



Flexible und günstige Entwicklungsprojekte

Set-Based Concurrent Engineering ist ein Lean-Management-Ansatz, der die Produktentwicklung nicht nur flexibler, sondern auch effizienter macht. **PHILIPP SCHMITT, ANJA SCHULZE UND ROMAN BOUTELLIER**

Die Entwicklung technischer Produkte gerät in ein substanzielles Dilemma: Auf der einen Seite gewinnen Effizienz und «time-to-market» an Bedeutung. Auf der anderen Seite nimmt die Vorhersagbarkeit von Veränderungen im industriellen Umfeld ab. Dies erschwert die Planung und effiziente Durchführung von Entwicklungsvorhaben. Gerade in Märkten mit hoher Innovationsdynamik hängt der Erfolg eines Entwicklungsvorhabens stark davon ab, wie flexibel ein Unternehmen auf veränderte Kunden- oder Marktanforderungen reagiert. Während Effizienz beschleunigte Entscheidungen forciert,

basiert Entwicklungsflexibilität darauf, Entscheidungen zu verzögern. Dies erlaubt, möglichst lange und vielseitig neues Wissen über Technologien, Kundenanforderungen und Wettbewerber zu generieren und in die laufende Entwicklungsarbeit zu integrieren. Im herrschenden Entwicklungsparadigma bedeutet Flexibilität einen Zielkonflikt gegenüber minimalen Kostenstrukturen.

Einen möglichen Ansatz stellt das von Toyota in der Konzeptphase und Serienentwicklung erkannte «Set-Based Concurrent Engineering» (SBCE) dar. Im Gegensatz zum traditionellen



MUSTER: KEYWORD

Ich bin ein Blindtext für eine Bildlegende. Ich bin ein Muster ein Blabla für eine Legende.

Entwicklungsvorgehen, das ein einzelnes favorisiertes Lösungskonzept früh fixiert und punktwise iterativ überarbeitet, repräsentiert SBCE ein breiteres Vorgehen: Kerngedanke ist es, einen Lösungsraum mit möglichst vielen Alternativkonzepten aufzuspannen und Entscheidungen hinauszuzögern. Zu Beginn wird kein bestimmter Konzeptentwurf festgelegt, sondern eine Sammlung von Alternativkonzepten, die in den folgenden Phasen konvergieren. Der «Clou» liegt darin, Entscheidungen für oder gegen Alternativkonzepte nicht aufgrund von Annahmen zu treffen, sondern zuerst die notwendige Faktenbasis herzustellen. Zeit- und kostenintensive späte Änderungsschleifen werden im Entwicklungsprozess möglichst ausgeschlossen. Ändern sich die Anforderungen, hat Toyota gegenüber den Wettbewerbern einen Wissensvorsprung und kann schnell auf Alternativen zurückgreifen.

Effizient und sparsam zugleich | Toyota stellt eine für westliche Verhältnisse ungewöhnlich hohe Anzahl an Konzeptmodellen und Prototypen her und arbeitet vergleichsweise lange parallel an Alternativkonzepten. Trotzdem gilt der SBCE-Ansatz in der Wissenschaft als Vorbild für Entwick-

lungseffizienz. Im Vergleich zu Wettbewerbern schafft Toyota die Entwicklung ihrer Modelle mit wesentlich geringeren Entwicklungsressourcen.

SBCE ist bei Toyota Teil der Unternehmenskultur und manifestiert sich in der Entscheidungsfindung sowie der Art und Weise, wie verschiedene Entwicklungsteams innerhalb eines Projektes ihre Arbeit kommunizieren und koordinieren. Zwar gibt es keine detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise, man erkennt jedoch drei Prinzipien, auf denen der SBCE-Ansatz basiert (vgl. Grafik 1 auf Seite xy):

1. Aufspannen des Lösungsraumes: Zu Beginn eines Entwicklungsvorhabens stehen grobe Problemstellungen und verschiedene Anwendungsszenarien. Die Entwicklungsteams skizzieren die Lösungsmöglichkeiten und erstellen ein Set alternativer Vorschläge, die alle genauer untersucht werden. Jede Funktion dokumentiert in sogenannten Engineering Checklists ihre Erfahrungswerte und Design-Richtlinien über die Entwicklungsprojekte hinweg.

