Normkonforme Qualifizierung unterstützender Werkzeuge – zielgerichtet und effizient

Mit der fortschreitenden Digitalisierung sicherheitsrelevanter Systeme im Bahnwesen rückt Software immer mehr in den Fokus. Die Normen EN 50129 und EN 50716 stellen klare Anforderungen an die Entwicklung und Verwendung von Software. Dieser Artikel beleuchtet die normkonforme Qualifizierung unterstützender Werkzeuge – die ganz oder teilweise aus Software bestehen – sowie Wege für die effiziente Umsetzung.

1. Einleitung

Wird von „Software im Bahnbereich" gesprochen, ist eine grundlegende Unterscheidung vorzunehmen, die für die Sicherheitsbetrachtung entscheidend ist: die Differenzierung zwischen Software als Teil der eigentlichen Bahnanwendung und Software in einem unterstützenden Werkzeug. Software in Dispositionssystemen, Stellwerkssteuerungen oder Zugsicherungssystemen sind Beispiele für Ersteres, während Prüfwerkzeuge, PLM/ALM-Tools (Produkt-/Application Lifecycle Management) oder Software-Entwicklungswerkzeuge zu Letzterem gehören.

Der Fokus dieses Artikels liegt auf den unterstützenden Werkzeugen (Tools) und den damit verbundenen Vorgaben der Normen EN 50716 [1] (welche die EN 50128 [2] und EN 50657 [3] konsolidiert) und EN 50129 [4].

Bei der Absicherung von unterstützenden Werkzeugen gibt es dabei zwei grundlegende Ansätze, denen in den folgenden Abschnitten immer wieder begegnet wird:

- **„Verfahrenssicherheit":** Hierbei erfolgt die Absicherung über die spezifische Art des Werkzeugeinsatzes. Die Sicherheit steht und fällt mit der korrekten Einbettung des Tools in die gesamte Werkzeugkette sowie in den zugehörigen Prozess. Ein rigoroser Nachweis hier kann bspw. durch eine Prozess-FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) erfolgen.
- **„Toolsicherheit":** Dieser Ansatz zielt auf die Absicherung des Werkzeugs selbst

Tabelle 1: Werkzeugklassen gemäß EN 50716 mit Beispielen

Werkzeugklasse	Definition	Beispiele
T1	Werkzeug ohne Einfluss auf die Bahnanwendung	Texteditor ohne Codegenerierung, Dateiablagesystem, Werkzeuge für Konfigurationsmanagement
T2 (in EN 50129: Werkzeuge, die die Sicherheit indirekt beeinflussen)	Werkzeug, das für Tests oder Verifizierung der Bahnanwendung oder Prüfung von Konfigurationsdaten der Bahnanwendung genutzt wird → Fehler im Werkzeug verursacht keinen Fehler in der Bahnanwendung, aber könnte einen eventuell bestehenden Fehler nicht aufdecken	Werkzeug für statische Codeanalyse, Testwerkzeuge, Prüfwerkzeuge für Planungs-/Projektierungsdaten
T3 (in EN 50129: Werkzeuge, die die Sicherheit direkt beeinflussen)	Werkzeug mit direktem Einfluss auf die Bahnanwendung bzw. ihre Daten → Fehler im Werkzeug können unmittelbar zu Fehlern in der Bahnanwendung führen	Entwurfswerkzeuge, Compiler, Codegenerator, Werkzeuge zur Berechnung von Parametern/Projektierungsdaten für sicherheitsrelevante Funktionen

