

# SISTEMA – Erste Schritte

## 1 Einleitung

Diese Publikation beschreibt die ersten Schritte mit dem Software-Assistenten SISTEMA (**S**icherheit von **S**teuerungen an **M**aschinen) und verweist dabei auf die Internetpräsenz und Publikationen des IFA. Alle genannten IFA-Publikationen können kostenlos als PDF-Dateien in deutscher und in englischer Sprache heruntergeladen werden. Druckversionen sind bis auf wenige Ausnahmen nicht verfügbar. Die meisten der genannten Links sind auch über das Hilfemenü von SISTEMA aufzurufen.

## 2 Einführung in SISTEMA, Download und Installation

Der Software-Assistent SISTEMA bietet Hilfestellung bei der Bewertung der Sicherheit von Steuerungen im Rahmen der EN ISO 13849-1. Das Windows-Tool bildet die Struktur der sicherheitsbezogenen Steuerungsteile auf der Basis der sogenannten vorgesehenen Architekturen nach und berechnet Zuverlässigkeitswerte auf verschiedenen Detailebenen einschließlich des erreichten Performance Level (PL).

Risikoparameter zur Bestimmung des erforderlichen Performance Level ( $PL_r$ ), die Kategorie, die Maßnahmen gegen Fehler gemeinsamer Ursache (CCF) bei mehrkanaligen Systemen, die mittlere Bauteilgüte ( $MTTF_D$ ) und die mittlere Testqualität ( $DC_{avg}$ ) von Bauelementen bzw. Blöcken lassen sich Schritt für Schritt erfassen. Die Auswirkung jeder Parameteränderung auf das Gesamtsystem wird direkt angezeigt und kann als Report ausgedruckt werden.

Grundlegende Beschreibungen und Fachartikel zu SISTEMA finden sich auf der SISTEMA-Homepage <http://www.dguv.de/webcode/d11223> unter den „Weiterführenden Informationen“. Auf dieser Seite befindet sich auch eine Schaltfläche mit Downloadmöglichkeit der jeweils aktuellen SISTEMA-Version. Die in SISTEMA verwendeten Softwarekomponenten sowie die Systemanforderungen können ebenfalls auf der SISTEMA-Homepage nachgelesen werden.

Grundsätzlich wird empfohlen, immer die neueste Programmversion zu benutzen. Mit jeder neuen Version werden Softwarefehler behoben und die Funktionalität sowie die Gebrauchstauglichkeit verbessert. Alle Installationsdateien der bisherigen Versionen und gelegentlichen Betaversionen stehen zum Download unter: [www.dguv.de/webcode/d99240](http://www.dguv.de/webcode/d99240). Eine Registrierung für den SISTEMA-Newsletter ist hier nicht möglich, kann aber nachträglich aus SISTEMA heraus erfolgen (Abschnitt 7).

Es ist möglich, mehrere SISTEMA-Versionen auf einem Rechner zu installieren. Dazu müssen die Installationsordner unterschiedlich benannt werden. Beispiel:

- SISTEMA-Version 1.1.9 ist installiert im Verzeichnis C:\Programme\SISTEMA119 und
- Version 2.0.4 im Verzeichnis C:\Programme\SISTEMA204.

Eine Readme-Datei befindet sich im Installationsverzeichnis. SISTEMA zeigt diese an, wenn im Navigationsfenster die erste Zeile „Projekte“ angeklickt wird. Weitere Hinweise zur Installation und

Deinstallation finden sich in der Publikation „SISTEMA – Häufig gestellte Fragen“  
[www.dguv.de/webcode/m757251](http://www.dguv.de/webcode/m757251).

**Lizenzrechtliche Hinweise:** SISTEMA ist Freeware und darf gewerblich, für Lehrzwecke und für den privaten Gebrauch genutzt werden. Die Weitergabe von SISTEMA an Dritte ist erlaubt, dann empfiehlt sich eine nachträgliche Registrierung über das SISTEMA-Menü. Eine Veränderung von SISTEMA oder ein Downloadangebot von fremden Servern aus ist nicht gestattet.

**Haftungsausschluss:** Die Software wurde gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik sorgfältig erstellt und steht unentgeltlich zur Verfügung. Die Haftung von IFA/DGUV ist damit auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit (§ 521 BGB) bzw. bei Sach- und Rechtsmängeln auf arglistig verschwiegene Fehler beschränkt (§§ 523, 524 BGB).

Das IFA ist bemüht, seine Homepage virenfrei zu halten, gleichwohl kann keine Virenfreiheit der zur Verfügung gestellten Software und Informationen zugesichert werden. Nutzerinnen und Nutzern wird daher empfohlen, vor dem Herunterladen von Software, Dokumentationen oder Informationen selbst für angemessene Sicherheitsvorkehrungen und Virenscanner zu sorgen.

### 3 Einführung in die Steuerungsnorm EN ISO 13849

Wichtige Voraussetzung zur Arbeit mit SISTEMA ist, dass die Anwendung der Normenreihe EN ISO 13849 verstanden wird. Dies gilt auch für die Nutzung von anderen Bewertungstools. Die Teilnahme an entsprechenden Schulungen ist hier sinnvoll.

SISTEMA unterstützt die Anwendung der Norm EN ISO 13849 für sicherheitsgerichtete Steuerungen an Maschinen. Die Informationen zu dieser Normenreihe stellt das IFA zur Verfügung unter:  
[www.dguv.de/webcode/d18471](http://www.dguv.de/webcode/d18471).

Weitere Informationen, Anleitungen und viele Beispiele zur Norm finden Sie in den Reports des IFA. Zu jedem Report wurden passende Schaltungsbeispiele mit SISTEMA berechnet, sie sind als SISTEMA-Projekte auf der Internetseite des Reports zum Download verfügbar. Eine allgemeine Einführung in die Norm mit 37 Schaltungsbeispielen für alle Technologien bietet der BGIA-Report 2/2008: [www.dguv.de/webcode/d18588](http://www.dguv.de/webcode/d18588).

Speziell zu „Sicheren Antriebssteuerungen mit Frequenzumrichtern“ steht der IFA-Report 7/2013 mit 15 Schaltungsbeispielen zur Verfügung: [www.dguv.de/webcode/d639540](http://www.dguv.de/webcode/d639540).

### 4 Projektierungsablauf in SISTEMA

Der typische Projektierungsablauf zur Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit von sicherheitsbezogenen Steuerungsteilen ist im Folgenden dargestellt. Vorgehensweisen und Tipps sind in den unten zitierten SISTEMA-Kochbüchern beschrieben, siehe [www.dguv.de/webcode/d109240](http://www.dguv.de/webcode/d109240). Grundlegende Begriffe und Abkürzungen finden sich im SISTEMA-Kochbuch 1, Anhänge A und B.

#### 4.1 Definition der Sicherheitsfunktionen

Für die spätere Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit einer Sicherheitsfunktion ist es erforderlich zu wissen, welche Bauteile in einer Sicherheitsfunktion verwendet werden und welche nicht.

Eine exakte Definition der Sicherheitsfunktionen ist daher unabdingbar für die nächsten Schritte (siehe SISTEMA-Kochbuch 6 mit Beispielen).

