



## Positionspapier EK PLM

# Produktlebenszyklusmanagement

Oktober 2025

## Positionspapier

# PRODUKTLEBENSZYKLUSMANAGEMENT

Ergebnisse des **Expertenkreises „Produktlebenszyklusmanagement“ (EK PLM)**

im Rahmen des **Gesprächskreises 1 „Projektmanagement“** des Strategischen Industriedialoges

mit Teilnehmenden aus dem

### **Bundesministerium der Verteidigung**

Abteilung Rüstung I 2

Fontainengraben 150

53123 Bonn

und dem

### **Bundesverband der Deutschen Sicherheits- und Verteidigungsindustrie e.V.**

Friedrichstraße 60

10117 Berlin

Version: 1.0

Stand: Oktober 2025

Einstufung: Öffentlich – Zur freien Verwendung nach Maßgabe des Strategischen Industriedialoges

## Hinweise

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung der Herausgeber zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität. Eine Verwendung liegt in der eigenen Verantwortung des Lesers.

Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt, die Rechte liegen bei den Herausgebern. Jede vom Urheberrechtsgesetz nicht zugelassene Verwertung bedarf vorheriger schriftlicher Zustimmung der Herausgeber. Dies gilt insbesondere für Bearbeitung, Übersetzung, Vervielfältigung, Einspeicherung, Verarbeitung beziehungsweise Wiedergabe von Inhalten in Datenbanken oder anderen elektronischen Medien und Systemen.

Jegliche Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten. (Schutzvermerk gem. DIN ISO 16016).

## Inhaltsverzeichnis

Hinweise .....	3
Vorbemerkung .....	5
PLM – wesentliches Element in Beschaffung und Nutzung.....	7
PLM – Chance für die Bundeswehr .....	10
Handlungsfelder und Empfehlungen.....	14
PLM in der Praxis: Dimension Land.....	18
PLM in der Praxis: Dimension Luft.....	23
PLM in der Praxis: Dimension See .....	25
PLM in der Praxis: Dimension Cyber/IT .....	29
PLM in der Praxis: PLM-Plattformen und Services.....	32
Autorengruppe.....	35



## Vorbemerkung

Die Verteidigungspolitischen Richtlinien 2023 (VPR) fordern die Modernisierung und Vollausrüstung der Bundeswehr zur Schaffung einer leistungsfähigen Streitkraft in Europa. Diese ist ausdrücklich auf „Kriegstüchtigkeit“ auszurichten. Ohne eine schnelle und effiziente Beschaffung und nachhaltige Nutzung ist das nicht erreichbar. Das Produktlebenszyklusmanagement (auch Product Lifecycle Management, PLM) stellt dafür eine geeignete industrieerprobte Konzeption zur Verfügung, indem alle relevanten Informationen und Dokumente in der Beschaffung und Nutzung prozessunterstützend, serviceorientiert und strukturiert verwaltet werden. PLM ist somit ein konzeptioneller Ansatz, der die Entwicklung, Rüstung, Beschaffung und Nutzung von materiellen Produkten über den gesamten Lebenszyklus optimiert, z. B. auf Basis Digitaler Zwillinge.

Die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus eines (Waffen-) Systems insbesondere mit einer durchgängig transparenten und medienbruchfreien Digitalisierung (Digital Thread) kann helfen, u. a. Wartungsaufwände, Betriebs-/Lagerkosten oder auch Entwicklungszeit durch bessere Datenlage, Harmonisierung, Standardisierung und Wiederverwendbarkeit einzusparen.

Die Verfasser dieses Dokumentes sind Vertreter aus BMVg, Industrie, Verband und Wissenschaft, die sich zur Lagefeststellung und Bewertung von PLM im Rahmen des Expertenkreis PLM des Gesprächskreises (GK) I des strategischen Industriedialogs zusammengefunden haben. Sie stießen in Ihrer Untersuchung auf einzelne Fragmente bereits umgesetzter PLM-Funktionen und PLM-Services in den Streitkräften. Diese

zeigen bereits auf, wie die Bundeswehr und die Rüstungsunternehmen auf Grundlage digitaler Modelle und Austauschformate, auch in internationalen Kooperationen, besser zusammenwirken können. Gerade im multinationalen Umfeld ist PLM eine Voraussetzung. Daraus leiten sich einerseits die grundsätzliche Anwendbarkeit von PLM in der Beschaffung und der Nutzung ab. Andererseits lassen sich Verbesserungen durch Zeitverkürzungen, Kosteneinsparungen und Qualitätssteigerungen erkennen. Die identifizierten, bereits etablierten Wirkmechanismen von PLM sind in den einzelnen Teilstreitkräften/Organisationsbereichen auffallend gleich. Dies eröffnet die Möglichkeit, PLM als zentralen und streitkräfteübergreifenden Ansatz auszubauen. Die hierfür erforderliche IT-Infrastruktur ist marktverfügbar oder bereits vorhanden sowie in die bestehende IT-Landschaft der Bundeswehr integrierbar bzw. in ihr betreibbar. Für den Ausbau der Daten- und Prozessstruktur existieren viele und gute Referenzen, die als Vorlage für den Beschaffer, für die Streitkräfte sowie die Hersteller zur Umsetzung dienen können. Ein PLM zielt darauf ab, digitale Prozesse (vor allem Transparenz, Integration und Automatisierung) zu gestalten und die notwendigen Fähigkeiten für eine in die Zukunft gerichtete Zusammenarbeit bereitzustellen. Bei allen Bestrebungen und Festlegungen muss der Eintritt der Landesverteidigung/Bündnisverteidigung (LV/BV) als Grundlage und Maßstab der Funktionalität und Durchhaltefähigkeit angenommen werden.

## Empfehlung

Es wird dem Geschäftsbereich (GB) BMVg sowie der Industrie empfohlen, die Ausgestaltung und Umsetzung von PLM als Selbstverständlichkeit in Großprojekten zu implementieren, da es querschnittlich eine positive Wirkung auf alle Beschaffungs- und Nutzungsaspekte von Produkten entfalten wird. Neben der Erlangung einer höheren internen Effizienz unterstützt es dabei, die Bündnisfähigkeit nachhaltig sicherzustellen.

## PLM – wesentliches Element in Beschaffung und Nutzung

Den komplexer werdenden (Waffen-) Systemen stehen im Wesentlichen noch dokumentenbasierte Planungs- und Beschaffungsprozesse gegenüber, die mit IT unterstützt werden. Die Industrie hat Ihre Entwicklung und Produktion teilweise vor Jahrzehnten aus Effizienzgründen digitalisiert und generiert daraus operative Mehrwerte. Als digitales Rückgrat werden PLM-Systeme eingesetzt, die Daten, Modelle und Dokumente entlang des Produktlebenszyklus sammeln, strukturieren und verwalten. Diese versorgen und organisieren die Prozesse sowohl intern als auch extern in der Vernetzung, wodurch sich die Effizienzsteigerungen begründen.

Analyse mit der aktuellen Situation auseinandergesetzt und eine Empfehlung erarbeitet.

Streitkräftespezifische Use-Cases, in denen Fragmente von PLM zum Einsatz kommen, wurden ebenso betrachtet wie IT-Infrastrukturen, auf denen PLM aufgebaut und betrieben werden kann. Aus den ausgewerteten Ursache-Wirkungsbeziehungen der Use-Cases konnten übergeordnete Erkenntnisse aggregiert werden, die einerseits im Einklang mit dem Stand der Technik stehen, andererseits das Potenzial für eine Effizienzsteigerung aufzeigen.

BDSV und BMVg stimmen darin überein, dass PLM eine verbesserte und transparentere Entscheidungsgrundlage für alle Phasen des Produktlebenszyklus – von der Idee bis zur Außerdienststellung – bereitstellt. Dadurch wird die Planbarkeit, die schnelle und effiziente Beschaffung inkl. Nutzung sowie letztlich die Verfügbarkeit signifikant

**„Wer seinen strategischen Vorteil bewahren will, muss in der Lage sein, Fähigkeiten in der gebotenen Geschwindigkeit zu beschaffen bzw. Legacy-Fähigkeiten zu modernisieren. Ein effektives Product Lifecycle Management ist dafür der Schlüssel!“**

General Badia, NATO DSACT, Dezember 2024

verbessert.

Während in der Bundeswehr PLM nur fragmentarisch zur Anwendung kommt, ist es bei manchen Verbündeten (z. B. Niederlande, Schweden)<sup>1</sup> umfangreicher und fortgeschrittener implementiert. Der Expertenkreis PLM hat sich in einer umfassenden

---

<sup>1</sup> z. B. Digital Transformation of HostNationSupport iHNS MOD NLD, Projekt NORMA -Schwedische Verteidigungsmaterialverwaltung (FMV)

Im Folgenden sind die erarbeiteten Potenziale für das BMVg und die Mitglieder des BDSV ausgeführt.

### **PLM als Schlüssel für rasche und marktverfügbare Beschaffung**

PLM ermöglicht eine systematische Verwaltung und Optimierung der Produkte, von der Entwicklung bis zur Aussonderung und Verwertung. Hierfür muss PLM frühzeitig Informationen für BMVg und Industrie zur Verfügung stellen.

### **Innovationszyklen als Bestandteil der kontinuierlichen Modernisierung**

Die fortlaufende Modernisierung der Systeme mit Hilfe von PLM erlaubt es, mit den kurzen Innovationszyklen in zunehmend vernetzten Systemen (cyberphysikalische Systeme) Schritt zu halten. Das Konzept des Spiral-Developments unterstützt inkrementelle Verbesserungen, um Systeme und IT-Plattformen sowohl langfristig einsatzbereit als auch technologisch aktuell zu halten.

