

Modellbasiertes Systems Engineering - Durchgängige Entwicklung mit erlebbaren Prototypen

Grischa Beier

Uwe Rothenburg

Robert Woll

Rainer Stark

Geschäftsfeld Virtuelle Produktentstehung

[Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik \(IPK\)](#)

Pascalstraße 8-9

10587 Berlin

Keywords

Mechatronik, Systems Engineering, Traceability, Smart Hybrid Prototyping

Herausforderungen der Virtuellen Produktentwicklung

Moderne Produktentwicklungsphilosophien müssen den gesamten Lebenszyklus eines Produktes sowie alle an ihm beteiligten Prozesse und Akteure berücksichtigen. Die Integration der unterschiedlichen Vorgehensweisen, Werkzeuge und auch Vorstellungen der beteiligten Akteure stellt heutzutage eine zentrale Herausforderung für die Produktentwicklung dar. Zusätzlich müssen auch die technischen und interaktiven Zusammenhänge von produktübergreifenden Intelligenzen und Funktionalitäten (Produkt-zu-Nutzer, Produkt-zu-Produkt, Produkt-zu-Umwelt) bereits während der Entwicklung beschrieben, erprobt und abgesichert werden. Abbildung 1 stellt den Zusammenhang zwischen den, nur sehr bedingt mit durchgängig modellbasierten Lösungen unterstützten, frühen Systementwurfs- und -absicherungsphasen und den späteren Ausgestaltungsphasen der Produktgewerke dar.

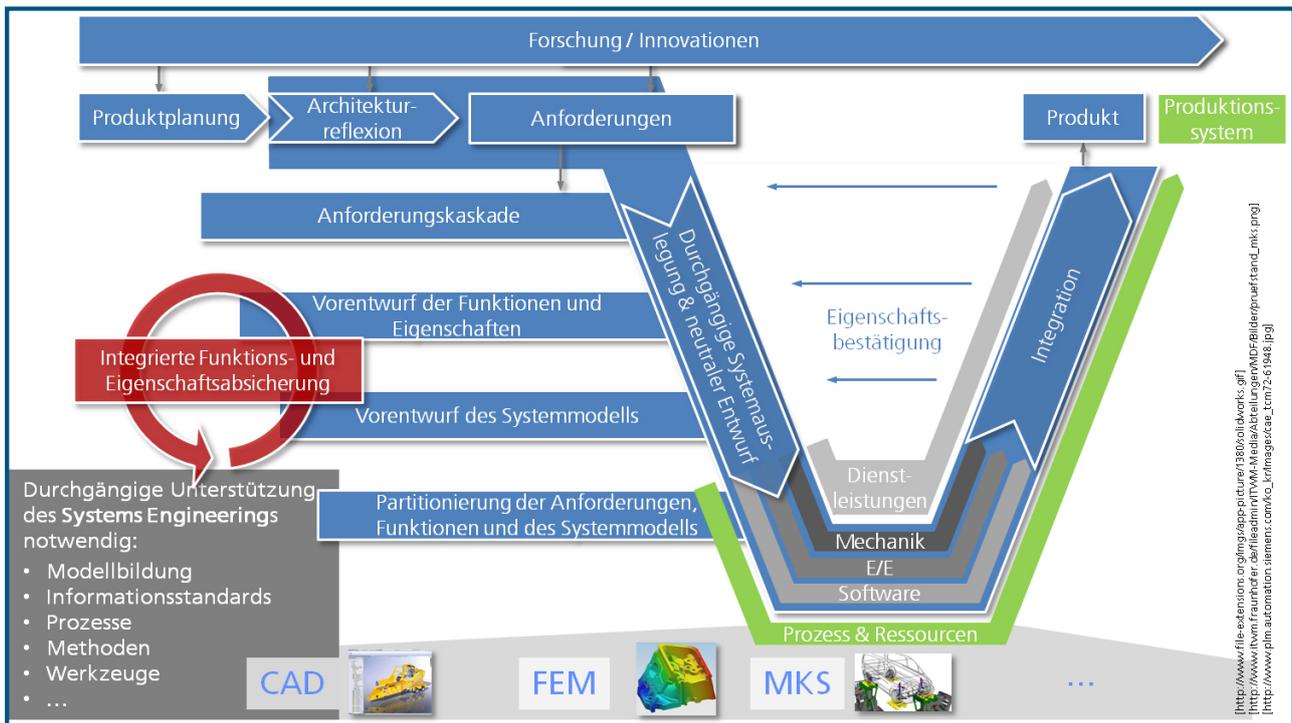


Abbildung 1 Erweiterter Systems Engineering Prozess

Methodische Unterstützung des Systems Engineerings

Die Sicht des Systems Engineering auf das Produkt als System erlaubt eine **nachhaltigkeitsorientierte Produktgestaltung**. Häufig ist eine Produktoptimierung im Hinblick auf eine einzelne Lebensphase für andere Lebensphasen nicht optimal. Daher müssen die Anforderungen, die sich aus den unterschiedlichen Betrachtungsweisen ergeben, nicht isoliert betrachtet, sondern in Einklang gebracht werden [EMT11].

Das Fraunhofer IPK hat in Kooperation mit der [Technischen Universität Berlin](http://www.tu-berlin.de/) eine methodische Vorgehensweise entwickelt, um ein technisches Produkt im Hinblick auf seinen gesamten Lebenszyklus möglichst nachhaltig gestalten zu können (siehe Abbildung 2). Dabei spielt die enge Zusammenarbeit zwischen Produktentwicklern, Produktionsplanern und Experten des Life Cycle Sustainability Assessments (LCSA) eine wichtige Rolle.

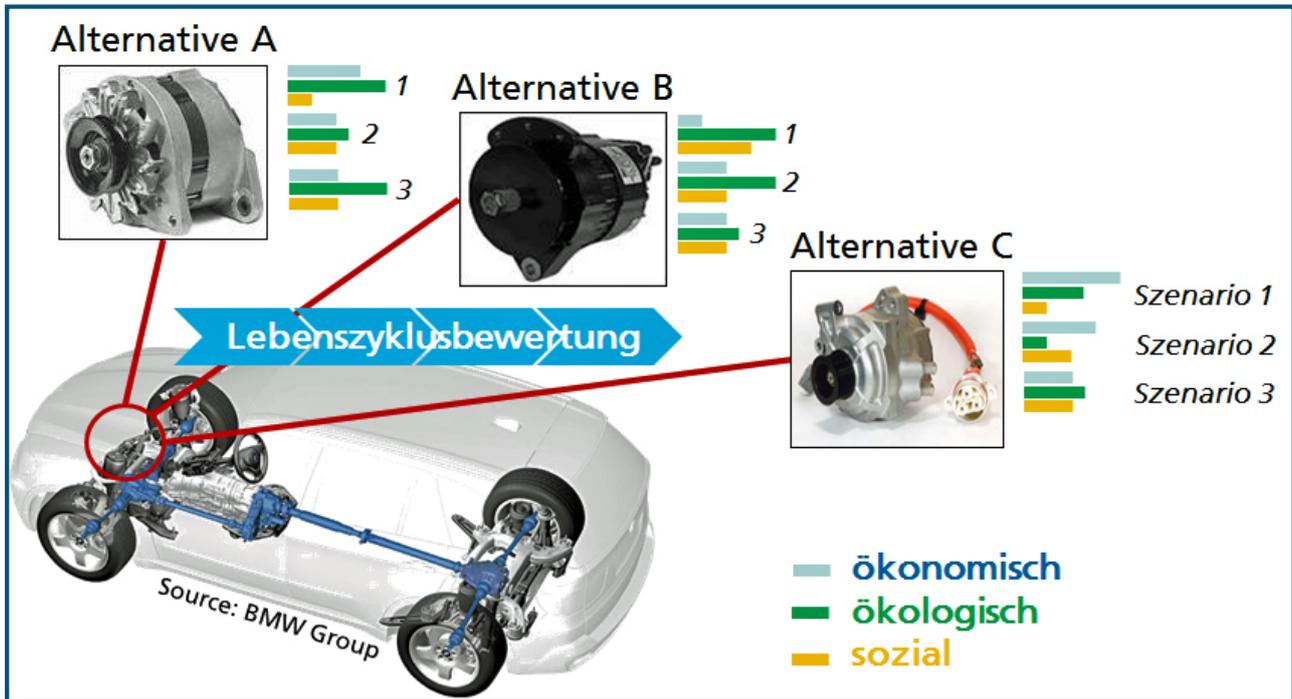


Abbildung 2 Lebenszyklusbewertung der Nachhaltigkeit von Produktalternativen

Um die entwickelte Vorgehensweise zu unterstützen, wurde die werkzeuggestützte Methode House of Sustainability entwickelt. Dieses Wechselwirkungsmodell ermöglicht die methodisch geführte Bewertung von Gestaltungsalternativen eines Produkts hinsichtlich ihrer sozialen, ökonomischen und ökologischen Nachhaltigkeit – unter Einbezug technischer Parameter und Eigenschaften. Die Bewertungsergebnisse werden mit dem Visualisierungswerkzeug Sustainability Dashboard grafisch aufbereitet, um die Auswahl der Gestaltungsalternativen zu unterstützen [LWI12].

Kernbestandteil des Systems Engineering ist neben der horizontalen auch die vertikale Lebenszyklusbetrachtung, wobei eine Durchgängigkeit zwischen unterschiedlichen Datenartefakten der Produktentwicklung angestrebt wird. Die Methode der durchgängigen Nachverfolgbarkeit (Traceability) ist eine gute und vergleichsweise schlanke Vorgehensweise, um isolierte Entwicklungsmodelle und -werkzeuge verknüpfen zu können. Abhängigkeiten zwischen den entwickelten Modellen (bspw. Anforderungen, Funktionen, Produktstrukturen), die bisher nur implizit durch das Wissen der Entwickler repräsentiert sind, werden dabei mit Hilfe von Verknüpfungen explizit abgebildet (siehe Abbildung 3) [ANR06].