## **4.2 Prinzipschaltbild mit Funktions- und Testkanälen**

Für jede Sicherheitsfunktion wird mit den relevanten Bauteilen das Prinzipschaltbild erstellt. Dazu gehören alle Bauteile, deren Ausfall die Ausführung der Sicherheitsfunktion in einem Funktionskanal (redundante Strukturen verfügen über zwei Funktionskanäle) beeinträchtigen kann. Weiterhin gehören dazu alle Testeinrichtungen, die solche gefährlichen Ausfälle erkennen und einen sicheren Zustand einleiten. Ein Prinzipschaltbild zeigt z. B. die elektrische Verschaltung von Positionsschaltern, Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) und Schützen und den Verlauf des Stromflusses vom Sensor über die Signalverarbeitung bis zum Aktor (siehe SISTEMA-Kochbuch 1, Kapitel 2 mit Beispielen).

## **4.3 Vom Prinzipschaltbild zum sicherheitsbezogenem Blockdiagramm**

Als nächster Schritt erfolgt für jede Sicherheitsfunktion eine Transformation in die logische Darstellung des sicherheitsbezogenen Blockdiagramms. Durch die Transformation werden die Bauteile des Prinzipschaltbilds sogenannten Subsystemen zugeordnet, mit denen in SISTEMA die Sicherheitsfunktion abgebildet wird.

Bei der Darstellung als sicherheitsbezogenes Blockdiagramm sind nicht mehr die physikalischen Verbindungen der Bauteile relevant, sondern die logischen Zusammenhänge. Jedes Bauteil in einer Sicherheitsfunktion ist Bestandteil einer bestimmten Struktur. Diese Struktur wird in DIN EN ISO 13849-1 als Kategorie bezeichnet und in SISTEMA als Subsystem zusammengefasst. Die Aneinanderreihung der Subsysteme mit ihrer jeweiligen Kategorie stellt eine Sicherheitsfunktion als sicherheitsbezogenes Blockdiagramm dar. Die Reihenfolge der Subsysteme ist für die spätere Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit beliebig (siehe SISTEMA-Kochbuch 1, Kapitel 3 mit Beispielen, Ablaufdiagramm in Anhang E).

Die Ausfallwahrscheinlichkeit nach der vereinfachten Methode der DIN EN ISO 13849-1 zu ermitteln setzt voraus, dass die realisierte Steuerung einer der vorgesehenen Architekturen für die Kategorien entspricht. Ist dies nicht der Fall, kann die vereinfachte Methode nicht angewendet werden. Manchmal reicht jedoch eine geringfügige – gedankliche – Anpassung aus, um eine Abbildung auf eine vorgesehene Architektur zu ermöglichen. Im SISTEMA-Kochbuch 4 werden einige dieser Fälle erläutert (siehe SISTEMA-Kochbuch 4, mit Beispielen).

## **4.4 Übertragung des Blockdiagramms nach SISTEMA**

Jetzt erst werden für jede Sicherheitsfunktion – entsprechend dem Blockdiagramm – die Struktur (ein- oder zweikanalig) und die Bauteile der Kanäle nach SISTEMA übertragen. Dazu werden Projekte angelegt, die wiederum die Sicherheitsfunktionen mit ihren Bauteilen enthalten (siehe SISTEMA-Kochbuch 1, Kapitel 4 mit Beispielen).

## 5 Anwendung von Bauteile-Bibliotheken

Sicherheitsbezogene Steuerungsteile werden in der Software SISTEMA aus Subsystemen, Blöcken und Elementen – im Allgemeinen käufliche Komponenten für den industriellen Einsatz – projiziert, für die bei der Anwendung diverse Kenndaten und Informationen eingegeben werden. Die Komponentenhersteller beschreiben diese Daten z. B. in Datenblättern oder Katalogen, können sie aber auch in Form von SISTEMA-Bibliotheken anbieten. Vorteil: Diese Daten lassen sich schnell und fehlerfrei aus einer Bibliothek in ein SISTEMA-Projekt kopieren. Detaillierte Informationen zur Erstellung von und zum Arbeiten mit Bibliotheken bietet das SISTEMA-Kochbuch 5 mit Beispielbibliotheken zum Download.

In einer Liste [www.dguv.de/webcode/d92599](http://www.dguv.de/webcode/d92599) wird auf die dem IFA bekannten Herstellerfirmen verwiesen, die bereits SISTEMA-Bibliotheken anbieten. Die Liste kann direkt aus dem SISTEMA-Bibliotheksfenster aufgerufen werden (Menü „Hilfe -> Hersteller Bibliotheken“). Interessierte Hersteller, die SISTEMA-Bibliotheken bereitstellen möchten, erhalten weitere Informationen ebenfalls im SISTEMA-Kochbuch 5.

Mittlerweile werden Bibliotheken für Kennwerte von Steuerungsbauteilen nicht nur im SISTEMA-Format, sondern auch im Format des VDMA-Einheitsblattes 66413 angeboten, siehe: <http://ea.vdma.org/article/-/articleview/949939>.

## 6 Weitere Informationen zu SISTEMA

Als Referenz für die Programmoberfläche und -funktionen enthält SISTEMA eine Hilfedatei (Menü „Hilfe -> Hilfe“, Tastenkombination „F1“).

Spezielle technische Informationen finden sich im SISTEMA-Kochbuch 2 „Verwendung von Netzwerkbibliotheken“ sowie im SISTEMA-Kochbuch 3 „Mehrere SISTEMA-Instanzen parallel ausführen (Terminal Server)“.

Auch für frühere SISTEMA-Versionen sind die entsprechenden älteren SISTEMA-Kochbücher noch verfügbar, siehe: [www.dguv.de/webcode/d1008784](http://www.dguv.de/webcode/d1008784).

Die SISTEMA-Fehlerliste dokumentiert fortlaufend bekannte Fehler für die angegebene SISTEMA-Version und eine mögliche Abhilfe, siehe: [www.dguv.de/webcode/m757252](http://www.dguv.de/webcode/m757252).

Die Publikation „SISTEMA – Häufig gestellte Fragen“ wird fortlaufend aktualisiert, siehe: [www.dguv.de/webcode/m757251](http://www.dguv.de/webcode/m757251).

Die vorliegende Publikation „SISTEMA – Erste Schritte“ ist unter [www.dguv.de/webcode/m1221152](http://www.dguv.de/webcode/m1221152) verfügbar.

## 7 Registrierung, Updates und SISTEMA-Newsletter

Zur Software SISTEMA erscheint gelegentlich ein Newsletter. Beim Download der Software kann man ihn bestellen und er wird an die eingegebenen E-Mail-Adressen versandt. Weitere Angaben werden nicht erhoben.

Dieser Newsletter informiert über neue Programmversionen und weiterführende Informationen für die Anwendung von SISTEMA. Aber auch kritische Softwarefehler werden per Newsletter bekannt gegeben. Es sollte sichergestellt werden, dass die E-Mail des IFA mit dem Absender [sistema@dguv.de](mailto:sistema@dguv.de) nicht durch SPAM-Filter o. Ä. blockiert wird. Beim Download bzw. beim Erhalt jedes Newsletters kann man seine E-Mail-Adresse wieder aus der Registrierungsdatenbank löschen.

Man kann sich auch nachträglich für den Newsletter registrieren oder prüfen, ob eine aktuellere SISTEMA-Version verfügbar ist (in SISTEMA, Menü „Hilfe -> Versionsüberprüfung/Registrierung“).

