

PRODUKTE MIT DEM DIGITAL THREAD EFFIZIENTER ENTWICKELN

Der Digital Thread ist der digitale rote Faden, der Daten aus unterschiedlichen Datenquellen verknüpft. Er ist die Voraussetzung für die Nachvollziehbarkeit der Entwicklungsprozesse über Domänengrenzen hinweg. Ohne Digital Thread lassen sich komplexe, mechatronische Produkte mit viel Software und Elektronik nicht effizient entwickeln. Wie man ihn aufbaut und welche Vorteile er hat, erfahren Sie im vorliegenden Whitepaper.



Einleitung

Der Digital Thread ist der Schlüssel zur effizienten Entwicklung von komplexen mechatronischen Produkten, an der üblicherweise verschiedene Disziplinen und Domänen beteiligt sind. Genau aus diesem Grund ist es auch so schwierig, den digitalen roten Faden zu spinnen, denn er muss Informationen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Domänensysteme miteinander in Beziehung setzen, um z.B. die Auswirkungen von Änderungen analysieren zu können. Die Unternehmen benötigen dazu Werkzeuge, mit denen sie die Domänensysteme sehr einfach anzapfen und die Informationszusammenhänge transparent machen können. Wie eine solche Lösung aussehen kann und welche Anforderungen und Anwendungsfälle sie unterstützen sollte, beschreibt das vorliegende PROSTEP-Whitepaper.



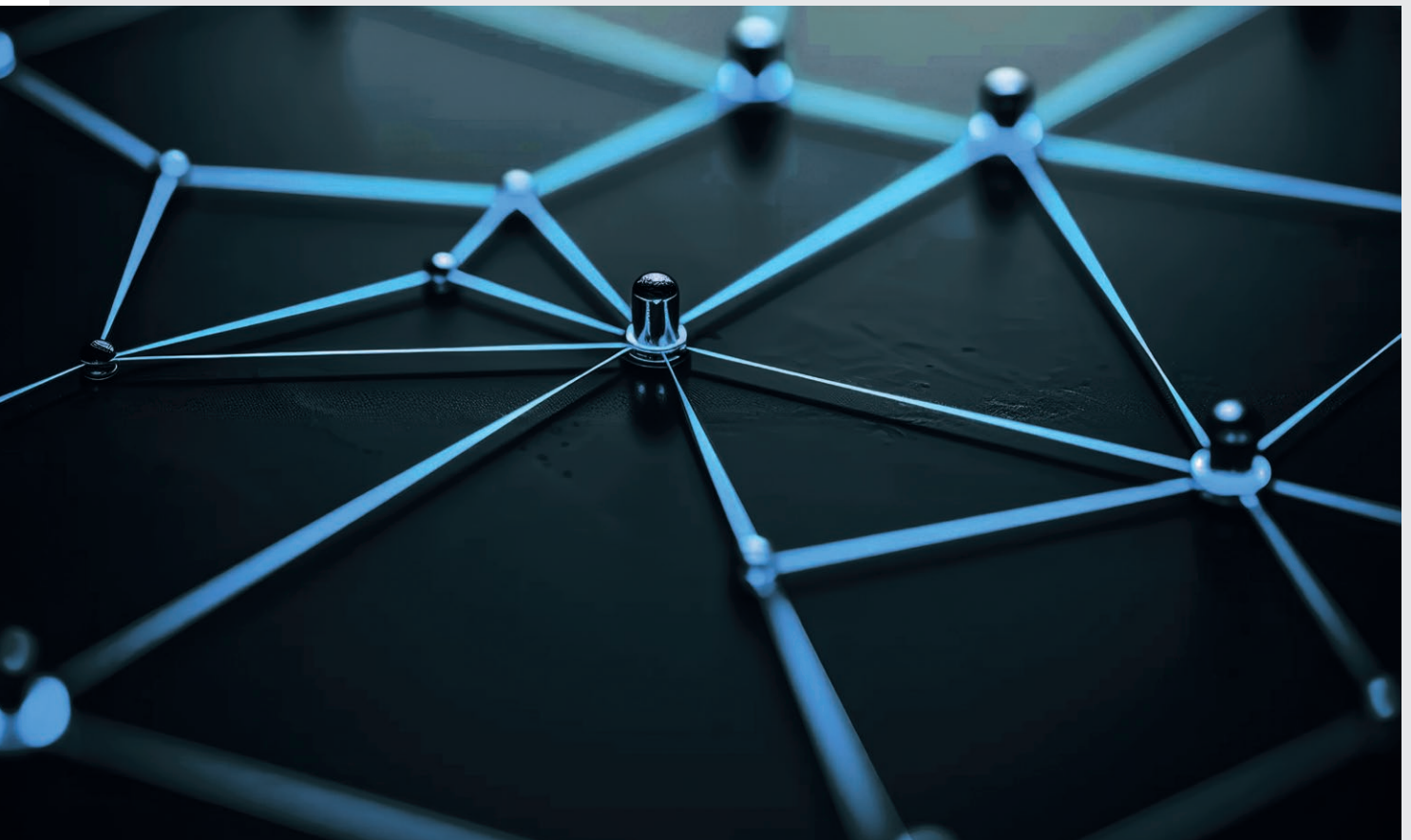
Der Digital Thread: Verbinden was zusammengehört

