

Fluidtronic

Entwicklungsumgebung für fluidtechnisch-mechatronische Systeme

Dipl.-Ing. J. Müller

Lehrstuhl für Produktionssystematik, RWTH Aachen

Dipl.-Ing. C. Nussbaum

Lehrstuhl für Produktionssystematik, RWTH Aachen

Einleitung

Die Fluidtechnik hat am immer stärker wachsenden Gesamtumsatz des deutschen Maschinen- und Anlagebaus einen bedeutenden Anteil. Mit einem Welthandelsanteil von 33% ist sie innerhalb des Maschinen- und Anlagebaus die bedeutendste Branche und weist seit Jahren ein überdurchschnittliches Wachstum auf /1/. Geprägt wird die Fluidtechnikbranche, neben einigen Großunternehmen, die ein breites Produktspektrum abdecken, vor allem durch kleine und mittlere Unternehmen, die spezielle fluidtechnische Komponenten anbieten oder sich auf Systeme für dedizierte Anwendungen spezialisiert haben.

Diese Anwendungen sind heute in beinahe allen Bereichen der Industrie vertreten. Stellten fluidtechnische Maschinen und Anlagen früher noch gesteuerte mechanische Systeme dar, so haben sie sich heute zu komplexen mechatronischen Produkten mit hydraulischen, pneumatischen, mechanischen und signalverarbeitenden Komponenten gewandelt. Erst diese Kombination der hydraulischen Antriebe mit elektronischer Steuerungstechnik ermöglicht komplexere Abläufe und steigert somit die Effizienz des Gesamtsystems /2/.

Da fluidtechnische Anwendungen heutzutage von allen Bereichen der Industrie genutzt werden, werden sie demzufolge meist auf Basis von spezifischen Kundenanforderungen und in geringen Losgrößen hergestellt. Damit der Betrieb dieser Anlagen zuverlässig verlaufen kann, ist nicht nur die richtige Abstimmung aller Komponenten sowie deren Eigenschaften nötig, sondern auch eine effiziente Zusammenarbeit spezialisierter KMU als Zulieferer und OEM unabdingbar. Bisher werden die heutigen Anforderungen in Entwicklungsprozessen allerdings nur unzulänglich berücksichtigt. Beispielsweise kommt es bei der Zusammenarbeit der Disziplinen aufgrund der mangelhaften Vernetzung und Synchronisation während der Entwicklung häufig zu funktionalen Problemen bei den Maschinenmodulen, welche erst zu einem späten Zeitpunkt im Entwicklungsprozess entdeckt werden: Dies erfordert eine angepasste

Entwicklungsumgebung zur Absicherung der Produktzuverlässigkeit in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses. Darüber hinaus ist auf Grund unstrukturierter Informationsflüsse ein Ableiten von Anforderungen an einzelne Komponenten anhand der vorgegebenen Randbedingungen an das Gesamtsystem nur mit Hilfe der Erfahrung aus vorherigen Projekten möglich. Dies gilt vor allem für Material und System betreffende Unverträglichkeiten, welche nicht frühzeitig im Entwicklungsprozess erkannt werden und daher auf Grund des späteren Auftretens ein kostenintensives, iteratives Vorgehen zur Behebung des Problems erfordern. Auch der Einsatz von fluidtechnischen Simulationssystemen findet derzeit nicht entwicklungsbegleitend statt, sondern kommt nur zum Einsatz, sollte die erfahrungsbasierte Auslegung nicht ausreichen. Durch diesen mangelhaften Einsatz fluidtechnischer Simulationstools innerhalb des Entwicklungsprozesses ist eine planmäßige Inbetriebnahme daher zunehmend aufwändiger und erschwert das Verständnis für das Gesamtsystem.

Vorstellung des Verbundprojektes Fluidtronic

Fluidtechnische Systeme haben sich zu komplizierten mechatronischen Produkten gewandelt. Allerdings bildet die klassische Definition der Mechatronik laut Richtlinie VDI 2206 nur die Integration von Mechanik, Elektronik und Informatik. Der Bereich Fluid wird laut der Definition in der VDI 2206 der Mechanik untergeordnet und lässt somit viele Aspekte unbeleuchtet, welche allerdings einen großen Einfluss auf das dynamische Verhalten der fluidtechnischen Komponenten und somit auf die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems haben.

Da es das Hauptziel des Verbundprojektes Fluidtronic ist, eine zuverlässigere, schnellere Inbetriebnahme und eine Anlagenfunktion über die komplette Produktlebensdauer zu gewährleisten, müssen inhärente Systemrisiken bereits frühzeitig im Entwicklungsprozess mit einer mechatronischen Entwicklungsumgebung erkannt und behoben werden. Um dies zu ermöglichen, ist es notwendig, die Zusammenarbeit aller beteiligten Fachdisziplinen und Unternehmen besser zu synchronisieren, zu taktieren und zu integrieren. Dies soll mittels einer unternehmensübergreifenden mechatronischen Entwicklungsumgebung für fluidtechnisch-mechatronische Systeme erreicht werden.

In Abbildung 1 sind der Zusammenhang und die Wirkbeziehungen zwischen den im Projekt betrachteten Elementen in einer integrierte Entwicklungsumgebung für fluidtechnisch-mechatronischer Systeme aufgezeigt.