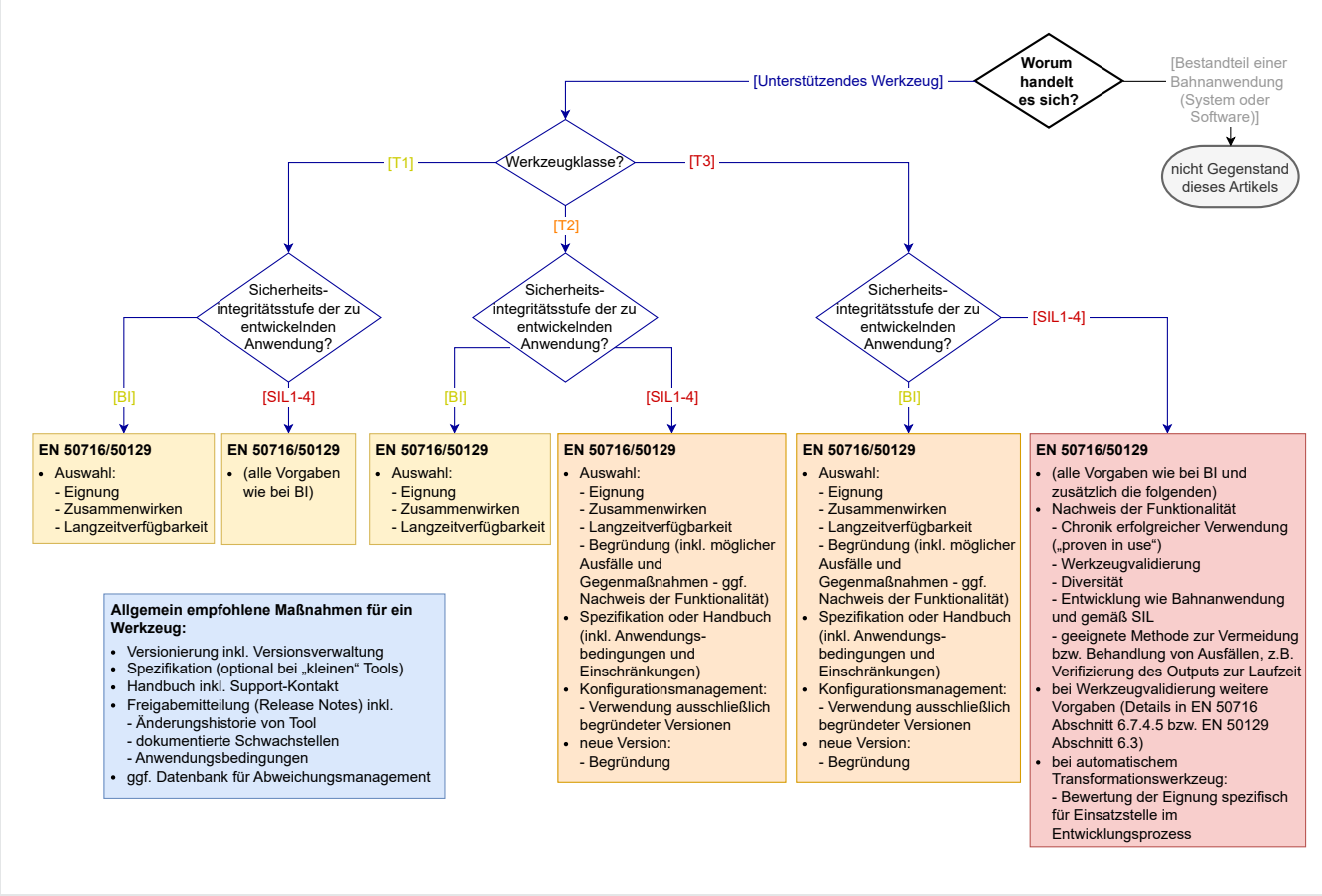
Dr. Katharina Prochazka
Systemingenieurin
NEXTRAIL Austria GmbH
katharina.prochazka@nextrail.com

Dr. David Seider
Software Consultant
NEXTRAIL GmbH
david.seider@nextrail.com

Dr.-Ing. Benedikt Wenzel
Fachbereichsleiter Railway Data, Mitglied der Geschäftsleitung
NEXTRAIL GmbH
benedikt.wenzel@nextrail.com

© DVV Media Group GmbH

Autoren-Belegexemplar, Frau Adler, Nextrail. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt.