### **Ausbau von Produktions- und Lagerkapazitäten durch PLM**

Eine zentrale Forderung der VPR ist die Sicherstellung ausreichender Einsatzvorräte. Ebenso ist der Ausbau von Produktions- und Lagerkapazitäten von Relevanz. Durch die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus optimiert ein PLM Prozesse zur Materialerhaltung und Bevorratung. Dies unterstützt nicht nur den Betrieb, sondern auch die Bereitstellung und Verfügbarkeit von Ausrüstung und Munition und damit die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) im Allgemeinen.

### **Stärkung der nationalen und europäischen Rüstungsbasis**

Die VPR betonen die Notwendigkeit einer stabilen und widerstandsfähigen Rüstungsindustrie. PLM fördert die Zusammenarbeit und den Austausch von (Waffen-) Systemen bzw. deren Baugruppen und Bauteilen zwischen deutschen und multinationalen Partnern. Auf diese Weise werden auch Effizienz und Interoperabilität gesteigert.

### **PLM als zentrales Element eines zeitgemäßen Beschaffungswesens**

Das Beschaffungswesen ist gemäß VPR konsequent auf eine schnelle Ausstattung der Bundeswehr auszurichten, um eine umfassende Einsatzfähigkeit als übergeordnetes Ziel im Rahmen LV/BV zu erreichen. PLM unterstützt die Ziele einer kontinuierlichen Modernisierung, Förderung multinationaler Kooperationen und Stärkung der Rüstungsindustrie. So verbessert PLM die Planung, Beschaffung und Nutzung im Hinblick auf heutige sicherheitspolitische Anforderungen und wird zur Richtschnur eines reaktionsfähigen, zukunftsorientierten Beschaffungs- und Nutzungsmanagements der Bundeswehr.





Bundesministerium  
der Verteidigung



---

Bundesverband der Deutschen  
Sicherheits- und Verteidigungsindustrie e.V.

## PLM – Chance für die Bundeswehr

PLM ist ein in der Industrie etabliertes Konzept, was auf abgestimmten Methoden, Prozessen, Organisationsstrukturen und IT-Systemen zum Datenmanagement beruht. Bereits heute liefern moderne (Waffen-) Systemen durch Digitalisierung eine enorme Menge von Daten. Der Wert von Daten setzt sich aus der Kombination von Datenquantität, -verfügbarkeit und -qualität zusammen. Ist einer dieser Faktoren nicht gegeben, können die Daten ggf. nicht genutzt werden um relevante Informationen und Wissen zu generieren.

Genau an dieser Stelle zeigt sich die zentrale Bedeutung der Digitalisierung bei der Einführung und Nutzung eines PLM.

die notwendige Transparenz und Kontrolle über die komplexen Lebenszyklen ihrer Systeme noch weiter ausbauen. Dies führt zu effizienteren Entwicklungs-, Beschaffungs- und Instandhaltungsprozessen, einer reduzierten Fehleranfälligkeit und kürzeren Ausfallzeiten der Systeme. Die Vorteile sind sinkende Betriebskosten, erhöhte Einsatzbereitschaft und letztendlich eine Stärkung der Verteidigungsfähigkeit. PLM als Lösung und notwendiges Werkzeug zur Unterstützung ist dafür ein Schlüssel.

PLM orchestriert u. a. durch möglichst ganzheitliche digitale Zwillinge die Daten und stellt Informationen zur Entscheidungsunterstützung unter Berücksichtigung von Zeit, Umfang und Qualität zur Verfügung.

Eine PLM-Plattform ist dabei eine umfassende bzw. aus einzelnen Komponenten (PLM-Services) bestehende Softwarelösung bzw. Applikationen, die den gesamten

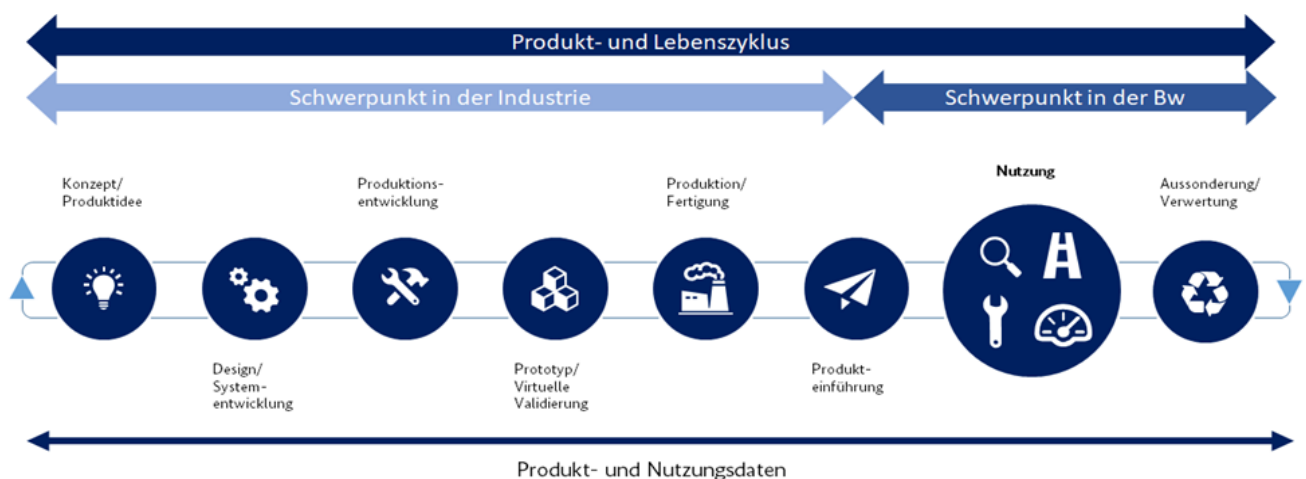


Abbildung 1: Abschnitte des Produktlebenszyklus. Quelle: Bundeswehr

Betrachtet man die immensen Datenmengen über den gesamten Lebenszyklus sowohl für die Planung und Beschaffung der Systeme als auch für deren Betrieb in der Nutzung sind die bisherigen Arbeitsmittel und -weisen verbesserungsfähig. Die Bundeswehr kann zusammen mit der Industrie

Produktlebenszyklus von der Konzeptphase bis zum Ende der Produktlebensdauer abdeckt und die Zusammenarbeit verschiedener Teams und Abteilungen ermöglicht.

PLM-Funktionen sind die einzelnen, spezifischen Aufgaben und Prozesse, die das PLM unterstützen, wie z. B. Änderungs- und Konfigurationsmanagement, oder Dokumentation von Produktdaten.

PLM-Services bilden das technische Fundament, indem sie eine zentrale, strukturierte und sichere Datenbasis bereitstellen. Sie ermöglichen effiziente Datenverarbeitung, fördern die Möglichkeiten der Automatisierung und verbessern die strategische Entscheidungsfindung, was für moderne, oftmals datengetriebene (Waffen-) Systeme unverzichtbar ist.

Im Bundeswehrkontext wird PLM als strategisches Rahmenwerk/Konzept für eine durchgängige digitale Verfügbarkeit aller relevanten Nutzungsdaten über den gesamten Lebensweg von (Waffen-) Systemen in der K-9000/009<sup>2</sup> beschrieben. Im NATO-Kontext wird dieses „System Lifecycle Management“ als Standard für die Bündnispartner gefordert<sup>3</sup>.

Im Kern geht es um die Erzeugung einer digitalen Durchgängigkeit sowie eines transparenten Daten- und Informationsflusses über den gesamten Lebenszyklus von (Waffen-) Systemen zwischen allen Akteuren zur Aufgabenerfüllung. Wesentliches Element sind Digitale Zwillinge als Brücke zwischen virtuellen Darstellungen und den physisch

vorhandenen (beabsichtigten oder real existierenden) (Waffen-) Systemen. Sie repräsentieren die Strukturen, Kontexte und das Verhalten der (Waffen-) Systeme bzw. Teilen davon. Digitale Zwillinge können z. B. für Produkte, Produktionen, Dienstleistungen, Organisationen, Umwelt oder Szenarien verfügbar sein.

PLM wird in der Bundeswehr bereits gelebt, jedoch häufig produktspezifisch oder nur rudimentär umgesetzt. Auch wenn ein gewisses Maß an Individualität je nach Projekt und System möglich ist, bleiben Chancen einer integrierten und aufeinander aufbauenden Verknüpfung von Daten über das individuelle System hinaus ungenutzt.

Die Bundeswehr muss für die in ihrem Verantwortungsbereich liegenden Anteile des PLM die entstehenden bzw. vorhandenen Daten konsequent nutzen. Die Verwendung dieser Daten, ist unter den aktuellen Rahmenbedingungen der Zeitenwende zur Verbesserung der materiellen Einsatzbereitschaft zu optimieren.

Das BMVg hat die Chancen und Mehrwerte von PLM-Funktionen bereits in der K-9000/009 beschrieben. Dort beschreibt das BMVg mit den Konzepten zur Datengenerierung und Datenspeicherung einen Ansatz auf Basis integrierter Lösungen.