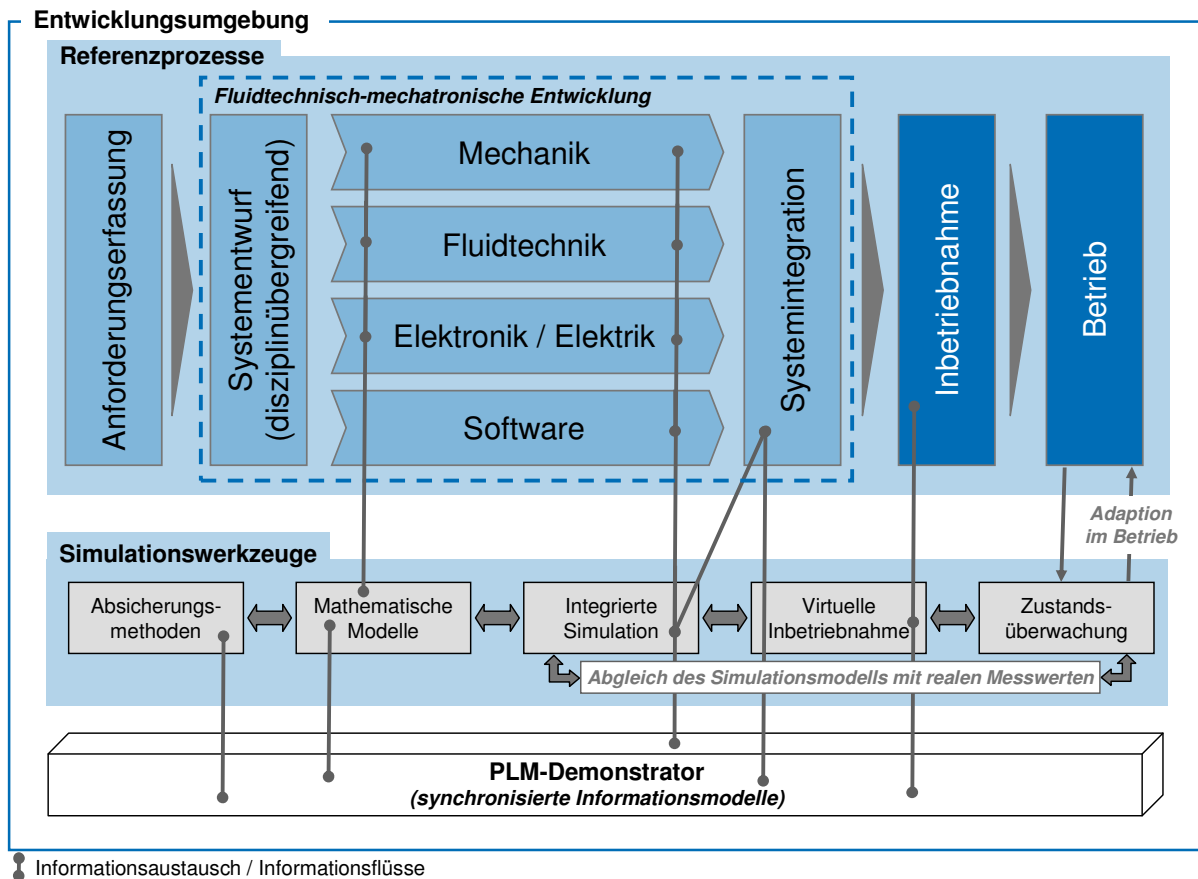


Abbildung 1 Integrierte fluidtechnisch-mechatronische Entwicklungsumgebung

Diese Entwicklungsumgebung umfasst alle Disziplinen und Aktivitäten innerhalb des Produktentwicklungsprozesses, sowie die darin genutzten Methoden, Werkzeuge und IT-Systeme. Darüber hinaus beinhaltet sie sowohl die zugehörigen Produkt- und Prozessinformationen vom Systementwurf bis hin zur Inbetriebnahme, sowie die Rückkopplung der Betriebsdaten während des Produktlebenszyklus.

Zentrale Herausforderungen für die Entwicklung

Aufgrund der mangelhaften Berücksichtigung heutiger Anforderungen an moderne Entwicklungsumgebungen kommt es zu Defiziten bei der Entwicklung, der Auslegung und der Inbetriebnahme fluidtechnischer-mechatronischer Systeme. Dies liegt an der Tatsache, dass sich fluidtechnisch-mechatronische Systeme nicht nur durch eine enge Vernetzung der Disziplinen, sondern auch durch komplexe Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Systemkomponenten auszeichnen. Aufgrund der vorliegenden engen Vernetzungen der Teilsysteme untereinander und der komplexen Strukturen kommt der Absicherung der Produktzuverlässigkeit in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses eine bedeutende Rolle zu.

Diese Absicherung der Produktzuverlässigkeit muss mit Hilfe einer mechatronischen Entwicklungsumgebung, welche bereits früh im Entwicklungsprozess zum Einsatz

kommt, erfolgen. Bisher erfolgt eine Simulation der Wechselwirkung einzelner Systemkomponenten nur in Ausnahmefällen und nur zu einem sehr späten Zeitpunkt innerhalb des Entwicklungsprozesses. Dies verlängert die Entwicklungsdauer fluidtechnisch-mechatronischer Produkte ungemein.