1: Vorgaben der EN 50716 für unterstützende Werkzeuge in Abhängigkeit von der Werkzeugklasse (T1, T2, T3) und Sicherheitsintegritätsstufe (SIL1-4 oder BI (Basisintegrität)) der Funktion, für deren Entwicklung das Werkzeug genutzt wird Quelle: Autoren

ab und ist stärker von dem konkreten Einsatz losgelöst. Als Nachweis können etwa die dokumentierten Ergebnisse von Prüfungs- und Testaktivitäten bezogen auf das Werkzeug dienen.

2. Normvorgaben zu Werkzeugen

Die Verwendung von ungeeigneten oder fehlerhaften Werkzeugen bei der Entwicklung von Bahnanwendungen kann im schlimmsten Fall dazu führen, dass das Endprodukt in sicherheitsrelevanter Weise beeinträchtigt wird. Um dies zu vermeiden, definieren die bahnspezifischen Normen EN 50129 (Systemebene) und EN 50716 (SW-Entwicklung) nicht nur Anforderungen zum Entwicklungsprozess sicherheitsrelevanter Systeme, sondern auch zu den dabei genutzten Werkzeugen. Diese Vorgaben umfassen eine Klassifizierung der Werkzeuge und davon abgeleitete Anforderungen an die jeweiligen Klassen. Die EN 50716 nutzt dabei eine granularere Klassifikation mit mehr Abstufungen und detaillierteren Anforderungen als die EN 50129. Die EN 50129 enthält nur wenige allgemeine Anforderungen an Werkzeuge, und ein paar zusätzliche an solche Werkzeuge, die die Sicherheit direkt beeinflussen. Diese Vorgaben sind nahezu identisch mit den Vorgaben der EN 50716 für derartige Werkzeuge. Aus den genannten Gründen konzentriert sich die nachfolgende Darstellung auf die EN 50716.

Die EN 50716 – wie auch ihre Vorgängernormen EN 50128 und EN 50657 – unterteilt Werkzeuge in drei Klassen, je nachdem, welchen Einfluss der Output des Werkzeugs auf die Bahnanwendung bzw. den ausführbaren Code (inkl. Daten) der darin enthaltenen Software haben könnte (siehe Tabelle 1). Dabei haben Werkzeuge nicht unbedingt eine fixe Werkzeugklasse, sondern die Klassifizierung hängt davon ab, wie das Werkzeug im Entwicklungsprozess der Bahnanwendung verwendet wird.

Die für ein Werkzeug geforderten Nachweise hängen ab von der Werkzeugklasse und dem SIL (Sicherheits-Integritätslevel) der betroffenen Systemfunktion, siehe Abbildung 1. Das SIL ergibt sich aus der Einstufung der Funktion, welche entwickelt wird; Werkzeuge selbst tragen kein SIL.