Wichtig ist, dass man innerhalb eines Sets nicht nur Konzepte mit revolutionärem Charakter erarbeitet, sondern auch solche, die eine Evolu-

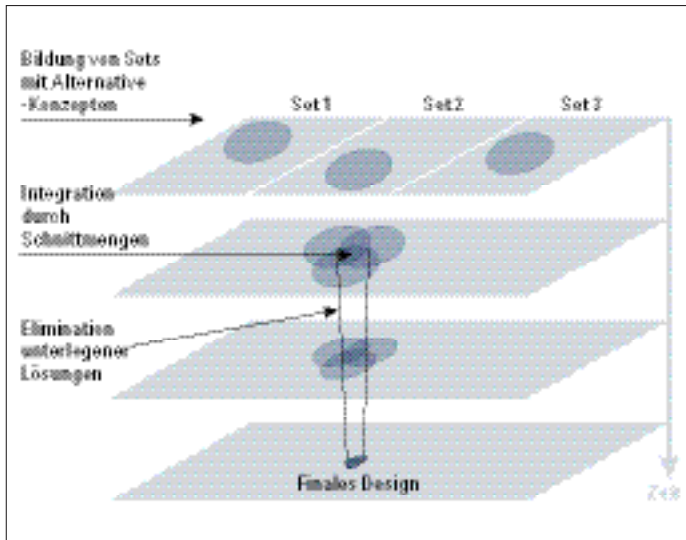
DIE AUTOREN

Philipp Schmitt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement des Departements Management, Technologie und Ökonomie der ETH Zürich.
philippschmitt@ethz.ch

Anja Schulze ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement der ETH Zürich.
schulze@ethz.ch

Roman Boutellier, Prof. Dr., ist Professor am Lehrstuhl für Technologie- und Innovationsmanagement der ETH Zürich.
rboutellier@sl.ethz.ch

Der SBCE-Ansatz *Grafik 1*



Die Vorgehensweise des SBCE-Ansatzes basiert auf drei aufeinanderfolgenden Schritten. Quelle: Schmitt, Ph.; Schulze, A.; Boutellier, R. (2011)

tion darstellen. Dies stellt sicher, dass jedes Set zumindest eine Alternative enthält, die mit hoher Wahrscheinlichkeit realisierbar ist. Durch die relativ «ungenauen» Vorgaben und die hohen Freiheitsgrade in der Lösungssuche denken die Entwickler kreativ und bilden tatsächliche Alternativkonzepte. Gleichzeitig findet ein institutionalisierter Wissenstransfer in Form der Engineering Checklists statt, um die Machbarkeit der Konzepte zu erhöhen. Dies ermöglicht die systematische Erforschung des Lösungsraumes, bevor wichtige Entscheide getroffen werden.

2.Integration über Schnittmengenbildung: In der Produktentwicklung bestehen zwischen einzelnen Arbeitsschritten Abhängigkeiten. Gleichzeitig werden Entwicklungsaktivitäten stärker parallelisiert, um den Anforderungen an die time-to-market gerecht zu werden. Nachgelagerte Entwicklungsaktivitäten müssen deshalb auf Basis vorläufiger Daten arbeiten. Jede Änderung verursacht potenziell weitere Änderungen in nachgelagerten Entwicklungstätigkeiten, was zu hohen Koordinations- und Kommunikationsaufwänden führt.

Toyota konkretisiert die Entwürfe in mehreren Entwicklungsschritten. Die Integration der Sets erfolgt durch Konvergenz in Richtung einer gemeinsamen Schnittmenge und der Elimination

Lean in der Produktentwicklung

Eine schlanke Unternehmensführung beschränkt sich nicht auf die Produktion. Sie beginnt bereits in der Produktentwicklung, da diese Einfluss auf die nachfolgenden Kosten hat. Die Serie «Schlanke Produktentwicklung» gibt in fünf Beiträgen tiefere Einblicke ins Thema, beleuchtet einzelne Aspekte genauer und diskutiert mögliche Ansatzpunkte für eine erfolgreiche Umsetzung der schlanken Produktentwicklung in der Praxis.