Die komplexen Wechselwirkungen einer durchgängigen Vernetzung der Disziplinen Mechanik, Elektronik, Fluidtechnik und Software können allerdings nur in Einklang gebracht werden, wenn ein Entwicklungsteam bereits in den frühen Phasen der Systemauslegung eng miteinander zusammenarbeitet. Der mechatronische Entwicklungsprozess in der industriellen Fluidtechnik ist heute jedoch noch stark durch die mechanische Disziplin geprägt, die zeitliche Einbindung der weiteren Disziplinen erfolgt sehr spät. Aus diesem Grund werden im Rahmen der Produktentwicklung die Wechselwirkungen zwischen den Disziplinen nur unzureichend berücksichtigt. Die auftretenden Interaktionen zwischen den verschiedenen fluidtechnischen Disziplinen werden aber aufgrund der zunehmenden räumlichen Integration der Komponenten immer komplexer und führen bei Nichtbeachtung zu Verzögerungen bei Produktentwicklung und Inbetriebnahme /3/.

Darüber hinaus ist die Produktentwicklung in den Unternehmen aufgrund von gewachsenen Strukturen immer noch durch eine sequentielle Bearbeitung gekennzeichnet. Beispielsweise wird die Funktionsweise eines Moduls innerhalb nur einer Disziplin entwickelt und erst anschließend zur Weiterentwicklung an die nächste weitergegeben, da die sequentiell organisierten Entwicklungsprozesse den Informationsaustausch zwischen den beteiligten Fachleuten und die Interaktionen zwischen den Disziplinen hemmen.

Weitere Gründe für den mangelhaften Informationsaustausch und der damit verbundenen Synchronisation sind isolierte Begriffswelten, Vorgehensmodelle, Methoden und Werkzeuge innerhalb der unterschiedlichen Disziplinen der Produktentwicklung, welche die Zusammenarbeit in der frühen Phase stark einschränken. Diese führen zu Missverständnissen aufgrund unterschiedlicher Bedeutungen für gleiche Begriffe, die wiederum zeitaufwändige Iterationsschleifen zur Folge haben, und zu Medienbrüchen, welche oft nur recht kostspielig behoben werden können.

Im übergeordneten Entwicklungsprozess treten weitere Schwachstellen in Form einer mangelnden Dokumentation der Anforderungen, einer unzureichenden entwicklungsbegleitenden Dokumentation, einer fehlenden Durchgängigkeit und eines unstrukturierten Vorgehens auf. All die genannten Schwachstellen führen letztendlich zu einer unvollständigen Umsetzung der Kundenanforderungen in das Produkt. Die damit verbundenen auftretenden Probleme werden derzeit vor allem durch zusätzliche zeitaufwändige Iterationsschleifen im Entwicklungsprozess behoben, mit dem Ziel die einzelnen Teilsysteme zu einem konsistenten, funktionsfähigen Gesamtsystem zusammenzuführen.

Die Schwachstellen der aktuellen mechatronischen Produktentwicklung sowie die Interaktion der Projektpartner bei der Entwicklung eines fluidtechnisch-mechatronischen Produktes werden in Abbildung 2 visualisiert.

