

Warum Defence-Startups an der Nachweisführung scheitern – weshalb das Problem meist viel früher beginnt

Loitering Munition und verbrauchende Abfangsysteme: Warum ein schneller Demonstrator noch wenig über Plattformbreite, Nachweisraum und Beschaffbarkeit aussagt – und wie Requirements, V&V, S3 und Environmental Project Tailoring die reale Entwicklungsbreite bestimmen.

Ausgangsthese

Der sichtbar schnelle Teil militärischer UAS- und Wirkmittelentwicklung ist der Demonstrator. Das eigentliche Programmrisiko entsteht, wenn aus einem engen Proof-of-Concept-Scope früh breite Aussagen zu Plattformen, Klimaräumen, Missionsprofilen oder Produktvarianten werden, bevor die daraus entstehenden Requirements und Nachweispfade vollständig zerlegt sind. Jede zusätzliche Einsatz- oder Integrationszusage kann neue Anforderungen, Bauzustände, Verifikationsaktivitäten und Evidence erzeugen. Wer diese Nachweisbreite erst nach dem Demonstrator formalisiert, riskiert Redesign, Re-Test, zusätzliche Prüflinge und Terminverschiebungen – obwohl die Kernfunktion technisch längst gezeigt wurde.

Inhalt

1 Der Demonstrator zeigt Funktion – nicht den späteren Nachweisraum	3
2 Einsatzraum und Plattform werden zu konkreten Requirements	8
3 Nachweisführung wirkt bis auf Baugruppen und Bauzustände	10
4 Der Terminplan muss Scope und Nachweiskette enthalten.....	12
5 Regelwerk, Requirement und Evidence sind drei verschiedene Ebenen	13
6 Warum Startup-Geschwindigkeit nach dem Demonstrator kippen kann.....	15
7 Woran Investoren eine belastbare Programmlogik erkennen können	16
8 Fazit: Der Demonstrator ist der Anfang der Systementwicklung – nicht ihr Ende.....	17
Quellen und Regelwerksstand.....	18

1 Der Demonstrator zeigt Funktion – nicht den späteren Nachweisraum

Ein funktionierender Demonstrator ist in einem frühen Entwicklungsprogramm ein wichtiger Meilenstein. Er reduziert technische Unsicherheit und schafft sichtbaren Fortschritt: Ein Fluggerät startet, navigiert, überträgt Daten oder erreicht unter definierten Versuchsbedingungen sein Ziel. Genau diese Sichtbarkeit kann jedoch zu einer Fehleinschätzung der verbleibenden Programmbreite führen. Für die spätere Beschaffbarkeit muss nicht nur die Kernfunktion gezeigt werden; es muss in einer festgelegten Konfiguration nachgewiesen werden, dass das System unter den vereinbarten Lebenszyklus-, Integrations- und Einsatzbedingungen sicher, geeignet und reproduzierbar ist.

Gerade bei Loitering Munition und verbrauchenden Abfangsystemen ist diese Differenz ausgeprägt. MSIAC beschreibt Loitering Munition als hybride Systemklasse mit Eigenschaften von Flugkörper und UAV und hält fest, dass kein bestehendes Safety-and-Suitability-for-Service-(S3)-Programm diese Klasse vollständig abdeckt. Der Nachweisweg ist daher nicht lediglich eine Liste standardisierter Tests, sondern eine projektspezifisch zu konstruierende und mit der zuständigen Stelle abzustimmende Nachweisstrategie [3]. Je breiter der zugesagte Verwendungs- und Integrationsumfang, desto wichtiger wird diese frühe Strukturierung.

THESE 1 · KLASSIFIZIERUNG VOR ARCHITEKTUR

Bevor ein Nachweisplan entsteht, muss geklärt sein, als welche Systemklasse das Produkt beim Zielkunden geführt wird. Eine falsche oder verspätete Einstufung verschiebt nicht nur Dokumentation, sondern den gesamten Freigabe- und Nachweispfad.

Begründung und Regelungsbezug

Die Allgemeine Regelung A1-270/4-8901 des Luftfahrtamtes der Bundeswehr definiert das unbemannte Luftfahrzeug als „grundsätzlich wiederverwendbares Luftfahrzeug ... und nicht als Lenkflugkörper oder vergleichbare Munitionsart ... eingestuft“; Loitering Munition Systems werden dabei ausdrücklich als Gegenbeispiel genannt [1]. Damit ist die äußere Ähnlichkeit zu einem UAV nicht ausreichend, um den luftfahrtrechtlichen Pfad anzunehmen. Wiederverwendbarkeit, Verwendungszweck und Systemklassifizierung entscheiden darüber, welcher Regelungsraum maßgeblich wird.

Daneben ist die kriegswaffenrechtliche Einstufung eine eigenständige Achse. Das BMWF hat sein Merkblatt zur Kriegswaffeneinstufung von Loitering-Munition und Drohnen im Juni 2026 aktualisiert [2]. Für ein Programm bedeutet das: „UAS oder Munition?“ und „Kriegswaffe oder nicht?“ sind getrennte Klassifizierungsfragen, die jeweils eigene Genehmigungs- und Projektfolgen haben können. Genau deshalb gehört die Klassifizierung in die frühe Systemdefinition und nicht in die Phase kurz vor einem Kundentest.