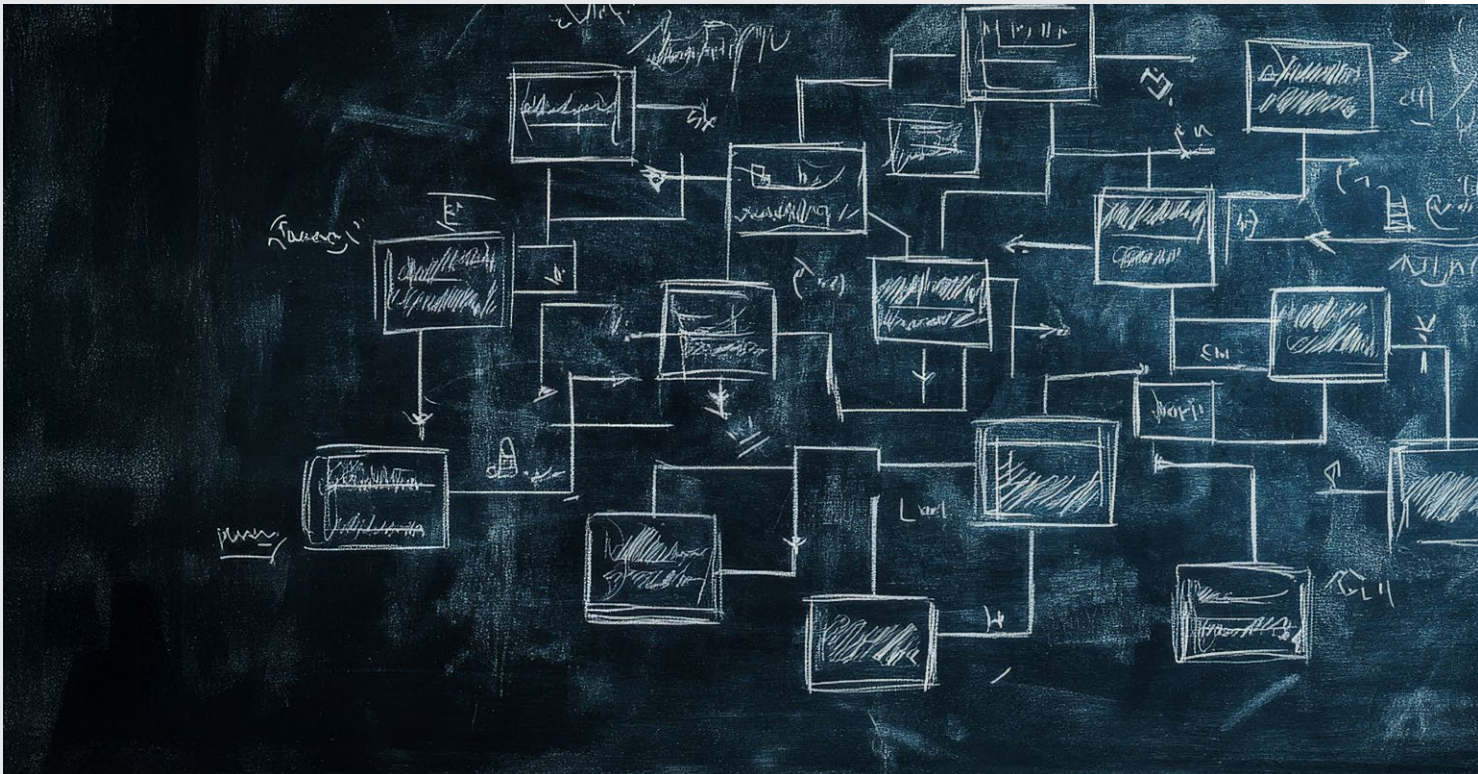
Verbinden was zusammengehört – das ist die Aufgabe des Digital Thread, des digitalen roten Fadens. Er ist unerlässlich für die Traceability, also die Fähigkeit nachvollziehen zu können, wie ein Produkt entstanden ist, warum es so entstanden ist oder was die Ursachen für mögliche Fehler sein könnten, die bei der Nutzung auftreten. Ein typischer Anwendungsfall ist das Change Management von mechatronischen Produkten. Um die Auswirkungen und Einflüsse absehen zu können, braucht man den Digital Thread, der die Abhängigkeiten domänenübergreifend abbildet.