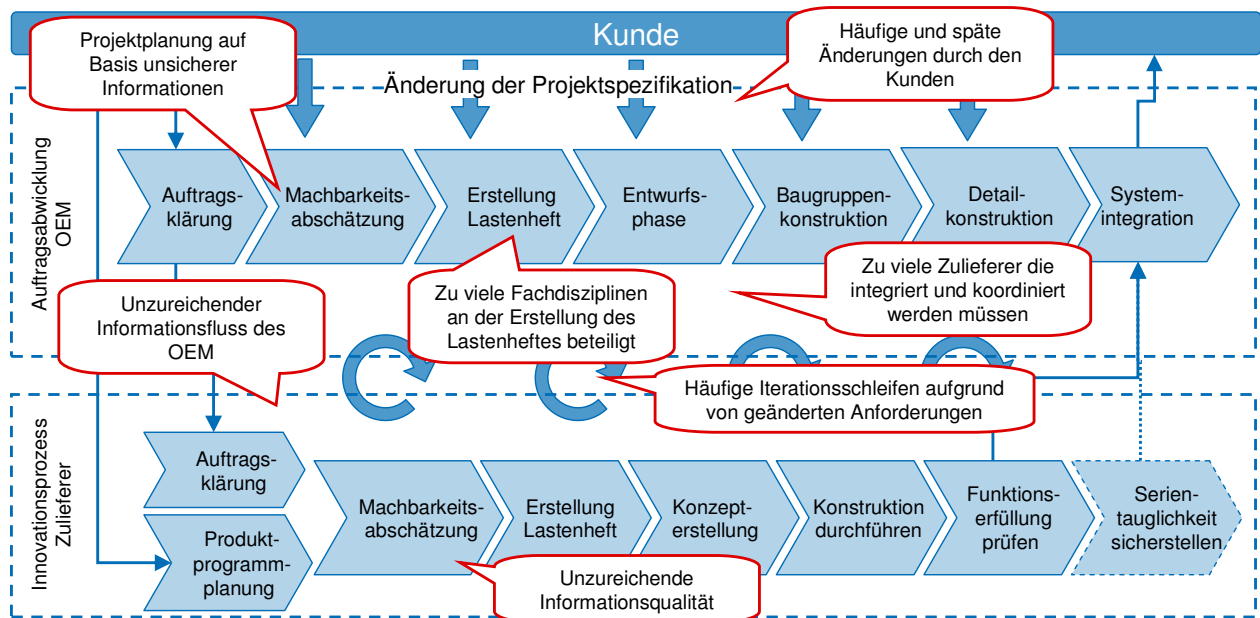


Abbildung 2 Ablauf und Schwachstellen der aktuellen Produktentwicklung

Motivation

Die Verkürzung der Entwicklungsdauer und eine Verbesserung der Termintreue bilden den größten Stellhebel zur Effizienzsteigerung eines mechatronischen Entwicklungsprozesses im Maschinen- und Anlagebau. Um die Entwicklungsdauer aufgrund der vorliegenden, engen Vernetzungen der Teilsysteme untereinander und der Interdisziplinarität innerhalb einer mechatronischen Entwicklung senken zu können, müssen die Produktfunktionen durch die Integration der einzelnen Fachbereiche in der frühen Phase des Entwicklungsprozesses realisiert werden. Dafür müssen die Anforderungen von allen Beteiligten (Kunden, Fachbereiche, Lieferanten) innerhalb einer mechatronischen Entwicklungsumgebung gesammelt und gemeinsam durch die betroffenen Disziplinen (Mechanik, Elektrik, Software und Fluidtechnik) bewertet und priorisiert werden. Basierend auf den Produkthanforderungen entsteht anschließend ein disziplinübergreifendes, abgestimmtes Konzept, welches Produktskizzen und eine Strukturierung auf konzeptioneller Ebene (z.B. Funktionsstruktur) beinhaltet. Das disziplinübergreifende Produktkonzept und die konzeptionelle Produktstruktur bilden die Brücke zwischen der frühen Phase der Anforderungsdefinition und der Phase der Konstruktion und legen damit die Basis für den darauf aufbauenden disziplinspezifischen Entwurf fest /4/.

Innerhalb dieser Entwicklungsumgebung verringert dann anschließend eine verbesserte Simulationsumgebung in den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses den Anpassungsbedarf der entwickelten Regleralgorithmen mechatronischer Produkte.

Eine darin integrierte Hardware-in-the-Loop Simulation ermöglicht einen verbesserten Austausch der Entwicklungsparameter zwischen Projektpartner und OEM bei der virtuellen Auslegung neuer mechatronischer Produkte und steigert somit die Effizienz des Entwicklungsprozesses. Hardware-in-the-Loop stellt eine Simulationsmethode, bei welcher ein eingebettetes System (z.B. ein reales elektronisches Steuergerät oder eine reale mechatronische Komponente) über seine Ein- und Ausgänge an ein angepasstes Gegenstück, welches als Nachbildung der realen Umgebung des Systems dient, angeschlossen wird, dar. Mittels Hardware-in-the-Loop ist es möglich eingebettete Systeme zu testen und abzusichern, um sowohl die Entwicklung als auch eine vorzeitige Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen zu unterstützen. Der Austausch der Entwicklungsparameter kann nur dann ermöglicht werden, wenn das Expertenwissen als Grundlage für eine optimale Auslegung des mechatronischen Produkts in der Entwicklungsumgebung genutzt wird. Zum Schutz des spezifischen Expertenwissens wird findet der Austausch der Entwicklungsparameter zwischen OEM und Projektpartner in Form von Black Box Modellen statt. Mit Hilfe der Einbindung einer über den Entwicklungsprozess hinweg integrierten und parallel verlaufenden Simulation sowie eines iterativen Austausches bei der virtuellen Auslegung ist somit die Funktionssicherheit neu entwickelter mechatronischer Produkte bereits frühzeitig zu gewährleisten.

Anforderungen an die Entwicklungsumgebung

Die in diesem Forschungsvorhaben zu gestaltende Entwicklungsumgebung besteht einerseits aus einer Simulationsumgebung und andererseits aus definierten Workflows der Entwicklungsprozesse.

Mit Hilfe einer Simulationsumgebung soll das dynamische Verhalten eines mechatronischen Gesamtsystems schneller und präziser vorhergesagt und optimiert werden, um dadurch eine effektivere und effizientere Abwicklung sowohl in der Entwicklung als auch in der Inbetriebnahme zu erzielen. Dabei soll es ermöglicht werden, dass der OEM auf erweiterte Parameter bezüglich des Komponentenverhaltens im Zuge der Entwicklung zugreifen kann. Eine möglichst wirklichkeitsnahe virtuelle Inbetriebnahme soll am Ende der Entwicklungsphase ermöglicht werden. So können eventuelle Fehler noch vor der tatsächlichen Inbetriebnahme entdeckt und behoben werden bevor überhaupt kostspielige Änderungen an der Hardware notwendig werden.

Der Datenaustausch zwischen OEM und Zulieferer muss dafür standardisiert werden. Für den Zulieferer muss dabei eindeutig sein, welche dynamischen Randbedingungen seitens des Gesamtsystems auf seine Komponente einwirken und welches Subsystemverhalten der Zulieferer mit seiner Komponente erzielen soll.