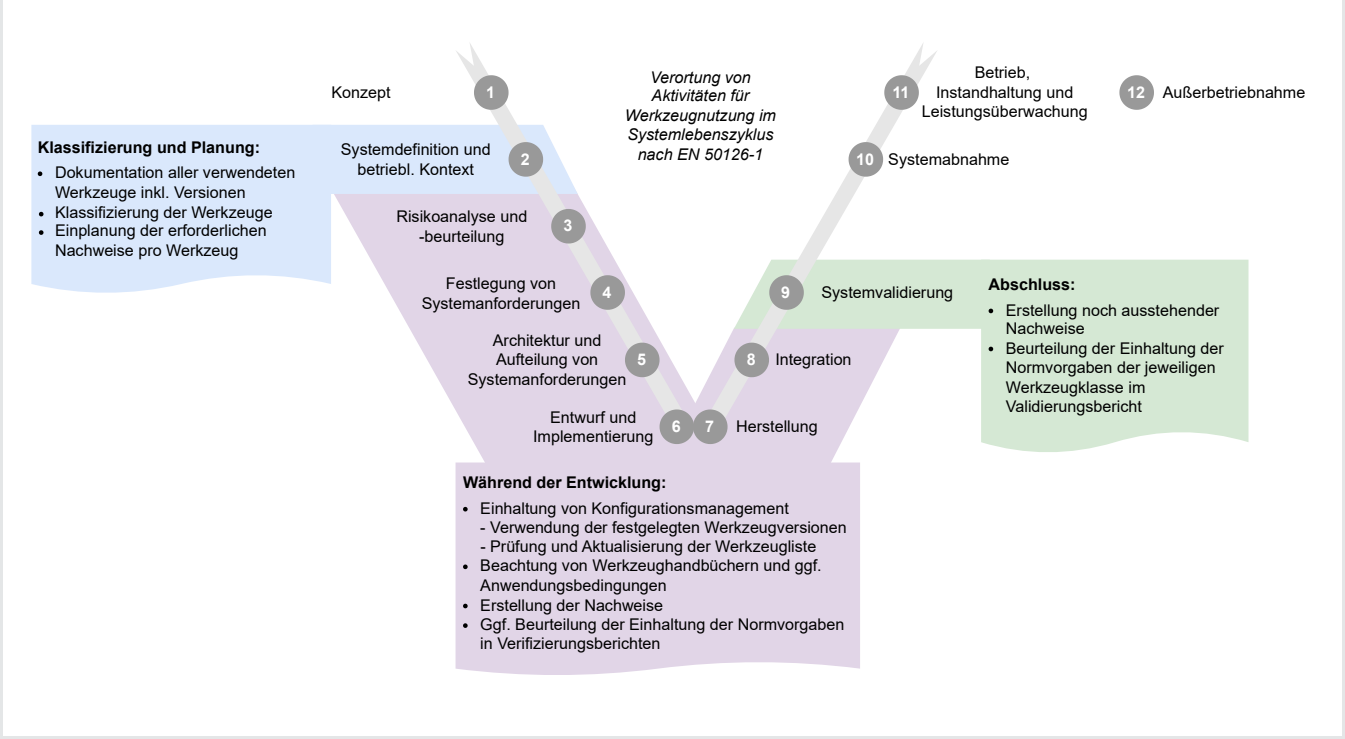
Die in Abbildung 1 ersichtlichen Anforderungen der EN 50716 richten sich zum einen an das Werkzeug selbst (z. B. Vorhandensein eines Handbuchs), zum anderen an den Prozess, welcher das Werkzeug nutzt (z. B. Auswahl des Werkzeugs muss begründet werden). Alle Vorgaben gelten nicht nur für vorgefertigte, zugekaufte Standardprodukte („commercial off-the-shelf“ / COTS), sondern auch für selbst erstellte Werkzeuge wie Hilfsskripte für Tests.

Im Zusammenhang mit Normvorgaben zu Werkzeugen sind folgende Begriffe zu unterscheiden:

- **Werkzeugklassifizierung:** Feststellung, ob es sich um ein Werkzeug der Klasse T1, T2 oder T3 handelt
- **Werkzeugqualifizierung:** Prozess, der nachweist, dass ein Werkzeug geeignet ist und korrekt funktioniert; dies beinhaltet die Begründung, warum das Werkzeug geeignet ist und wie geplant im Entwicklungsprozess eingesetzt werden darf

© DVV Media Group GmbH

Autoren-Belegexemplar, Frau Adler, Nextrail. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt.



2: Verortung von Aktivitäten für Werkzeugnutzung im Systemlebenszyklus nach EN 50126-1 Quelle: Autoren

- **Werkzeugvalidierung:** eine Möglichkeit des Nachweises der korrekten Funktionalität im Rahmen der Werkzeugqualifizierung, siehe folgender Abschnitt.

2.1. Qualifizierung von T2- und T3-Werkzeugen

Die höchsten Anforderungen werden an T3-Werkzeuge in der Entwicklung für Funktionen mit SIL 1-4 gestellt. Hier ist ein Nachweis erforderlich, dass das Ergebnis des Werkzeugs der Spezifikation entspricht bzw. Fehler im Output aufgedeckt werden und somit das Risiko für Fehler mit sicherheitsrelevanter Auswirkung minimiert wird. Ein solcher Nachweis kann auch für T2-Werkzeuge in Entwicklungen mit SIL 1-4 erforderlich sein, sofern dies aus der Analyse der möglichen Ausfälle des Werkzeugs folgt.