BEISPIEL · Gleiche Flugplattform, anderer Nachweispfad

Ein wiederverwendbares Abfang-UAS und ein äußerlich ähnliches, zum einmaligen Einsatz bestimmtes Abfangsystem können technisch viele Baugruppen teilen. Ändert sich jedoch der festgelegte Verwendungszweck von wiederverwendbar zu verbrauchend, kann sich die Systemklassifizierung und damit der relevante Freigabepfad ändern. Die technische Ähnlichkeit schützt nicht vor einem anderen Nachweisregime.

THESE 2 · PRODUKTBREITE IST NACHWEISBREITE

Wer in einer frühen Phase mehrere Plattformen, Klimaräume, Missionsprofile oder Produktvarianten zusagt, erweitert nicht nur den adressierbaren Markt. Er erweitert potenziell auch den Requirement-, Integrations- und Evidence-Scope. Diese Breite muss vor dem Design Freeze in kontrollierbare Baselines und Delta-Nachweise zerlegt werden.

Begründung und Regelungsbezug

Die NATO-Umweltlogik macht diesen Zusammenhang greifbar. AECTP-230/-240/-250 beschreiben klimatische, mechanische sowie elektrische und elektromagnetische Bedingungen; AECTP-300/-400/-500 liefern die zugehörigen Prüf- und Verifikationsmethoden [7][8][9]. Welche dieser Bedingungen für ein konkretes Produkt relevant werden, ergibt sich aus vorgesehenem Lebenszyklus, Verwendungszweck, Einbauort und Integrationskontext. Eine zusätzliche Plattform oder ein zusätzlicher Einsatzraum ist deshalb nicht nur eine Vertriebsoption, sondern zunächst eine neue Anwendungsannahme, gegen die die bestehende Requirements Baseline und Evidence geprüft werden müssen.

Das bedeutet nicht, dass jede neue Plattform zwangsläufig eine vollständige Neuqualifikation auslöst. Professionell ist vielmehr eine Delta- und Impact-Analyse: Welche Anforderungen bleiben identisch, welche Schnittstellen oder Umwelten ändern sich, welche bestehende Evidence ist weiterhin anwendbar und wo ist Re-Verification erforderlich? Erst diese Zerlegung macht aus einem breiten Produktversprechen einen belastbaren Integrationsplan.

BEISPIEL · „Auf fünf Plattformen integrierbar“

Ein kompaktes Abfangsystem kann mechanisch so ausgelegt sein, dass eine Montage auf mehreren Trägerplattformen plausibel erscheint. Für eine belastbare Integrationsaussage reichen Abmessungen und Startfähigkeit jedoch nicht. Je nach Plattform können sich mechanische Belastungen, elektromagnetische Umgebung, Energie- und Datenschnittstellen, Lagerung, Handhabung oder der operationelle Ablauf unterscheiden. Die gleiche Flugplattform kann dadurch mehrere Integrations-Baselines erzeugen. Entscheidend ist nicht, ob die Integration grundsätzlich vorstellbar ist, sondern ob die jeweiligen Deltas in Requirements und V&V-Planung beherrscht sind.

THESE 3 · V&V WIRD AUF DER LINKEN SEITE DES V GEPLANT

Nachweisführung beginnt nicht am Prüfstand. Verifikations- und Validierungsplanung entstehen mit der Anforderungszerlegung. Gerade breite Einsatz- und Plattformversprechen müssen auf der linken Seite des V in konkrete, zuordenbare Requirements überführt werden, bevor sie auf der rechten Seite belastbar nachgewiesen werden können.

Begründung und Regelungsbezug

Das V-Modell ist hierfür weniger ein starres Prozessmodell als ein nützliches Denkbild. Auf der linken Seite werden Nutzerbedarf, Concept of Use, Systemanforderungen sowie Subsystem- und Komponentenanforderungen zerlegt. Gleichzeitig werden Nachweismethoden, Akzeptanzkriterien und die benötigten V&V-Konfigurationen geplant. Auf der rechten Seite entstehen die zugehörigen Nachweise beim schrittweisen Integrieren und Verifizieren. SEBoK beschreibt ausdrücklich, dass Verifikations- und Validierungspläne bereits während der Systemdefinition entwickelt werden und Anforderungen auf die unteren Systemebenen heruntergebrochen werden [10]. Ein Marketingversprechen wie „auf mehreren Plattformen einsetzbar“ wird damit erst dann technisch belastbar, wenn daraus konkrete, traceable Requirements geworden sind.

Für Munition wird diese Logik durch den S3-Rahmen konkretisiert. STANAG 4297 verweist auf AOP-15 als Leitfaden zur S3-Bewertung [4]. Die aktive AAS3P-1 beschreibt S3 Assessment Testing; die öffentlich zugängliche US-Joint-Ordnance-Test-Guidance JOTP-001 macht denselben Grundgedanken besonders greifbar: Full-Scale-Tests sollen nicht die erste Begegnung mit einer Belastung sein; Komponentenprüfungen sind ausdrücklich ein Mittel zur Vorbereitung, Risikoreduktion und zum Nachweis auf niedrigeren Ebenen [5].

