Anzahl der Einträge von Marketing/Vertrieb (ca. 4%) nur bedingt gegeben (vgl. Tabelle 2). Trotzdem wurden ca. 10% neue Anforderungen unter allen Einträgen identifiziert und hiervon die überwiegende Anzahl ohne Mehraufwand umgesetzt, was eindeutig und direkt eine Verbesserung der Produkteigenschaften bewirkte.

Die Gegensätzlichkeit der strikten Verbindlichkeit der Anforderungen und der nicht reglementierten Beschreibung von Fehlern wurde durch die einvernehmliche Beurteilung der Kommission, die die Fehlerverfolgung organisiert, weitgehend aufgelöst. Hierbei relativierte die Fehlerverfolgung die Sicht auf die Problematik der Vollständigkeit und Granularität der Anforderungsliste. Die aufgeworfene Frage nach der Beurteilung der Vollständigkeit kann zwar nicht beantwortet werden, aber das zusätzliche Fehlerverfolgungssystem erhöht die Chancen, bei zu geringer Granularität schneller nachbessern zu können, da ein kontinuierliches Feedback mit quasi beliebiger Granularität zu den Produkteigenschaften verfügbar ist. Umgekehrt gesehen (und entsprechende Erfahrungen mit der Prozessinstallation vorausgesetzt) könnte aufgrund des geringeren Risikos unter Umständen die Phase der Anforderungsermittlung verkürzt werden.

Die inhaltliche Redundanz von Anforderungsmanagement und Fehlerverfolgung unterstützte auch die grundsätzliche Verbindlichkeit im Umgang mit neuen Anforderungen und entsprach damit einer vertrauensbildenden Maßnahme, da neue Anforderungen, deren Umsetzung ohne Rücksicht auf die vereinbarten Ressourcen „top-down“ entschieden werden, einen entscheidenden Demotivationsfaktor für die Produktentwickler darstellen können.

Erfahrung erwächst aus dem Erkennen und Bewältigen von Fehlern. Die Erlangung von Erfahrung basiert daher auf einer möglichst umfassenden Erfassung und Eliminierung von Fehlern. Das große Risiko, das Fehler bei der Produktentstehung darstellen, wurde in der Fallstudie durch das zusätzlich und schlank organisierte Fehlermanagement mit der Einbeziehung möglichst vieler Stakeholder während der Produktentwicklung verringert, denn ca. 50% aller Einträge resultierten nicht aus den regulären Tests.

Neben größerer Sicherheit bei der Fehlerbehebung ließen sich durch die abgestimmten Prozesse zahlreiche positive Effekte für das Produktverständnis und für die Zusammenarbeit aller Stakeholder und letztendlich auch für die Verbesserung der allgemeinen Unternehmenskultur erzielen.

## 5 Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Herrn Dipl.-Ing. Axel Kieser für die großzügige Überlassung des kompletten Datenmaterials für die Analyse des Fehlerverfolgungsprozesses.

## 6 Literatur

- [1] Pahl G. Beitz W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin 1997
- [2] Petroski, H., To Engineer Is Human - The Role of Failure in Successful Design, Vintage Books, New York, 1992.

- [3] Clausing, D.: Total quality development : a step-by-step guide to world class concurrent engineering, ASME Press, New York, 1994.
- [4] Gries, B. and Blessing, L.: Design Flaws: Flaws by Design?, in: Proceedings of the International Design Conference - Design 2006, Dubrovnik, 2006.
- [5] Dörner, D.: Die Logik des Misslingens, Rowohlt, Reinbek, 2005.
- [6] Harrington, H. J.: Poor-quality cost, M. Dekker ; Milwaukee : ASQC Quality Press, New York, 1987.
- [7] VDI 2247: Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung (Entwurf), Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 1994.
- [8] Linß, G.: Qualitätsmanagement für Ingenieure, Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verl., München, 2002.
- [9] Schmidt-Kretschmer, M.; Blessing, L.: Longitudinal analysis of the impact of requirements management on the product development process in a medium sized enterprise. Proceedings of the International Conference on Design ICED 2005, Melbourne 2005. CD-ROM.
- [10] Beskow, C. & Ritzén, S.: Performing Changes in Product Development, In Research in Engineering Design 12 (172-190), 2000.
- [11] <http://www.softguide.de/software/qualitaetssicherung.htm>

Dr.-Ing. Michael Schmidt-Kretschmer  
Fachgebiet Konstruktionstechnik und Entwicklungsmethodik  
TU Berlin, Sekretariat H10  
Straße des 17. Juni 134, D-10623 Berlin  
Tel: +49-30-314-28434  
Fax: +49-30-314-26481  
Email: [michael.schmidt-kretschmer@fgktem.tu-berlin.de](mailto:michael.schmidt-kretschmer@fgktem.tu-berlin.de)  
URL: <http://www.ktem.tu-berlin.de>