Früher, als Produkte im Wesentlichen aus mechanischen Baugruppen bestanden, war es deutlich einfacher, den digitalen roten Faden zu knüpfen. Die Produktdaten wurden in der Regel mit einem Autorensystem erzeugt und in einem PDM- oder PLM-System verwaltet. Inzwischen sind aus mechanischen Produkten vernetzte Systeme mit viel Elektrik/Elektronik (E/E) und Software geworden, die in der Betriebsphase durch Updates over the Air aktualisiert werden können oder vielleicht sogar ganz als Dienstleistung angeboten werden. An Entwicklung, Produktion und Betrieb sind verschiedene Disziplinen und Domänen beteiligt, die ihre Mechanik-, E/E- und Software-Artefakte mit unterschiedlichen IT-Systemen erzeugen und verwalten.

Das Problem ist, dass diese Artefakte nicht unabhängig voneinander existieren, sondern gemeinsam bestimmte Funktionen erfüllen. Was wie zusammenspielt und sich bei Änderungen gegenseitig beeinflussen kann, ist jedoch nirgendwo exakt dokumentiert. Es erschließt sich nur im Dialog der beteiligten Disziplinen und Domänen. Ihre Entwicklungsstände werden in der Regel aber nur zu bestimmten Meilensteinen zusammengetragen, weil das sehr zeitaufwändig ist.

Die Unternehmen könnten enorm viel Zeit sparen, wenn es ihnen gelänge, die Informationen über die zusammengehörigen Artefakte einmal zu verknüpfen und diese Verknüpfungen über den gesamten Lebenszyklus des Produktes zu pflegen. Zeit, die sie nutzen könnten, um die Markteinführung neuer Produkte zu beschleunigen, aber auch um Rückmeldungen der Nutzer*innen aus dem Feld schneller in Änderungen und Verbesserungen einfließen zu lassen. Der Digital Thread würde ihnen auch bei der Dokumentation ein enormes Nutzenpotenzial erschließen. Um ihn aufzubauen zu können, sind verschiedene Herausforderungen zu bewältigen.





Komplexität als Herausforderung bei der Produktentwicklung

Die Unternehmen stehen heute vor einem Dilemma: Die zunehmende Komplexität der Produktentwicklung schreit förmlich nach dem digitalen roten Faden, um sie effizienter zu steuern und besser nachvollziehbar zu machen. Aber genau diese Komplexität erschwert zugleich den Aufbau des Digital Thread, weil immer mehr Disziplinen und Domänen in den Produktentstehungsprozess involviert sind. Sie alle nutzen ihre eigenen Autorenwerkzeuge und Datenverwaltungssysteme, die in aller Regel nicht besonders gut integriert sind. Und selbst wenn, macht es wenig Sinn, die relevanten Informationen in einer domänenspezifischen Anwendung zusammenzuführen.

Komplex ist allein schon das Anforderungsmanagement. Die unterschiedlichen Domänen müssen bei der Systementwicklung nicht nur immer anspruchsvollere Anforderungen hinsichtlich Funktionalität und Konnektivität erfüllen, sondern auch immer strengere Normen und Richtlinien hinsichtlich Sicherheit der Produkte und ihrer Umweltverträglichkeit einhalten. Und sie müssen die Erfüllung dieser Anforderungen und die Compliance mit den geltenden Bestimmungen auch überprüfen und lückenlos nachweisen können.