Nr.	Thema
5	Schlankheitskur in der Entwicklung
6	Optimale Entwicklung mit steter Verbesserung
7/8	Der Informationsfluss muss effizient sein
9/10	Von Anfang an Wert für die Kunden generieren
11/12	Flexibilisierung der Produktentwicklung durch Set-based Design

unterlegener Alternativen. Dabei versuchen die Toyota-Ingenieure zu verstehen, welchen Einschränkungen (z.B. funktionaler oder geometrischer Art) die einzelnen Alternativkonzepte unterliegen und welche Zielkonflikte zwischen diesen bestehen. Einzelne Lösungen werden nicht isoliert betrachtet, sondern die gesamten Lösungssets diskutiert. Solange die vereinbarten Einschränkungen der Lösungssets in voneinander abhängigen Entwicklungsaktivitäten nicht verletzt werden, haben Änderungen keine Negativeffekte. Mit diesem Vorgehen arbeiten die Ingenieure von Toyota weitgehend unabhängig und parallel. Das schrittweise Annähern an die endgültige Lösung erscheint umständlich, erzeugt aber ein hohes Maß an Effizienz.

3.Machbarkeit vor Entscheidung: Die immer komplexere Produktentwicklung mit mehr Funktionsinhalten, Interdisziplinarität, Entwicklung an mehreren Standorten erschwert die Integration von Teillösungen in einem Gesamtsystem. Im Zentrum des SBCE-Ansatzes steht deshalb, Machbarkeit und Kompatibilität vor Entscheidungen sicherzustellen. Am Ende eines jeden Entwicklungsschrittes werden diejenigen Konzepte eliminiert, die wenig Potenzial haben, von anderen Alternativen dominiert oder den spezifischen Anforderungen nicht gerecht werden.

Entscheidungen werden nur auf Basis von Fakten und deren konkretem Vergleich getroffen. Modelle und Prototypen werden früh angefertigt, damit die Daten anhand erster Tests geprüft und überarbeitet werden können. Alle Entwürfe werden in einem Konsensprozess erarbeitet. Damit setzen sich alle Beteiligten ausgiebig mit allen Sets und den alternativen Entwürfen auseinander und identifizieren sich mit der Auswahl. Ist die endgültige Entscheidung gefällt, ist sichergestellt, dass Teillösungen und deren Integration in das Gesamtsystem mehrfach durchdacht sind und die Ingenieure das Projekt unterstützen. Sobald die wesentlichen Parameter für ein Set, eine Komponente, ein Teilsystem oder ein Modul festgelegt sind, werden keine weiteren Änderungen zugelassen, die diese Parameter aufweichen. Nur so ist gewährleistet, dass die weiteren Teillösungen weiterhin zueinander kompatibel sind.

Neuer Anstoss gesucht | Wie wird SBCE konkret implementiert? Skan AG ist ein mittelständisches Unternehmen mit Hauptsitz in der Schweiz. Das Unternehmen ist Technologieführer auf dem Gebiet der Isolatortechnologie und beliefert die chemisch-pharmazeutische Industrie mit komplexen Produkten und Anlagen. Die Technologie ist mittlerweile etabliert. Die Skan AG sieht sich einem stärker segmentierten Markt, verschärftem Wettbewerb und gestiegenem Kostendruck ausgesetzt. Dies erfordert zwingend den effizienten Einsatz von Entwicklungsressourcen.