Nachweismethoden werden auf der linken Seite mitgeplant – Evidence entsteht auf der rechten Seite

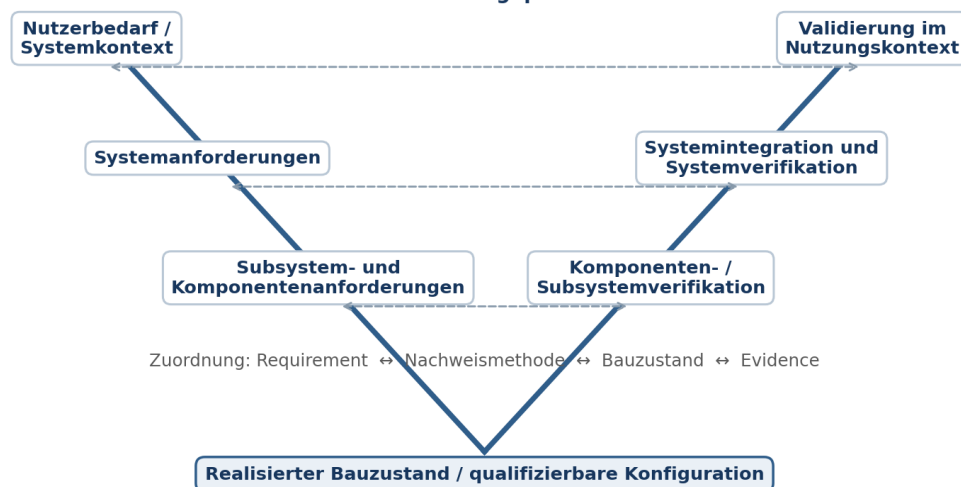


Abbildung 1: V-Modell als Nachweislogik. Die konkrete V&V-Methode wird mit der Anforderung definiert; Nachweise entstehen am korrespondierenden Systemelement und später am integrierten System. Eigene Darstellung nach SEBoK/DAU und JOTP-001.

BEISPIEL · Leiterplatte und elektromagnetische Umgebung

Eine Missions- oder Steuerungsleiterplatte kann im Labor vollständig funktionieren. Wird die E3-/EMV-Anforderung erst später aus dem Nutzungskontext abgeleitet und zeigt die Verifikation, dass Baugruppe, Verkabelung oder Schnittstellen den vereinbarten elektromagnetischen Bedingungen nicht genügen, kann ein Redesign notwendig werden. Der Nachweis betrifft dann nicht nur „die Drohne als Ganzes“, sondern das betroffene Systemelement und anschließend dessen Integration. Ein funktionierender Flugdemonstrator verhindert diesen Rücksprung im V-Modell nicht.

2 Einsatzraum und Plattform werden zu konkreten Requirements

THESE 4 · DAS LCEP MACHT AUS EINSATZVERSPRECHEN PRÜFBARE FORDERUNGEN

Temperatur, Feuchte, Vibration, Schock und elektromagnetische Umgebung sind keine nachgelagerten Laborfragen. Sie werden aus Transport, Lagerung, Handhabung, Einsatz und Plattformumgebung abgeleitet und müssen den betroffenen Systemelementen als konkrete Design- und Verifikationsanforderungen zugeordnet werden.

Begründung und Regelungsbezug

AOP-15 und die S3-Testlogik stellen das Life Cycle Environmental Profile (LCEP) an den Anfang der Umwelt- und S3-Betrachtung. Die öffentlich zugängliche JOTP-001 bezeichnet das LCEP als grundlegende Säule der Evidence: Es beschreibt die servicebezogenen Ereignisse und Umweltbedingungen vom Abschluss der Fertigung bis zum Ende der Nutzungsdauer und dient als maßgeschneiderte Grundlage für Design- und Testparameter [5]. Für ein Startup ist das deshalb eine frühe Architekturfrage: Welche Zustände muss das System nur überleben, in welchen muss es funktionsfähig sein und welche Baugruppen sehen lokal andere Bedingungen als das Gesamtsystem?

Auch die NATO-Umweltregelwerke folgen inzwischen sehr ausdrücklich dem Gedanken des Environmental Project Tailoring. Der Stand 2025 ist dabei wichtig: STANAG 4370 Edition 8 deckt AECTP-100 Edition F und AECTP-600 Edition C ab [6]. Die klimatischen Bedingungen und Prüfmethoden sind mit STANAG 4866 (AECTP-230 Edition B und AECTP-300 Edition E) neu gebündelt [7]; mechanische Bedingungen und Prüfmethoden mit STANAG 4867 (AECTP-240 Edition B und AECTP-400 Edition E) [8]; elektrische und elektromagnetische Bedingungen sowie E3-Verifikation mit STANAG 4868 (AECTP-250 Edition D und AECTP-500 Edition F) [9]. Ältere Projektunterlagen, die pauschal „STANAG 4370 / AECTP-100 bis 600“ nennen, sollten deshalb gegen den aktuell vertraglich anzuwendenden Ausgabestand geprüft werden.

Die AECTP-Logik zielt entsprechend nicht auf einen pauschalen „Military Grade“-Wert. Aus dem tatsächlichen Lebenszyklus werden projektspezifische Environmental Design Criteria und eine Environmental Test Specification abgeleitet [7][8][9]. Dadurch können beispielsweise für Lagerung und Transport andere Survival-Anforderungen entstehen als für den eigentlichen Betrieb. Diese Unterscheidung ist für Batterien, Elektronik, Dichtungen, Werkstoffe und Verpackung bereits bei der Bauteilwahl relevant – nicht erst beim abschließenden Umwelttest.