Keine leichte Aufgabe, wenn die Anforderungen zum Teil noch dokumentenbasiert erfasst werden und die Unternehmen eigentlich kein einheitliches System haben, mit dem sie sie domänenübergreifend und über den ganzen Lebenszyklus verwalten können – wenn man vielleicht mal von Excel absieht. Neben dezidierten Requirements Management-Systemen stecken die Anforderungen teils in den ALM- und teils in den PLM-Systemen. Dieses „Stückwerk“ pflanzt sich über den gesamten Entwicklungsprozess fort, der üblicherweise dem V-Modell folgt. Zwar kann jede Domäne ihren domänenspezifischen Digital Thread aufbauen, aber es fehlt die domänenübergreifende Sicht auf die Daten und auf den Prozess.

Aufgrund dieses fragmentierten Digital Thread lässt sich nur schwer nachvollziehen, ob die spezifizierten Systeme und Subsysteme am Ende die Anforderungen an das Gesamtsystem erfüllen werden, zumal sich diese Anforderungen im Laufe der Entwicklung verändern können. Es fehlt eine belastbare Informationsgrundlage. Die Unternehmen brauchen eine Lösung, die die domänenspezifischen Digital Threads verbindet und ihnen ermöglicht, eine holistische Sicht auf das Produkt zu gewinnen. Dazu muss sie die domänenübergreifenden Prozesse unterstützen.