## **„Wir können nicht Zeitenwende sagen und dann weitermachen wie bisher“**

*General Breuer, BMVg Generalinspekteur der Bundeswehr Juni 2024*

---

<sup>2</sup> Konzeptionelles Dokument „Einführung eines Produktlebenszyklusmanagements (PLM) in die Bundeswehr“ K-9000/009

<sup>3</sup> NATO Policy for SLCM January 2006, STANAG 4876 von Juni 2025

Über folgende Mehrwerte für die Implementierung eines übergreifenden PLM-Ansatzes stimmen BDSV sowie BMVg überein:

- **Optimierte Beschaffung und Nutzung:** PLM ermöglicht die Steuerung von Beschaffung und Nutzung, sodass (Waffen-) Systeme bedarfsgerecht und wenn möglich, markverfügbar beschafft und durch regelmäßige Modernisierung an Innovationszyklen bzw. Fähigkeiten angepasst werden.
- **Verwendung digitaler Zwillinge zur Erhöhung Systemverfügbarkeit:** Ein wesentliches Element von PLM sind digitale Zwillinge über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Im PLM-Kontext erhöhen diese u. a. die Transparenz, verkürzen Entwicklungszeiten und verbessern die Systemverfügbarkeit.
- **Durchgängige Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von Entwicklungs- und Betriebs-/Nutzungsdaten:** Über den gesamten Lebenszyklus eines (Waffen-) Systems fördern Informationsdurchgängigkeit und Datenaustausch die Effizienz in Entwicklung, Einführung, Nutzung und Instandhaltung und sie verbessern die Entscheidungsunterstützung für Anpassungen und Modernisierungen. Grundlage hierfür sind ein vertrauensvoller, standardisierter, vertraglich vereinbarter und sicherer Datenaustausch sowie der Austausch der Ergebnisse zwischen Industrie und Bundeswehr.
- **Schnellere Reaktionszeiten/ Skalierbarkeit:** PLM verkürzt die Reaktionszeiten (inkl. Kaltstartfähigkeit) bei der Bundeswehr sowie Industrie und erleichtert die Anpassung an Anforderungen, indem alle relevanten Informationen strukturiert und aktuell bereitgestellt werden. Auf durchgängigen Prozessen basierende, standardisierte PLM-Funktionen und standardisierte Datenlieferungen schaffen die Grundlage für skalierbare Lösungen.
- **Optimierung der Einsatzbereitschaft auch im Rahmen LV/BV:** PLM verbessert durch Verwaltung und Analysen bzw. Simulationen von Nutzungsdaten die Planung und Überwachung der (Waffen-) Systeme im Sinne einer aktiven Nutzungssteuerung, um die Einsatzbereitschaft in allen Szenarien zu erhalten bzw. zu steigern.
- **Zusammenarbeit mit industriellen Partnern:** Standardisiertes PLM fördert die Zusammenarbeit zwischen Bundeswehr und Industriepartnern (Entwickler, Hersteller und Dienstleister), um innovationsfördernde Prozesse zu etablieren sowie den beidseitigen Daten- und Ergebnisaustausch sicher zu stellen.
- **Automatisierte Prozesse und datengestützte Entscheidungsfindung:** PLM ermöglicht datengestützte Entscheidungsfindungen und automatisierte Prozesse, z. B. Instandhaltung, was die Effizienz und Genauigkeit in militärischen und industriellen Prozessen erhöht und Personal entlastet.



- **Unterstützung für Software Defined Defence, KI und zukünftige Anwendungsfälle:** PLM unterstützt die Anwendung von KI und folgt dem Leitprinzip Software Defined Defence (SDD). Es schafft zudem über strukturelle und datenbasierte Standards eine Grundlage für einen gezielten und umfassenden Einsatz von KI-Anwendungen
- **Daten als Produkt verstehen:** Daten und Software sind zunehmend der Kern eigener Fähigkeiten und stellen damit ein eigenständiges Asset in Rüstungsgütern mit eigenem Lebenszyklus und Konfigurationsmanagement dar. Sie sind daher nicht mehr nur als Zusatz oder Zubehör im (Waffen-)System zu verstehen, sondern als ein eigenständiges Gut mit eigenem Wert.
- **Einhaltung von Vorgaben und Verbesserung der Compliance:** Übergreifendes, zwischen Industrie und BMVg abgestimmtes Änderungs- und Konfigurationsmanagement stellt die Einhaltung gesetzlicher und militärischer Vorgaben durch lückenlose Dokumentation sicher.
- **Standardisierung im Kontext PLM bei zunehmender Interoperabilitätsnotwendigkeit mit Bündnispartnern:** Standardisierte Konfigurations- und Entwicklungsprozesse sowie Verwendung von NATO-Standards erleichtern die Integration von Industriepartnern, Bündnispartnern und die Vernetzung auch im Kontext LV/BV.



## Handlungsfelder und Empfehlungen

### Information zum optimalen Zeitpunkt in ausreichender Qualität am benötigten Ort

Wenn es gelingt, die Digitalisierung durch Einführung von PLM-Services mit ihren unterschiedlichen PLM-Funktionen über den gesamten Produktlebenszyklus konsequent bereit zu stellen, sind umfangreiche neue Use-Cases mit vielfältigen (auch neuen) Mehrwerten möglich.

PLM-Services erfassen und verwalten den gesamten Lebenszyklus eines (Waffen-) Systems<sup>4</sup>.

Daten haben einen eigenen Wert und sind in sich als Produkt zu verstehen. Umfangreiche und hochwertige Daten sind unverzichtbar für KI-Anwendungen, damit diese Muster erkennen, Vorhersagen treffen und Entscheidungen automatisieren können. KI-Algorithmen können gezielt mit in PLM-Plattformen erfassten und strukturierten Daten (CAD-Daten, Produktdaten, Nutzungsdaten etc.) trainiert werden, um bessere, datengestützte Entscheidungen, z. B. im Beschaffungsverfahren oder bei der Optimierung logistischer Abläufe, treffen zu können. Auf Grundlage einer hierfür erforderlichen Governance sind solche Daten in Form eines „Data Mesh“ zu fördern.

### "Use it before you build it" - Einsatz Digitaler Zwillinge für (Waffen-) Systeme

Ein Digitaler Zwilling ist das digitale Abbild eines real existierenden oder auch eines sich in Planung befindlichem „virtuellen“ Objektes (in der Bundeswehr i. d. R. (Waffen-) System). Dieses Abbild umfasst möglichst alle Eigenschaften und Fähigkeiten sowie Daten zur Konfiguration, Zustand und Betrieb. Durch digitale Informationselemente, -strukturen und Modelle aus der Produktentwicklung lassen sich Systemzusammenhänge besser analysieren, veranschaulichen und bewerten. Dies ermöglicht bei einer ausreichenden Datenbasis u. a. die Historie und den aktuellen Systemzustand zu dokumentieren und Vorhersagen zu treffen.

Digitale Zwillinge sind ein innovativer Baustein für moderne PLM-Plattformen. Die Notwendigkeit einer Berücksichtigung von Digitalen Zwillingen muss daher zu einem integralen Bestandteil bei der Beschaffung und Nutzung von (Waffen-) Systemen werden. Hier sind insbesondere standardisierte Daten zu fordern und bereit zu stellen, um auf Basis von marktverfügbaren Lösungen die Mehrwerte auch zeitnah und zukunftsicher nutzen zu können.

---

<sup>4</sup> System auch im Sinne eines Assets/Wirtschaftsgutes bzw. Anlagen/Produkte/Geräte, die erfasst werden

## **Einbindung von externen Dienstleistern und Herstellern**

Die Einbindung externer Entwickler, Hersteller und Dienstleister über definierte Schnittstellen und etablierte Standards muss eine schnelle, fehlerfreie und resiliente Datenübertragung auch unter den Bedingungen der LV/BV sicherstellen.

### **Ein Mehrwert für die Bundeswehr ist die erhöhte Datenverfügbarkeit und Datenqualität.**

Klare und für Beschaffungsprogramme einheitliche Vorgaben zum Datenstandard müssen sowohl in der Bundeswehr als auch in der Industrie durchgesetzt werden, um einen harmonisierten und effizienten Datenfluss zwischen allen Beteiligten zu gewährleisten. Dies fördert die schnelle, erforderliche Weitergabe von Daten und Dokumenten, steigert die Effizienz und spart Kosten; selbstverständlich unter der strengen Wahrung militärischer Sicherheit, der Informationssicherheit, wie auch der gesetzlichen oder firmenseitigen Rahmenbedingungen.

Ein verbesserter Zugang zu qualitativ hochwertigen Daten unterstützt bei der Bewertung und Ausplanung von Konzepten wie Performance Based Logistics (PBL) und verbessert die Einsatzfähigkeit von Waffensystemen im Verbund mit der Industrie.

### **Domänenübergreifendes kollaboratives Änderungs- und Konfigurationsmanagement**

Ein kollaboratives, bundeswehrgemeinsames System basierend auf einem Änderungs- und Konfigurationsmanagement ist

entscheidend für die Interoperabilität, Sicherheit und Flexibilität moderner (Waffen-) Systeme.

Standards wie Kommunikationsprotokolle oder Schnittstellendefinitionen (z. B. NATO Generic Vehicle Architecture, Configuration Management Database) fördern die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Plattformen und Herstellern. Dies erleichtert die Integration von Software in Hardware und ermöglicht nahtlose Updates. Die Nutzung einer gemeinsamen Änderungs- und Konfigurationsdatenbasis sichert den Zugriff auf aktuelle Informationen zu Versionen und Parametern. Zudem wird gewährleistet, dass Software-Updates schnell und zuverlässig bereitgestellt werden können, um auf neue Bedrohungen zu reagieren.

Damit schafft ein solches System die Grundlage für eine schnelle Anpassung und den sicheren Rollout neuer Funktionen unter Einsatzbedingungen.

Durch die Vernetzung von Hard- und Softwareentwicklung im Rahmen PLM wird eine dynamische Anpassung von Systemen ermöglicht, was für softwarebasierte Lösungen entscheidend ist. PLM gewährleistet durch Versionskontrolle und Simulationsmöglichkeiten, dass Software-Updates, Sicherheits-Patches und neue Features im Rahmen einer kontinuierlichen Verbesserung nahtlos in militärische Systeme integriert und dokumentiert werden können.

Die Implementierung eines übergreifenden PLM-Ansatzes trägt wesentlich dazu bei, die Effizienz durch strukturierte Datenverwaltung und Lebenszyklusmanagement, wie auch die Einsatzbereitschaft zu fördern und die Fähigkeit zur Verteidigung gegenüber modernen Bedrohungen zu unterstützen, ohne dabei die Flexibilität operativer Prozesse zu beeinträchtigen.

Durch die Verwaltung aller produktbezogenen Daten über den gesamten Lebenszyklus – von der Konzeption über die Nutzung bis zur Aussonderung und Verwertung – gewährleistet das PLM konsistente, aktuelle Informationen für alle Beteiligten. Dies minimiert Fehler und Ineffizienzen, die in Prozess- und Datensilos häufig auftreten.

Die Bundeswehr kommt also nicht umhin, die Verankerung des PLM-Gedankens („PLM-Mindset“) auf strategischer und operativer Ebene in der Organisation und in der Industrie weiter voran zu treiben.

Die Industrie ist gefordert, aktiv im Rahmen der gegenseitigen Verantwortung und Chancennutzung mitzuwirken und die Daten und Erkenntnisse als Grundlage für die notwendige Zusammenarbeit bereit zu stellen.

Die Sicherstellung eines nahtlosen Daten- und Informationsmanagements sowie die Entwicklung innovativer Lösungen im Umfeld von PLM sind unerlässlich, um den gemeinsamen Anforderungen und Zielsetzungen gerecht zu werden.

### **Folgende Empfehlungen wurden im Rahmen der Untersuchung abgeleitet:**

- Analyse der notwendigen Aufwände und erreichbaren Mehrwerte sowie Zeitplanung der Einführung von PLM-Services inkl. Zieldefinition und Architektur. Dabei Berücksichtigung existierender Systeme und Integration der potentiellen Lösungen ins Teilportfolio (TPf) CIT.
- Definition von prozeduraler und organisatorischer Verankerung von PLM im BMVg (strategisch) und insbesondere im nachgeordneten Bereich (operativ) unter Berücksichtigung existierender Verantwortlichkeiten (z. B. Ressort CIO). Hierbei ist die Einbeziehung der Organisationsbereiche AIN und CIR entscheidend.
- Abkehr von proprietären Schnittstellen einzelner Industrieunternehmen und (Waffen-) Systeme hin zu offenen Schnittstellenstandards.
- Intensivierung des Mindset eines gemeinsamen Handels entlang verbesserter Zusammenarbeitsmodelle auch innerhalb der BDSV-Mitglieder hinsichtlich der Bereitstellung einer Gesamtsystemleistung (Standards, Zertifizierungen, Datenformate etc.) einschließlich Digitaler Zwillinge.
- PLM der (Waffen-) Systeme muss zu einem integralen Bestandteil des Produkt- und Nutzungsmanagement werden. Insbesondere ist es wichtig, standardisierte Prozesse, eine standardisierte IT-Unterstützung und Datenstandards bereitzustellen, um die



Mehrwerte durch PLM- zeitnah und zukunftsicher ausschöpfen zu können.

- Die Bereitstellung von Daten im Rahmen PLM ist während der industriellen Entwicklung und Herstellung durchgängig auszugestalten, so dass ein bis zum Nutzungsende konsistentes PLM der Bundeswehr den erwarteten Mehrwert liefert.
- Die Festlegung von eindeutigen Verantwortungsträgern für die für PLM erforderlichen Datenräume der Bundeswehr ist im Rahmen der Data-Governance Bw zu treffen.
- Cybersicherheit, Geheimschutz, Schutz geistigen Eigentums (Intellectual Property) sowie Nutzungsrechte an Daten und Informationen sind bereits bei der Vertragsgestaltung für die Beschaffung von Produkten festzuschreiben und kriegstüchtig auszulegen.

- Abstimmung PLM mit den Arbeiten und Aktivitäten zu SDD (in Industrie, BDSV und BMVg), um Synergieeffekte zu erkennen und zu nutzen.
- Aufsetzen eines (Organizational-) Change-Managementprozesses und Durchführung von Schulungsmaßnahmen zur Erzeugung eines breiteren Verständnisses für PLM.
- Auswertung der bestehenden F&T Studien zu Daten-, KI-Themen und Nutzung für die Festlegung eines gemeinsamen Ziels für die nutzungsdatengetriebene Unterstützung.

Die folgenden Praxisbeispiele der Dimensionen Land, Luft, See und Cyber/IT zeigen anhand realer Use-Cases den (Mehr-) Wert von Daten und Digitalisierung, die der Analyse zugrunde lagen.

## PLM in der Praxis: Dimension Land

**„Um die politische Forderung der Fähigkeit zur Landes- und Bündnisverteidigung zu erfüllen, sind in unserem Heer umfassende Anpassungen notwendig. Ziel ist ein kriegstüchtiges Heer, das ohne Einschränkungen seine Verpflichtungen erfüllen kann wie bisher.“**

*General Mais, Inspekteur des Heeres, aus: Impuls für die Gesellschaft – Die Verteidigungspolitischen Richtlinien, April 2024*

### Digitale Unterstützung in Entwicklungs- und Erprobungsphasen

Die digitale Fahrzeugentwicklung mittels 3D-Modellen, Systemmodellen und digitalen Informationen (z. B. Produktstruktur) ist seit Jahrzehnten industrieller Standard.

Dabei wird zwischen Digital Mockup (DMU) und Digitalem Zwilling unterschieden, welche für verschiedene Anwendungsfälle im Produktlebenszyklus verwendet werden können. DMU visualisieren Produktbestandteile in einem definierten Detailgrad und ermöglichen eine Vorhersage von Produkteigenschaften durch Simulationen von Bauteilen, Software und Elektronik bis hin zu Teilsystemen und Gesamtsystemen. Diese

Modelle existieren schon in der frühen Phase der Produktentwicklung, bevor physische Prototypen erstellt werden.

Der Digitale Zwilling ist ein digitales Abbild eines realen Assets, welches Informationen zu Konfiguration, Zustand und Betrieb enthält und damit die Brücke zu den Realdaten baut. Insofern ist der Digitale Zwilling Bestandteil des PLM. Die digitalen Elemente aus der Produktentwicklung unterstützen eine bessere Analyse und Bewertung der Systemzusammenhänge. Sie ermöglichen die Dokumentation der Historie und des aktuellen Zustands eines Assets sowie die Ableitung von Vorhersagen für das künftige Produktleben im Sinne eines Predictive Maintenance.



Abbildung 2: Einordnung von digitalen Modellen vs. reales Abbild; Quelle: Bild links: Rheinmetall, Bild rechts: Bundeswehr



## **Prognosefähigkeiten durch PLM erhöhen**

Der Digitale Zwilling im PLM bietet die Möglichkeit, die Prognosefähigkeiten, z. B. für die Ersatzteilbevorratung über einen vorgegebenen Zeitraum, zu erhöhen. Die 3D-Daten des Digitalen Zwillings können beispielsweise für (Mehrkörper-) Simulationen genutzt werden. Diese Simulationen bzw. Simulationsmodelle ziehen unterschiedliche physikalische Größen heran (z. B. Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit je nach Einsatzort, Jahreszeit, etc.), um die im Einsatz befindlichen Systeme und ihr voraussichtliches Verhalten simulieren zu können. In diesem Zuge können auch Best- wie Worst-Case-Szenarien simuliert werden (z. B. die Panzerhaubitze 2000 feuert pro Tag 40, 60 oder 80 Schuss unter den mitgegebenen Bedingungen ab). Die Durchführung der Simulation ist dabei nicht statisch, da die Annahmen im Rahmen der Szenarien individuell sein können. Die Ergebnisse der jeweiligen Simulationen werden gespeichert. Informationen (Daten) lassen sich, nach Selektion des realistisch anzunehmenden Falles, in das Bundeswehr eigene Enterprise Resource Planning (ERP) System SASPF als Zielgröße für den Ersatzteil-Bedarf übertragen, um so Planungssicherheit auch unter Berücksichtigung von Herstellervorgaben (Nutzungsdauer, Abnutzungsgrad, Wartungs-/Austauschintervalle) zu erhalten.

## **Frühzeitige digitale Absicherung von Beschaffung und Erprobung**

Die Auswahl und Absicherung moderner, querschnittlicher Ausrüstungsgegenstände ist eine zentrale Aufgabe bei Beschaffungsvorhaben. Der Einsatz von DMU verbessert die Beschaffung dieser Ausrüstungsteile für die Landstreitkräfte erheblich. Eine wesentliche Zielsetzung ist die Sicherstellung der Verfügbarkeit und Wirksamkeit für die zukünftige Nutzung. Die Vielfalt der Ausrüstungsgegenstände und Fahrzeugvarianten wird durch unterschiedliche Produktlebenszyklen in Dauer und Verfügbarkeit zusätzlich komplexer. PLM unterstützt hier durch Variantenverwaltung mit Versionierung der Produktdaten.

## Sicherstellung der Kompatibilität von Komponenten

Die frühzeitige Integration neuer Ausrüstungsgegenstände in DMU der Fahrzeuge sichert die Kompatibilität der in großer Stückzahl zu beschaffenden Komponenten. Dafür sind detaillierte 3D-Modelle der Ausrüstungsgegenstände und der Gesamtfahrzeuge erforderlich. Die Integration eines initialen Defibrillators in ein Sanitätskraftfahrzeug illustriert die Fähigkeit (siehe Abbildung unten).

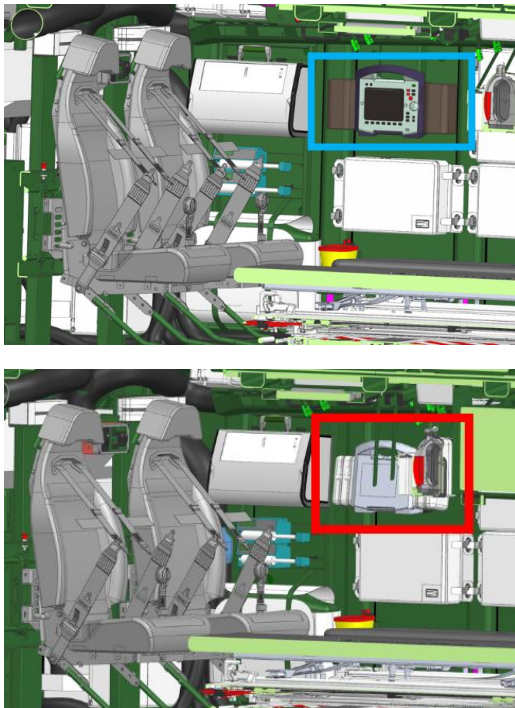


Abbildung 3: Austausch von Ausrüstungsgegenständen zur erneuten Bewertung des Rüstsatzes im Rahmen der entwicklungstechnischen Betreuung Quelle: Bundeswehr

Die Spezifikation und Auswahl universell passender Komponenten verringert das Risiko von Fehlbeschaffungen und aufwändigen Umrüstungen ganzer Fahrzeugflotten. Dadurch ergeben sich frühzeitig Entscheidungsgrundlagen. Zeit sowie Aufwand kön-

nen durch die Reduktion des Stellprobenaufwands über verschiedene Fahrzeugfamilien und -gattungen eingespart werden.

## Virtuelle Versuchs- und Erprobungsplanung

Die Bundeswehr erprobt, untersucht und bewertet landgebundene Fahrzeugsysteme, Fahrzeugbaugruppen sowie Pionier- und Truppengeräte.

Bei der Planung von Versuchen können Ingenieure ihre Nachweise mithilfe digitaler 3D-Modelle führen. Diese Modelle ermöglichen eine virtuelle Visualisierung und Optimierung der Versuchsumgebung, wodurch potenzielle Probleme frühzeitig erkannt und behoben werden können.

In der Planung und im Rahmen von Beschaffungen können hier initial virtuelle Modelle zu Test-Vorrichtungen oder Test-Geländen verwendet werden. Diese virtuellen Umgebungen ermöglichen es, verschiedene Szenarien zu simulieren, Anordnungen zu entwerfen, Anpassungen an Vorrichtungen und Umgebungen zu planen sowie Auswirkungen und Aufwand frühzeitig zu analysieren.

Um Messdaten zu erfassen, wird ein Messpunkte-Plan am digitalen Modell erstellt. Dieser Plan definiert die Positionen, an denen Sensoren oder Messgeräte platziert werden. Durch die digitale Planung und Ablage in Bibliotheken können solche Messpunkt-Schemata leicht angepasst und jederzeit wiederverwendet werden. Diese Sensor-Daten können im Weiteren für Analysezwecke z. B. Abnutzung von Baugruppen, genutzt werden.

## Digitale Fehlerlokalisierung während der Nutzung

Eine digitale Fehlerlokalisierung soll Instandhaltungseinrichtungen dabei unterstützen, aufgetretene Fehler bzw. Fehlermeldungen in einem komplexen (Waffen-) System schnell und zielgerichtet zu finden und zu beheben. Eine digitale Fehlerlokalisierung besteht aus Fehlererkennung, -diagnose, -behebung, Dokumentation und Lernprozess. Dabei sollen ergänzende Informationen über möglicherweise betroffenen Baugruppen erkannt und zur Verfügung gestellt werden. Der Digitale Zwilling stellt hierfür die notwendigen Daten bereit.

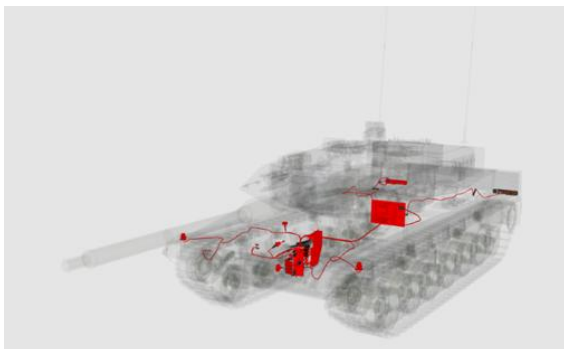


Abbildung 4: Fehlerlokalisierung am Digitalen Zwilling; Quelle KNDS Deutschland

Die digitale Fehlersuche erfordert eine umfassende digitale Abbildung des (Waffen-) Systems, die technische Funktionen und physikalische Komponenten wie Verkabelungen umfasst. Nur durch eine umfassend digitale Abbildung können Fehlersuchen vollständig und mit geringem Aufwand durchgeführt werden.

## Predictive Maintenance

Durch komplexer werdende (Waffen-) Systeme und deren höhere Belastungen steigt das Risiko höherer Ausfallraten. Predictive Maintenance ist die Vorhersage von Abnutzung und drohenden Ausfällen von Systemen bzw. Bestandteilen. Auf Basis derartiger Vorhersagen können Instandhaltungsmaßnahmen vorbeugend geplant und ungeplante Ausfälle reduziert werden.

Predictive Maintenance nutzt Daten aus historischen und aktuellen Quellen über den Betrieb und Zustand eines Systems und leitet durch hinterlegte Algorithmen Wahrscheinlichkeiten hinsichtlich des weiteren Betriebs des Systems ab.



Abbildung 5: Mobile Werkzeugausstattung; Quelle: Bundeswehr

Am Beispiel von Fahrzeugen illustriert: Je mehr Fahrzeuge eines Typs in den Predictive Maintenance-Prozess involviert sind und je länger der Prozess durchgeführt wird, desto mehr Daten liegen vor. Durch die größere Datenmenge können bessere Vorhersagen zu Instandhaltungszeitpunkten oder auch zur Verbesserung der Planung von Ersatzteilen und Spezialwerkzeugen, z. B. in mobilen Einheiten, getroffen werden. Werden Ausfälle an einzelnen Fahrzeugen oder Bauteilen reduziert, führt das zu einer Erhöhung der Gesamtverfügbarkeit bei gleich-

zeitiger Kostensenkung einer Fahrzeugflotte. Aus diesem Grund sollte Predictive Maintenance umfangreich eingesetzt werden. PLM integriert moderne Daten- und Analysetechnologien in diesem Sinne. Die

prozessuale und auch rechtliche Einordnung die Vorhersage auch verwenden zu dürfen, bleibt hiervon unbenommen und bedarf der Hinterlegung in Konzepten und ggf. Verträgen.

## PLM in der Praxis: Dimension Luft

**„Unsere Luftwaffe ist innovativ, leistungsstark und zukunftsicher. Durch Integration mit industriellen Partnern stellen wir die kontinuierliche Überwachung, Instandhaltung und Modernisierung der Systeme als Grundlage für eine hohe materielle Einsatzbereitschaft sicher.“**

*General Gerhartz, Inspekteur der Luftwaffe, Januar 2025*

### **Erhöhung der Einsatzfähigkeit: Waffensystem Eurofighter Programm der Bundeswehr**

Das Systemunterstützungszentrum Eurofighter (SUZ EF) als Kooperation zwischen Airbus und der Bundeswehr, wurde 2003 am Airbus-Standort Manching eingerichtet. Es ist spezialisiert auf den technischen und logistischen In-Service-Support für die deutsche Eurofighter-Flotte. Ziel ist es, die Einsatzbereitschaft und langfristige Funktionalität dieser Kampfflugzeuge zu gewährleisten. Das SUZ EF bietet durch moderne Entwicklungs- und Testeinrichtungen zur Systemanalyse und Softwarepflege und -änderung umfassende Unterstützung für den Betrieb des Waffensystems.

Das SUZ EF betreut technische Anpassungen und Zertifizierungen, die im nationalen Rahmen auf die spezifischen Anforderungen der Luftwaffe abgestimmt sind. Diese nationalen Anpassungen stärken die Unabhängigkeit der deutschen Luftwaffe und erlauben schnelle Reaktionen auf operative Herausforderungen. Die enge Partnerschaft zwischen Airbus und der Bundeswehr fördert zudem die Reparatur als auch die kontinuierliche Optimierung der Systeme.

Die dabei bereit gestellte PLM-Plattform ermöglicht, u. a. mit dem Konfigurations- und Bauzustandsmanagement, eine zeitnahe

Analyse der aus dem Waffensystem gewonnenen operativen Daten. Konfigurationsmanagement gewährleistet dabei, dass alle Systemkomponenten konsistent und gemäß den festgelegten Spezifikationen (auch luftfahrtrechtlichen Vorgaben) konfiguriert sind, was die Gesamtqualität des Systems verbessert und einen wichtigen Beitrag zur Sicherstellung der Einsatzfähigkeit und Einsatzverfügbarkeit über Optimierung der Instandsetzung, Verfügbarkeit von Ersatzteilen, Erhöhung der Zuverlässigkeit und Ausbildung des Personals leistet.

### **Trend and Analysis Center EJ200 (TRACE): Entscheidungsgrundlagen für den Betrieb des Triebwerks beim Waffensystem Eurofighter**

Das Kompetenzteam Antrieb Eurofighter (KTAEF) ist ein funktionaler Zusammenschluss aus Wehrtechnischer Dienststelle (WTD) 61, Instandsetzungskooperation Triebwerk (IKT), SUZ EF, dem Triebwerkshersteller MTU sowie der Technologiefirma IABG mit dem Ziel, die Entwicklung, Instandhaltung und letztlich Verwendung der Triebwerke (EJ200-Triebwerk) des Eurofighter zu optimieren, um die Einsatzbereitschaft und Effizienz des Eurofighter zu gewährleisten.



Primäres Ziel des KTAEF ist die Sicherstellung der Verfügbarkeit der Triebwerke, die Unterstützung der Einsatzverbände in allen Nutzungsbelangen sowie die Optimierung der Instandhaltungs- und Weiterentwicklungsprozesse des EJ200 durch kurze Kommunikationswege zwischen den Stakehol-

Die gewonnenen Daten sowohl aus den verschiedenen Quellen bei der Luftwaffe als auch von den Industriepartnern, bilden eine konsistente Datenlage zum Triebwerk. Sie ermöglichen tagesaktuelle und interaktive Analyseergebnisse, die der Luftwaffe für verschiedene Anwendungsfälle, eine valide



Abbildung 6: Architektur der Datenverarbeitung; Quelle eigene Erstellung

dern und Bündelung von Kompetenzen aus Luftwaffe, Amtsseite und Industrie in einem Team. Dazu werden Sensordaten aus den Luftfahrzeugen, Betriebsdaten aus dem Bodensystem und der Instandhaltung sowie technische Dokumentation im ersten Schritt mit Design- und Nutzungsdaten aus der Industrie (MTU, Airbus) zusammengeführt und in einem zweiten Schritt konsolidiert.

Die Datenübergabe erfolgt dabei über etablierte Kollaborationsplattformen zwischen der systembetreuenden Industrie einerseits und der Bundeswehr andererseits. Technische Sensordaten sowie Design- und Betriebsdaten werden mit Instandhaltungsdaten aus dem Bundeswehr ERP-System SASPF auf einem zentralen Objektspeicher abgelegt und mit modernsten Werkzeugen für eine Datenanalyse als „Single Source of Truth“ allen Berechtigten zur Verfügung gestellt.

Entscheidungsgrundlage für den Betrieb des Triebwerks EJ200 liefern.

Das KTAEF verwendet eine PLM-Plattform zur zentralen Verwaltung aller relevanten Daten und Dokumente über den gesamten Lebenszyklus der Triebwerke hinweg.

Auf Basis dieser Daten und Dokumente wird die weitere Entwicklung, Fertigung, Instandhaltung und Optimierung der Triebwerke unterstützt. Es wird sichergestellt, dass alle Informationen stets aktuell und zugänglich sind, und Änderungen effizient verwaltet werden. Die Verwendung einer PLM-Plattform ist für das Waffensystem somit von erheblicher Bedeutung, um die Komplexität zu beherrschen und die Einsatzbereitschaft zu gewährleisten.

## PLM in der Praxis: Dimension See

### „Prioritäten der Marine in der Zeitenwende: Bestandsflotte stärken - Zukunft sicherstellen“

*Admiral Kaack, Inspekteur der Marine, Vortrag Zielbild Marine 2035+*

#### „Technisch-Logistische Betreuung (TLB)“: Fokus Nutzungsbetreuung

Verträge über die technisch-logistische Betreuung von maritimen (Waffen-) Systemen vereinfachen den Erhalt der Einsatzreife auch unter sich beständig ändernden Anforderungen. Ebenso können technische Verbesserungen frühzeitig umgesetzt werden.

#### Herstellung und Erhalt „Combat Readiness“ der Bestandsflotte

Ein zentraler Aspekt der Stärkung der Bestandsflotte ist die fortlaufende Herstellung bzw. Aufrechterhaltung der Informationssicherheit, die mittels Akkreditierungen durch die Deutsche Militärische Security Accreditation Authority bestätigt wird. Diese Akkreditierung stellt die Grundlage für den VS-Betrieb dar.

Eine moderne und stets aktuelle Hard- und Software ist für den sicheren Betrieb der Einheiten der Marine unerlässlich. Die schnellen IT-Update-Zyklen machen es daher erforderlich, bei neuen Einheiten bereits kurz nach der Indienststellung vorhandene IT-Systeme aus der Entwicklungsphase zu ersetzen. Bei Bestandseinheiten gestaltet sich das schwieriger, da hier meist proprietäre Systeme im Einsatz sind.

Nicht aktualisierte Systeme erhöhen das Risiko von erfolgreichen Cyberangriffen und damit dem Verlust der Einsatzfähigkeit. Härtingsmaßnahmen reduzieren die Erfolgswahrscheinlichkeit der Cyberangriffe.

#### Technik unterstützt Effizienzsteigerung

Für die Umsetzung dieser Maßnahmen ist ein effizientes Konfigurations- und Bauzustandsmanagement von Hard- und Software essenziell. Die Daten müssen in den Logistiksystemen von Bundeswehr und den Produktionssystemen der Industrie konsistent hinterlegt und ausgetauscht werden.

In Bezug auf Abläufe, Datenformate, Eignerschaft und zu verwendenden IT-Unterstützungssystemen sind zwischen den Parteien Vereinbarungen zu treffen. Die Datenqualität und deren Vollständigkeit müssen sodann von Baubeginn neuer Einheiten an über den Lebensweg hinweg durch die Industriepartner gewährleistet werden.

Der Digitale Zwilling und das Obsoleszenzmanagement im Sinne der durch die Bundeswehr definierten „PLM-Funktionsgruppen“ könnten hierbei wesentliche Vorteile für die Modernisierung aller Einheiten bieten.

## Verfügbarkeit erhöhen – Einsatzbereitschaft sichern

Um die Einsatzfähigkeit der Flotte nachhaltig zu gewährleisten, müssen auch die IT-Systeme so gut wie möglich modernisiert werden, wobei eine Harmonisierung der herstellerbezogenen Update-Zyklen anzustreben ist. Diese Maßnahmen sollen nicht nur die Verfügbarkeit verbessern, sondern auch die Betriebskosten senken. Das gleiche Ziel verfolgen derzeit Projekte zur Umstellung der aktuellen IT an Bord auf (Private-)Cloud-basierte Architekturen, hier ist die K130 als Versuchsträger involviert.

Ein „Regenerationskonzept“ wird entwickelt, um die IT-Infrastruktur zu vereinheitlichen und planbare Updates zu ermöglichen. Dabei stellt die Synchronisation von Update- und Instandhaltungszyklen eine Herausforderung dar. Ziel ist es, Wartezeiten zu minimieren, indem klassische Instandhaltungen mit verschleißbasierter, vorausschauender Instandhaltung (Predictive/ Prescriptive Maintenance) kombiniert werden. Daten von Bord-Sensoren müssen hierfür ausgewertet und insbesondere von der Bundeswehr als auch im Bedarfsfall von Industriepartnern genutzt werden.

IT-Unterstützung durch Systeme wie „Strukturierte Erfassung von Nutzungsdaten“ und

„Digitale Ferndiagnose und Instandhaltung“ ist ebenfalls erforderlich. Diese Systeme helfen, Reparaturen und Stillstandzeiten durch präventiven Austausch von Teilen zu vermeiden. Ein Beispiel ist der Marine-Marinearsenal-Maintenance-Channel („M<sup>3</sup>C“). Bei dem M<sup>3</sup>C handelt es sich um einen SINA-verschlüsselten, Internetprotokoll-basierten Kommunikationskanal mit Videoübertragung und Fernzugriff des Marinearsenals zur Unterstützung der Instandsetzung von Schiffen durch die Besatzung außerhalb des Heimathafens.

Eine zentrale Forderung zur Entwicklung der F125 war seinerzeit, mindestens zwei Jahre unterbrechungsfrei, ohne erweiterte logistische Unterstützung im Einsatz verbleiben zu können. Die Umsetzung oben genannter Lösungen kann dieses Intensivnutzungskonzept künftig deutlich besser unterstützen.

Technische Lösungen, wie ein maritimes Logistik- und Instandhaltungs-/ Wartungsmanagementsystem könnten bereits heute eine effiziente Verzahnung von Bordbetrieb in Häfen und in See und Instandhaltung / Wartung unter Verwendung eines Produktdaten Management (PDM) und Enterprise Resource Planning (ERP) Systems ermöglichen und die gemeinsame Wirkkette des

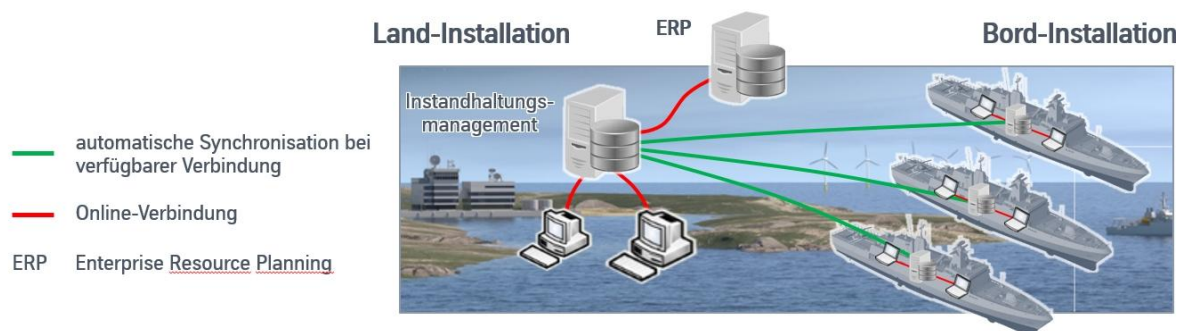


Abbildung 7: PLM in der Nutzungsphase – Datensynchronisation des Instandhaltungsmanagements F125 (schematisch) Quelle: eigene Darstellung

PLM bilden. Das PDM versorgt dabei das ERP mit den erforderlichen Informationen zum Betriebszustand der Schiffstechnik. Diese werden aus den Planungsdaten und den ermittelnden Betriebsgrößen im Sinne des Digitalen Zwillings errechnet, beziehungsweise als Predictive Maintenance-Eigenschaften prognostiziert. Darüber hinaus kann PLM Daten für die direkte Herstellung geeigneter Ersatzteile durch 3D-Druck an Bord bereitstellen.

### **Perspektive Entwicklungstechnische Betreuung**

Eine Entwicklungstechnische Betreuung in Zusammenarbeit mit der Industrie beginnt mit den Anforderungen der Bundeswehr, die von der Industrie analysiert und durch Lösungen – insbesondere auf Basis der Allgemeinen Regelung „Projektbezogene Bedarfsdeckung und Nutzung“ (PBN) – gemeinsam umgesetzt werden. Um Zeit und Aufwand zu reduzieren, strebt die Entwicklungstechnische Betreuung eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Bundeswehr und Entwickler bzw. Hersteller an. Die Industrie unterstützt hierbei bei der Analyse von Nutzungsdaten und der Entwicklung von Lösungen. Dies verbessert die Entscheidungsgrundlage, da Machbarkeit, Beschaffungszeiten, Nutzungsaspekte und Kosten von Anfang an für Produktänderungen berücksichtigt werden. Diese Zusammenarbeit muss intensiviert werden.

Der gemeinschaftlich vorangetriebene Entwicklungsprozess kann so erheblich verkürzt werden und die Lösung steht schneller zur Verfügung. Änderungsanträge können auch während der laufenden Entwicklung schneller bewertet und ggf. umgesetzt werden.

Es stehen heute bereits PLM-Lösungen zur Verfügung, die ab der Analysephase mit einem Beschaffungsprojekt „mitwachsen“ können und so die Realisierungsphase maximal transparent unterstützen. Zu Beginn der Nutzungsphase geht diese Lösung in Kundenhand über und unterstützt das Flottenmanagement. Ein Digitaler Zwilling wächst so kontinuierlich von der ersten Anforderung (as-designed bzw. as-planned) über den tatsächlich gebauten Zustand (as-built) bis zur Abbildung des aktuellen, alle Änderungen beinhaltenden Zustands (as-maintained) aller Einheiten der Flotte auf.

Die vertraglich vereinbarten PLM-Funktionalitäten zielen darauf ab, bestehende Einheiten und ganze Flotten effizienter zu managen und zu modernisieren. Für zukünftige Beschaffungsprojekte, wie die Klasse F127, sollten frühzeitig alle notwendigen vertraglichen, organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen zur Berücksichtigung von PLM-Funktionen (z. B. Digitale Zwillinge) geschaffen werden, um eine schnelle Inbetriebnahme und hohe Verfügbarkeit sicherzustellen.

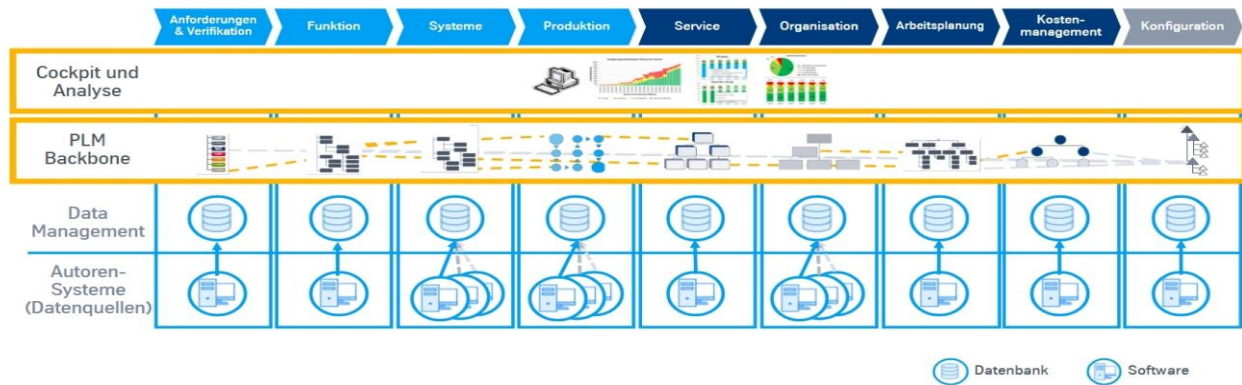


Abbildung 8: Kollaborativer PLM-Backbone in der Industrie; Quelle: TKMS



## PLM in der Praxis: Dimension Cyber/IT

### “Wer nicht digitalisiert – verliert!”

General Vetter, BMVg Abteilungsleiter Cyber/IT, BWI Industry Days 9/2024

#### **Digitalisierungsplattform als Enabler für moderne (Waffen-) Systeme und IT-Fähigkeiten**

Der Cyber- und Informationsraum (CIR) spielt eine entscheidende Rolle für die Aufgaben der Bundeswehr und die Wirküberlegenheit ihrer Systeme. Moderne (Waffen-) Systeme sind zunehmend softwarefokussiert bzw. softwaredefiniert und entwickeln sich von mechatronischen Systemen zu komplexen cyberphysischen Systemen. Die Digitalisierungsplattform der Bundeswehr, unter der direkten Verantwortung des Ressort-CIO, ist dabei ein zentrales Element, um diese Transformation zu ermöglichen und die digitale Einsatzbereitschaft der Streitkräfte zu sichern. Operationen im Verbund der Systeme werden immer mehr durch softwaredefinierte Funktionen, selbst im Bereich der Kommunikation abgebildet. Auch in Rechenzentren der Bundeswehr laufende IT-Infrastrukturen sind vermehrt für die operative Überlegenheit der Bundeswehr ausschlaggebend. Zu nennen wären hier z. B. IT-Einrichtungen wie ein KI-Backbone als Plattform für die schnelle Entwicklung von KI-Fähigkeiten inklusive der Absicherung der Datenlieferkette sowie die Verteilung neuer oder verbesserter IT-gestützter Fähigkeiten auf die Systeme oder in die nutzenden Einheiten (z. B. Aufklärung, Elektronische Kampfführung). Um die Vorteile sowie Potentiale von Software und ihrer Entwicklung für solche (Waffen-) Systeme nutz-

bar zu machen, sich ändernden Rahmenbedingungen schnell und agil annehmen zu können, wird das Leitprinzip SDD verfolgt.

#### **Schnelle Zyklen und hohe Innovationskraft**

Die Systeme des CIR (Hard- und Software) zeichnen sich durch kurze Innovationszyklen wie auch einen hohen Anpassungsdruck aus. Die Digitalisierungsplattform bietet die notwendige Flexibilität, um technologische Fortschritte schnell umzusetzen und neue Fähigkeiten effizient in die Truppe einzubringen. Dies betrifft sowohl die softwaredefinierten Funktionen moderner Systeme als auch die physische IT-Infrastruktur (z. B. Rechenzentren).

#### **Digitalisierungsplattform als Fundament für PLM-Services**

Die Digitalisierungsplattform bildet die Grundlage für ein effizientes PLM-System und ermöglicht eine durchgängige Verwaltung und Steuerung des Lebenszyklus von Software, Hardware und deren Integration in (Waffen-) Systeme. Sie stellt nicht nur die technische Basis bereit, sondern garantiert auch eine agile und skalierbare Infrastruktur, die speziell auf die Bedürfnisse der Bundeswehr zugeschnitten ist.

Die Digitalisierungsplattform ist mehr als nur Infrastruktur, sondern auch ein Enabler für die Umsetzung der PLM-Funktionen. Sie

unterstützt die agile Entwicklung, Anpassung und Absicherung von IT-Services entlang ihres gesamten Lebenszyklus. Insbesondere im Bereich des Application Lifecycle Managements (ALM) spielt die Digitalisierungsplattform eine zentrale Rolle durch die effiziente Weiterentwicklung von Software und Anpassung an neue Anforderungen (Lebenszyklusmanagement von IT-Systemen) sowie dynamische Reaktion auf Cyberrisiken und neue Bedrohungen (Risikomanagement).

Für IT-Services, die im Zusammenhang mit (Waffen-) Systemen wirken (in (Waffen-) Systemen selbst, oder über Konstrukte wie eine taktische Combat Cloud), ist das Konfigurationsmanagement von IT und (Waffen-) System notwendig. Abhängigkeiten zwischen dem Bau- und Betriebszustand der Ist-Konfiguration der (Waffen-) Systeme und der IT-Komponente werden dadurch unter Kontrolle gehalten, Inkompatibilitäten, z. B. bei der Softwareverteilung, werden vermieden.

Durch die klare Verantwortlichkeit des Ressort-CIO wird die Digitalisierungsplattform als eigenständiges Element etabliert, welches sowohl IT-unterstützte PLM-Services trägt als auch PLM-Funktionen unterstützt. Der Ressort-CIO gewährleistet damit eine enge Verzahnung von IT- und (Waffen-) Systemen, fördert die Interoperabilität und reduziert systemische Risiken durch einheitliches Management.

### **Digitalisierungsplattform als Kern für SDD**

Die Digitalisierung und Softwareentwicklung übernehmen eine zentrale Rolle als Fähigkeitstreiber. Dabei steht die Digitalisierungsplattform im Mittelpunkt.

Zukünftige Verbesserungen werden zunehmend auch durch Software-Updates ermöglicht. Die Digitalisierungsplattform stellt sicher, dass diese Modernisierungen effizient und konsistent umgesetzt werden können, indem sie alle relevanten Systeme und Prozesse integriert.

Der Übergang von isolierten, monolithischen Systemen hin zu einem vernetzten "System-of-Systems" ist eine strategische Priorität (u. a. auch NATO-Standard<sup>5</sup>). Die Digitalisierungsplattform schafft die Grundlage für diese Transformation, indem sie standardisierte, querschnittlich nutzbare Produkte, Lösungen und IT-Services bereitstellt, welche die Interoperabilität innerhalb der Bundeswehr und mit Bündnispartnern gewährleisten. Darüber hinaus werden Konnektivität und Echtzeitanalysen ermöglicht, um ggf. KI-gestützte Fähigkeiten in die Systeme zu integrieren.

Ziel ist es, eine nahtlose Interaktion der bestehenden bzw. neuen Systeme sowohl innerhalb der Bundeswehr als auch im Verbund mit internationalen Partnern (z. B. NATO Combat/Defence Cloud) sicherzustellen – unter Einhaltung höchster Cybersicherheitsstandards.

Um dies zu realisieren, sind daten- und softwarefokussierte, modulare, offene Systemarchitekturen durch die Industrie zu etablieren.

---

<sup>5</sup> z. B. STANAG 4876 (ALP-10) ist die Grundlage für Aktualisierung der STANAG 4457 und STANAG 4427

Hierbei ist es notwendig, diese in Abstimmung mit Industrie und NATO(-Partnern) festzulegen und zeitgleich der Industrie alle notwendigen Informationen verbindlich bereitzustellen.

### **PLM als Baustein für Software Defined Defence**

PLM und SDD wirken zusammen. Die Komplexität und Dynamik heutiger Bedrohungslagen fordern vernetzte Systeme. Einzelne Module können ihre Wirkung besser entfalten, wenn sie technisch kompatibel und einsatzbereit im Verbund funktionieren. Jede

Störung des Waffen-(Systems), jedes Softwareproblem oder jede Instandhaltungslücke gefährdet die Einsatzbereitschaft.

Die Kombination von PLM mit SDD schafft Mehrwerte durch verbesserte Interoperabilität, Flexibilität und Effizienz in der Entwicklung, Produktion und im Betrieb militärischer Systeme. SDD ermöglicht es, militärische Fähigkeiten durch Software zu definieren und Systeme modular, interoperabel, skalierbar und resilient zu gestalten. PLM baut darauf auf und unterstützt dadurch, diese Eigenschaften über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu verwalten und zu optimieren.

## PLM in der Praxis: PLM-Plattformen und Services

**„Die konsequente Erhebung und Auswertung von Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Systems ist der Schlüssel für seine Einsatzreife und Verfügbarkeit.“**

*Admiral Stawitzki, BMVg Abteilungsleiter Rüstung, Januar 2025*

### Abbildung des Produktlebenszyklus mittels PLM-Plattform

PLM-Services stellen das Rückgrat der Verwaltung von Produktdaten der (Waffen-) Systeme von der Anforderung bis zur Aussonderung über den gesamten Lebenszyklus dar. Sie bilden wichtige technische und projektsteuernde Kernprozesse des Systemlebenszyklus ab. PLM-Services verwalten u. a. Konstruktionsdaten, technische Dokumentation und bilden die Basis für die Erstellung und Verwendung von Digitalen Zwillingen. Sie bieten in der Regel, integrierte Werkzeuge für die Unterstützung der fortlaufenden Entwicklung und Upgrades von Systemen, der Simulation von Systemverhalten oder der Ansteuerung von Fertigungs- und Instandhaltungsprozessen. Sie verknüpfen Anwendungen wie Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Manufacturing (CAE), Computer Aided Engineering (CAE), etc. miteinander.

PLM-Plattformen mit den PLM-Services interagieren mit dem ERP und anderen IT-Systemen für die Unterstützung verschiedener Geschäftsprozesse. Im Bereich des operativen Betriebs von militärischen Systemen bei der Bundeswehr sind hier insbesondere Materialbewirtschaftung, Instandhaltung und Fertigung zu nennen. Auch die operative IT für die Erfassung und Verwaltung von Nutzungs-/Betriebsdaten aller Art

(Sensordaten, logistische Daten, etc.) mit der PLM-Plattform ist zu integrieren. Eine PLM-Plattform bei der Industrie resp. eine bundwehreigene PLM-Plattform bzw. PLM-Services der Bundeswehr dienen so auch als eine Datendrehscheibe für die Entwicklungs- und Nutzungsphase und unterstützen somit eine intelligente Nutzung von Daten über den gesamten Lebenszyklus eines (Waffen-) Systems.

Darüber hinaus ist eine enge und effiziente, datenbasierte Zusammenarbeit zwischen Bundeswehr und Industrie zur Optimierung von Verfügbarkeit und der kontinuierlichen Innovation militärischer Systeme stark von der Ausprägung der PLM-Plattformen bzw. den PLM-Services abhängig. Plattform bzw. Service ermöglichen bspw. die notwendigen Datenflüsse unter Wahrung von Cybersicherheit, Geheimschutz, Schutz geistigen Eigentums und Nutzungsrechten. Hierzu wird es essenziell sein die in der wehrtechnischen Industrie etablierten PLM-Plattformen in einer PLM-Plattform bidirektional zu integrieren.

### PLM als Bestandteil der modellbasierten Beschaffung (MBA)

Prinzipien aus dem PLM in der Industrie können auch einen transformativen Mehrwert für den Beschaffungsprozess bieten. Die Anforderungen werden dabei von An-

fang an mit der Produktentwicklung auf digitaler Ebene verknüpft. Hierfür wird ein modellbasierter Ansatz gewählt, um Programme, Produkte oder Dienstleistungen mit der Industrie schneller und transparenter zu einem qualitativ hochwertigen Ergebnis zu bringen.

Die MBA umfasst die Planung und Beschaffung von Systemen im Gesamtkontext aller Faktoren, Abhängigkeiten und Kosten eines Programms während des Lebenszyklus, aufbauend auf dem Model Based System Engineering-Konzept (MBSE). Der beschreibende Prozess gestattet es, das Systemmodell in standardisierten Formaten zu integrieren und darauf aufbauend die Produktentwicklung durchzuführen. Jede Änderung des Systemmodells auf der Seite des Beschaffers wie z. B. durch das BAAINBw, kann von der Industrie direkt in das Systemmodell übernommen werden.

Pionier dieses Ansatzes ist das U.S. Verteidigungsministerium mit einer verbindlichen Anweisung zur modularen Entwicklung von Verteidigungssystemen nach dem „Modular Open System Approach“ MOSA (DoD Instruction 5000.88). Ein Hauptaugenmerk von MOSA liegt auf der Gestaltung modularer Schnittstellenkompatibilität mit der Absicht, dass Systemkomponenten im Akquisitionsprozess hinzugefügt, geändert, ersetzt und entfernt werden können. Dadurch können in der Programmentwicklung und über den gesamten Lebenszyklus hinweg Änderungen schnell, effizient und transparent getroffen und nachvollzogen werden.

Technologische Schlüsselaspekte, um die Vision einer vernetzten PLM-Plattform bzw. PLM-Services bei der Industrie und der Bundeswehr umzusetzen, sind:

- Nutzung einer technologisch zukunftsfesten, offenen PLM-Plattform bzw. PLM-Services, im Sinne einer flexiblen Anpassbarkeit an die Bedürfnisse der Industrie und der Bundeswehr, der modularen Erweiterbarkeit, des (bi-direktionalen) Datenaustauschs und der kontinuierlichen Innovationsfähigkeit (kommerziell verfügbare PLM-Plattformen bieten sich als Grundlage an).
- Anlehnung von Daten- und Prozessmodellen an einschlägige militärische Standards für den Systemlebenszyklus: hier sind z. B. der NATO-Standard STANAG 4728 (bzw. die darin verwiesenen administrativen Beschreibungen AAP-20 für Programm-Management und AAP-48 für das Management der Lebenszyklusprozesse bzw. „functional smart system-of-systems under an integral survivability approach for future naval platforms“ (EDF-2024-DA-NAVAL-FNP)) zu nennen. Insbesondere aber auch die im Juni 2025 veröffentlichte NATO „Guidance for Integrated Life Cycle Support“ STANAG 4876, die eine einheitliche, interoperable Informationsbasis für die lebenszyklusweite Absicherung der operationellen Verfügbarkeit militärischer und ziviler Systeme innerhalb der NATO – auf Grundlage internationaler Standards beschreibt.
- Betrieb einer solchen Plattform in einer an die Sicherheitsbedürfnisse ausgerichteten, skalierbaren und integrationsfähigen Umgebung (z. B. cloudbasiert).



- Vereinbarung klarer Regeln für Semantik, Qualität und Governance von beidseitigen Prozessen und auszutauschenden PLM-Daten im Sinne der Data-as-a-Product (DaaP) Methodik sowie Nutzung standardisierter (wie z. B. gemäß ISO-Standard) oder auf offenen Spezifikationen basierender Austauschformate (z. B. PLM XML), durch die am Datenaustausch beteiligten Parteien sowohl innerhalb der Bundeswehr, multinational als auch zwischen Bundeswehr und Industrie.
- Etablierung von geeigneten sicheren und flexiblen Transportmechanismen für die Datenflüsse innerhalb und außerhalb der Bundeswehr. Hier sind je nach Anwendungsfall und Art der auszutauschenden Daten sowohl asynchrone (z. B. dateibasierter Austausch großer Mengen strukturierter Daten) wie synchrone

Mechanismen (z. B. Austausch ereignisbezogener Daten und Signale mittels Middleware- oder Streaming-Mechanismen) zu berücksichtigen. Auch innovative Mechanismen wie die sogenannte Föderierung von Datenräumen (Direktzugriff auf Datenbestände nach dem Prinzip der Datensouveränität auf Basis sicherer Konnektoren und digitaler Kontrakte), wie sie in Industriellen und öffentlichen Initiativen etabliert werden, sollten Betrachtung finden.

Eine prozess- und datengetriebene Gesamtstrategie, die Industrie und Bundeswehr befähigt, ihre Daten optimal zu nutzen und Produkte effizient und effektiv zu entwickeln, betreiben und zu verbessern, wird maßgeblich durch PLM unterstützt.

### **PLM stärkt die operationelle Verfügbarkeit und Wirkung**



## Autorengruppe

Jeremia Andree (TKMS GmbH)

Christopher Blum (Siemens AG – DI MC)

Dr.-Ing. Nicolas Gebhardt (TKMS GmbH)

Dr. Olaf Horstmann (T-Systems IFS GmbH)

Ralf Kieselbach (TKMS GmbH)

Guido Klette (Rheinmetall Landsysteme GmbH)

Ulrich Klimmeck (Siemens Industry Software GmbH)

Ernst Guido Leidheuser (IBM Deutschland GmbH)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Mantwill (UniBw Hamburg)

Matthias Merten (Siemens Industry Software GmbH)

Michael Meyer (KNDS Deutschland GmbH & Co. KG)

Jörg Möller (TKMS GmbH)

Julian Muigg (BDSV e. V.)

Sean Pearson (Siemens Industry Software GmbH)

OTL Jörg Steinhorst (BMVg)

OTL Marc Walther (BMVg)