Für diesen Nachweis der korrekten Funktionalität und Eignung lässt die EN 50716 (wie auch die EN 50129) mehrere Möglichkeiten zu:

- Argumentation auf Basis einer Historie erfolgreicher Verwendungen / Betriebsbewährtheit („proven in use“) mit entsprechenden Analysen und Nachweisen
  ➔ diese Argumentation ist für spezialisierte Werkzeuge im Bahnkontext nur selten geeignet, da keine statistisch relevanten Häufigkeiten der Anwendung vorliegen oder die Werkzeuge im Projektkontext weiterentwickelt werden müssen
- Werkzeugvalidierung (explizite Prüfung der korrekten Funktionalität und Eignung des Werkzeugs durch Tests und Analysen) gemäß EN 50716 Abschnitt 6.7.4.5 bzw. EN 50129 Abschnitt 6.3 Punkt c)
  ➔ vergleichsweise hoher Aufwand, aber insbesondere für COTS-Werkzeuge im sicherheitsrelevanten Bereich ohne bekannte Testhistorie dennoch die aufwandsmäßig günstigste Möglichkeit des Nachweises
- Diversität der Werkzeugnutzung z. B. Nutzung von zwei unabhängigen Werkzeugen zur Berechnung und sicherer Vergleich der Ergebnisse
  ➔ doppelter Entwicklungs- oder Beschaffungsaufwand, welcher nur für weniger komplexe Toolfunktionen durch eingesparten Validierungsaufwand kompensiert wird. Zudem wird ein sicherer Vergleich der Ergebnisse beider Werkzeuge benötigt, z. B. gestützt durch menschliche Prüfungen.
- Konformität des Entwicklungsprozesses des Werkzeugs selbst mit einem bestimmten SIL
  ➔ höchster Aufwand, der in der Regel nur bei einer gleichzeitigen Entwicklung des Werkzeugs mit einem System (SIL>0) eine mögliche Wahl darstellt
- andere geeignete Methoden z. B. Verfahrenssicherheit in Form von menschlicher Verifizierung des Outputs bei jeder Verwendung
  ➔ dies erfordert den geringsten Aufwand während der Entwicklung, bedingt aber ggf. aufwändige Prüfungen der Ergebnisse während der Anwendung des Werkzeugs. Der Anwender ist verantwortlich für den Output des eingesetzten Werkzeugs. Dies erfordert eine Kontrollierbarkeit durch den Menschen durch menschenlesbare Artefakte (z. B. auf Prüfsummen reduzierte Informationen oder flache Tabellen statt stark verzweigter, komplexer XML-Dokumente). Trotz der Einschränkungen und Nachteile stellt dies die heute verbreitetste Form dar.

3. Einbettung in den Entwicklungsprozess sicherheitsrelevanter Anwendungen

Unabhängig von der Werkzeugklasse sind folgende Schritte zur effizienten Einbettung aller Werkzeuge in den Entwicklungsprozess für sicherheitsrelevante Anwendungen notwendig bzw. zu empfehlen:

- Dokumentation aller verwendeten Werkzeuge inkl. Versionen z. B. als Werkzeugliste in einem Konfigurationsmanagementplan

© DVV Media Group GmbH

Autoren-Belegexemplar, Frau Adler, Nextrail. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt.

- Klassifizierung der Werkzeuge, um die notwendigen Nachweise in Abhängigkeit von Werkzeugklasse und SIL der relevanten Bahnanwendung abzuleiten
- Einplanung und Erstellung der erforderlichen Nachweise pro Werkzeug z. B. Werkzeugvalidierungsberichte oder Nachweis der Absicherung durch den Nutzungsprozess (Verfahrenssicherheit)
- Einhaltung von Konfigurationsmanagement
  - Verwendung der korrekten Werkzeugversionen bei der Entwicklung
  - periodische Überprüfung und Aktualisierung der Werkzeugliste
- Beachtung des Werkzeughandbuchs und ggf. vorhandener Anwendungsbedingungen bei der Nutzung
- Beurteilung der Einhaltung der Normvorgaben der jeweiligen Werkzeugklasse im Verifizierungs- und Validierungsbericht

Abbildung 2 zeigt, wo diese Schritte im Systemlebenszyklus nach EN 50126-1 [5] typischerweise durchgeführt werden. Für den SW-Lebenszyklus nach EN 50716 gelten die analogen Phasen (SW-Planungsphase – Entwicklungsphasen von SW-Anforderungen bis zur Integration – SW-Validierungsphase).