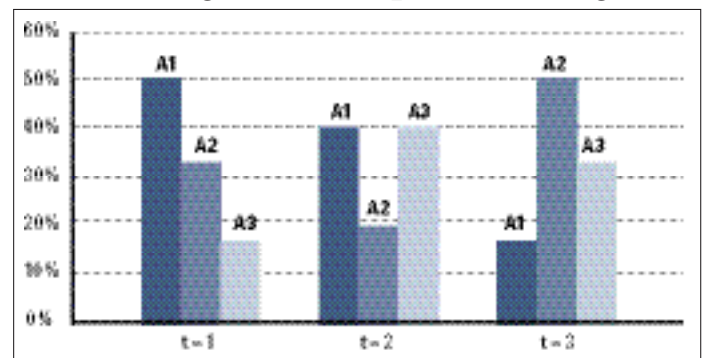
Gleichzeitig gilt es, den nächsten Innovationsvorsprung zu gestalten. In der Vergangenheit hat die Skan AG mit ihren Entwicklungsvorhaben auf Impulse aus dem Markt reagiert und in «Kundenprojekten» entwickelt. Diese Vorgehensweise hat zwei wesentliche Nachteile: Es besteht die Gefahr, dass der Innovationsvorsprung langfristig verlorenght, etwa wenn man nicht mit den innovativsten Kunden im Markt arbeitet. Zweitens bedeutet kundenspezifisch zu entwickeln, auf einen einzelnen Punkt (d.h. die Anforderungen des einen Kunden) hin zu entwickeln. Ob die im kundenspezifischen Projekt erarbeitete Lösung auch für weitere Kundenanforderungen eine optimale Lösung darstellt und sich in ein skalierbares Produkt oder eine Produktfamilie überführen lässt, bleibt unbekannt oder benötigt weitere Entwicklungsaufwände.

Skan will möglichst lange flexibel in der Lösungsfindung bleiben, also möglichst viel Wissen über verschiedene Lösungsansätze und deren unterschiedliche Kosten-Nutzen-Verhältnisse generieren. Damit lässt sich später flexibel auf verschiedene Kundenanforderungen reagieren sowie schnell und effizient eine Lösung für die geforderte Anwendung bzw. das jeweilige Marktsegment finden. Aus diesen Gründen wurde in der Prozessverbesserung methodisch nach dem SBCE-Ansatz vorgegangen. In das Entwicklungsvorhaben waren rund 40 Ingenieure und Mitarbeiter involviert. Aktuell befindet sich das Projekt in der Prototypenphase.

Auf Basis grober Leistungs-, Kosten- und Herstellungsvorgaben wurde ein Lösungsraum aufgespannt, bestehend aus drei Sets mit je drei Alternativkonzepten. Jedes der Sets beinhaltet ein konservatives Konzept und zwei Alternativen mit hohem Neuigkeitswert. Die Sets und ihre Alternativkonzepte wurden über einen Zeitraum von sechs Monaten konkretisiert, mit mehreren Prototypen realisiert, getestet und ihre Vor- und Nachteile sowie Zielkonflikte untersucht. Bis jetzt wurde noch keines der Konzepte eliminiert. Während des Verbesserungsprojektes ergaben sich mit der SBCE-Vorgehensweise zwei wesentliche Erkenntnisse:

1. Effizienz durch breiten Wissensaustausch: Mit SBCE wird keine einzelne Lösung, sondern eine Familie an Lösungen entwickelt. Dies macht die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Konzepte deutlicher und zeigt, wo Zielkonflikte zwischen

Entwicklung der Konzeptbeurteilung *Grafik 2*



Die im zeitlichen Ablauf unterschiedliche Bewertung der drei Konzepte zeigt, dass ein zuerst favorisiertes Konzept A1 sich als die schlechteste Lösung herausstellen kann. Quelle: Schmitt, Ph.; Schulze, A.; Boutellier, R. (2011)

Mit SBCE wird keine einzelne Lösung, sondern eine Familie an Lösungen entwickelt.

den Konzepten bestehen. Zudem ist es einfacher, frühzeitig über mögliche Anpassungen an kundenspezifische Anforderungen nachzudenken und die Leistungsgrenzen der Lösungen auszuloten. Dazu veranstaltete die Skan AG in regelmässigen Abständen Projektstatus-Meetings, an denen über den Fortschritt aller Sets und deren Alternativkonzepte berichtet und diskutiert wurde. Im Vordergrund stand dabei der Wissensaustausch über die Grenzen der Konzepte und die einschränkenden Bedingungen. Die Ingenieure waren angehalten, sich über folgende Fragen auszutauschen:

- Welchen Leistungsbereich spannen die Konzepte auf?
- Welchen Kostenbereich decken die Konzepte ab?
- Welchen Bereich an Herstellungszeiten decken die Konzepte ab?
- Welches sind die einschränkenden Faktoren?
- Welche Anforderungen müssen aufgeweicht werden, um innerhalb des Bereiches zu bleiben?