BEISPIEL · Batterie zwischen Transport, Lagerung und Einsatz

Eine Batterie kann einen Flugdemonstrator unter Laborbedingungen zuverlässig versorgen. Wird später der vollständige Lebenszyklus beschrieben, können zusätzliche Anforderungen an Lagerdauer, Transport, mechanische Belastung, Temperaturzustände oder die Funktionsfähigkeit nach vorangegangener Umweltbelastung entstehen. Damit können Batteriechemie, BMS, Steckverbinder, Gehäuse und Energiehaushalt nachweisrelevant werden. Der überraschende Aufwand entsteht nicht durch eine „späte Norm“, sondern dadurch, dass der reale Lebenszyklus erst nach der Komponentenwahl vollständig in Requirements übersetzt wurde.

THESE 5 · PLATTFORMINTEGRATION IST MEHR ALS EINE MECHANISCHE SCHNITTSTELLE

Ein System, das freistehend oder aus einem einfachen Launcher funktioniert, ist nicht automatisch für Fahrzeug, Schiff oder Luftfahrzeug integriert. Einbauort, Strukturkopplung, Energie- und Datenschnittstellen, elektromagnetische Umgebung, Handhabung und operationeller Ablauf können zusätzliche Requirements und V&V-Aktivitäten erzeugen.

Begründung und Regelungsbezug

AECTP-240 beschreibt mechanische Bedingungen und AECTP-400 die zugehörigen mechanischen Umweltprüfungen; AECTP-250 und AECTP-500 bilden die entsprechende Paarung für elektrische und elektromagnetische Bedingungen und deren Verifikation [8][9]. Beide Regelwerksfamilien folgen dem Tailoring auf die erwarteten Servicebedingungen. Damit ist nicht die abstrakte Aussage „plattformfähig“ nachweisrelevant, sondern die konkrete Umwelt und Schnittstellenlage am vorgesehenen Einbau- und Verwendungsort.

Das V-Modell ordnet diese Anforderungen den passenden Systemebenen zu. Komponenten und Subsysteme werden gegen ihre eigenen zugeordneten Anforderungen verifiziert; anschließend muss das integrierte System zeigen, dass Schnittstellen und übergeordnete Systemanforderungen erfüllt sind. Ein Komponentenpass ersetzt den Systemnachweis nicht – und ein erfolgreicher Systemflug ersetzt nicht automatisch die Nachweise für einen neuen Integrationskontext. Gerade bei mehreren Trägerplattformen ist deshalb eine klare Baseline- und Delta-Strategie wichtiger als die pauschale Aussage, dass die Hardware „überall montierbar“ sei.

BEISPIEL · Dasselbe System, anderer Träger

Ein Counter-UAS-Abfangsystem funktioniert aus einem bodengebundenen Launcher. Soll dieselbe Grundplattform später auf einem Fahrzeug, Schiff oder Luftfahrzeug verwendet werden, bleibt die Flugfunktion möglicherweise unverändert. Der Integrationskontext kann sich dennoch ändern: mechanische Einleitung, elektromagnetische Umgebung, Versorgung, Dateninterfaces, Lagerung und operationelle Sequenz müssen gegen die neue Baseline bewertet werden. Die richtige Frage lautet daher nicht „passt das System mechanisch?“, sondern „welche Requirements ändern sich und welche bestehende Evidence bleibt dafür gültig?“

3 Nachweisführung wirkt bis auf Baugruppen und Bauzustände

THESE 6 · REDESIGN VERÄNDERT DIE NACHWEISBASIS

Nach einer qualifikationsrelevanten Änderung ist nicht automatisch „nur ein Bauteil anders“. Entscheidend ist, welche Anforderungen, Schnittstellen und bereits erzeugte Evidence durch den neuen Bauzustand betroffen sind.

Begründung und Regelungsbezug

Für S3 Assessment Testing ist der Bauzustand zentral. JOTP-001 fordert, dass die eingesetzten Assets produktionsrepräsentativ für die später zu beschaffende Munition sind. Substitutionen oder simulierte Unterbaugruppen müssen mit den zuständigen Stellen abgestimmt werden; zugleich wird Component Testing ausdrücklich als Vorbereitung und Risikoreduktion anerkannt [5]. Das führt zu einer einfachen Konsequenz: Evidence ist an einen identifizierten Konfigurationsstand gebunden.

Das V-Modell und das Konfigurationsmanagement treffen sich genau an diesem Punkt. Wird eine Anforderung auf einer unteren Ebene geändert oder ein nachweiskritisches Element ersetzt, muss untersucht werden, welche Verifikationsfälle betroffen sind und welche Evidence weiterhin belastbar bleibt. Diese Logik ist die Kehrseite früher Produktbreite: Je mehr Plattformen, Varianten und Lebenszyklusfälle gleichzeitig in der Baseline liegen, desto größer kann der Impact einer scheinbar lokalen Änderung werden. Re-Test ist daher kein Automatismus für jede Schraube; ebenso falsch wäre aber die Annahme, ein bereits erfolgreich getestetes Gesamtsystem decke jede spätere relevante Änderung ab.