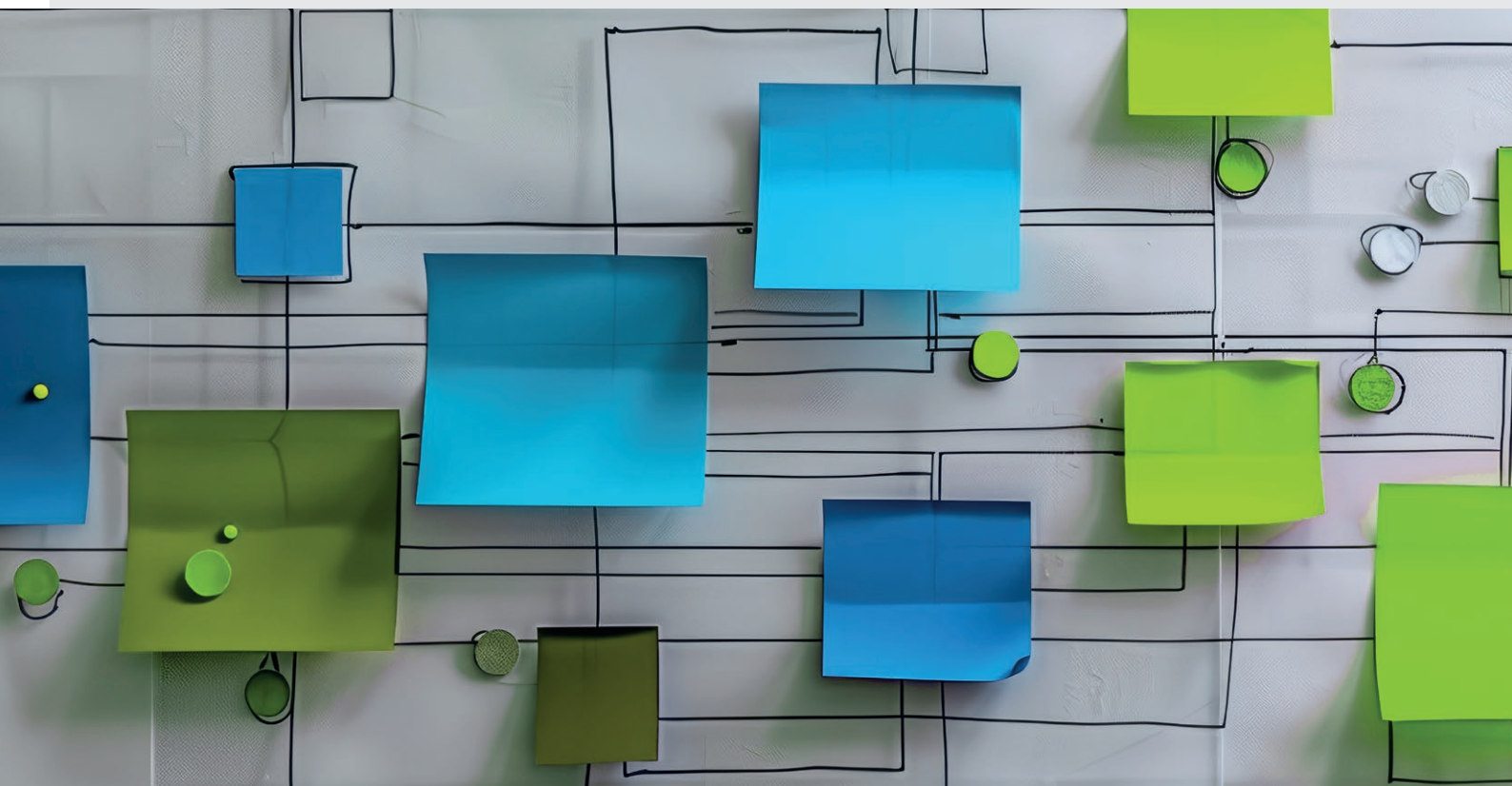
Domänenübergreifende Prozesse abbilden

Die Entwicklungsprozesse unterscheiden sich von Branche zu Branche, weil sie unterschiedliche branchenspezifische Standards erfüllen müssen. Das gilt nicht nur für die Automobilindustrie, die bei der Entwicklung von Elektronik und Mechatronik üblicherweise das Referenzprozessmodell A-SPICE zugrunde legt, sondern auch für stark reglementierte Branchen wie die Luft- und Raumfahrt oder die Medizintechnik. Darüber hinaus gibt es in jedem Unternehmen eine etwas andere Auslegung dieser generellen Prozessvorgaben, die beim Aufbau eines Digital Thread berücksichtigt werden müssen.

Eine Digital Thread-Lösung muss daher in der Lage sein, den Prozess so abzubilden, dass er konform zu den branchenspezifischen Standards ist und gleichzeitig den Gepflogenheiten des Unternehmens entspricht. Und sie muss außerdem die Möglichkeit bieten, das auch nachzuweisen. Idealerweise geschieht dies durch Templates, die durch eine entsprechende Lösung bereitgestellt werden. Und das Ganze natürlich an die spezifischen Prozesse und Vorgehensweisen von Unternehmen anpassbar, so dass bspw. eine Zwischenstufe in den Prozess eingebaut oder zwei Phasen zusammengelegt werden können.

Die Abbildung von Prozessen über Domänen hinweg entspricht damit der horizontalen Integration. Wird nun noch auf die expliziten Artefakte in den Domänensystemen referenziert, gelingt zusätzlich die vertikale Integration. Erst die Verbindung von horizontaler und vertikaler Integration erlaubt es, einen Digital Thread aufzubauen, der die Entwicklungsstände zu jedem Zeitpunkt im Prozess nachvollziehbar macht und in Form von so genannten Baselines auch belastbar dokumentiert.

Die Prozesse werden in Form von Workflows beschrieben, die nicht nur die einzelnen Schritte beinhalten, sondern auch die Status der Informationsobjekte widerspiegeln. Idealerweise kann eine Digital Thread-Lösung zum einen den übergreifenden Prozess nachverfolgen und zum anderen die Einzelprozesse in den domänenspezifischen Systemen triggern, die Statusinformationen abrufen und gesamtheitlich darstellen. Das kann z.B. durch ein Template für domänen-übergreifende Change-Prozesse geschehen, welches die einzelnen Domänenprozesse orchestriert und Branchenspezifika wie bspw. A-SPICE unterstützt. Dieses Template sollte konfigurierbar sein, damit die Anwendenden es durch Tasks für die zu entwickelnden Komponenten zum Leben erwecken können.



Domänen mit dem Global Change Management verbinden

Es gibt eine Vielzahl von Anwendungsfällen, die eine domänenübergreifende Zusammenarbeit erfordern, angefangen bei Systems Engineering und Requirements Management in der Frühphase der Produktentwicklung. Ist das Produkt in der Nutzungsphase, gewinnt das Change Management an Bedeutung, das gegebenenfalls branchenspezifisch definiert ist, wie der Change Prozess nach VDA oder nach A-SPICE. Darüber hinaus ist die Erstellung einer belastbaren und zuverlässigen Dokumentation ein relevanter Anwendungsfall.