Im Zentrum stand das Generieren von Wissen über die verschiedenen Konzepte sowie deren Abhängigkeiten zueinander und die Integration dieses Wissens in ein erfolgreiches Gesamtsystem. Ein beteiligter Entwickler drückt dies so aus: «Innovation ist höher angesiedelt als die Terminalschiene. Kleine Kernteams ermöglichen schnelle Kommunikationswege.» Nur eine intensive Kommunikation ermöglicht eine effiziente Projektabwicklung.

2. Flexibilität durch Parallelität und das Verzögern von Entscheidungen: Entwicklung ist eine Folge von Entscheidungen mit dem Ziel, so viele wie nur möglich korrekt zu treffen. Die Art der Entscheidungsfindung und die Sequenz der Entscheidungen haben grossen Einfluss auf das Design, das sich am Ende durchsetzt.

Die Skan AG hat mit dem SBCE-Ansatz versucht, vorschnelle, lediglich auf Annahmen gestützte Entscheidungen zu verhindern. Einer Entscheidung muss immer eine Faktenbasis zu Grunde liegen, welche die Konsequenzen der Entscheidung aufzeigt. Ein Verzögern von Entscheidungen war möglich, weil mehrere Konzepte parallel weiterentwickelt und erforscht wurden. Durch diese parallelen Konzepte kann Skan auf verschiedene Kundenanforderungen flexibel reagieren.

Ein weiterer Gewinn an Flexibilität besteht in der Systemintegration, in der auch fortgeschritte-

ne Teillösungen nochmals angepasst oder zur Seite gelegt werden. Der entscheidende Flexibilitätsgewinn betrifft jedoch den Entscheidungsfindungs-Prozess. Jedes Team erhält die Möglichkeit, durch erarbeitete Fakten zu überzeugen. Hierdurch bewertet man die Konzepte objektiver. Durch eine spätere Entscheidung erhält man mehr Flexibilität. Dieser Flexibilitätsgewinn zeigt sich im Vergleich der einzelnen Konzepte zu unterschiedlichen Zeitpunkten durch die beteiligten Projektleiter.

Von den drei Alternativkonzepten A1, A2 und A3 des Sets A wurde das anfänglich favorisierte Konzept A1 zunehmend schlechter bewertet und unterliegt heute (t=3) den Konzepten A2 und A3 sogar (vgl. Grafik 2 auf Seite xy). Mit einer vorschnellen Entscheidung für Konzept A1 wäre aus heutiger Sicht eine suboptimale Lösung ausgewählt worden.

Der Gewinn an Flexibilität durch das Verzögern von Entscheidungen verursacht jedoch Mehrkosten. Diese sind notwendig, um mehrere Konzepte parallel zu erforschen. Deshalb ist es wichtig, die Kosten mit dem potenziellen Wissensgewinn zu vergleichen. <

Literatur

- Kennedy, M.; Harmon, K.; Minnock, E. (2008): *Ready, Set, Dominate: Implement Toyota's Set-Based Learning for Developing Products and Nobody Can Catch You*. Oaklea Pr. ???ORT???
- Lenders, M. J. E. (2009): *Beschleunigung der Produktentwicklung durch Lösungsraum-Management*. In: *Ergebnisse aus der Produktionstechnik*; Bd. 2009,1; Apprimus Verlag, Aachen.
- Liker, J. K.; Sobek, D. K.; Ward, A. C.; Cristiano, J. J. (2002): *Involving suppliers in product development in the United States and Japan: Evidence for set-based concurrent engineering*. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 43(2), 165-178.
- Morgan, J. M.; Liker, J. K. (2006): *The Toyota product development system: integrating people, process, and technology*. *Productivity Pr. ???ORT???*
- Sobek, D. K.; Ward, A. C.; Liker, J. K. (1999): *Toyota's principles of set-based concurrent engineering*. *Sloan Management Review*, 40(2), 67-84.
- Ward, A.; Liker, J. K.; Cristiano, J. J.; Sobek, D. K. (1995): *The second Toyota paradox: How delaying decisions can make better cars faster*. *Sloan Management Review*, 36, 43-43.
- Ward, A. C. (2007): *Lean product and process development: Lean Enterprises Inst Inc., ???Verlag, Ort???*