BEISPIEL · EMV-bedingtes PCB-Redesign

Angenommen, eine Leiterplatte besteht die Funktionsprüfung, erfüllt im später vereinbarten E3-Nachweis aber eine relevante Forderung nicht. Layout, Filterung, Schirmung, Steckverbinder oder Kabelschnittstelle werden geändert. Damit entsteht ein neuer Bauzustand. Zunächst ist zu bewerten, welche Komponenten- und Subsystemanforderungen betroffen sind; danach folgen die zugeordneten Regressionen und – soweit erforderlich – eine erneute Integrationsverifikation. Der wirtschaftliche Schaden entsteht vor allem dann, wenn diese Schleife erst nach Design Freeze und Fertigung vieler Prüflinge beginnt.

THESE 7 · PRÜFLINGE SIND PROGRAMMMATERIAL

Ein Nachweisprogramm benötigt nicht nur Zeit und Prüfstände, sondern ausreichend produktionsrepräsentative Prüflinge in der richtigen Konfiguration. Der Prüflingsbedarf wird aus Nachweisstrategie und Sequenz abgeleitet, nicht aus der Zahl bereits gebauter Demonstratoren.

Begründung und Regelungsbezug

S3 Assessment Testing betrachtet den Lebenszyklus nicht als Sammlung unabhängiger Einzelprüfungen. JOTP-001 beschreibt sequenzielle Prüfungen auf Basis des LCEP, weil die kumulative Wirkung auf das System relevant sein kann [5]. AAS3P-1 ist als aktive NATO-Publikation der übergeordnete Rahmen für S3 Assessment Testing [5a]. Ein Prüfling kann daher zunächst Umweltbelastungen durchlaufen und anschließend funktional oder sicherheitsbezogen bewertet werden. Je nach Nachweisfall werden Assets verbraucht oder für weitere Evidence unbrauchbar. Das ist für Startup-Planungen bedeutsam, weil der Nachweisbedarf nicht erst beginnt, wenn „die Qualifikation“ als Balken im Terminplan erreicht wird. Produktionsrepräsentative Assets müssen vorher konstruktiv eingefroren, gefertigt, dokumentiert und verfügbar sein. Prüfkapazitäten und behördliche Abstimmungen müssen zu diesem Bauzustand passen. Das Programm kann deshalb auch dann terminlich scheitern, wenn die Entwicklungsabteilung technisch kein neues Problem entdeckt.

BEISPIEL · Die zehn vorhandenen Prototypen

Ein Team besitzt zehn fliegende Prototypen und plant daraus eine kurze Qualifikationsphase. Diese Prototypen stammen jedoch aus unterschiedlichen Entwicklungsständen, enthalten verschiedene Batterien und mehrere Leiterplattenrevisionen. Für belastbare Evidence sind sie nicht automatisch zehn gleichwertige Prüflinge. Werden für das abgestimmte Programm produktionsrepräsentative Assets in einem eingefrorenen Bauzustand benötigt, muss diese Serie erst hergestellt werden. Die Verzögerung entsteht aus Konfigurations- und Nachweisplanung, nicht aus einem „langsamen Prüfam“.

4 Der Terminplan muss Scope und Nachweiskette enthalten

THESE 8 · EIN BALKEN „QUALIFIKATION“ IST KEIN NACHWEISPLAN

Ein belastbarer Entwicklungsplan enthält nicht nur Entwicklungs- und Testtermine. Er muss zeigen, für welche Baseline, Varianten und Integrationsfälle Requirements, LCEP, Design Freeze, Prüflingsfertigung, Prüfkapazitäten, Genehmigungen, Evidence und Freigabe tatsächlich eingeplant sind.

Begründung und Regelungsbezug

Die S3-Logik verlangt einen abgestimmten Bewertungsrahmen. MSIAC weist für Loitering Munition gerade deshalb auf die Notwendigkeit einer systemmerkmalsabhängigen Klassifizierung und eines angepassten S3-Pfades hin [3]. Gleichzeitig setzt der Umweltpfad Tailoring voraus: Bedingungen aus AECTP-230/-240/-250 werden in projektspezifische Prüfanforderungen überführt; AECTP-300/-400/-500 liefern die entsprechenden Prüf- und Verifikationsmethoden [7][8][9]. Das Ergebnis ist eine Nachweiskette, deren Vorgängerbedingungen im Terminplan sichtbar sein müssen.

Hinzu kommen nationale Genehmigungen und betriebliche Voraussetzungen. In Deutschland ist der gewerbsmäßige Umgang mit explosionsgefährlichen Stoffen erlaubnispflichtig (§ 7 SprengG); verantwortliche Personen benötigen unter den gesetzlichen Voraussetzungen einen Befähigungsschein (§ 20 SprengG) [11]. Bei Kriegswaffeneigenschaft greifen zusätzlich die Genehmigungsregime des Kriegswaffenkontrollrechts [2][12]. Diese Themen sind nicht „Dokumentation nach dem Test“, sondern können Voraussetzung dafür sein, bestimmte Bau-, Lager-, Transport- oder Erprobungsschritte überhaupt regulär durchzuführen.

BEISPIEL · Fünf Plattformen, eine Qualifikationsphase

Ein Gantt-Plan zeigt nach dem letzten Entwicklungs-Sprint acht Wochen „Qualifikation“ und die Roadmap nennt gleichzeitig mehrere Trägerplattformen. Nicht dargestellt sind jedoch eine belastbare Requirements Baseline je Integrationskontext, freigegebene LCEP-/Umweltdeltas, produktionsrepräsentative Prüflinge, Prüfplatzverfügbarkeit, Schnittstellenverifikation, Transport- und Lagerfähigkeit sowie die Schließung von Findings. Der Balken ist formal vorhanden, bildet aber die angekündigte Produktbreite nicht ab. Realistisch wird der Terminplan erst, wenn die Plattform- und Varianten-Deltas als echte Vorgänger- und Rückkopplungsbeziehungen modelliert sind.

5 Regelwerk, Requirement und Evidence sind drei verschiedene Ebenen

THESE 9 · DIE NORMENSAMMLUNG IST NOCH KEINE SPEZIFIKATION

AOP, AECTP und STANAG liefern Rahmen, Begriffe, Bedingungen und Methoden. Welche Forderung für ein konkretes System nachzuweisen ist, entsteht erst durch Systemklassifizierung, Nutzerbedarf, Vertrag, Tailoring und die Abstimmung mit der zuständigen Stelle.

Begründung und Regelungsbezug

Im Defence-Umfeld ist es verführerisch, Reife durch eine möglichst lange Liste zitierter Standards zu demonstrieren. Methodisch ist das zu kurz gegriffen. Ein STANAG standardisiert zwischen Nationen; eine Allied Publication beschreibt Rahmen, Bedingungen oder Methoden. Für das konkrete Entwicklungsprogramm muss daraus eine eindeutige, versionierte und verifizierbare Forderung entstehen. Genau deshalb trennt die aktuelle AECTP-Struktur zwischen Environmental Guidelines, Environmental Conditions und Environmental Test Methods [6][7][8][9]. Die Methodik dient dem Project Tailoring, nicht dem pauschalen Abarbeiten jeder verfügbaren Prüfmethode.

Für die Systementwicklung ist daher nicht entscheidend, ob in einer Präsentation „AECTP-400 compliant“ steht. Entscheidend ist, welche mechanische Umgebung aus dem LCEP abgeleitet wurde, welche konkrete Forderung daraus entsteht, wie der Test zugeschnitten wird, welcher Bauzustand geprüft wird und welches Akzeptanzkriterium die Verifikation schließt. Dieselbe Logik gilt für Klima und E3. Erst diese Kette macht aus einem Regelwerksverweis eine nachweisbare Systemanforderung.

BEISPIEL · „Nach STANAG getestet“

Ein Team schreibt in die Produktunterlagen, das System sei „nach STANAG 4370 getestet“. Für eine belastbare Bewertung fehlen damit weiterhin zentrale Informationen: Welcher aktuelle Regelwerkszweig war vertraglich relevant? Welches LCEP lag zugrunde? Welche AECTP-Bedingungen wurden gewählt? Wie wurde der Test getailort und gegen welches Requirement bewertet? Ein einzelner Standardname ersetzt weder Environmental Test Specification noch Verifikationsmatrix.

THESE 10 · EVIDENCE BRAUCHT TRACEABILITY

Ein Prüfbericht wird erst dann zu belastbarer Evidence, wenn er auf die richtige Anforderung, Nachweismethode, Testkonfiguration und den identifizierten Bauzustand zurückgeführt werden kann.

Begründung und Regelungsbezug

Traceability ist die Verbindung zwischen Requirements Engineering, V&V und Konfigurationsmanagement. Im V-Modell wird jede Forderung einer geplanten Verifikations- oder Validierungsaktivität zugeordnet; auf der Realisierungsseite muss das Ergebnis wiederum auf die Requirement-Baseline zurückgeführt werden können [10]. Für S3 verstärkt sich diese Anforderung, weil JOTP-001 produktionsrepräsentative Assets und einen definierten Build Standard fordert [5]. Ein Bericht über einen Test ist deshalb nicht allein wegen eines bestandenen Ergebnisses übertragbar.

Das ist auch der Grund, warum iterative Entwicklung und formale Nachweisführung kein Widerspruch sind. Iterationen können früh und schnell erfolgen, solange Konfiguration, Purpose of Test und Status der Evidence sauber getrennt bleiben. Ein Engineering-Test kann Erkenntnis erzeugen, ohne bereits Qualification Evidence zu sein. Kritisch wird es erst, wenn Ergebnisse aus einem beweglichen Entwicklungsstand später ungeprüft als Nachweis für einen anderen Bauzustand verwendet werden sollen.

BEISPIEL · Der gute Test am falschen Bauzustand

Ein Prototyp besteht Klima- und Vibrationsversuche. Drei Monate später werden Batterie, Leiterplattenrevision und Kabelbaum geändert. Der ursprüngliche Bericht bleibt technisch wertvoll, aber seine Nachweiswirkung für den neuen Serienkandidaten muss über eine Impact Analysis bewertet werden. Ohne eindeutige Konfigurationszuordnung ist nicht erkennbar, welche Teile der Evidence weiter gelten und welche erneut geschlossen werden müssen.

6 Warum Startup-Geschwindigkeit nach dem Demonstrator kippen kann

Die sichtbare Geschwindigkeit eines Defence-Startups wird häufig an Demonstratoren gemessen: erster Flug, erste Zielerfassung, erster Kundentest. Diese Meilensteine lassen sich mit kleinen Teams, Rapid Prototyping und kommerziellen Komponenten vergleichsweise schnell erreichen, weil der Scope zunächst eng und der Bauzustand bewusst flexibel sein kann. Der kritische Übergang beginnt dort, wo aus diesem Demonstrator ein Produktversprechen wird: mehrere Plattformen, zusätzliche Missionen, neue Varianten, weitere Klimaräume oder ambitionierte Serien- und Einführungsstermine.