Die bisher erschienenen SISTEMA-Newsletter stehen als PDF-Dateien in einem Archiv zur Verfügung: <http://www.dguv.de/webcode/d99237>.

## **8 Support und Schulungen**

SISTEMA kann auch kommerziell kostenfrei genutzt werden. Daher ist nur ein eingeschränkter Support durch das IFA möglich. Fragen zur Installation, Hinweise zu Programmfehlern oder gerne auch Verbesserungsvorschläge richten Sie bitte an: [sistema@dguv.de](mailto:sistema@dguv.de).

Das IFA kann aus zeitlichen Gründen keine Firmenschulungen anbieten. Es schult nur Beschäftigte der Berufsgenossenschaften und Unfallkassen. Einige Berufsgenossenschaften bieten jedoch Schulungen an. Im Internet finden sich bei der Suche nach „Schulung“, „Seminar“ und „SISTEMA“ mehrere externe Anbieter von Schulungen.

## **9 Informationen über die neue Normenausgabe und SISTEMA 2.0**

Im Juni 2016 ist die deutsche Fassung der dritten Ausgabe der DIN EN ISO 13849-1 erschienen. Über die Änderungen gegenüber der zweiten Ausgabe informiert diese Publikation: [www.dguv.de/webcode/m812394](http://www.dguv.de/webcode/m812394).

2016 wurde auch eine völlig überarbeitete und erweiterte SISTEMA-Version 2 veröffentlicht. Die wesentlichen Neuerungen stellt folgende Publikation dar: [www.dguv.de/webcode/m1242008](http://www.dguv.de/webcode/m1242008).

**Autoren:** Michael Huelke, Andy Lungfiel  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Sankt Augustin

# SISTEMA 2.0

## Die wesentlichen Neuerungen im Überblick

### Übersicht

Diese Information bezieht sich auf SISTEMA 2.0 mit der erstmaligen Freigabeversion 2.0.6.

### 1 Einleitung

Die wesentlichen Neuerungen in SISTEMA 2.0 ergeben sich durch folgende Anlässe:

- Änderungen in der 3. Ausgabe der DIN EN ISO 13849-1:2016 [1], beschrieben in der IFA-Information [2]. SISTEMA 1.x.x bezieht sich auf die 2. Ausgabe der Norm.
- Implementierung einer Importschnittstelle und einer zusätzlichen Bedienoberfläche für Kennwert-Bibliotheken im Format des VDMA<sup>1</sup>-Einheitsblattes 66413 [3]
- Erweiterung der Datenbasis (Werte und Textfelder) aufgrund von Verbesserungsvorschlägen aus der praktischen Anwendung
- Weitere aus der Praxis gewünschte Funktionen.

Diese Information beschreibt zunächst die Konvertierung von Projekten und Bibliotheken der Version 1.x.x. In den darauf folgenden Kapiteln werden dann die Neuerungen der Struktur eines SISTEMA-2.0-Projektes dargestellt und die geänderten Registerkarten für Projekte, Subsysteme, Blöcke und Elemente beschrieben. Wer diese Information liest, kann sich parallel ein Projekt in SISTEMA 2.0 laden oder ein neues Projekt erstellen und dabei die beschriebenen Neuerungen systematisch erkunden. In weiteren Kapiteln werden Neuerungen in den übrigen Teilen der SISTEMA-Oberfläche beschrieben und abschließend restliche Themen behandelt.

### 2 Konvertierung von Projekten und Bibliotheken der Version 1.x.x

Die Projekt- und Bibliotheksdateien der Versionen 1.x.x und 2.x.x unterscheiden sich grundlegend. Daher müssen die Projekte und Bibliotheken einmal aus dem alten in das neue Format konvertiert werden. Dateien im Format 2.x.x können danach nicht mehr mit älteren SISTEMA-Versionen 1.x.x geöffnet werden. Nach erfolgter Konvertierung bleiben die alten Dateien erhalten. Das Verhalten ist dabei unterschiedlich:

- Wenn **Projektdateien** im alten Format geöffnet werden, dann konvertiert SISTEMA 2.x.x diese beim Einlesen in den Arbeitsspeicher direkt in das neue Format. Es erscheint dazu ein Hinweisfenster zur Versionsdifferenz. Die Hinweise auf evtl. automatisch gesetzte oder ergänzte Daten sind zu beachten.

---

<sup>1</sup> VDMA: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau ([www.vdma.org](http://www.vdma.org))

Nun kann das konvertierte Projekt in einer neuen Projektdatei im neuen Format abgespeichert werden. Es wird dabei verhindert, dass die alte Projektdatei überschrieben wird. Sollte das Projekt ohne zu speichern wieder geschlossen werden, entsteht keine konvertierte Projektdatei.

- Wenn **Bibliotheksdateien** im alten Format geöffnet werden, dann erscheint zunächst ein Abfragefenster zur Konvertierung. Danach konvertiert SISTEMA 2.x.x diese Bibliothek beim Einlesen in den Arbeitsspeicher direkt in das neue Format und speichert zusätzlich die konvertierte Bibliothek **automatisch unter dem Ursprungsnamen**. Die Ursprungsdatei wird als Backup-Datei im alten Format unter dem Namen „<AlterDateiname>\_Backup.slb“ gespeichert. Darüber informiert ein weiteres Hinweisfenster.

Bei der Konvertierung von Projekten und Bibliotheken müssen in seltenen Fällen einige Textfelder gekappt werden (siehe Kapitel 3). Diese Kappungen werden protokolliert und es erscheinen entsprechende Hinweisfenster. Diese Textfelder können dann in der Ursprungsdatei angepasst und nochmals konvertiert werden. Schreibgeschützte Bibliotheken kann man nicht konvertieren.

### 3 Anpassung der Datenstruktur, der Tabellen und Datenfelder

Aufgrund der bereits dargestellten Anlässe, SISTEMA 2.0 zu entwickeln, ist die Anzahl der Datenfelder stark gestiegen. Weiterhin wurde schon mit der Version 1.1.9 ein Wechsel der Zeichendarstellung auf Unicode vollzogen. Textzeichen werden anstatt durch ein Byte jetzt durch vier Bytes repräsentiert. Damit wird SISTEMA auch für Sprachen mit einem erweiterten Zeichensatz zugänglich. In SISTEMA 2.0 ist eine japanische Sprachversion enthalten.

Die XML-Datenstruktur der Projektdatei wurde vereinfacht. Die Daten werden in wenigen XML-Tabellen zusammengefasst. Dadurch wird ein Projekt schneller eingelesen und geschrieben.

Die SQL-Datenstruktur der SISTEMA-Bibliothek wurde hingegen um einige Tabellen erweitert, um die vielen zusätzlichen Datenfelder speichern zu können. Die SQL-Tabellen der SISTEMA-Bibliotheken sind durch die verwendete lizenzfreie Datenbankkomponente „firebird“ technisch auf 64 kB pro Tabelle begrenzt. Daher mussten im Format der Projekte und Bibliotheken leider einige Dokumentations-/Textfelder verkleinert werden. Bei der Konvertierung wird dies gemeldet.

### 4 Update der Datenbankkomponente „firebird“ auf Version 2.5

Durch den Wechsel der Zeichendarstellung auf Unicode war es notwendig, auch die Datenbankkomponente „firebird“ von der bisherigen Version 1.5 auf Version 2.5 zu aktualisieren. Bei der Anwendung von SISTEMA mit lokalen Bibliotheken hat diese Aktualisierung keine Konsequenzen. Wenn aber Bibliotheken über einen Datenserver gelesen werden, dann muss der Datenserver aktualisiert werden. All diese Neuerungen sind in der Version 2.0 des SISTEMA-Kochbuchs 2 ausführlich beschrieben.

### 5 Projekt

Im Folgenden werden die neuen Funktionen und Datenfelder für das Projekt beschrieben:

**Registerkarte „Dokumentation“:** Neue Datenfelder sind:

- **Erstellungsdatum:** SISTEMA trägt hier das Datum der erstmaligen Erstellung des Projektes ein.
- **Projektstatus:** Aus der Auswahlliste kann ein Begriff für den Status der Projektbearbeitung gewählt oder ein eigener Begriff eingetragen werden.

- **Projektnummer:** Es kann eine Nummer zur Identifikation des Projektes eingetragen werden.
- **Projektversion:** Es kann eine Versionsnummer für den Projektstand eingetragen werden.
- **Autoren:** Neue Bezeichnung für das alte Feld „Autor“. Es können mehrere Namen eingetragen werden.
- **Projektleitende:** Es können mehrere Namen von leitenden Personen eingetragen werden.
- **Prüfende:** Es können mehrere Namen von prüfenden Personen eingetragen werden.

**Registerkarte „Sicherheitsfunktion“:** Es gibt keine neuen Datenfelder oder Funktionen. Die Sortierung der Liste kann durch Anklicken der Spaltenköpfe „Name“, „Typ“ usw. geändert werden.

## 6 Sicherheitsfunktion

Im Folgenden sind die neuen Funktionen und Datenfelder für die Sicherheitsfunktion beschrieben.

**Registerkarte „Dokumentation“:** In der Auswahlliste für das Datenfeld „Typ der Sicherheitsfunktion“ wurden weitere Typen ergänzt. Dazu gehört auch eine separate Sicherheitsfunktion für den „Ausfall der Energie“. Neue Datenfelder sind:

- **Reaktion und Verhalten bei Energieausfall:** Neue Bezeichnung für das alte Feld „Reaktion“. Hier soll zusätzlich das Verhalten bei Energieausfall beschrieben werden.
- **Betriebsart:** Hier soll(en) die Betriebsart(en), in der die Sicherheitsfunktion aktiv ist, dargestellt werden (siehe SISTEMA-Kochbuch 6 [4]).
- **Häufigkeit der Anforderung:** Hier soll die Häufigkeit, mit der die Sicherheitsfunktion angefordert wird, eingetragen werden [4].
- **Nachlaufzeit:** Hier ist die Nachlaufzeit, mit der die Gefährdung abgeschaltet wird, einzutragen [4].
- **Priorität:** Manchmal ist eine Sicherheitsfunktion vor- oder nachrangig gegenüber anderen Sicherheitsfunktionen [4]. Hier kann eine Priorität eingetragen werden.

**Registerkarte „PL“:** Hier wurden in der Option „PL<sub>r</sub>-Wert aus Risikograph ermitteln“ die Datenfelder „Dokumentation“ und „Dokument“ ergänzt, um die Risikobewertung und die gewählten Risikoparameter zu dokumentieren.

Die Eingabe der Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses (siehe Kapitel 10 in [2]) wurde ermöglicht. Dazu muss zunächst im Menü „Bearbeiten -> Optionen -> Experteneinstellungen“ die Anzeige dieser Option aktiviert werden. Danach kann in dieser Registerkarte die Eintrittswahrscheinlichkeit mit den Optionsfeldern „unbekannt“, „niedrig“ oder „hoch“ angegeben werden. In den Datenfeldern „Dokumentation“ und „Dokument“ muss eine Begründung hinterlegt werden. Eine niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit bewirkt, dass der im Risikograph ermittelte PL<sub>r</sub> um eine Stufe verringert wird. Dies wird im Meldungsfenster durch eine gelbe Warnmeldung angezeigt. Ist eine Eintrittswahrscheinlichkeit von „niedrig“ oder „hoch“ eingestellt, dann werden diese Datenfelder unabhängig von der Optionseinstellung immer angezeigt.

**Registerkarte „PL“:** Es gibt keine neuen Datenfelder oder Funktionen.

**Registerkarte „Subsysteme“:** Es gibt eine zusätzliche Schaltfläche „VDMA-Bibliothek“, mit der das neue Fenster für VDMA-Bibliotheken geöffnet wird, um ein Subsystem auszuwählen. Auch hier kann durch Anklicken der Spaltenköpfe „Name“, „PFH<sub>D</sub>“ usw. die Sortierung der Liste geändert werden. Es gibt zusätzliche Spalten für die neuen Eingabefelder „Betriebsmittelkennzeichen (BMK)“ und „Anwendungsfall“ (siehe Kapitel 7).

## 7 Subsysteme

Im Folgenden werden die neuen Funktionen und Datenfelder für das Subsystem beschrieben.

**Registerkarte „Dokumentation“:** Neue Datenfelder sind:

- Betriebsmittelkennzeichen: Hier kann das Betriebsmittelkennzeichen des Subsystems eingetragen werden.
- Inventarnummer: Hier kann eine interne Inventar-/Typennummer o. Ä. des Subsystems eingetragen werden.

Darunter befinden sich neue Datenfelder für die Gerätedetails:

- Gerätehersteller: Hersteller des Subsystems/Gerätes/Bauteils.
- Geräteidentifikator: Eindeutige Identifikation des Subsystems/Gerätes/Bauteils, vom Hersteller vergeben.
- Gerätegruppe: Kategorie/Ordnungsmerkmal des Subsystems/Gerätes/Bauteils, vom Hersteller vergeben. Beispiele: Sensor, Positionsschalter, Sicherheits-SPS, o. Ä.
- Artikelnummer: Bestellnummer/Artikelnummer des Subsystems/Gerätes/Bauteils, vom Hersteller vergeben.
- Revisionsnummer: Zur Unterscheidung verschiedener Revisionen von Subsystem/Gerät/Bauteil, vom Hersteller vergeben.
- Funktion: Zuordnung des Subsystems/Gerätes/Bauteils zu einer oder mehreren Funktionen, vom Hersteller vergeben.
- Anwendungsfall: Benennung des speziellen Anwendungsfalls des Subsystems/Gerätes/Bauteils, vom Hersteller vergeben. Beispiele: einkanalig, zweikanalig, mit Bremsenansteuerung, ohne Bremsenansteuerung, o. Ä.
- Beschreibung des Anwendungsfalls: Ausführlichere Beschreibung des o. g. Anwendungsfalls.

Die Gerätedetails können rechts von der Überschrift „Gerätedetails“ durch Klick auf das Dreieck aus- und eingeblendet werden. Wurde ein Gerät/Bauteil aus einer VDMA-Bibliothek kopiert, dann sind diese Datenfelder und die zugehörigen Zuverlässigkeits-Kennwerte schreibgeschützt.

Im Menü „Bearbeiten -> Optionen -> Ansicht“ kann aktiviert werden, dass Betriebsmittelkennzeichen und/oder Inventarnummer und/oder Anwendungsfall im Projektbaum in eckigen Klammern vor dem Subsystem-Namen angezeigt werden. Dadurch kann nach diesen Angaben gesucht und gefiltert werden.

**Registerkarte „PL“:** In den Optionsfeldern gibt es zwei neue Verfahren zur PL-Bestimmung:

- SIL bzw. PFH<sub>D</sub>-Wert direkt angeben: Hier können auch Werte für Subsysteme nach IEC-Normen zur Funktionalen Sicherheit (z. B. IEC 62061, IEC 61508, IEC 61496) eingetragen werden, siehe IFA-Information [2], Kapitel 4 und DIN ISO/TR 23849 [5]. Die Angabe einer Kategorie entfällt.
- PL bzw. PFH<sub>D</sub>-Wert ... ermitteln (Vereinfachtes Verfahren nach Abschnitt 4.5.5): Hiermit kann das neue vereinfachte Verfahren angewendet werden, siehe IFA-Information [2], Kapitel 5. Registerkarten für Eingabe von MTTF<sub>D</sub>-Werten werden dementsprechend ausgeblendet.

Bei den Optionen, in denen man selbst einen PL aus Kennwerten der Bauteile ermittelt, ist zu bestätigen, dass die grundlegenden Anforderungen an den PL beachtet und umgesetzt wurden. Dies geschieht in der Liste unterhalb der Optionsfelder, indem die Anforderungen angehakt werden (Abbildung 1).

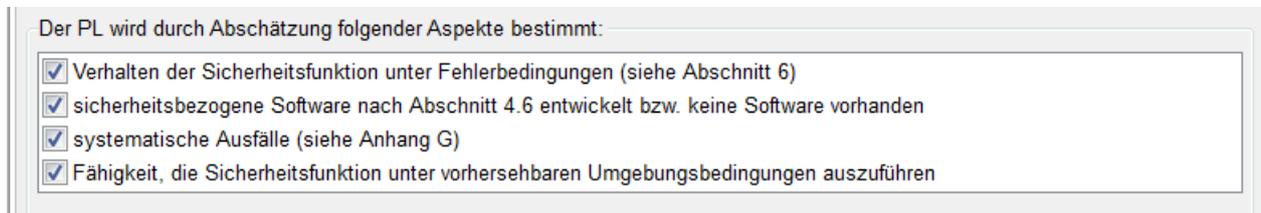


Abbildung 1: Anforderungen an die Bestimmung des PL

Mit der neuen Auswahlliste „Software geeignet bis PL“ kann angegeben werden,

- dass keine anwendungsprogrammierte Software vorhanden ist (Standardeinstellung „n.a.“) oder
- bis zu welchem PL eine anwendungsprogrammierte Software (z. B. einer Sicherheits-SPS<sup>2</sup>) geeignet ist („a“ bis „e“). Die entsprechenden Anforderungen ergeben sich aus Abschnitt 4.6 der Norm. Wenn dieser PL noch nicht bewertet wurde oder geringer ist als PL a, kann „-“ aus der Liste gewählt werden. Ist dieser PL geringer als die durch die Hardware-Bewertung erreichten Werte für PL (aus PFH<sub>D</sub>), dann wird letzterer auf den PL, für den die Software geeignet ist, herabgestuft. Dazu erscheint eine grüne Hinweismeldung.

**Registerkarte „Kategorie“:** Es gibt eine neue Kategorie-Auswahl „unbekannt“. Dies ist auch die neue Standardeinstellung für neu definierte Subsysteme. Bei dieser Kategorie-Auswahl werden noch keine Kanäle angezeigt. Eine rote Fehlermeldung weist darauf hin.

Für die Kategorie 2 wird ein neues Datenfeld angezeigt:

- Reduzierte Testhäufigkeit (1/25): Dies ist eine neue Option, um geringere Testhäufigkeiten als 1/100 zu berechnen, was die PFH<sub>D</sub> um 10 % erhöht (IFA-Information [2], Kapitel 4). Dazu erscheint eine grüne Hinweismeldung.

Die Kategorie-Anforderungen wurden teilweise erweitert, umformuliert und um Infotexte ergänzt, um die Anforderungen der Norm genauer darzustellen. Neue Anforderungen sind:

- „Übereinstimmung mit zutreffenden Normen, um zu erwartenden Einflüssen standzuhalten“
- Alle zusätzlichen Kategorie-Anforderungen für das neue vereinfachte Verfahren nach Abschnitt 4.5.5 der Norm. Diese Texte beginnen mit „(4.5.5)“, siehe Abbildung 2 (für Kategorie 2).

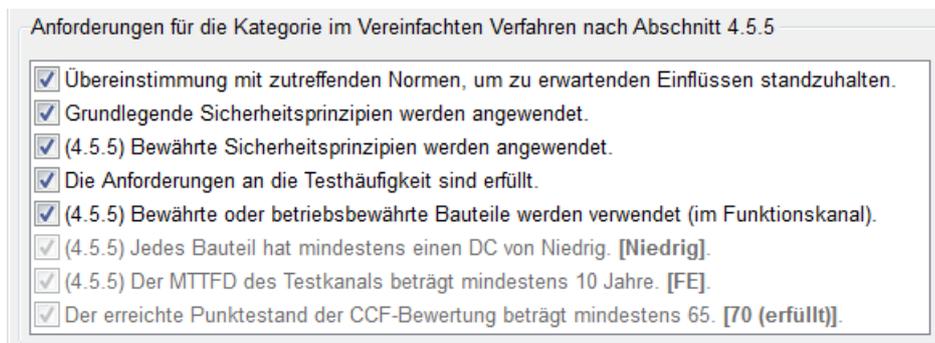


Abbildung 2: Beispiel Kategorie-Anforderungen für vereinfachtes Verfahren nach Abschnitt 4.5.5 der Norm.

<sup>2</sup> SPS: speicherprogrammierbare Steuerung

**Registerkarte „MTTF<sub>D</sub>“:** Bei der Option „MTTF<sub>D</sub>-Wert direkt angeben“ gibt es ein neues Dokumentationsfeld. Diese sehr selten benötigte Option kann – um Fehlbedienung zu vermeiden – jetzt nur noch über das Menü „Bearbeiten -> Optionen -> Experteneinstellungen“ aktiviert werden.

**Registerkarte „DC<sub>avg</sub>“:** Es gibt keine neuen Datenfelder oder Funktionen. Die sehr selten benötigte Option „DC<sub>avg</sub>-Wert direkt angeben“ kann – um Fehlbedienung zu vermeiden – jetzt nur noch über das Menü „Bearbeiten -> Optionen -> Experteneinstellungen“ aktiviert werden.

**Registerkarte „CCF“:** Es gibt für die gesamte Registerkarte je ein neues Feld „Dokumentation“ und „Dokument“, die in beiden Optionen dieser Registerkarte angezeigt werden. Die Anzeige der Punkte ist jetzt bei beiden Optionen an derselben Stelle angeordnet. Die CCF-Maßnahmen werden bei Sprachumschaltung auch umgeschaltet (siehe Kapitel 12). Neue Maßnahmen wurden nicht ergänzt, aber Texte an die neue Normenausgabe angepasst.

**Registerkarte „Blöcke“:** Es gibt eine zusätzliche Schaltfläche „VDMA-Bibliothek“, mit der das neue Fenster für VDMA-Bibliotheken geöffnet wird, um einen Block auszuwählen. Auch hier kann durch Anklicken der Spaltenköpfe „Name“, „DC“ usw. die Sortierung der Liste geändert werden. Darüber hinaus gibt es keine neuen Datenfelder oder Funktionen. Es gibt zusätzliche Spalten für die neuen Eingabefelder „Betriebsmittelkennzeichen (BMK)“ und „Anwendungsfall“.

## 8 Kanal

Es gibt keine neuen Datenfelder, jedoch eine zusätzliche Schaltfläche „VDMA-Bibliothek“, mit der das neue Fenster für VDMA-Bibliotheken geöffnet wird, um einen Block auszuwählen. Auch hier kann durch Anklicken der Spaltenköpfe „Name“, „DC“ usw. die Sortierung der Liste geändert werden. Es gibt zusätzliche Spalten für die neuen Eingabefelder „Betriebsmittelkennzeichen (BMK)“ und „Anwendungsfall“.

## 9 Block/Element

Anders als noch bei den Versionen 1.x.x sind die Datenfelder von Blöcken und Elementen nun identisch. In beiden Objekttypen sind dieselben Funktionen verfügbar. Daher können grundsätzlich Blöcke in Elemente umgewandelt werden und umgekehrt. Dies geschieht per Drag&Drop oder durch Verschieben/Kopieren über die Zwischenablage. Wenn ein Block untergeordnete Elemente enthält, dann kann er nicht zum Element umgewandelt werden. Nach wie vor kann ein Block als Verzeichnis für Elemente konfiguriert werden. Dann müssen die Optionsfelder des Blockes auf „MTTF<sub>D</sub>/DC aus Elementen bestimmen“ umgestellt werden. Damit ist es möglich, einerseits mit geringem Aufwand einige wenige Bauteile als Blöcke einzutragen und andererseits bei sehr vielen Bauteilen diese als Elemente in Blöcken zu strukturieren. Beim Definieren eines neuen Blockes wird dieser – abweichend vom Verhalten der Versionen 1.x.x – als Bauteil ohne untergeordnete Elemente erzeugt.

Im Folgenden werden die neuen Funktionen und Datenfelder für Block und Element zusammen beschrieben.

**Registerkarte „Dokumentation“:** Die neuen Datenfelder sind bereits als „Gerätedetails“ der Subsysteme (Kapitel 7) beschrieben worden. Auch hier können Betriebsmittelkennzeichen und Inventarnummer im Projektbaum angezeigt werden. Zusätzliche Datenfelder sind:

- Technologie: Die Auswahlliste ist jetzt auch für den Block verfügbar.
- Kategorie: Nach VDMA-Einheitsblatt 66413 [3] kann auch für ein Standardbauteil eine Kategorie angegeben werden.

**Registerkarte „MTTF<sub>D</sub>“:** Es gibt ein neues Dokumentationsfeld. Folgende Optionen sind verfügbar:

- MTTF<sub>D</sub>-Wert aus Elementen ermitteln: Nur im Block und unverändert verfügbar.
- MTTF<sub>D</sub>-Wert direkt eingeben: Unverändert, jetzt auch mit „Typischen Bauteilewerten“ im Block.
- MTTF<sub>D</sub>-Wert über B<sub>10D</sub>/B<sub>10</sub>-Wert ermitteln: Hier ist neu, dass über die Auswahlliste auch ein B<sub>10</sub>-Wert zusammen mit dem neuen Parameter RDF [%] (Anteil gefahrbringender Ausfälle, en: Ratio of Dangerous Failures, siehe VDMA-Einheitsblatt 66413) eingegeben werden kann. Zusammenhang:  $B_{10D} = B_{10}/RDF$ .

Die n<sub>op</sub>-Parameter werden jetzt im Projekt gespeichert. Bei einem direkten Eintrag des n<sub>op</sub>-Wertes werden die Parameter zurückgesetzt (auf Wert 0). Mit der neuen Schaltfläche „n<sub>op</sub> zurücksetzen“ werden die Parameter ebenfalls zurückgesetzt und der n<sub>op</sub>-Wert auf seinen Initial-Wert „INF“ (unendlich, en: infinite) gesetzt. Damit erscheint erneut die Fehlermeldung „Bitte tragen Sie als n<sub>op</sub>-Wert eine reelle positive Zahl ein“. Dies ist für Musterprojekte und Bibliotheksobjekte interessant, da der n<sub>op</sub>-Wert applikationsabhängig eingegeben werden muss.

Die Liste der „Typischen Bauteilewerte“ wurde entsprechend den Änderungen der Norm angepasst, siehe IFA-Information [2], Kapitel 11. Über eine neue Schaltfläche „Ok – Auswahl laden und Beschreibung in die Zwischenablage kopieren“ wird gleichzeitig der Beschreibungstext des ausgewählten Bauteils kopiert, um ihn danach z. B. in ein Dokumentationsfeld einfügen zu können.

**Registerkarte „DC“:** Folgende Optionen sind verfügbar:

- DC-Wert aus Elementen ermitteln: Nur im Block und unverändert verfügbar.
- DC-Wert direkt eingeben: Unverändert verfügbar.
- DC-Bewertung durch Angabe der angewendeten Maßnahme: Es gibt ein neues Dokumentationsfeld, ansonsten unverändert.

In der Bibliothek der DC-Maßnahmen wurden zwei Maßnahmen gelöscht, siehe IFA-Information [2], Kapitel 12. Bei Konvertierung von Versionen 1.x.x bleiben diese Maßnahmen aber im Projekt erhalten:

- Redundanter Abschaltpfad ohne Überwachung des Antriebselements (DC = 0 %);
- Redundanter Abschaltpfad mit Überwachung eines der Antriebselemente entweder durch die Logik oder durch eine Testeinrichtung (DC = 90 %).

**Registerkarte „Elemente“:** Nur im Block verfügbar. Es gibt eine zusätzliche Schaltfläche „VDMA-Bibliothek“, mit der das neue Fenster für VDMA-Bibliotheken geöffnet wird, um ein Element auszuwählen. Auch hier kann durch Anklicken der Spaltenköpfe „Name“, „DC“ usw. die Sortierung der Liste geändert werden. Darüber hinaus gibt es keine neuen Datenfelder oder Funktionen. Es gibt zusätzliche Spalten für die neuen Eingabefelder „Betriebsmittelkennzeichen (BMK)“ und „Anwendungsfall“.

## 10 Anwendungsbereich

Am Anwendungsbereich von SISTEMA 2.0 hat sich nichts geändert: Das Programm unterstützt die Bewertung von Steuerungsteilen nach DIN EN ISO 13849-1. Gleichwohl können nun Steuerungsteile mit den Kennwerten SIL/PFH<sub>D</sub>, die nach IEC-Normen bewertet wurden, in SISTEMA eingetragen werden. In der Norm [1] wird erläutert, dass Subsysteme eines SRP/CS auch nach anderen Normen zur Funktionalen Sicherheit (z. B. IEC 62061, IEC 61508, IEC 61496) entworfen werden können. Sie können dann – nach „Übersetzung“ eines SILs in einen PL nach Tabelle 4 der Norm – als Subsystem integriert werden. DIN ISO/TR 23849 [5] erläutert dies ebenfalls.

## 11 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen

Einige in SISTEMA verwendete Abkürzungen wurden entsprechend den Änderungen der Norm [2] angepasst und z. B. der Index für „dangerous“ in ein großes D geändert ( $PFH_D$ ,  $MTTF_D$ ,  $B_{10D}$  und  $T_{10D}$ ).

## 12 Sprachumschaltung

Die Texte für CCF- und DC-Maßnahmen werden nun automatisch an die gerade ausgewählte Sprache von SISTEMA angepasst. Selbst definierte Anforderungen werden nicht übersetzt. Dieses Verhalten kann per Option „Experten Einstellungen -> Nutze für CCF- und DC-Maßnahmen die eingestellte Sprache der Anwendung“ geändert werden.

## 13 Zusammenfassung

Die zusätzlichen Datenfelder und Optionen werden auch in der Zusammenfassung dargestellt. Die Zusammenfassung kann als Übersicht oder als detaillierte Zusammenfassung mit zahlreichen neuen Druckoptionen erstellt werden (Abbildung 4).

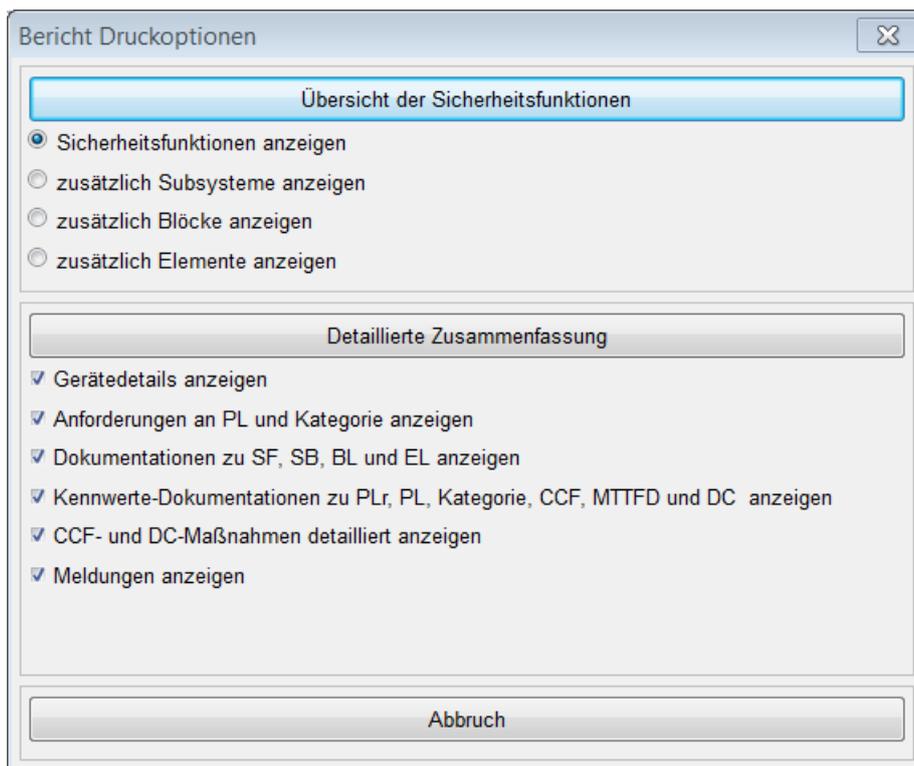


Abbildung 3: Druckoptionen für die Zusammenfassung

## 14 Weitere Änderungen

**Begrenzung der  $MTTF_D$  für jeden Kanal:** Die Begrenzung der  $MTTF_D$  für jeden Kanal auf 100 Jahre wurde für Subsysteme der Kategorie 4 auf 2500 Jahre angehoben. Dies ist jetzt in SISTEMA 2.0 die Standardeinstellung. Im Menü „Bearbeiten -> Optionen -> Experteneinstellungen“ kann die Kappung bei der Kategorie 4 auf den früheren Wert von 100 Jahren herabgesetzt werden.

**Testhäufigkeit in Kategorie 2:** Für Kategorie 2 galt bisher ausschließlich die Regel einer Anforderungsrate  $\leq 1/100$  der Testrate. Alternativ kann die Testung nun auch unmittelbar bei Anforderung SISTEMA 2.0 (Oktober 2016)

der Sicherheitsfunktion erfolgen, wenn die Gesamtzeit zum Erkennen des Ausfalls und zur Überführung der Maschine in einen sicheren Zustand (in der Regel wird die Maschine angehalten) kürzer ist als die Zeit zum Erreichen der Gefährdung. Dies ist in den Anforderungen für Kategorie 2 ergänzt worden. Eine verringerte Testhäufigkeit (Anforderungsrate  $\leq 1/25$  der Testrate) lässt sich im Subsystem in der Registerkarte „Kategorie“ einstellen (siehe Kapitel 7).

Die **Validierung der Projektdatei im XML-Format** gegen eine Schemadatei wird nun direkt von SISTEMA durchgeführt. Es ist keine zusätzliche Windows-DLL-Datei (MSXML4.dll) mehr nötig.

Es gibt **zusätzliche Meldungen im Meldungsfenster**, die darauf hinweisen, dass vielleicht eine fehlende oder falsche Dateneingabe vorliegt.

In **Kategorie 2 muss für PL<sub>r</sub> d der Ausgang des Testkanals einen sicheren Zustand einleiten**, der bis zur Behebung eines Fehlers beibehalten wird. Es erscheint eine entsprechende grüne Hinweismeldung.

## 15 Änderungen im Fenster für SISTEMA-Bibliotheken

Gegenüber der Version 1.1.9 hat es neben den technischen Änderungen der Datenstruktur und den angepassten Formelzeichen keine Änderungen in der Bedienoberfläche für Bibliotheken gegeben. Die Registerkarten in dieser Bedienoberfläche entsprechen den Registerkarten für die Projektbearbeitung und sind, wie in vorangegangenen Kapiteln beschrieben, ebenfalls erweitert worden.

Gegenüber den früheren SISTEMA-Versionen (vor 1.1.9) wurde die Auswahl der Objekttypen geändert. Die Anzeige der Objekttypen Subsystem, Block und Element kann jetzt über separate Schaltflächen erfolgen. In den Schaltflächen wird in Klammern die Anzahl der in der Bibliothek enthaltenen Objekte dargestellt (Abbildung 4). Auf die Liste der Objekte können neue Funktionen „Filtern“ und „Suchen“ angewendet werden.



Abbildung 4: Auswahl Objekttypen im Fenster für SISTEMA-Bibliotheken

Die Liste der Bibliotheken wurde anders angeordnet und die in dieser Liste anwendbaren Funktionen wurden ergänzt. Das Info-Feld einer Bibliothek wird nur noch über einen Befehl als separates Fenster dargestellt. All diese Neuerungen sind in der Version 2 des SISTEMA-Kochbuchs 5 ausführlich beschrieben.

## 16 Neues Fenster für VDMA-Bibliotheken

Zum Einlesen von Kennwert-Bibliotheken im Format des VDMA-Einheitsblattes 66413 [3] wurden eine neue Importschnittstelle und eine zusätzliche Bedienoberfläche als eigene Windows-Fenster realisiert. Im Folgenden werden die wesentlichen Funktionen kurz beschrieben. All diese Neuerungen sind im SISTEMA-Kochbuch 5 (Version 2) ausführlich dargestellt. Detaillierte Informationen zum VDMA-Einheitsblatt 66413 sind beim VDMA [3] verfügbar.

Das neue Fenster wird über den Befehl „VDMA-Bibliothek“ geöffnet. Kennwert-Bibliotheken werden lokal oder direkt – ohne Datenserver – über das Netzwerk geöffnet und sind im linken Navigationsfenster nach Herstellern sortiert dargestellt (Abbildung 5). Diese Liste der Bibliotheken wird gespeichert und die angezeigten Bibliotheken können mit einem Klick erneut geladen werden. Jede Bibliothek (Symbol „LB“) enthält Geräte (Symbol „De“) nur eines Herstellers. Jedes Gerät kann mit einem oder mehreren Anwendungsfällen eingetragen sein. Ein Anwendungsfall ist das niedrigste Objekt in dieser Hierarchie. Das Symbol vor einem Anwendungsfall ist eine Kombination der vier

SISTEMA 2.0 (Oktober 2016)

Gerätetypen (Ziffern 1 bis 4 nach Einheitsblatt) und den SISTEMA-Symbolen für Subsystem (grünes SB), Block (blaues B) und Element (violetttes E). Die letztgenannten SISTEMA-Symbole zeigen an, wie die Anwendungsfälle in SISTEMA eingefügt werden können.

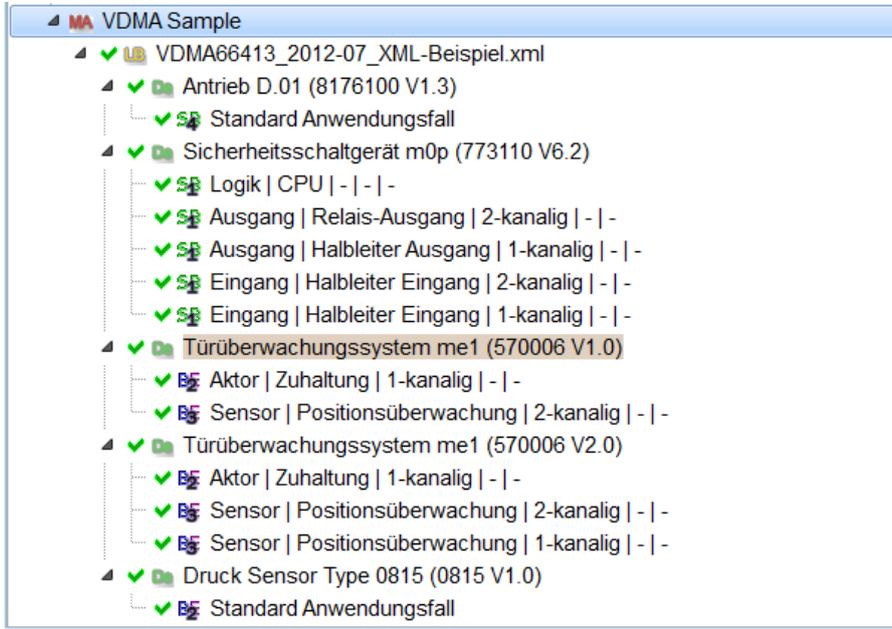


Abbildung 5: Anzeige einer Kennwert-Bibliothek im Format des VDMA-Einheitsblattes 66413

Jeder Anwendungsfall enthält genau einen Kennwertesatz und Dokumentationsfelder (wie oben teilweise für Subsysteme, Blöcke und Elemente beschrieben). Anwendungsfälle der Geräte können per Drag&Drop oder über die Aktionen „SISTEMA-Projekt“ bzw. „SISTEMA-Bibliothek“ in SISTEMA-Projekte bzw. SISTEMA-Bibliotheken an die für den Anwendungsfall passende Stelle kopiert werden.

Kennwert-Bibliotheken im Format des VDMA-Einheitsblattes 66413 können von SISTEMA nur gelesen werden. Ein Editor zum Erstellen von solchen Kennwert-Bibliotheken ist in SISTEMA nicht vorgesehen und vom Arbeitskreis des VDMA-Einheitsblatt 66413 auch prinzipiell nicht erwünscht.

## 17 Fazit

SISTEMA wurde mit der Version 2 den Wünschen aus der Praxis entsprechend verbessert und an die durch die 3. Ausgabe der DIN EN ISO 13849-1 entstandenen neuen Möglichkeiten angepasst. Zusätzlich wurden eine neue Importschnittstelle und eine zusätzliche Bedienoberfläche zum Einlesen von Kennwert-Bibliotheken im Format des VDMA-Einheitsblattes 66413 [3] realisiert.

Auch andere Anwendungshilfen des IFA zur DIN EN ISO 13849 werden sukzessive an die Änderung der Norm angepasst und unter [www.dguv.de/ifa/13849](http://www.dguv.de/ifa/13849) verfügbar gemacht. Die PLC-Drehzscheibe [6] steht bereits in einer überarbeiteten Fassung zur Verfügung. Die Reports 2/2008 und 7/2013 werden an den neuen Stand der Norm angepasst und deren Schaltungsbeispiele mit SISTEMA 2.0 berechnet [7].

## 18 Literatur

- [1] DIN EN ISO 13849-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (06.16). Beuth, Berlin 2016
- [2] Hauke, M.; Apfeld, R.; Bömer, T.; Huelke, M.; Rempel, P.; Ostermann, B.: Änderung der DIN EN ISO 13849-1 – Die wesentlichen Neuerungen aus 2015 im Überblick. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin 2015  
[http://www.dguv.de/medien/ifa/de/pra/en13849/aenderung\\_1\\_von\\_en13849\\_1.pdf](http://www.dguv.de/medien/ifa/de/pra/en13849/aenderung_1_von_en13849_1.pdf)
- [3] Funktionale Sicherheit – Universelle Datenbasis für sicherheitsbezogene Kennwerte von Komponenten oder Teilen von Steuerungen. VDMA-Einheitsblatt 66413. Hrsg.: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, Frankfurt am Main  
<http://ea.vdma.org/article/-/articleview/949939>
- [4] Apfeld, R.; Hauke, M.; Otto, S.: Das SISTEMA-Kochbuch 6: Definition von Sicherheitsfunktionen – Was ist wichtig? Version 1.1 (DE). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2015 <http://www.dguv.de/webcode/d109240>
- [5] DIN ISO/TR 23849; DIN SPEC 33883: Leitfaden zur Anwendung von ISO 13849-1 und IEC 62061 bei der Gestaltung von sicherheitsbezogenen Steuerungen für Maschinen (12.14). Beuth, Berlin 2014
- [6] Schaefer, M.; Hauke, M.: Performance Level Calculator – PLC. 5. Auflage. Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin 2015  
<http://www.dguv.de/webcode/d3508>
- [7] Praxishilfen zur „Sicherheit von Maschinensteuerungen nach DIN EN ISO 13849“  
<http://www.dguv.de/ifa/13849>

**Autoren:** Michael Huelke, Andy Lungfiel, Michael Hauke  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Sankt Augustin