Der Ursprung von Änderungen kann sehr unterschiedlich sein. Je nach Branche können sie durch Gesetzesänderungen oder neue wissenschaftliche Erkenntnisse ausgelöst werden. Ein klassischer Fall ist sicherlich die Rückmeldung von Kunden, dass etwas nicht erwartungsgemäß funktioniert. Und dieser Issue ist auch der Startpunkt für eine Änderung. Dazu werden zunächst die Anforderungen spezifiziert und alternative Lösungsansätze entwickelt. Ist die Entscheidung für eine Alternative gefallen, wird diese im Rahmen des Change Request spezifiziert. Sowohl an der Spezifikation als auch an der Umsetzung des Änderungsantrags sind unterschiedliche Fachabteilungen beteiligt, die für ihre Änderungsprozesse die jeweiligen Domänentools nutzen. Die Synchronisation mit den Änderungen der anderen Domänen erfolgt jedoch in Meetings oder durch Absprachen per Mail oder Chat.

Die Komplexität heutiger mechatronischer Produkte verlangt nach einer Möglichkeit den Change Prozess auch digital als Querschnittsprozess abzubilden und gleichzeitig mit den entsprechenden Artefakten in den Domänensystemen zu verknüpfen. Sprich den Digital Thread im Kontext des Changes aufzubauen. Dieser ermöglicht dann Abhängigkeiten kontextual und prozessual zusammenzubringen und abzubilden. Kurz gesagt, die Ingenieur*innen brauchen ein Change Cockpit, das es ihnen erlaubt, die Informationen im Kontext zu visualisieren und ihre Arbeitsfortschritte zu sehen.

In diesem Cockpit wird ein Digital Change Thread aufgebaut, der die Prozess- und Datensicht verbindet. Hierdurch werden die einzelnen domänenspezifischen Change-Prozesse orchestriert und zentral zusammengebracht. Zusätzlich wird der Reifegrad der Änderungen aggregiert und belastbar dokumentiert, wo die Domänen im Änderungsprozess stehen. Dies gelingt über die Referenzen, die aus den angeschlossenen IT-Systemen den Status abrufen.



Prozesse und Ergebnisse domänenübergreifend dokumentieren

Wenn mehrere Fachbereiche an der Produktentwicklung beteiligt sind, werden die Arbeitsfortschritte und -ergebnisse üblicherweise in den domänenspezifischen Autoren- und Verwaltungssystemen dokumentiert. Und auch das nicht vollständig, weil die Abstimmung zwischen den Fachbereichen oft in Meetings und Telefonkonferenzen erfolgt und dann lediglich in E-Mails oder Chatverläufen dokumentiert ist. Das erschwert den Projektverantwortlichen den Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand und macht die Entscheidungen, die die Fachbereiche im Laufe des Entwicklungsprozesses treffen, schwer nachvollziehbar.

In Branchen wie der Luftfahrt oder Medizintechnik sind die Anforderungen an die Nachweispflicht sehr hoch. Grundlage für die Traceability ist eine domänenübergreifende Dokumentation. Um sicherzustellen, dass die Entwicklungsergebnisse der einzelnen Domänen zusammenpassen und die Anforderungen an das Gesamtsystem erfüllen, muss die Dokumentation über alle Domänen hinweg nahtlos integriert sein. Nur so lassen sich z.B. die Auswirkungen von Änderungen über das gesamte System verfolgen und die von einer Änderung betroffenen Teilsysteme zweifelsfrei identifizieren.

Eine zentrale digitale Dokumentation, die Nachvollzieh- und Nachverfolgbarkeit erlaubt, gibt es jedoch in den meisten Unternehmen nicht. Um eine auditfähige Dokumentation erstellen zu können, benötigen sie ein zentrales System, in dem alle Informationen zusammenlaufen, in einen zeitlich-prozessualen Kontext gesetzt und unveränderlich festgehalten werden. Das bedeutet nicht, dass dieses System alle dokumentationsrelevanten Informationen enthalten muss. Es muss nur wissen, in welchen domänenspezifischen Systemen diese Informationen liegen und welchen Versionsstand oder Status sie zu einem bestimmten Zeitpunkt hatten.

Eine der Kernfragen, die die Dokumentation beantworten muss, ist wann welche Entscheidungen auf welcher Informationsgrundlage getroffen wurden. Das funktioniert nur, wenn die Informationen einer Zeitachse zugeordnet werden können. Hierbei helfen z.B. Baselines, die den Status eines Projektes/Prozesse inkl. der zugehörigen Objekte zu einem bestimmten Zeitpunkt festhalten. Die domänenübergreifende Dokumentation ist damit die Basis für die Traceability, die für die Unternehmen immer wichtiger wird.

Traceability ist für alle Unternehmen von Bedeutung

Die Traceability oder Nachvollziehbarkeit ist in streng regulierten Branchen wie der Luft- und Raumfahrt oder Medizintechnik ein Muss, um überhaupt die Marktzulassung zu bekommen. Grundsätzlich können aber alle Branchen mit komplexen mechatronischen Produkten von Traceability profitieren. Sie ermöglicht u.a. gegebenenfalls auftretende Fehler und deren Ursache nachzuvollziehen und schneller zu beheben.

Die immer strengeren Auflagen in punkto Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit betreffen nicht nur die großen, international tätigen Unternehmen, sondern auch kleinere und mittelständische Unternehmen in ihren globalen Lieferketten. Wenn sie diese Auflagen nicht erfüllen, verlieren sie das Vertrauen ihrer Auftraggeber und letztlich ihre Aufträge. Es ist deshalb für Unternehmen aller Größen und Branchen von Vorteil, in die Sicherstellung der Traceability zu investieren.

Ein zentraler Bestandteil der Traceability ist ein domänenübergreifendes Anforderungsmanagement, das es ermöglicht, Kundenanforderungen und gesetzliche Auflagen bestimmten Funktionen zuzuordnen und dann auf die Teilsysteme, Baugruppen und Bauteile herunterzubrechen. Gleichzeitig muss es die Unternehmen in die Lage versetzen, die Auswirkung von Änderungen zu beurteilen, und am Ende z.B. in einem Audit den Nachweis erbringen, dass das entwickelte Produkt alle Anforderungen erfüllt.

Die Sicherstellung der Traceability ist heute mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Es gibt kein zentrales System, das alle (digitalen) Fäden zwischen Anforderungen, Entwicklungsartefakten und den Testfällen für Verifikation und Validierung in der Hand hält und ihre zeitlichen Zustände über den gesamten Entwicklungsprozess entlang des berühmten V-Modells transparent macht. Um eine effiziente Traceability zu gewährleisten, müssen deshalb die domänenspezifischen IT-Systeme verknüpft und die Daten so verlinkt werden, dass sie domänen- und gegebenenfalls unternehmensübergreifend bereitgestellt werden können. Die domänenübergreifende Traceability sicherzustellen, gehört zu den wesentlichen Aufgaben der Software OpenCLM, die ein integraler Bestandteil der Digital Thread-Plattform von PROSTEP ist.



Leichtgewichtige Lösung für die Daten-Verlinkung

Der Digital Thread von komplexen mechatronischen Produkten lebt in unterschiedlichen Unternehmensanwendungen. Diese Systeme bringen bereits Traceability-Funktionen mit, aber eben nicht über die Domänengrenzen hinweg. Eine Möglichkeit die Traceability ganzheitlich sicherzustellen, ist es, alle Daten in einem System zusammenzuziehen. Um die Konsistenz zu gewährleisten, müssten erhebliche Datenmengen kontinuierlich zwischen unterschiedlichen IT-Systemen ausgetauscht und synchronisiert werden, was mit der Dynamik des Entwicklungsprozesses nicht vereinbar wäre.

Die Alternative zur Datenreplikation ist eine leichtgewichtige, webbasierte Anwendung, die sich über die bestehenden IT-Systeme legt und die in ihnen abgelegten Informationsobjekte prozessorientiert verlinkt (vertikale Integration). Die Anwendung managt nicht die Daten und Dokumente selbst, sondern nur die Beziehungen zwischen ihnen und erzeugt daraus ein domänenübergreifendes Informationsmodell. Nichts anderes ist der Digital Thread. Die Anwendung ist aber auch in der Lage, Prozesse mit ihren Stage Gates oder Meilensteinen abzubilden (horizontale Integration) und den Reifegrad der Daten zu einem bestimmten Meilenstein festzuhalten, d.h. so genannte Baselines zu erzeugen.

Wesentliche Voraussetzung für die Nutzung der Linked Data-Technologie ist eine leistungsfähige Konnektivität. PROSTEPs Traceability-Lösung OpenCLM nutzt Standard-Konnektoren, um auf die Daten in gängigen PLM-, ALM- und ERP-Systemen oder anderen Unternehmensanwendungen zuzugreifen. Zusätzlich erlaubt ein OSLC-Adapter die Kommunikation mit OSLC-fähigen Quellsystemen und damit auch die Verlinkung in diese Systeme. Für alle anderen Fälle gibt es ein Konnektor-Template, das für die Anbindung von Legacy-Systemen an OpenCLM konfiguriert werden kann. Damit ist OpenCLM systemagnostisch und flexibel einsetzbar. Weiterer Pluspunkt ist die Möglichkeit, die Bezeichnungen der Objekte in OpenCLM an die Terminologie des jeweiligen Unternehmens anzupassen.

OpenCLM ist webbasiert und kann sowohl on premise als auch als Software as a Service (SaaS) aus der AWS-Cloud genutzt werden. Die Anwendung lässt sich aber auch in hybriden Cloud-On Premises-Szenarien einsetzen. Einer der wesentlichen Vorteile der Lösung ist, dass sie den Digital Thread unabhängig von den IT-Systemen macht. Die Links zwischen den Informationsobjekten werden unabhängig von den eingesetzten IT-Systemen abgebildet und bleiben auch bei einem Systemwechsel erhalten.





OPENCLM

Effizient, dynamisch, integrativ und zuverlässig

Die Nutzung von OpenCLM bietet Unternehmen eine Reihe von Vorteilen. Eines der Alleinstellungsmerkmale der Lösung ist, dass sie sowohl die horizontale Integration der domänenübergreifenden Prozesse als auch die vertikale Verlinkung in die jeweiligen Domänensysteme hinein unterstützt. Im Unterschied zu anderen Systemen werden die Objektstände in der Digital Thread-Lösung orchestriert und nicht in den Domänensystemen. Es gibt für alle referenzierten Objekte eine gemeinsame Baseline und es gibt eine zentralisierte und unveränderbare domänenübergreifende Dokumentation.

OpenCLM lässt sich dank entsprechender Prozess-Templates sehr einfach an die Anforderungen des jeweiligen Unternehmens anpassen und ermöglicht durch entsprechende Workflows gleichzeitig ein hohes Maß an Automatisierung. Erprobte Standard-Konnektoren, die regelmäßig aktualisiert werden, und eine OSLC-Schnittstelle sichern eine einfache Anbindung von gängigen PLM-, ERP- und ALM-Systemen sowie anderen Unternehmensanwendungen an den Digital Thread.

Dadurch, dass OpenCLM die Daten nur orchestriert und nicht repliziert, ist die Digital Thread-Lösung sehr effizient. Der Aufwand für die Suche nach relevanten Informationen in den angeschlossenen Domänensystemen wird durch die system- und domänenübergreifende Traceability deutlich reduziert. Gleichzeitig ist sichergestellt, dass die Anwendenden auf präzise Objektversion zugreifen.

OpenCLM sorgt durch die zentralisierte Dokumentation und das Baselineing für ein hohes Maß an Zuverlässigkeit in den domänenübergreifenden Prozessen. Die Informationen werden nach dem Need-to-Know-Prinzip in einem übersichtlichen Cockpit dargestellt und dienen als Absprungpunkt in die jeweiligen Domänensysteme. Die systemübergreifende Traceability bleibt auch dann erhalten, wenn einzelne Domänensysteme ausgetauscht werden, was den Unternehmen ein hohes Maß an Flexibilität gewährt.

Wenn Sie mehr über OpenCLM und die unterstützten Anwendungsfälle wissen möchten, sprechen Sie uns an.



PDF Version des Whitepapers:
www.prostep.com/whitepaper
oder scannen Sie den QR Code



Sie haben Anmerkungen oder Fragen?

Wir freuen uns auf Ihr Feedback an
infocenter@prostep.com

PROSTEP AG
Dollivostraße 11 · 64293 Darmstadt · Deutschland
Telefon +49 6151 9287-0 · E-Mail infocenter@prostep.com

© 2025 PROSTEP AG. Alle Rechte vorbehalten.
Alle durch ® oder ™ gekennzeichneten Marken sind das Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

IMPRESSUM

Herausgeber
PROSTEP AG

Ansprechpartner:
Johannes Lützenberger
johannes.luetzenberger@prostep.com

Edition 1, 2025