4. Beispiele aus der Praxis

Die folgenden anonymisierten Beispiele illustrieren, wie die Qualifizierung von Software-Werkzeugen in der Praxis umgesetzt werden kann.

4.1. Diversität

Ein Ansatz zur Absicherung ist die mehrfache, voneinander unabhängige Implementierung derselben Funktionalität.

- **Anwendungsfall:** Ein T3-Werkzeug wird zur Berechnung von Parametern für eine Bremssteuerung eingesetzt.
- **Umsetzung:** Die Berechnung erfolgt parallel mit einem Excel-Tool und einer diversitär in Python implementierten kompakten Lösung. Die Ergebnisse – überschaubar in der Anzahl – werden anschließend manuell abgeglichen, um die Übereinstimmung sicherzustellen.

4.2. Prüfung des Outputs

Eine weitere Methode ist die gezielte Überprüfung der Ergebnisse, die ein einzelnes Werkzeug (nicht diversitär) erzeugt. Dies ist ein typisches Vorgehen gemäß dem Ansatz der „Verfahrenssicherheit“ (siehe Einleitung).

- **Anwendungsfall:** Ein Werkzeug zur Erstellung von Planungs-/Projektierungsdaten eines sicherheitsrelevanten Systems wird eingesetzt.
- **Umsetzung:** Das Ausgangsprodukt wird als menschenlesbares Artefakt (Plan, Tabelle, …) ausgegeben und durch den Anwender (und/oder eine separate Prüfrolle) auf Korrektheit geprüft.

4.3. Entwicklung nach Normvorgaben

Hierbei wird eine bestehende Software-Entwicklung in einen normkonformen Prozess überführt.

- **Anwendungsfall:** Ein angepasstes Virtualisierungsframework soll in einer sicherheitskritischen Anwendung zum Einsatz kommen.
- **Umsetzung:** Eine Open-Source-Software-Entwicklung (OSS) wird „downstream“, also nach ihrer ursprünglichen Entwicklung, in einen Entwicklungsprozess überführt, der Spezifikation, vollständige Testabdeckung und andere wesentliche Elemente umfasst, wie sie von der EN 50716 gefordert werden. Modifikationen und Erweiterungen erfolgen zielgerichtet und ausschließlich nach Bedarf.
- **Wichtiger Hinweis:** Bei der beschriebenen Umsetzung müssen die Lizenzbedingungen der verwendeten Software unbedingt beachtet werden.

4.4. Werkzeugvalidierung

Werkzeugvalidierung ist eine der Methoden, die dem Ansatz der „Toolsicherheit“ folgen, indem das Werkzeug selbst umfassend geprüft wird.

- **Anwendungsfall:** Ein Codegenerator, der mathematisch formulierte Berechnungsvorschriften in Quellcode umsetzt.
- **Umsetzung:** Das Werkzeug wird vor seinem Einsatz mithilfe einer sogenannten Validierungssuite und weitestgehend automatisierter Tests systematisch und gründlich geprüft. Insbesondere durch das Verfolgen einer geeigneten Validierungsstrategie lassen sich die Aufwände dafür in Grenzen halten.
- **Ausblick:** Detaillierte Informationen zur Werkzeugvalidierung sowie Validierungssuites werden in einem nachfolgenden Artikel behandelt (siehe Fazit).

5. Good Practices

Um die Werkzeugqualifizierung effizient und zielgerichtet zu gestalten, haben sich in der Praxis einige Vorgehensweisen bewährt, die im Folgenden vorgestellt werden.