Für den OEM wiederum ist es entscheidend, dass er das dynamische Verhalten der einzelnen Subsysteme der verschiedenen Zulieferer möglichst präzise in einer Gesamtsystemsimulation abbilden kann. Aus dieser lassen sich Wechselwirkungen bzw. Unverträglichkeiten zwischen den Komponenten des Gesamtsystems vorhersa-

gen. Des Weiteren soll eine Kopplung von Simulations- und Projektierungsmanagement sichergestellt werden. Die Komponentenauswahl, die sich aus der Systemsimulation ergibt soll direkt in Form von technischen Unterlagen festgehalten werden, um so parallel planende Arbeitsvorgänge von der Angebotsphase bis hin zur Inbetriebnahme zu unterstützen.

Ein besonders wichtiger Aspekt für die Zulieferer ist der Schutz seines komponentenspezifischen Know-hows. Die Beschreibung des dynamischen Komponentenverhaltens darf daher beim Datenaustausch innerhalb der Simulationsumgebung nicht mit der Preisgabe des systemspezifischen Know-hows einher gehen und ist strikt voneinander zu trennen.

Ein geeigneter Entwicklungsprozess für fluidtechnisch-mechatronische Produkte hingegen synchronisiert alle disziplinspezifischen Abläufe mit klaren, vordefinierten Informationsflüssen, von der Anforderungserfassung und dem disziplinübergreifenden Systementwurf bis hin zur Systemintegration. Basierend auf einem disziplinübergreifenden Konzept (Systementwurf) werden fachspezifische Vorgehensmodelle, Methoden und Werkzeuge für die Erzeugung von Produktinformationen eingesetzt. Anschließend werden die disziplinspezifischen Ergebnisse zu einem Gesamtsystem integriert und die Systemeigenschaften abgeglichen /5/.

Simulationsumgebung

Eine Simulationsumgebung muss von den Konstrukteuren einfach zu handhaben sein und verlässliche Aussagen über das spätere Systemverhalten in Hinblick auf Zuverlässigkeit und Systemperformance zulassen /6/. Innerhalb des Verbundprojektes Fluidtronic werden daher neue Modelle und Methoden entwickelt, die aktuell vorhandene Lücken in der Simulation fluidtechnisch-mechatronischer Systeme schließen und eine verlässliche virtuelle Auslegung der Anlage überhaupt erst ermöglichen.

Beispielsweise stellt Reibung innerhalb der als Aktor wirkenden Zylinder einen dominierenden Einfluss auf das Systemverhalten von fluidtechnischen Maschinen und Anlagen dar. Die Zylinderreibung musste bei bisherigen Auslegungen immer in einem sehr weiten Feld angenommen werden und konnte in Simulationen, wenn überhaupt, nur sehr grob abgeschätzt oder lediglich über nicht greifbare oder empirische Daten parametrisiert werden. Eine exakte Vorhersage des Systemverhaltens und demzufolge auch eine vorherige, angepasste Auslegung der Steuerungsalgorithmen war folglich nicht möglich. Um dieses weite Feld, in dem man die Reibung bisher annehmen musste, zu schmälern und um eine verständliche Bedatung zu gewährleisten wird ein Reibkraftmodell entwickelt, welches im Gegensatz zu bisher bekannten Ansätzen weitere relevante Einflussgrößen berücksichtigt und durch bekannte Geometrie bzw. Stoffdaten bedatet werden kann. So soll das Modell die Reibkraft in Abhängigkeit vom verwendeten Dichtungstypen innerhalb des Zylinders, vom Kolben- und Stangendurchmesser sowie von der Oberflächenbeschaffenheit der Zylinder-

laufbahn abbilden, und das unter Berücksichtigung der systeminternen Zustandsgrößen Verfahrensgeschwindigkeit, Kammerdrücke und Viskosität des verwendeten Fluids.

Mit der Einbettung dieses Reibkraftmodells in vorhandene Systemsimulationsprogramme können virtuelle Anlagenuntersuchungen und -auslegungen für bestimmte Betriebspunkte zu festen Zeitpunkten sehr gut durchgeführt werden. Aber gerade die Themen Zuverlässigkeit, Standzeit und Veränderung des Systemverhaltens über dem gesamten Produktlebenszyklus bleiben von den bisher am Markt verfügbaren Systemsimulationsprogrammen noch unberücksichtigt. Diese Themen mit Hilfe von Simulationen abbilden zu können, ist ein Hauptaugenmerk des Forschungsvorhabens. Im Fokus stehen hier die Ölalterung, die verschleißbedingte Veränderung des Systemverhaltens und die Verschmutzung innerhalb fluidtechnischer Systeme.

Als erstes wurde hierfür innerhalb des Verbundprojektes eine Simulation von Partikelverteilungen in fluidtechnischen Systemen entwickelt. Mit Hilfe von Modellen für Partikelquellen, Partikelsenken und entsprechenden Übertragungsgliedern können so die Verteilungen von unterschiedlichen Partikeln, zum Beispiel in Größe oder Stoffeigenschaften, dargestellt werden. Partikelquellen bringen Partikel in ein System ein, während Partikelsenken diese wieder aus dem System filtern. In fluidtechnischen Systemen können Partikel zum Beispiel über die Bewegung der Zylinderstange oder über den BelüftungsfILTER in das System hereingetragen werden. Aber auch der interne Verschleiß von Komponenten, wie Pumpen, trägt zu einem Eintrag von Partikeln bei. Die Ablagerung von Partikeln über Senken erfolgt einerseits gezielt durch Filter, findet aber auch an den Böden von Tankbehältern oder dergleichen statt. Die Simulation von Partikelverteilungen in fluidtechnischen Systemen eröffnet vielfältige neue Möglichkeiten. Der Anwender erlangt aber vor allem ein besseres Verständnis von den Vorgängen der Verteilung und Vermischung unterschiedlicher Partikelklassen im System. Mit der Simulation von Partikelverteilungen können zum Beispiel unterschiedliche Filtrationskonzepte analysiert und speziell auf die jeweilige Anwendung abgestimmt werden. Auch ist es mit Hilfe der Simulation möglich Partikelverteilungen durch geschickte Anordnung von Leitungen und Filtern so steuern zu können, dass speziell im Bereich von schmutzempfindlichen Komponenten hohe Fluidreinheiten erzielt werden, während das übrige System mit normalen Reinheiten betrieben wird. Die Analyse der Verteilung unterschiedlicher Partikelklassen ermöglicht auch Vorhersagen über den Verschleiß oder sogar drohenden Ausfall von Komponenten und kann so als Hilfsmittel zur Auslegung von Condition Monitoring-Strategien herangezogen werden.

Einen weiteren Punkt stellt die virtuelle Vorhersage der Ölalterung dar. Mit Hilfe von Ölalterungsmodellen, die in die Simulation integriert werden, können so anhand der Betriebszustände der Anlage qualitative Aussagen darüber getroffen werden, wie sich verschiedene konstruktive Änderungen am System auf die Ölalterung auswirken. In Zeiten immer weiter steigender Rohölpreise ist die optimale Ausnutzung der Ölstandzeit ein wichtiges Auslegungskriterium und vor allem ein nicht zu unterschätzendes Kaufargument gegenüber dem Anlagenbetreiber. Denn vor allem große hyd-

raulische Anlagen, wie zum Beispiel Schmiedepressen, fassen durchaus 30000l und mehr des wertvollen Rohstoffes und sollten die Ölstandzeit daher optimal ausnutzen.

Mit Hilfe aller zuvor genannten Erweiterungen können damit zuverlässige Simulationen über die gesamte Lebensdauer einer Anlage erfolgen. Solche Simulationen können außer für die Auslegung eines fluidtechnisch-mechatronischen Systems auch für die virtuelle Inbetriebnahme einer Anlage dienen. Bei einer solchen virtuellen Inbetriebnahme wird die Steuerung ebenfalls bereits in der Software abgebildet und es lassen sich optimale Steuer- und Regelalgorithmen, ohne die Gefahr einer Beschädigung der realen Anlage, erproben. Der gesamte Auslegungsprozess kann also virtuell erfolgen, was neben Zeit- und Kostenvorteilen auch die Erprobung völlig neuer Konzepte ermöglicht, da die Erprobung unterschiedlicher Varianten sehr schnell erfolgt.

Durch die Anbindung der realen Steuergeräte an das virtuelle Modell der Anlage, die sogenannte Hardware-in-the-Loop Simulation, können in einem letzten Schritt die Hardwarebausteine der Steuerung optimiert werden und die Regelung optimal auf die Anlage abgestimmt werden, so dass bei der späteren realen Inbetriebnahme nur noch Feinjustierung nötig sind. Auch die Verkabelung der Schaltschränke kann so bereits im voraus abgeprüft werden. Die Funktionen der Steuerung sowie die optimalen Regelparameter müssen nicht mehr vorsichtig an der realen Anlage herausgefahren werden, um eine Anlagenbeschädigung zu vermeiden, sondern können bereits am virtuellen Modell erprobt werden.

Entwicklungsprozess innerhalb der Entwicklungsumgebung

Den Einstieg in die mechatronische Produktentwicklung stellt die Erfassung der Anforderungen seitens des OEM dar. Zuvor legt der Kunde die Anforderungen an das mechatronische Produkt innerhalb eines Lastenheftes zusammen mit dem OEM fest. Hierbei kommt es seitens des OEMs zum Einsatz eines vorher definierten Wertesystems. Das Wertesystem stellt einen Ordnungsrahmen zur Abbildung einer Zielhierarchie zur Verfügung, aus der die Anforderungen sowohl an das Produkt als auch an den Prozess abgeleitet werden können. In einem Wertesystem werden zu Beginn eines jeden Projektes Ziele für und mit allen Anspruchsgruppen systematisch hergeleitet und durch eine gemeinsame Gewichtung und Priorisierung zu einer Zielhierarchie formiert, da die Produkteigenschaften nur durch eine transparente, am Wertverständnis aus Kundensicht ausgerichtete Zielhierarchie konsequent wertorientiert und verschwendungsfrei gestaltet werden können /7/.

Basierend auf dem Lastenheft wird ein Pflichtenheft erstellt, das mit dem Kunden abgestimmt werden muss, um zu klären, inwiefern die Anforderungen seitens des Kunden ausreichend umgesetzt werden. Im darauf folgenden Schritt muss mit diesem Pflichtenheft nun in Verbindung mit der Produktarchitektur das Produktkonzept festgelegt werden. Aufgrund mehrerer möglicher Kombinationen einzelner Komponenten zur Erreichung der Anforderungen des Kunden ist eine weitere Abstimmung

zur Festlegung des zu verfolgenden Konzepts erforderlich. Das in Abstimmung mit dem Kunden festgelegte Konzept bildet nun den Ausgangspunkt der Zusammenarbeit zwischen dem OEM und den Zulieferern. In einem nächsten Schritt werden die Komponenten in einer Wechselwirkungsmatrix gegenübergestellt. Diese Wechselwirkungsmatrix bildet nun die Wechselwirkungen der einzelnen Komponenten bezüglich Ihrer Funktionen ab. Anhand dieser Wechselwirkungsmatrix erfolgt eine Priorisierung der Komponenten hinsichtlich der Beeinflussbarkeit durch andere Komponenten sowie der Einflussnahme auf andere Komponenten. Diese Priorisierung bildet die Reihenfolge in der die Anforderungen an die jeweilige Komponente an den dafür zuständigen Zulieferer geleitet werden. Der Austausch der Daten mit den Zulieferern erfolgt unter Zuhilfenahme einer Black Box Logik. Das bedeutet, dass die bereits bekannten Anforderungen, also Input und Output seitens des Gesamtsystems bezüglich der jeweiligen Komponente an den Zulieferer geleitet werden. Der Zulieferer prüft zuerst, ob die geforderte Funktion an seine Komponente zu erfüllen ist. Ist dies nicht der Fall, so signalisiert der Zulieferer dem OEM, dass eine Funktionserfüllung mit der angeforderten Komponente nicht möglich ist und eine Optimierung bzw. eine Neuentwicklung der Komponente notwendig ist. Die Erstellung bzw. die Optimierung der geforderten Komponente verläuft innerhalb der Simulationsumgebung mit Hilfe der spezifischen Simulationstools des Zulieferers, die die aktuell noch vorhandenen Lücken innerhalb der Simulation fluidtechnisch-mechatronischer Anlagen mittels internem Expertenwissen beheben können und somit das dynamische Verhalten der Komponente kontinuierlich abbilden können. Ziel ist es, das dynamische Verhalten der Komponente möglichst wirklichkeitsgetreu abzubilden und virtuell zu testen. .
Das dynamische Subsystemverhalten wird mittels einer Black-Box-Logik verschlüsselt und zu einem innerhalb des Workflows festgelegten Synchronisationspunkts im Entwicklungsprozess an den OEM zurückgeschickt. Dadurch wird verhindert, dass der OEM als auch andere Zulieferer technologisches Know-how im Detail aus der Subsystembeschreibung ableiten können. Die Black Box kann jedoch an das bisherige virtuelle System angekoppelt und erste Simulationen können durchgeführt werden. Mit Hilfe dieser virtuellen Systemsimulation ist es möglich, sowohl das dynamische Systemverhalten als auch kritische Funktionsbereiche sowie Wechselwirkungen im Zusammenspiel untereinander besser zu untersuchen. Verhält sich das Gesamtsystem nach der Systemsimulation stabil und muss keine Nachbesserung an einer der Systemkomponenten erfolgen, so wird die nächste Komponente dem dafür zuständigen Zulieferer übergeben. Diese Komponente enthält nun den simulierten Output der Vorherigen als Input und eine vorgegebene Anforderung bezüglich des Outputs.

Sollte es in der nachfolgenden Gesamtsimulation durch den OEM zu Problemen im Zusammenspiel der einzelnen Komponenten kommen, so ist es notwendig, den Fehler zu isolieren, zu analysieren und anschließend eine Nachbesserung der jeweils verantwortlichen Komponenten bei dem dafür verantwortlichen Zulieferer durchfüh-

ren zu lassen. Der Ablauf innerhalb der Entwicklungsumgebung kann der Abbildung 3 entnommen werden.