Jede dieser Erweiterungen kann einen zusätzlichen Requirement- und Nachweis-Delta erzeugen. Wenn diese Breite bereits im Vertrieb oder gegenüber Investoren als nahezu verfügbar dargestellt wird, die zugehörigen Baselines, V&V-Pläne und Evidence aber noch nicht existieren, wächst der unsichtbare Programmumfang schneller als der sichtbare Entwicklungsfortschritt. Der Engpass ist dann nicht zwingend mangelnde technische Kompetenz und auch nicht „zu viel Vorschrift“, sondern ein Scope, der schneller wächst als seine systemtechnische Zerlegung.

Die robustere Gegenstrategie ist bewusst eng: zunächst ein klarer Zielkunde, ein definierter Verwendungszweck, eine priorisierte Plattform und ein beschriebenes Lebenszyklusprofil. Daraus werden Requirements, V&V-Methoden und Build Standards abgeleitet. Weitere Plattformen oder Varianten werden anschließend nicht als pauschale Kompatibilität behauptet, sondern als Delta gegen eine qualifizierte Baseline geplant. Das macht ein Programm nicht automatisch erfolgreich – erhöht aber die Wahrscheinlichkeit, dass Zeitplan, Budget und Produktreife überhaupt belastbar beurteilt werden können.

7 Woran Investoren eine belastbare Programmlogik erkennen können

Für einen Investor oder eine Programmleitung lässt sich Reife deshalb nicht nur an Flugstunden, Treffervideos oder der Zahl angekündigter Plattformen ablesen. Schon in einer frühen Phase sollten einige wenige Artefakte erkennen lassen, ob Produktbreite, Systementwicklung und Nachweisführung miteinander verzahnt sind. Sie sind keine vollständige Due-Diligence-Checkliste; sie helfen vielmehr, zwischen einem technisch überzeugenden Demonstrator und einem belastbar geplanten Entwicklungsprogramm zu unterscheiden.

Artefakt	Welche Frage es beantwortet	Warum es früh relevant ist
Scope-/Plattformmatrix mit Baseline und Deltas	Welche Plattformen, Missionen und Varianten gehören wirklich zur aktuellen Baseline – und was ist lediglich Roadmap?	Macht sichtbar, ob Produktbreite als eigener Integrations- und Nachweisaufwand geplant ist oder nur als Marketingaussage besteht.
Systemklassifizierung / Regelwerksbasis	Als was wird das System beim Zielkunden geführt und welche Freigabestelle ist relevant?	Verhindert, dass der Nachweisweg auf einer falschen Systemannahme aufsetzt.
Versionierte Requirements Baseline mit V&V-Zuordnung	Was muss nachweisbar erfüllt werden und mit welcher Methode?	Verbindet Entwicklung, Designentscheidungen und spätere Evidence.
Life Cycle Environmental Profile / Environmental Test Specification	Welche Transport-, Lager-, Einsatz- und Umweltbedingungen sind wirklich zu erwarten?	Bestimmt Tailoring von Klima-, Mechanik- und E3-Nachweisen.
Konfigurations- und Bauzustandslogik	Welcher Stand wurde geprüft und welche Änderungen lösen eine Impact Analysis aus?	Macht Evidence auf den Serienstand übertragbar.
Integrierter Nachweis- und Terminplan	Wann stehen Prüflinge, Kapazitäten, Genehmigungen und Bewertungsunterlagen bereit?	Macht die Qualifikationsphase zu einem planbaren Programm statt zu einem Endblock.

8 Fazit: Der Demonstrator ist der Anfang der Systementwicklung – nicht ihr Ende

Die Ausgangsthese lässt sich damit präzisieren: Das zentrale Risiko für Defence-Startups liegt nicht darin, dass ein einzelner Prüfstandard überraschend streng ist. Kritisch wird der Übergang vom schnellen Demonstrator zum breiten Produktversprechen. Wenn Plattformen, Einsatzräume, Varianten und Zeitlinien schneller erweitert werden als Requirements, Verifikationsmethoden, Lebenszyklusprofile und Konfigurationsstände, entsteht ein Nachweisraum, der im sichtbaren Prototyp kaum erkennbar ist – später aber Architektur, Prüflingsbedarf, Budget und Terminplan bestimmt.

Für Loitering Munition und verbrauchende Abfangsysteme ist diese Gefahr besonders hoch, weil die Systeme Elemente klassischer Munition, Flugkörpertechnik, UAS, Software und moderner Elektronik verbinden. MSIAC beschreibt genau diese hybride Lage als Herausforderung für bestehende S3-Programme [3]. Ein breites Produktportfolio oder die Integration auf mehrere Plattformen ist deshalb nicht grundsätzlich unrealistisch. Glaubwürdig wird eine solche Roadmap aber erst, wenn erkennbar ist, welche Baseline zuerst qualifiziert werden soll, welche Requirements für die weiteren Integrationsfälle zusätzlich gelten und mit welcher Delta- und Re-Verification-Strategie vorhandene Evidence wiederverwendet werden kann.