5.1. Werkzeugkette und Toollandschaft im Blick behalten

Eine grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Qualifizierung ist ein vollständiger Überblick über die eingesetzten Werkzeuge.

- **Übersicht erstellen:** Es sollte eine Übersicht über die gesamte Werkzeugkette und Toollandschaft erstellt und kontinuierlich aktuell gehalten werden.
- **Nachvollziehbare Einstufung:** Diese Übersicht muss eine nachvollziehbare Einstufung der Werkzeuge in die Klassen T1, T2 oder T3 enthalten. Dies gelingt am besten, indem die Einbettung des jeweiligen Tools in den Entwicklungsprozess dargestellt wird.
- **Entscheidungsgrundlage:** Zusammen mit organisatorischen und kommerziellen Randbedingungen bildet diese Übersicht die Basis für die Entscheidung, welche Qualifizierungsmethode für ein Werkzeug am besten geeignet ist. Hinweis: Bei hohen Nachweisaufwänden, geringer Anwendungshäufigkeit oder ausgeprägter projektspezifischer Varianz erweist sich Verfahrenssicherheit in vielen Fällen als der effizientere Ansatz gegenüber Toolsicherheit.

5.2. Bewährte „Abkürzungen“ nutzen

Für einige Werkzeuge gibt es etablierte Wege, den Qualifizierungsaufwand zu reduzieren:

- **Zertifizierte Tools:** Die Verwendung von bereits zertifizierten Werkzeugen kann den Prozess erheblich vereinfachen. Allerdings gehen damit häufig spezifische Vorgaben für die Anwendung des Tools (einsetzbare Versionen, Konfiguration, etc.) und die umgebende Werkzeugkette (Anforderungen an Input-Daten, etc.) einher, die beachtet werden müssen.
- **Tool Qualification Kits:** Sofern vom Hersteller bereitgestellt, sollte der Einsatz von „Tool Qualification Kits“ in Betracht gezogen werden, in dem ein großer Teil der Vorarbeiten und Vorkehrungen für

© DVV Media Group GmbH
Autoren-Belegexemplar, Frau Adler, Nextrail. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt.

eine Werkzeugqualifizierung zur Verfügung gestellt wird. Diese liefern bereits einen Großteil der benötigten Nachweise und Dokumente. Für manche Compiler, Modellierungstools oder Testwerkzeuge liegen solche Qualifikationspakete vor.

5.3. Anwendungskomplexität des Tools berücksichtigen

Manche Werkzeuge sind in der Anwendung komplex, sodass leicht Fehlbedienungen auftreten können. Selbst wenn die Werkzeuge „formal" bereits qualifiziert sind, stellt ihre Anwendungskomplexität ein Sicherheitsrisiko dar, das durch menschliche Fehler entstehen kann und adressiert werden sollte.

Mit folgenden Maßnahmen könnte beispielsweise in solchen Fällen die Sicherheit erhöht werden:

- **Schulungen:** Um Fehlbedienungen vorzubeugen, ist eine angemessene Qualifikation der Anwender unerlässlich. Insbesondere bei komplexen Werkzeugen ist eine nachweisbare Erfahrung des Entwicklers oder Anwenders mit der Bedienung des Tools eine wichtige Maßnahme, um systematische Fehler zu vermeiden.
- **Plausibilisierung des Tool-Outputs:** Eine weitere wirksame Maßnahme ist die Prüfung der Ergebnisse, die ein Werkzeug liefert. Dies kann durch eine Kombination aus Tests, Analysen und Überprüfungen geschehen, die geeignet sind, die Richtigkeit und Plausibilität des Outputs und damit die korrekte Anwendung sicherzustellen. Standard-Tools bieten oft bereits interne Konsistenz- und Plausibilitätsprüfungen an, die vom Anwender genutzt werden sollten, um fehlerhafte Ausgabedaten zu vermeiden.