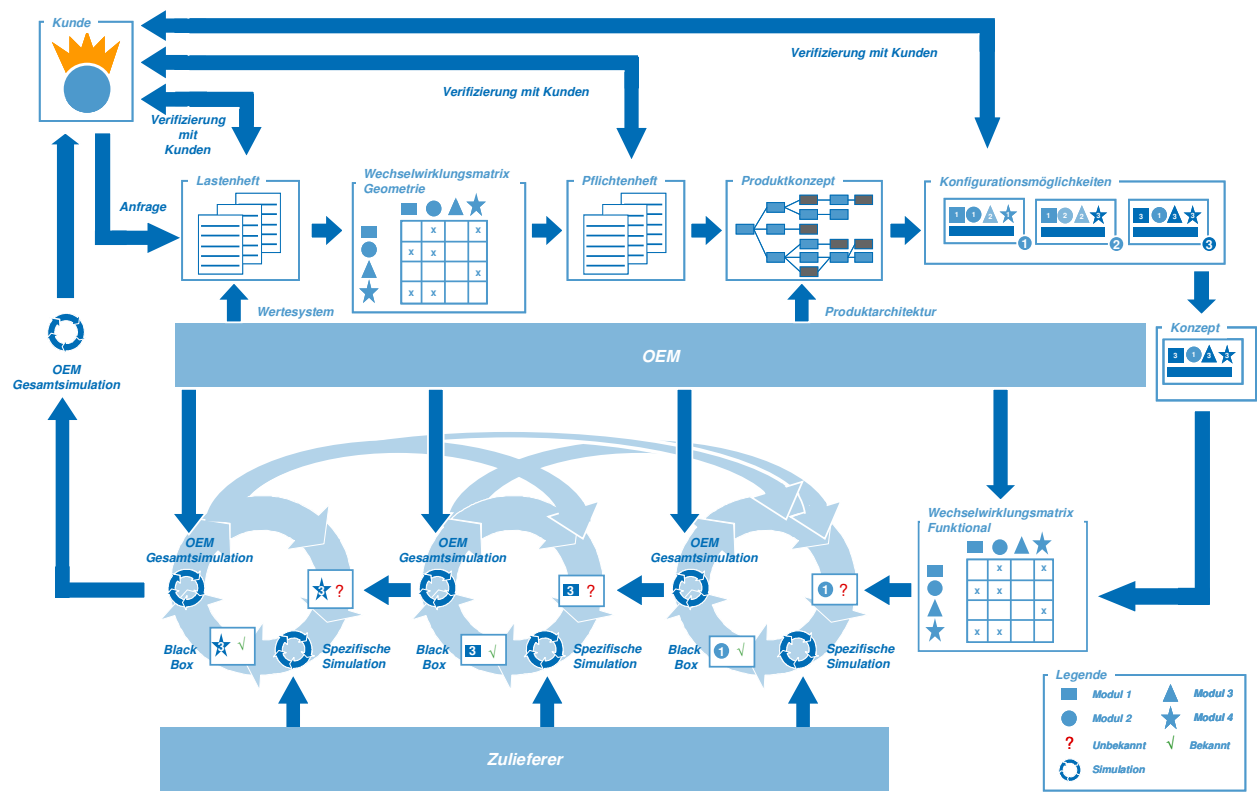


Abbildung 3 Ablauf innerhalb der Entwicklungsumgebung

Durch diese direktere und effizientere Zusammenarbeit sowie auf Grund der mehrfachen Iterationsschleifen zwischen dem Kunden, dem OEM und dem Zulieferern innerhalb der Simulationsumgebung ist es möglich zuverlässigere und robustere Maschinen in kürzerer Zeit zu entwickeln.

Zusammenfassung

Auf Grund der mangelhaften Berücksichtigung heutiger Anforderungen in Entwicklungsprozessen kommt es zu Defiziten bei der Konzeption, der Entwicklung und der Inbetriebnahme fluidtechnisch-mechatronischer Systeme. Dies beruht maßgeblich auf den komplexen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Disziplinen und Komponenten. Um dies zu verhindern, ist eine enge Vernetzung der Disziplinen in der frühen Phase der Entwicklung zur frühen Absicherung der Produktzuverlässigkeit erforderlich. Die zu entwickelnde Entwicklungsumgebung des Verbundprojektes Fluidronic legt daher den Schwerpunkt zum Einen auf eine stärkere Einbindung der Zulieferer im Entwicklungsprozess und zum Anderen auf eine kontinuierliche, entwicklungsbegleitende Simulationsumgebung, die es ermöglicht, mittels Hardware-in-the-Loop die einzelnen Systemmodule kontinuierlich zu simulieren. Der Austausch der

Daten innerhalb der Simulationsumgebung erfolgt über eine Black Box Logik. Zum Einen gilt es, so das Know-How der Zulieferer zu schützen und zum Anderen wird eine engere Vernetzung innerhalb des Entwicklungsprozesses zwischen Zulieferer und OEM ermöglicht.

Dieser Beitrag wurde im Rahmen des Forschungsprojektes Fluidtronic erstellt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ finanziell gefördert und vom PTKA in Karlsruhe als Projektträger betreut wird.

Literatur

- /1/ Wichers, R.
Maschinenbaukonjunktur. Vortrag im Rahmen der Mitgliederversammlung des Forschungsfonds Fluidtechnik im VDMA am 21.06.2005 in Frankfurt.
- /2/ Stammen, C.
Condition Monitoring für intelligente hydraulische Antriebe, RWTH Aachen 2005
- /3/ Schuh, G.; Lenders, M.; Dr. Sauer, J.
Quantifizierter Nutznachweis bei der Einführung einer innovativen CAD-/PLM-Lösung – Ein Erfahrungsbericht
In: Konstruktion, Ausgabe 11/07
- /4/ Eigner, M.; Hollerith, T.
Erhöhung der administrativen Zuverlässigkeit mechanischer Produkte durch ein domainübergreifendes Konfigurationsmanagementsystems.
In: Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A.; Wallaschek, J. (Hrsg.): Entwurf mechatronischer Systeme, Paderborn 2006
- /5/ Gausemeier, J.; Frank, U.
Stand und Perspektiven der Entwicklung mechatronischer Systeme.
In: Gausemeier, J.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A.; Wallaschek, J. (Hrsg.): Entwurf mechatronischer Systeme, Paderborn 2006
- /6/ Schuh G.; Rozenfeld, H.; Assmus D.; Zancul, E.
Process oriented framework to support PLM implementation
In: Computers in Industry, Ausgabe 08/07
- /7/ Schuh, G.; et all.
Lean Innovation - Auf dem Weg zur Systematik
In: Brecher, C.; Klocke, F.; Schmitt, R.; Schuh, G. (Hrsg.):
Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik, Aachener Perpektiven, Aachen 2008