Abbildung 3 Abhängigkeiten zwischen den Datenartefakten der Produktentwicklung

Der vom Fraunhofer IPK entwickelte Prototyp ModelTracer adressiert die entwicklungsbegleitende Modellierung und Auswertung der Abhängigkeiten zwischen den Modellen der Systementwicklung. Er dient dem Ziel, die Systemzusammenhänge zwischen den in der Systementwicklung tatsächlich generierten Modellen qualitativ abzubilden und auszuwerten. Damit grenzt sich der ModelTracer von Modellierungsansätzen zum originären graphischen Beschreiben von Systemmodellen, wie bspw. in SysML, und zum Erstellen simulierbarer Systemmodelle, wie bspw. in Modelica, ab, die nicht für ein qualitatives Tracing der unterschiedlichen Artefakte der Systementwicklung ausgelegt sind. Eine große Herausforderung liegt dabei in der effizienten Modellierung der Abhängigkeiten. Daher stellt der ModelTracer einen Wizard zur Steigerung der Effizienz bei der Identifikation der Abhängigkeiten bereit, mit dessen Hilfe der notwendige Aufwand stark reduziert werden kann.

Neue Simulations- und Analysekompetenz für das Systems Engineering

In der industriellen Anwendung besteht ein hoher Bedarf an Methoden zur frühzeitigen funktionalen Integration virtueller mechatronischer Produkte, deren Verhalten sich durch die Kombination und Wechselwirkung des Verhaltens der Teilsysteme definiert [SWS10].

Am Fraunhofer IPK entwickelte Technologien des Smart Hybrid Prototyping zielen darauf ab, eine effiziente bedarfs- und aufgabenorientierte Lösung zur Evaluation mechatronischer Produkte bereitzustellen, um das Erfahren von schwer oder gar nicht visualisierbaren Produkteigenschaften wie Gewicht, Trägheit, Dämpfung sowie haptischer Produkteigenschaften zu ermöglichen (siehe Abbildung 4). **Smart Hybrid Prototyping** stellt somit eine innovative Form des Entwickelns entlang des Produktentwicklungsprozesses von der Idee bis zur Freigabe von mechanischen und mechatronischen Systemen dar, bei der die jeweils digital verfügbaren Partialmodelle mit Laborhardware physikalisch adäquat kombiniert werden. Ziel ist es, die spätere Produktfunktion für Entwickler und Kunden gleichermaßen erlebbar in Echtzeit abzubilden. Dabei können die funktionalen virtuellen Prototypen nicht nur in ihrer Geometrie, sondern auch in Eigenschaften wie Funktionalität, Bedienbarkeit, Verhalten und Ästhetik an das zukünftige Produkt angenähert werden.



Abbildung 4 Smart Hybrid Prototyping zur visuellen und haptischen Nachempfindung des Schließverhaltens einer Heckklappe

Zusammenfassung

Die vorgestellten Lösungen aus der Forschung stellen einen ersten Schritt hin zu einer erleichterten Anwendbarkeit des Systems Engineering-Ansatzes dar. Im Speziellen werden dadurch methodische Kernanforderungen erfüllt: die Orientierung auf die Nachhaltigkeit des zu entwickelnden Produkts sowie eine durchgängige Nachverfolgbarkeit zwischen den vormals isolierten Artefakten der Produktentwicklung. Insgesamt lautet der Anspruch, die traditionell gewachsenen Differenzen zwischen den Disziplinen, durch eine integrierende Entwicklungsumgebung zu verringern.

Literaturverzeichnis

[ANR06] Aizenbud-Reshef, N.; Nolan, B. T.; Rubin, J.; Shaham-Gafni, Y. (2006): Model traceability. In: IBM Systems Journal 45 (3), pp. 515–526.

[EMT11] Endris, K.; Marco, T.; Sergio, T.: Integration of sustainability in NPD process: Italian Experiences; Proceedings of the IFIP WG 5.1 8th International Conference on Product Lifecycle Management (PLM2011), 11 - 13 July 2011, Eindhoven, Netherlands.

[LWI12] Lindow, K.; Woll, R.; Inoue, M.; Ishikawa, H.; Stark, R. (2012): Approaches for sustainability assessment in the conceptual design phase. In: Proceedings of CIRP Design 2012 – Sustainable Product Development. Indian Institute of Science, Bangalore, 28.-30. März 2012. Chakrabarti, A. (Ed.).

[SWS10] Stork, A.; Wagner, M.; Schneider, P.; Hinnerichs, A.; Bruder, T. (2010): FunctionalDMU: Co-Simulation mechatronischer Systeme in einem DMU-Umfeld. In: Produktdaten-Journal (1), pp.44-48.