Das V-Modell macht diese Logik sichtbar: Was auf der linken Seite als Verwendungszweck und Requirement nicht sauber begrenzt, zerlegt, zugeordnet und mit einer Nachweismethode versehen wurde, lässt sich auf der rechten Seite nur mit zusätzlicher Iteration schließen. Für einen Investor lautet die entscheidende Frage daher nicht nur „fliegt und trifft das System?“, sondern: „Für welche konkrete Plattform, welchen Lebenszyklus und welchen Bauzustand ist diese Aussage bereits durch Evidence gedeckt – und was ist noch Roadmap?“ Geschwindigkeit entsteht nicht durch das Weglassen von Nachweisen, sondern durch frühe Klarheit darüber, welcher Scope tatsächlich entwickelt und nachgewiesen werden soll.

Quellen und Regelwerksstand

Recherchestand: 16. September 2026. NATO-Dokumente werden nur insoweit als verbindlich bezeichnet, wie sie im konkreten Vorhaben über nationale Regelungen, Vertrag, Leistungsbeschreibung oder abgestimmtes Prüfprogramm zur Anwendung kommen. Bei Normen und Allied Publications ist im Projekt stets der vertraglich vereinbarte Ausgabestand maßgeblich.

[1] **Luftfahrtamt der Bundeswehr** A1-270/4-8901 „Unbemannte Luftfahrzeugsysteme“, Version 2, gültig ab 19.01.2026. Bundeswehr: Vorschriften und Verfahren. <https://www.bundeswehr.de/de/organisation/luftwaffe/organisation-/das-luftfahrtamt-der-bundeswehr/vorschriften-und-verfahren>

[2] **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE)** Merkblatt „Kriegswaffeneinstufung von Loitering-Munition und Drohnen“, 29.06.2026. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/merkblatt-kriegswaffeneinstufung-von-loitering-munition-und-drohnen.html>

[3] **NATO MSIAC** Breiner, J.; Ferran, M.: L-297 Loitering Munitions, Februar 2024. Beschreibung der hybriden Systemklasse und der Herausforderungen für Safety and Suitability for Service (S3). <https://www.msiac.nato.int/publication/l-297-loitering-munitions/>

[4] **NATO / ASSIST** STANAG 4297, active: Guidance on the Assessment of the Safety and Suitability for Service of Non-Nuclear Munitions for NATO Armed Forces – AOP-15 Edition 3. https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=97928

[5] **U.S. Army Test and Evaluation Command** JOTP-001, Allied Ammunition Safety and Suitability for Service Assessment Testing Publication – Guidance, 08.01.2013, approved for public release; insbesondere LCEP/Test Tailoring, Sequential Testing, Build Standard und Component/AUR Testing. https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=279181

[5a] **NATO / ASSIST** AAS3P-1, Safety and Suitability for Service Assessment Testing of Non-Nuclear Munitions, Revision B Amendment 1, active, promulgated 04.12.2019. https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=278981

[6] **NATO / ASSIST** STANAG 4370 Edition 8, active, promulgated 04.06.2025: Environmental Testing – AECTP-100 Edition F & AECTP-600 Edition C. https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=203851

[7] **NATO – climatic environmental conditions** STANAG 4866 Edition 1 (2025): Climatic Environmental Conditions and Test Methods; AECTP-230 Edition B „Climatic Conditions“ (active, 06.03.2025) und AECTP-300 Edition E „Climatic Environmental Tests“ (active, 06.03.2025). AECTP-230: https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=278186 · AECTP-300: https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=119611

[8] **NATO – mechanical environmental conditions** STANAG 4867 Edition 1 (2025): Mechanical Environmental Conditions and Test Methods; AECTP-240 Edition B „Mechanical Conditions“ (active, 06.03.2025) und AECTP-400 Edition E „Mechanical Environmental Tests“ (active, 06.03.2025). AECTP-240: https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=278187 · AECTP-400: https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=119612

[9] **NATO – electrical/electromagnetic environmental conditions** STANAG 4868 Edition 1 (2025): Electrical and Electromagnetic Environmental Conditions and Test Methods; AECTP-250 Edition D „Electrical and Electromagnetic Environmental Conditions“ (active, 15.04.2025) und AECTP-500 Edition F „Electromagnetic Environmental Effects Tests and Verification“ (active, 15.04.2025). AECTP-250: https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=278188 · AECTP-500: https://quicksearch.dla.mil/qsDocDetails.aspx?ident_number=275827

[10] **SEBoK / Defense Acquisition University** System Realization und Vee Activity Diagram: Systemdefinition, Requirements Flow-down sowie frühe Planung von Verification & Validation; Integration und V&V auf der rechten Seite des V. https://sebokwiki.org/wiki/System_Realization

[11] **Bundesrecht** Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (SprengG), insbesondere § 7 Erlaubnis und § 20 Befähigungsschein. https://www.gesetze-im-internet.de/sprengg_1976/

[12] **Bundesrecht** Gesetz über die Kontrolle von Kriegswaffen (KrWaffKontrG) einschließlich Kriegswaffenliste. <https://www.gesetze-im-internet.de/kwaffkontrg/>

Ingolstadt Analytical Intelligence Services UG (haftungsbeschränkt) · Präzision in der Analyse. Sicherheit im Investment. · uav-consulting.com