5.4. Empfohlene Mindestanforderungen an Werkzeuge beachten

Für alle eingesetzten Werkzeuge und deren Entwicklungsprozess sollten gewisse Mindestanforderungen gelten. Dazu gehören:

- **Versionierung:** Eine durchgängige Versionierung, die durch eine Versionsverwaltung unterstützt wird.
- **Spezifikation:** Eine klare Spezifikation des Werkzeugs. Bei „kleinen" bzw. unkritischen Tools darf eine Spezifikation fehlen, solange ein Handbuch vorhanden ist. Ferner ist bei Kauftools oft der Zugriff auf die Spezifikation nicht möglich; in diesem Fall sollten Handbuch und Freigabemitteilungen ausführlich genug sein, um eine nachvollziehbare Klassifizierung und eine Qualifizierung des Werkzeugs zu ermöglichen.
- **Handbuch:** Ein Benutzerhandbuch, das auch einen Support-Kontakt enthält. Bei kleinen unterstützenden Skripten kann dies z. B. in Form eines Hilfetextes bereitgestellt werden.
- **Freigabemitteilung:** Eine Freigabemitteilung, die folgende Informationen beinhaltet:
  - Änderungshistorie des Werkzeugs
  - Dokumentierte Schwachstellen
  - Anwendungsbedingungen

  (Bei kleinen Tools können diese Inhalte ebenfalls Bestandteil des Hilfetextes sein.)
- **ggf. Abweichungsmanagement:** Gegebenenfalls kann eine Datenbank sinnvoll sein, in der für das Werkzeug bekannte Fehler und Abweichungen von Spezifikation und erwartetem Verhalten dokumentiert werden. Bei der Entwicklung von Software-Tools werden z. B. häufig sogenannte Issue-Tracking-Systeme eingesetzt, mit denen das Abweichungsmanagement umgesetzt wird.

6. Abschluss und Ausblick

Es lässt sich festhalten, dass unterstützende Werkzeuge, die bei der Entwicklung von Bahnanwendungen zum Einsatz kommen und direkt Fehler einbringen oder bei der Entdeckung von Fehlern versagen können, qualifiziert werden müssen.

Dafür stehen verschiedene normkonforme Möglichkeiten zur Verfügung. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Auswahl einer geeigneten Methode, die eine pragmatische, aber dennoch effektive Umsetzung ermöglicht. Für eine vertiefte Betrachtung der Werkzeugvalidierung wird auf einen Fachartikel der Autor:innen verwiesen, der in SIGNAL+DRAHT 9/2026 unter dem Titel „Normkonforme Werkzeugvalidierung – zielgerichtet und effizient" erscheinen wird.

Letztlich ist die Qualifizierung von Entwicklungswerkzeugen ein wichtiger Bestandteil der Sicherheit im Bahnbereich – für den dieser Beitrag praxistaugliche Wege aufzeigt. •

Literatur

[1] DIN EN 50716:2024 Bahnanwendungen – Anforderungen für die Softwareentwicklung; Deutsche Fassung EN 50716:2023 inkl. Berichtigung 1.
[2] DIN EN 50128:2012 Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme; Deutsche Fassung EN 50128:2011 + DIN EN 50128/A1:2020 + DIN EN 50128/A2:2020.
[3] DIN EN 50657:2017 Bahnanwendungen – Anwendungen für Schienenfahrzeuge – Software auf Schienenfahrzeugen; Deutsche Fassung EN 50657:2017 + DIN EN 50657/A1:2024.
[4] DIN EN 50129:2019 Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Sicherheitsbezogene elektronische Systeme für Signaltechnik; Deutsche Fassung EN 50129:2018 + AC:2019.
[5] DIN EN 50126-1:2018 Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS-Prozess; Deutsche Fassung EN 50126-1:2017.

Summary

Standard-compliant qualification of supporting tools – targeted and efficient

This article explains the standard-compliant qualification of supporting (software) tools in the railway sector following EN 50129 and EN 50716. Tool qualification, the process of proving a tool's suitability and correct functionality, is an important factor in ensuring the safety of railway applications. The article focuses on tools that can introduce or fail to detect errors, describing different qualification methods with examples and showing good practices for efficient tool qualification.

© DVV Media Group GmbH

Autoren-Belegexemplar, Frau Adler, Nextrail. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt.