

DIN 72036

ICS 43.040.10

Einsprüche bis 2021-12-22

Entwurf**Straßenfahrzeuge –
Automatisierung der Leitungssatzfertigung**

Road vehicles –
Automation of the wiring-harness production

Véhicules routiers –
Automatisation de la fabrication de faisceaux de câbles

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-10-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naautomobil@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil), 10004 Berlin, Postfach 8 04 62 oder Behrenstr. 35, 10117 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 126 Seiten

DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist [JJJJ-MM-TT].

Inhalt

	Seite
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	11
4 Symbole und Abkürzungen	22
5 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssätze	22
5.1 Allgemeines	22
5.1.1 Generische Beschreibung der Gestaltungsrichtlinien	22
5.1.2 Matrix zur Systematisierung der Gestaltungsrichtlinien	26
5.2 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssatzkonzepte	26
5.3 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssatzdesigns	27
5.4 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Fertigungsprozesse	29
5.5 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Komponenten	29
6 Datenprofile für die digitale Komponenten- und Leitungssatzbeschreibung auf Basis von Standarddatenformaten	30
6.1 Motivation und Zielsetzung	30
6.2 Zusammenfassung des Bedarfs an Komponenten- und Leitungssatzdaten	31
6.3 Generische Spezifikation der Datenprofile	34
6.4 VEC-basiertes Datenprofil im Scope digitale Komponentenbeschreibung	35
6.4.1 Allgemeines	35
6.4.2 Zwangsbedingungen im Kontext aller Komponentenarten	35
6.4.3 Zwangsbedingungen im Kontext Anbauteile	36
6.4.4 Zwangsbedingungen im Kontext Dichtungselemente	37
6.4.5 Zwangsbedingungen im Kontext Kontaktteile	37
6.4.6 Zwangsbedingungen im Kontext elektrischer Leitungen	37
6.4.7 Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz	38
6.4.8 Zwangsbedingungen im Kontext Steckverbinder	39
6.4.9 Zwangsbedingungen im Kontext Tüllen	39
6.4.10 Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsverbinder	40
6.5 VEC-basiertes Datenprofil im Scope Leitungssatz	40
6.5.1 Allgemeines	40
6.5.2 Zwangsbedingungen im Kontext Komponentenstammdaten	41
6.5.3 Zwangsbedingungen im Kontext Formgebung	41
6.5.4 Zwangsbedingungen im Kontext elektrischer Leitungen	42
6.5.5 Zwangsbedingungen im Kontext Leitungssatz	43
6.5.6 Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz	43
6.5.7 Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsverbinder	44
6.5.8 Zwangsbedingungen im Kontext Vernetzungsstruktur	44
6.6 KBL-basiertes Datenprofil im Scope Leitungssatz	44
6.6.1 Allgemeines	44

6.6.2	Zwangsbedingungen im Kontext Komponentenstammdaten	45
6.6.3	Zwangsbedingungen im Kontext Formgebung.....	48
6.6.4	Zwangsbedingungen im Kontext elektrischer Leitungen.....	49
6.6.5	Zwangsbedingungen im Kontext Leitungssatz.....	50
6.6.6	Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz.....	51
6.6.7	Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsverbinder.....	51
6.6.8	Zwangsbedingungen im Kontext Vernetzungsstruktur	51
Anhang A (normativ) Gestaltungsrichtlinien.....		52
A.1	Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssatzkonzepte.....	52
A.1.1	Allgemein.....	52
A.1.2	Kontaktträger	60
A.1.3	Anbauteile	62
A.1.4	Vernetzungsstruktur.....	63
A.2	Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssatzdesigns	66
A.2.1	Allgemein.....	66
A.2.2	Anbauteile	70
A.2.3	Kontaktteile.....	77
A.2.4	Elektrische Leitungen	82
A.2.5	Leitungsschutzkomponenten.....	92
A.2.6	Leitungsverbinder.....	99
A.2.7	Vernetzungsstruktur.....	104
A.3	Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Fertigungsprozesse	110
A.3.1	Vorkonfektion.....	110
A.3.2	Zusammenbau	113
A.4	Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Komponenten	114
A.4.1	Anbauteile	114
A.4.2	Dichtungselemente.....	119
A.4.3	Kontaktteile.....	120
A.4.4	Elektrische Leitungen	124
A.4.5	Steckverbinder	125
Literaturhinweise.....		126

Bilder

Bild 1 — Beispielhaftes Modell der Leitungssatzentwicklung.....	8
Bild 2 — Beispielhaftes Modell der Leitungssatzfertigung	9
Bild 3 — Vereinfachtes Modell der Abhängigkeiten der Gestaltungsrichtlinien	10

Tabellen

Tabelle 1 — Gestaltungsrichtliniendefinition	25
Tabelle 2 — Beispieltabelle für Datenbedarfe	25
Tabelle 3 — Beispieltabelle mit Gestaltungsrichtlinien einer Entwicklungsphase.....	26
Tabelle 4 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Konzept.....	26
Tabelle 5 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Design für Leitungssätze	27
Tabelle 6 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Design für Teilumfänge	28
Tabelle 7 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Fertigung.....	29
Tabelle 8 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: Komponentenvorgaben	29
Tabelle 9 — Zusammenfassung der Datenbedarfe der Gestaltungsrichtlinien	31
Tabelle 10 — Datenprofildefinition	34
Tabelle 11 — Zwangsbedingungen für alle Komponentenarten	35
Tabelle 12 — Komponentenarten die RequirementsConformanceStatement erfordern.....	36
Tabelle 13 — Zwangsbedingungen im Kontext Anbauteile	36

Tabelle 14 — Zwangsbedingungen im Kontext Dichtungselemente	37
Tabelle 15 — Zwangsbedingungen im Kontext Kontaktteile	37
Tabelle 16 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungen	38
Tabelle 17 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz	38
Tabelle 18 — Zwangsbedingungen im Kontext Steckverbinder	39
Tabelle 19 — Zwangsbedingungen im Kontext Tüllen	40
Tabelle 20 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsverbinder	40
Tabelle 21 — Zwangsbedingungen im Kontext Formgebung	41
Tabelle 22 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungen	42
Tabelle 23 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungssatz	43
Tabelle 24 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz	43
Tabelle 25 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsverbinder	44
Tabelle 26 — Zwangsbedingungen im Kontext Vernetzungsstruktur	44
Tabelle 27 — Zwangsbedingungen im Kontext Komponentenstammdaten	45
Tabelle 28 — Zwangsbedingungen im Kontext Formgebung	48
Tabelle 29 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungen	49
Tabelle 30 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungssatz	50
Tabelle 31 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz	51
Tabelle 32 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsverbinder	51
Tabelle 33 — Zwangsbedingungen im Kontext Vernetzungsstruktur	51
Tabelle A.1 — 135067 - LS-Konzept - Kernanforderung an Prozesstechnikvielfalt begrenzen	52
Tabelle A.2 — 345938 - LS-Konzept - Kernanforderung an Teilevielfalt begrenzen	53
Tabelle A.3 — 259959 - LS-Konzept - Kernanforderung an Vernetzung begrenzen	54
Tabelle A.4 — 689762 - LS-Konzept - Kernanforderung an automatengerechte Gestaltung	55
Tabelle A.5 — 457158 - LS-Konzept - Kernanforderung an automatengerechte Komponenten	56
Tabelle A.6 — 890738 - LS-Konzept - Kernanforderung an automatengerechten Teilumfang	58
Tabelle A.7 — 607707 - LS-Konzept - Kernanforderung an Qualitätssicherung	59
Tabelle A.8 — 407527 - LS-Konzept - Lage der Kontaktteile für UTP-Leitungen in Kontaktträgern einschränken	60
Tabelle A.9 — 954795 - LS-Konzept - Kabelkanäle nach Möglichkeit vermeiden	62
Tabelle A.10 — 615882 - LS-Konzept - Vernetzungsstruktur für die Automatisierung auslegen	63
Tabelle A.11 — 866354 - LS-Konzept - Überkreuzungen von Leitungen vermeiden	65
Tabelle A.12 — 172486 - LS-Design - Automatisiert verarbeitbare Leitungssatzkomponenten auswählen	66
Tabelle A.13 — 895198 - LS-Design - Nichtelektrische Leitungen als abgeschlossene zusätzliche Teilumfänge auslegen	68
Tabelle A.14 — 489200 - LS-Design - Elektrische Leitungen, abweichend zu einadrigen und UTP-Leitungen, als abgeschlossene zusätzliche Teilumfänge auslegen	69
Tabelle A.15 — 770863 - LS-Design - Zugänglichkeit für automatisches Positionieren von Clips sicherstellen	70
Tabelle A.16 — 317887 - LS-Design - Durchführtüllen vermeiden	72
Tabelle A.17 — 714621 - LS-Design - Teilevielfalt von Clips im 150 % Leitungssatz begrenzen	73
Tabelle A.18 — 935584 - LS-Design - Teilevielfalt von Clips im Teilumfang begrenzen	74
Tabelle A.19 — 260631 - LS-Design - Prozesstechnikvielfalt von Clips begrenzen	75
Tabelle A.20 — 977843 - LS-Design - Verlegeweg der Leitungen in Schäumtüllen auf 2D beschränken	76
Tabelle A.21 — 524465 - LS-Design - Teilevielfalt an Kontaktteilen und Einzeladerabdichtungen begrenzen	77
Tabelle A.22 — 310735 - LS-Design - Anzahl Adern an Kontaktteilen und Kabelschuhen begrenzen	78
Tabelle A.23 — 290800 - LS-Design - Prozesstechnikvielfalt zur Kontaktierung von Kontaktteilen und Kabelschuhen begrenzen	79
Tabelle A.24 — 718108 - LS-Design - Nachlöten von Crimpkabelschuhen vermeiden	80
Tabelle A.25 — 593889 - LS-Design - Schrumpfschläuche vermeiden	81

Tabelle A.26 — 524350 - LS-Design - Zulässige Leitungslängen von einadrigen Leitungen begrenzen.....	82
Tabelle A.27 — 478795 - LS-Design - Nennquerschnitte von einadrigen Leitungen begrenzen.....	83
Tabelle A.28 — 832197 - LS-Design - Zulässige Leitungslängen von UTP-Leitungen begrenzen.....	84
Tabelle A.29 — 092394 - LS-Design - Nennquerschnitte von verdrehten Adern begrenzen.....	85
Tabelle A.30 — 925040 - LS-Design - Optisch unterscheidbare Adern von UTP-Leitungen realisieren.....	86
Tabelle A.31 — 384332 - LS-Design - Nachträgliche Verzinnung von Litzen ausschließen.....	87
Tabelle A.32 — 948648 - LS-Design - Gemeinsamer Einsatz von Kupfer- und Aluminiumleitungen ausschließen.....	88
Tabelle A.33 — 706757 - LS-Design - Automatisiertes Pinnen von UTP- Leitungen sicherstellen.....	89
Tabelle A.34 — 571369 - LS-Design - Anzahl unterschiedlicher Nennquerschnitte elektrischer Leitungen begrenzen.....	91
Tabelle A.35 — 625267 - LS-Design - Einheitliche Leitungsschutzkomponenten verwenden.....	92
Tabelle A.36 — 546271 - LS-Design - Längsgeschlossene Leitungsschutzkomponenten vermeiden.....	94
Tabelle A.37 — 440108 - LS-Design - Leitungsschutzsysteme mit unterschiedlichen Prozesstechniken vermeiden.....	95
Tabelle A.38 — 159418 - LS-Design - Mindestabstand zwischen benachbarten Ausbindungspunkten für automatische Bewicklung sicherstellen.....	97
Tabelle A.39 — 181916 - LS-Design - Ausführungsarten von Leitungsverbindern begrenzen.....	99
Tabelle A.40 — 617422 - LS-Design - Prozesstechnikvielfalt für Endverbinder begrenzen.....	100
Tabelle A.41 — 109085 - LS-Design - Anzahl Adern für Endverbinder einschränken.....	102
Tabelle A.42 — 830085 - LS-Design - Endverbinder abdichten oder elektrisch isolieren.....	103
Tabelle A.43 — 546195 - LS-Design - Vernetzungstiefe begrenzen.....	104
Tabelle A.44 — 619930 - LS-Design - Vermaschungen reduzieren.....	105
Tabelle A.45 — 958211 - LS-Design - Anzahl Kontaktträger begrenzen.....	108
Tabelle A.46 — 427421 - LS-Design - Anzahl Adern begrenzen.....	109
Tabelle A.47 — 504937 - LS-Fertigung - Fügeverfahren für Kontaktteile begrenzen.....	110
Tabelle A.48 — 183793 - LS-Fertigung - Deformation der Kontaktteile beim Crimpen begrenzen.....	111
Tabelle A.49 — 952093 - LS-Fertigung - Pinnen ohne Ausknicken der Adern ermöglichen.....	112
Tabelle A.50 — 160473 - LS-Fertigung - Verlegewege auf eine 2D Ebene einschränken.....	113
Tabelle A.51 — 783439 - Komponente - Abdeckkappen für Steckergehäuse nachträglich montierbar gestalten.....	114
Tabelle A.52 — 969791 - Komponente - Außengeometrie von Schäumtüllen ohne Hinterschnitte auslegen.....	115
Tabelle A.53 — 356993 - Komponente - Querschnittgeometrie von Schäumtüllen automatentauglich konstruieren.....	116
Tabelle A.54 — 136523 - Komponente - Ausreichende Wandstärke von Schäumtüllen sicherstellen.....	117
Tabelle A.55 — 872352 - Komponente - Einzeladerabdichtungen mit Kragen oder Kontur ausführen.....	119
Tabelle A.56 — 476220 - Komponente - Headroom-Test der Kontaktteil-Nennquerschnittskombinationen durchführen.....	120
Tabelle A.57 — 139563 - Komponente - Kontaktteile für links einlaufende Crimpwerkzeuge verwenden.....	121
Tabelle A.58 — 106918 - Komponente - Kontaktteile auf Rollen bereitstellen.....	123
Tabelle A.59 — 384361 - Komponente - Gut richtbare einadrige Leitungen sicherstellen.....	124
Tabelle A.60 — 056177 - Komponente - Anzahl unterschiedlicher Kammergrößen von Kontaktträgern begrenzen.....	125

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA052-00-32AA „E/E-Komponenten und allgemeine Systemanforderungen“ im DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil).

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Einleitung

Allgemeines / Hintergrund / Methodischer Rahmen

Dieses Dokument begrenzt sich in der Beschreibung der Gestaltungsrichtlinien auf den Umfang von Niederspannungs- und Niederspannungsleitungssätzen.

Einführung

Die Entwicklung und Fertigung von Leitungssätzen in der Automobilindustrie erfolgen bei Fahrzeug- und Leitungssatzherstellern in vergleichbaren, ineinandergreifenden Prozessen, so dass sich die Kollaboration der Fahrzeughersteller mit der Leitungssatzhersteller zu allgemeingültigen Prozessen für diese Entwicklung und Fertigung etabliert haben. Dabei haben sich Best-Practice Prozesse etabliert, da die Projekte vergleichbare Randbedingungen für das Produkt Fahrzeugleitungssatz bezüglich Eingangsgrößen sowie Entwicklungs- und Lebensdauer haben.

Das Ziel der vollständigen Automatisierung der Fertigung von Leitungssätzen wird über mehrere Stufen der Automatisierung erreicht werden. Diese Stufen sollen durch eine Weiterentwicklung dieses Dokuments immer umfangreicher adressiert werden. Dieses Dokument fokussiert sich in der vorliegenden Version auf einen Ausschnitt aller Fertigungsprozessschritte für Leitungssätze, so dass Prozesse außerhalb des Anwendungsbereiches des Dokuments weiterhin manuell ausgeführte Prozessschritte enthalten können.

Das ist dem Umstand geschuldet, dass für bestimmte Komponenten (zum Beispiel die Tülle zur Tür) derzeit keine geeigneten Automaten beziehungsweise automatisiert verarbeitbare alternative Komponenten existieren. Bei Einführung einer Automatisierung lassen sich manuelle, aufwändige Prozessschritte zum Beispiel durch eine angepasste Reihenfolge der Prozessschritte in der ersten Stufe automatisiert, aber nicht effizient umsetzen.

Abschnitt 5 und Abschnitt 6 dieses Dokuments ergänzen einander.

Im Abschnitt 5 wird eine Übersicht der Gestaltungsrichtlinien, abhängig vom Anwendungsbereich, gegeben. Die Detaillierung der Gestaltungsrichtlinien erfolgt in Anhang A.

Abschnitt 6 listet die notwendigen Datenbedarfe der Gestaltungsrichtlinien in allgemeiner Form auf. Diese Datenbedarfe werden in die etablierten Datenformate KBL und VEC überführt. Mit den Datensatzbeschreibungen lassen sich Leitungssätze digital beschreiben, bei denen die Zielwerte der Gestaltungsrichtlinien (siehe Abschnitt 5) digital abgeprüft werden können.

Zweck der Gestaltungsrichtlinien

Die Gestaltungsrichtlinien dieses Dokuments sind als Reaktion auf die Transformation im Automobilbau, wie beispielsweise der Integration neuer Funktionen, entstanden.

Neue Anforderungen, beispielsweise hinsichtlich Rückverfolgbarkeit und Prozessdokumentation, prägen die Leitungssatzfertigung und sind in der Regel mittels Substitution manueller Prozesse durch automatisierte Prozesse umsetzbar. Weiterhin ist die Automobilbranche in den Prozessen der Leitungssatzfertigung immer wieder mit Themen der Versorgungssicherheit und des Personalbedarfs konfrontiert. Eine wesentliche Herausforderung stellt dabei der bisher hohe Anteil an manuellen Fertigungsprozessen aufgrund der hohen Variabilität der Leitungssatzfertigung dar. Insgesamt variiert heutzutage der Anteil an automatisierten Prozessen in den unterschiedlichen Stufen der Fertigungsprozesse ebenfalls stark.

Für die Automatisierung der Fertigung von Leitungssätzen ist es notwendig, dass definierte Anforderungen bereits in frühen Phasen des Entwicklungsprozesses berücksichtigt werden (siehe Bild 1). Durch die Standardisierung dieser Anforderungen ist es möglich, dass auf am Markt verfügbare automatisierte Fertigungslösungen zurückgegriffen werden kann, beziehungsweise neue Fertigungslösungen entstehen.

Beispielhaftes Modell des Entwicklungsprozesses

Der folgende Abschnitt beschreibt beispielhaft den Entwicklungsprozess des Leitungssatzes.

Anhand des Schaubildes (siehe Bild 1) können die Gestaltungsrichtlinien bezüglich ihrer Entwicklungsphase zeitlich eingeordnet werden. Das Bild 1 stellt diesen Prozess beispielhaft grafisch dar. Für die Anwendung der Gestaltungsrichtlinien dieses Dokuments sind lediglich die Konzeptphase, Entwicklungsphase und Industrialisierungsphase relevant. Bereits in der Konzeptphase sind wichtige Anforderungen zur automatisierungsgerechten Produktgestaltung von Leitungssätzen für künftige Phasen zu berücksichtigen.

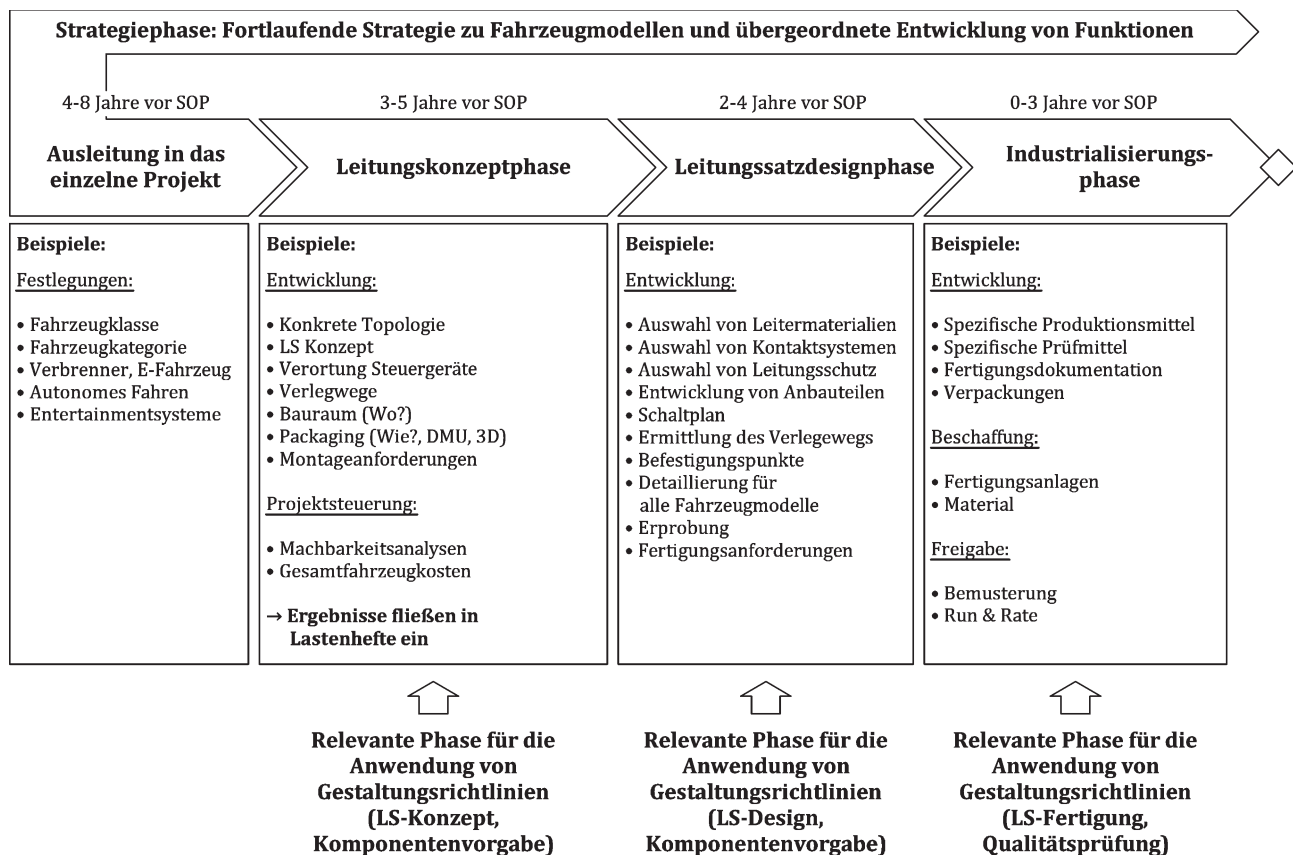


Bild 1 — Beispielhaftes Modell der Leitungssatzentwicklung

Die Komponentenentwicklung erfolgt zeitlich unabhängig entsprechend den Vorgaben aus dem gewünschten Einsatztermin der jeweiligen Komponente.

Die schematische Darstellung (siehe Bild 1) verzichtet bewusst auf die Verteilung der einzelnen Entwicklungsaufgaben zwischen Fahrzeughersteller und Leitungssatzhersteller, da es hierzu eine Vielzahl an Modellen der Zusammenarbeit gibt, welche im Kontext der automatisierten Leitungssatzfertigung keinen Einfluss haben.

Beispielhaftes Modell der Leitungssatzfertigung

Das Bild 2 zeigt ein beispielhaftes Modell der Leitungssatzfertigung mit einer möglichen Abfolge der einzelnen Fertigungsschritte und den übergeordneten Systemen/Prozessen.

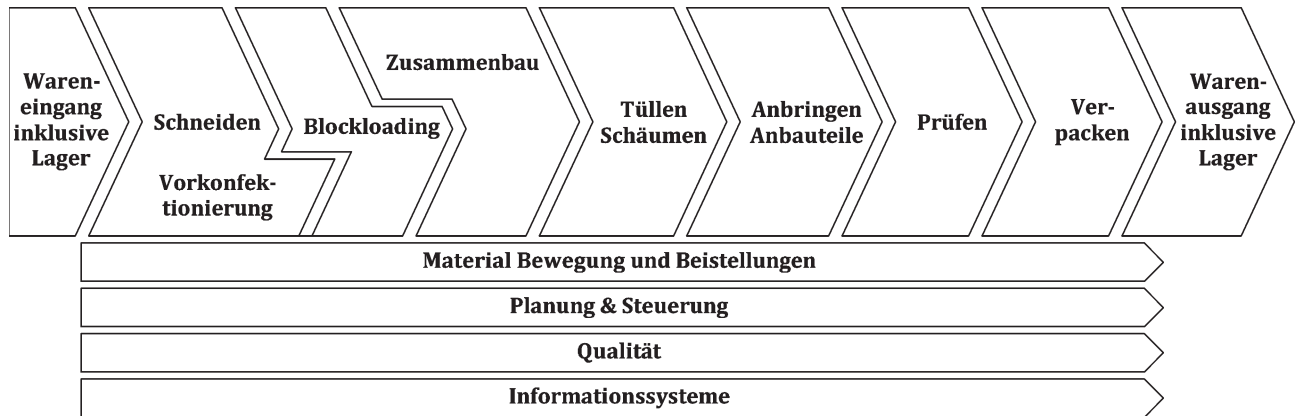


Bild 2 — Beispielhaftes Modell der Leitungssatzfertigung

Die Fertigung eines komplexen Leitungssatzes erfolgt ab einer gewissen Komplexität in mehreren Stufen. Diese Stufen beinhalten einzelne oder mehrere Prozessschritte und sind in der Regel räumlich voneinander getrennt. Zwischen den Stufen erfolgt eine Zwischenlagerung und ein Transport von Materialien zur Fertigstellung von Teilumfängen und der Leitungssätze. Als Herausforderung ist besonders hervorzuheben, dass komplexe Leitungssätze häufig in Losgröße 1 produziert werden. Alle Prozessschritte müssen daher geeignet sein, eine spezifische Variante aus einer sehr großen Variantenauswahl fertigen zu können. Dies gilt insbesondere für den Zusammenbau des Leitungssatzes selbst.

Die Anwendung der Gestaltungsrichtlinien dieses Dokumentes ermöglichen es, den Anteil der automatisierten Leitungssatzfertigung zu erhöhen. Die Gestaltungsrichtlinien adressieren hierfür die folgenden Kernanforderungen.

Kernanforderungen an eine Automatisierbarkeit der Leitungssatzfertigung

Komplexität reduzieren

Die Reduktion der Komplexität wird erreicht über:

- Reduktion der Teilevielfalt
- Reduktion der Prozesstechnikvielfalt
- Vereinfachung der Vernetzung

Die grundlegende Annahme ist, dass weniger Komplexität zu einer besseren Automatisierbarkeit führt.

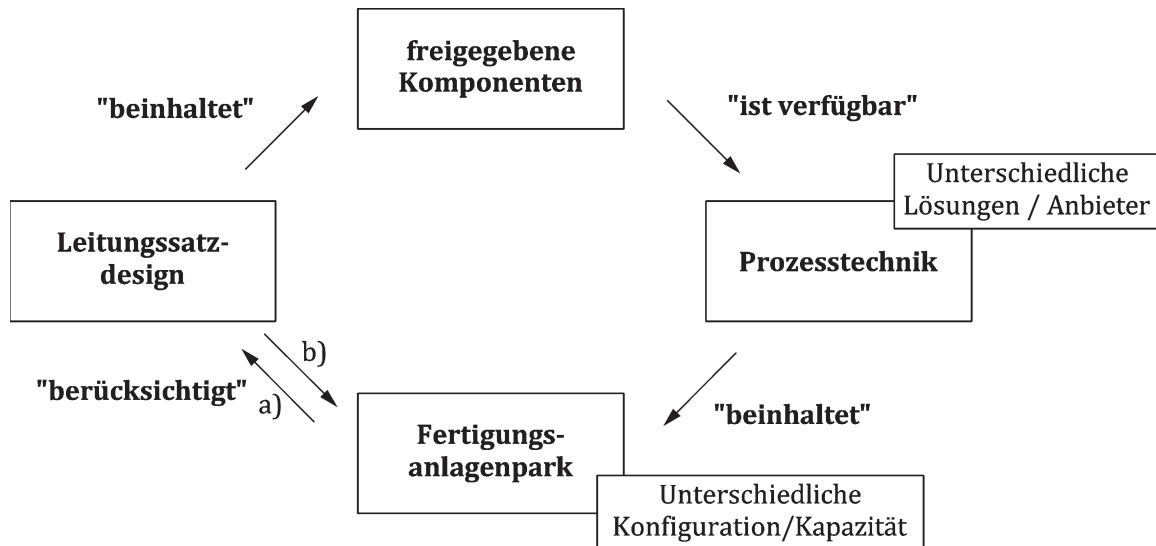
Automation begünstigen

Die Automatisierung wird durch eine automatengeeignete Gestaltung von Bordnetzen, 150 % Leitungssätzen, Leitungssätzen, Teilumfängen und Komponenten erreicht.

Wechselwirkung zwischen Leitungssatzdesign und Automatisierung

Eine Herausforderung bei der Beschreibung von Gestaltungsrichtlinien für Leitungssätze besteht darin, dass diese in Abhängigkeit der einzusetzenden beziehungsweise verfügbaren Prozesstechnik definiert werden müssen. Diese Gestaltungsrichtlinien müssen bei der Überprüfung mit den jeweils passenden Merkmalen versehen werden.

Vereinfacht lassen sich die Abhängigkeiten in folgender Darstellung (siehe Bild 3) veranschaulichen:



Legende

- a LS-Design folgt LS-Fertigung
- b LS-Fertigung folgt LS-Design

Bild 3 — Vereinfachtes Modell der Abhängigkeiten der Gestaltungsrichtlinien

Eine Komponente wird zur Verwendung freigegeben, wenn für diese eine geeignete automatisierbare Prozesstechnik zur Verarbeitung verfügbar ist. Die Prozesstechnik kann von unterschiedlichen Herstellern von Fertigungsanlagen zur Verfügung gestellt werden und muss nicht zwangsläufig herstellerübergreifend kompatibel sein.

Ein Fertigungsanlagenpark eines Leitungssatzes beinhaltet unterschiedliche Prozesstechniken, sowohl die Fertigungsschritte als auch deren Anzahl betreffend. Daraus folgt, dass ein Fertigungsanlagenpark ein dynamisches, nicht einheitliches Konstrukt ist, welches je nach Leitungssatzhersteller gänzlich unterschiedlich ausgeprägt sein kann. Die Möglichkeiten, die ein spezifischer Fertigungsanlagenpark bietet, müssten im Leitungssatzdesign berücksichtigt werden, um sicherzustellen, dass der Leitungssatz tatsächlich gefertigt werden kann.

Die Abstimmung kann in zwei Richtungen erfolgen:

- Das Leitungssatzdesign berücksichtigt die Möglichkeiten der Fertigung von Leitungssatzherstellern nach dem Stand der Technik (siehe Bild 3 a).
- Der Fertigungsanlagenpark wird in Abhängigkeit des Leitungssatzdesigns ausgelegt beziehungsweise ergänzt (siehe Bild 3 b).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Gestaltungsrichtlinien, mit denen der Automatisierungsgrad der Fertigung von Leitungssätzen in der Automobilindustrie erhöht wird.

Die Gestaltungsrichtlinien adressieren sowohl die Entwicklungs- als auch die Fertigungsphase des Leitungssatzes. Weiterhin werden Gestaltungsrichtlinien für automatisierungsgerechte Komponenten aufgestellt.

Dieses Dokument stellt Anforderungen an die produktbeschreibenden digitalen Daten auf und gibt Leitlinien für die Umsetzung der Anforderungen für eingesetzte Datenformate.

2 Normative Verweisungen

Dieses Dokument bezieht sich auf die nachfolgend aufgeführten Dokumente. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 72551, *Straßenfahrzeuge — Niederspannungsleitungen — Teil 7: Farben und Farbkennzeichnung von Adern für Niederspannungsleitungen*

DIN 76722, *Straßenfahrzeuge — Elektrische Leitungen — Regel für den Aufbau der Kurzbezeichnungen*

ISO 19642 (all parts), *Road Vehicles — Automotive Cables*

VDA 4964, *Harness Description List* (KBL)

VDA 4968, *Vehicle Electric Container* (VEC)

TLF 0214 beziehungsweise DIN TS 70214 in Entstehung

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>

— DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1 Begriffe zu Komponenten

3.1.1 Begriffe zu elektrischen Leitungen

3.1.1.1

elektrischer Leiter

elektrisch leitende Komponente zur Energie- oder Informationsübertragung

3.1.1.2

Leiterwerkstoff

elektrisch leitender Werkstoff, aus dem der elektrischer Leiter (3.1.1.1) hergestellt ist

BEISPIEL Kupfer, Aluminium

3.1.1.3

Litze

nicht isolierter elektrischer Leiter (3.1.1.1), bestehend aus mehreren Einzeldrähten

3.1.1.4

Nennquerschnitt

nominaler Querschnitt des elektrischen Leiters (3.1.1.1)

3.1.1.5

Ader

einadrige Leitung

Komponente bestehend aus einem elektrischen Leiter (3.1.1.1) mit einer Isolierung

Anmerkung 1 zum Begriff: Leitungstypen mit deren Aufbaumerkmalen sind in ISO 19642-3 definiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Deutsche Bezeichnungen für Leitungstypen sind in DIN 76722 definiert.

3.1.1.6

elektrische Leitung

Komponente bestehend aus einer oder mehreren Adern (3.1.1.5) mit oder ohne Schirmung beziehungsweise Mantel

3.1.1.6.1

Kupferleitung

elektrische Leitung (3.1.1.6), deren Adern (3.1.1.5) mit einem Leiterwerkstoff (3.1.1.2), der mehr als 99 % Massenanteil des chemischen Elements Kupfer enthält, aufgebaut sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition inkludiert sowohl die zulässigen Kupferqualitäten gemäß ISO 19642-3 als auch niedrig legierte harte Kupferqualitäten zur Erhöhung der Zugfestigkeit.

3.1.1.6.2

Aluminiumleitung

elektrische Leitung (3.1.1.6), deren Adern (3.1.1.5) mit einem Leiterwerkstoff (3.1.1.2), der mehr als 98 % Massenanteil des chemischen Elements Aluminium enthält, aufgebaut sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition inkludiert reines und niedrig legiertes Aluminium gemäß ISO 19642-4.

3.1.1.7

mehradrige Leitung

elektrische Leitung (3.1.1.6) mit mindestens zwei Adern (3.1.1.5)

3.1.1.8

verseilte Adern

mehradrige Leitung (3.1.1.7), die als Endlosmeterware hergestellt wird, bestehend aus miteinander verseilten Adern (3.1.1.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fertigung einer mehradrigen Leitung beim Leitungshersteller wird auf Verseilmaschinen für Leitungslängen von mehreren hundert Metern, bis mehreren Kilometern realisiert. Hier wird von Verseilung gesprochen. In Mantelleitungen (3.1.1.11) kommen ausschließlich verseilte Adern zum Einsatz.

3.1.1.9

verdrillte Adern

mehradrige Leitung (3.1.1.7), die aus vorab geschnittenen Adern (3.1.1.5) verdrillt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird eine mehradrige Leitung beim Leitungssatzhersteller auf Maschinen verdrillt, geschieht dies normalerweise mit bereits geschnittenen Längen bis zu wenigen Metern der einzelnen Adern und bereits angeschlagenen Kontaktteilen (3.1.4.4). Hier wird von Verdrillung gesprochen.

3.1.1.10

Unshielded Twisted Pair Leitung

UTP-Leitung

mehradrige Leitung (3.1.1.7) aus genau zwei Adern (3.1.1.5) mit gleichem Nennquerschnitt (3.1.1.4) ohne Schirmung und ohne Mantel

Anmerkung 1 zum Begriff: UTP-Leitung besteht aus verseilten Adern (3.1.1.8) oder verdrehten Adern (3.1.1.9)

3.1.1.11

Mantelleitung

elektrische Leitung (3.1.1.6), die von einem Mantel umhüllt ist

3.1.1.12

Koaxiale Leitung

Mantelleitung (3.1.1.11) mit einer Ader (3.1.1.5) und Schirmung

BEISPIEL Antennenleitung

3.1.1.13

Niedervolt

Spannungsklasse ≤ 30 V AC oder ≤ 60 V DC für den Einsatz im Bordnetz (3.1.3.4)

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition entspricht der englischsprachlichen Definition 60 V cable der ISO 19642-1.

3.1.1.14

Niederfrequenz

Frequenz eines Wechselstroms oder einer Wechselspannung oder periodisch pulsierende Gleichspannung ≤ 25 kHz für den Einsatz im Bordnetz (3.1.3.4)

3.1.2 Begriffe für nichtelektrische Leitungen

3.1.2.1

nichtelektrische Leitung

Komponente zur Übertragung von Medien oder nichtelektrischen Informationen

3.1.2.2

Leitung für Flüssigkeiten

nichtelektrische Leitung (3.1.2.1), bestehend aus polymeren Werkstoffen, zur Führung flüssiger Medien

BEISPIEL Wischwasserleitung

3.1.2.3

Leitung für Gas

nichtelektrische Leitung (3.1.2.1), bestehend aus polymeren Werkstoffen, zur Führung gasförmiger Medien

BEISPIEL Unterdruckleitung

3.1.2.4

Lichtwellenleitung

lichtleitende, nichtelektrische Leitung (3.1.2.1), bestehend aus einer oder mehreren lichtleitenden Leitern, die mit einem gemeinsamen Außenmantel umhüllt ist

BEISPIEL Polymer Optische Fasern

3.1.3 Begriffe zum Leitungssatz

3.1.3.1

Teilumfang

Konstrukt von elektrischen Leitungen (3.1.1.6), dessen Leitungsenden mit Kontaktteilen (3.1.4.4) in Kontaktträgern (3.1.4.5) gepinnt (3.1.4.3) oder mit Kabelschuhen (3.1.4.9) abgeschlossen sind

3.1.3.2

Leitungssatz

LS

Zusammenbau von Leitungssatzkomponenten zur bestimmungsgemäßen Verwendung im Fahrzeug

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Umfang des Leitungssatz ist vollständig und in sich abgeschlossen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Leitungssatz beinhaltet unter anderem Teilumfänge (3.1.3.1).

3.1.3.3

150 % Leitungssatz

150 % LS

Beschreibung einer Menge von Leitungssätzen (3.1.3.2), welche Varianten in einem bestimmten Kontext sind

Anmerkung 1 zum Begriff: 150 % Leitungssätze werden nicht im Fahrzeug verbaut.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Kontext eines 150 % Leitungssätze ist beispielsweise Einbauort, Zuordnung zu einer Fahrzeugkomponente Sitz oder Lenkungsart.

BEISPIEL 1 Mehrere Antriebsvarianten auf einer Zeichnung.

BEISPIEL 2 Leitungssatz für Links- und Rechtslenker auf einer Zeichnung.

BEISPIEL 3 Alle Varianten eines Cockpitleitungssatzes auf einer Zeichnung.

3.1.3.4

Bordnetz

Summe aller Leitungssätze (3.1.3.2) der Fahrzeuge einer Produktreihe

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Produktreihe ist ein Fahrzeugmodell oder eine Fahrzeugmodellreihe.

3.1.3.5

Leitungsstrang

geometrisch beschränkter Abschnitt eines Leitungssatzes (3.1.3.2) oder Teilumfangs (3.1.3.1)

3.1.3.6

Ausbindung

Leitungsstrang (3.1.3.5) eines Leitungssatzes (3.1.3.2), der an einem Knoten (3.3.1) abgeht

3.1.3.7

Störkontur

geometrische Kontur, die bei einer Automatisierung zu berücksichtigen ist

3.1.3.8

Baugruppe

in sich geschlossene Komponente bestehend aus mindestens zwei Teilen oder Baugruppen

3.1.3.9

Verlegeweg

geometrischer Verlauf von Leitungen im Leitungssatz (3.1.3.2) oder Leitungsstränge (3.1.3.5) im Fahrzeug

3.1.3.10

DMU-Länge

Länge der Mittellinie im 3D-Modell eines Leitungsstrangs (3.1.3.5) in Fahrzeuglage

3.1.3.11

Kabelformbrett

Montagehilfe zur Fertigung eines Leitungssatzes (3.1.3.2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die zur Fertigung eines Leitungssatzes notwendigen Komponenten werden hierzu auf einem Kabelformbrett zusammengeführt.

3.1.4 Begriffe zu Kontaktteilen und Verbindungstechniken

3.1.4.1

Crimpen

Verbindungsverfahren, bei dem eine Komponente mit mindestens einem elektrischen Leiter (3.1.1.1) durch plastische Verformung miteinander elektrisch leitend verbunden wird

3.1.4.2

Schweißen

Verbindungsverfahren, bei dem mindestens zwei Komponenten stoffschlüssig und elektrisch leitend gefügt werden

BEISPIEL Ultraschallschweißen, Widerstandschweißen

3.1.4.3

pinnen

einführen von Kontaktteilen (3.1.4.4) in die Kammern von Kontaktträgern (3.1.4.5) mit bestimmungsgemäßer Primärverrastung (3.1.4.7)

3.1.4.4

Kontaktteil

metallisches, elektrisch leitendes Element eines Steckverbinders (3.1.4.12)

3.1.4.5

Kontaktträger

isolierte Komponente mit mindestens einer Kammer zur Aufnahme von Kontaktteilen (3.1.4.4)

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein oder mehrere Kontaktträger werden in ein Steckergehäuse (3.1.4.6) eingeführt.

3.1.4.6

Steckergehäuse

Gehäuse mit integriertem Kontaktträger (3.1.4.5) oder mit Aufnahmen für Kontaktträger

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein- oder mehrteiliger Umfang, optional mit zusätzlichen mechanischen Komponenten zum Schutz oder Befestigung.

3.1.4.7

Primärverrastung

Designelement, zur Sicherung gegen das ungewollte Entfernen eines Kontaktteils (3.1.4.4) aus der Kammer eines Kontaktträgers (3.1.4.5)

3.1.4.8

Sekundärverriegelung

Designelement, zur redundanten Sicherung gegen das ungewollte Entfernen von Kontaktteilen (3.1.4.4) aus den Kammern von Kontaktträgern (3.1.4.5)

3.1.4.9

Kabelschuh

elektromechanische Komponente, die eine Verbindung zwischen elektrischen Komponenten durch einen Schraubvorgang ermöglicht

3.1.4.10

Crimpkabelschuh

Kabelschuh (3.1.4.9), bei dem die Verbindung zwischen der elektrischen Leitung (3.1.1.6) und dem Ende des Kabelschuhs mittels Crimpen (3.1.4.1) realisiert wird

3.1.4.11

Leitungsverbinder

elektrische Verbindung eines elektrischen Leiters (3.1.1.1) mit weiteren elektrischen Leitern (3.1.1.1)

3.1.4.11.1

Crimpverbinder

Leitungsverbinder (3.1.4.11), dessen elektrische Verbindung durch Crimpen (3.1.4.1) realisiert wird

3.1.4.11.2

Quetschverbinder

Leitungsverbinder (3.1.4.11), dessen elektrische Verbindung durch Quetschen einer Quetschhülse realisiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Mit einem Quetschverbinder werden mehrere Leitungsenden dauerhaft miteinander verbunden. Ein Lösen der Verbindung ist nicht vorgesehen. Die Quetschhülse umschließt dabei die Leitungsenden nach dem Umformprozess. Häufig sind Quetschverbinder rotationssymmetrisch und spiegelsymmetrisch senkrecht zur Rotationsachse aufgebaut.

3.1.4.11.3

Schweißverbinder

Leitungsverbinder (3.1.4.11), dessen elektrische Verbindung durch Schweißen (3.1.4.2) realisiert wird

BEISPIEL Ultraschallschweißverbinder

3.1.4.11.4

Durchgangverbinder

Leitungsverbinder (3.1.4.11), bei dem die elektrischen Leiter (3.1.1.1) von zwei Seiten der Verbindung zugeführt werden

3.1.4.11.5

Endverbinder

Leitungsverbinder (3.1.4.11), bei dem die elektrischen Leiter (3.1.1.1) von einer Seite der Verbindung zugeführt werden

3.1.4.12

Steckverbinder

elektromechanische Komponente, die Verbindungen zwischen elektrischen Komponenten durch einen Steckvorgang ermöglicht

3.1.4.13

Potentialverteiler

Steckergehäuse (3.1.4.6) mit elektrisch verbundenen Kontaktteilen (3.1.4.4)

3.1.5 Begriffe zu nichtelektrischen Steckerkomponenten

3.1.5.1

Einzeladerabdichtung

EAD

ringförmige Dichtung, bestehend aus elastomerem Polymer, die auf eine elektrische Leitung (3.1.1.6) mit einer Ader (3.1.1.5) aufgebracht wird, um die Ader zum Kontaktträger (3.1.4.5) gegen feuchte Umwelteinflüsse abzudichten

3.1.5.2

Sammelabdichtung

mattenförmige Dichtung, bestehend aus elastomerem Polymer, durch die mehrere Adern (3.1.1.5) von elektrischen Leitungen (3.1.1.6) geführt werden, um die elektrischen Leitungen zum Steckergehäuse (3.1.4.6) gegen feuchte Umwelteinflüsse abzudichten

3.1.5.3

Endkappe

elektrische Isolierung oder Abdichtung gegen feuchte Umwelteinflüsse für einen Endverbinder (3.1.4.11.5)

3.1.6 Begriffe zu Leitungsschutzkomponenten

3.1.6.1

Leitungsschutz

Schutz von elektrischen Leitungen (3.1.1.6) vor Umwelteinflüssen durch Bündelung und Aufbringen einer Leitungsschutzkomponente

Anmerkung 1 zum Begriff: Typen von Leitungsschutzkomponenten sind folgend unter 3.1.6.2 bis 3.1.6.7 definiert

3.1.6.2

Wickelband

Komponente zum Leitungsschutz (3.1.6.1) bestehend aus einer Folie, einem Textil oder Laminat, gegebenenfalls einseitig mit Haftklebstoff versehen

BEISPIEL Ein Wickelband kann spiralförmig oder längslaufend (Längsbandagierung), um die zu schützenden elektrischen Leitungen (3.1.1.6) gelegt werden, so dass eine geschlossene Umhüllung entsteht.

3.1.6.3

Wellschlauch

Wellrohr

längsgeschlossene oder längsgeschlitzte Komponente zum Leitungsschutz (3.1.6.1) mit einer gewellten Wandstruktur, bestehend aus einem polymeren Werkstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem längsgeschlitzten Wellschlauch werden die elektrischen Leitungen (3.1.1.6) durch die Längsschlitzung in den längsgeschlitzten Wellschlauch gelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei der Fertigung einer geschlossenen Umhüllung von längsgeschlitzten Wellschläuchen muss die Längsschlitzung beispielsweise mit einem zweiten Wellschlauch oder einem Wickelband (3.1.6.2) verschlossen werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei einem längsgeschlossenen Wellschlauch werden die elektrischen Leitungen (3.1.1.6) durch einen Fädelprozess in den längsgeschlossenen Wellschlauch eingeführt.

3.1.6.4

Rollschlauch

selbstschließend Komponente zum Leitungsschutz (3.1.6.1), bestehend aus einem textilen Werkstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem Rollschlauch werden die elektrischen Leitungen (3.1.1.6) in den längsgeöffneten Rollschlauch gelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zur Fertigung einer geschlossenen Umhüllung muss die verbleibende Längsöffnung beispielsweise mit einem zweiten Rollschlauch oder einem Wickelband (3.1.6.2) verschlossen werden.

3.1.6.5

Glattschlauch

längsgeschlossene Komponente zum Leitungsschutz (3.1.6.1) mit einer glatten Wandstruktur, bestehend aus einem polymeren Werkstoff

Anmerkung 1 zu Begriff: Bei einem längsgeschlossenen Glattschlauch werden die elektrischen Leitungen (3.1.1.6) über einen Fädelprozess in den längsgeschlossenen Glattschlauch gelegt.

3.1.6.6

Geflechtschlauch

längsgeschlossene Komponente zum Leitungsschutz (3.1.6.1), bestehend aus einem textilen Werkstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem Geflechtschlauch werden die elektrischen Leitungen (3.1.1.6) durch einen Fädelprozess in den Geflechtschlauch eingeführt.

3.1.6.7

Schrumpfschlauch

längsgeschlossene Komponente, bestehend aus polymeren Werkstoffen, die sich bei thermischer Erwärmung radial unter definierten Vorgaben zusammenzieht

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem Schrumpfschlauch werden die elektrischen Leitungen (3.1.1.6) durch einen Fädelprozess in den Schrumpfschlauch eingeführt.

3.1.7 Begriffe für Anbauteile

3.1.7.1

Anbauteil

nichtelektrische Komponente des Leitungssatzes (3.1.3.2) mit Zusatzfunktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Anbauteile haben einen zusätzlich zu berücksichtigten Bauraumbedarf bei der Automatisierung.

3.1.7.2

Clip

Formteil zur Befestigung der Leitungsstränge (3.1.3.5) eines Leitungssatzes (3.1.3.2) im Fahrzeug

BEISPIEL Wickelclip, Leitungsbinderclip

3.1.7.3

Leitungsbinder

Kabelbinder

Band mit einem Verschlussmechanismus, das zum Bündeln oder zum Befestigen von Leitungen und anderen Komponenten verwendet wird

3.1.7.4

Kabelkanal

ein- oder mehrteiliges Formteil aus einem polymeren Werkstoff zum Bündeln, zum Schutz und zur geometrischen Formgebung oder zur Fixierung der Leitungsstränge (3.1.3.5) eines Leitungssatzes (3.1.3.2)

3.1.7.5

Tülle

ein- oder mehrteiliges flexibles Formteil aus einem polymeren Werkstoff, zum Schutz, zur Abdichtung und zur Führung eines Leitungsstrangs (3.1.3.5) zwischen frei zugänglichen Karosserieteilen

3.2 Begriffe zum Entstehungsprozess eines Leitungssatzes

3.2.1

Leitungssatzentwicklungsprozess

Entwicklungsprozess, bestehend aus Leitungssatzkonzeptphase (3.2.1.2) und Leitungssatzdesignphase (3.2.1.4)

3.2.1.1

Leitungssatzkonzept

LS-Konzept

Systemgestaltung des Bordnetzes (3.1.3.4) während der Leitungssatzkonzeptphase (3.2.1.2)

3.2.1.2

Leitungssatzkonzeptphase

Entwicklungsphase des Leitungssatzentwicklungsprozesses (3.2.1) zur Erstellung des Leitungssatzkonzeptes (3.2.1.1)

3.2.1.3

Leitungssatzdesign

LS-Design

Systemgestaltung des Leitungssatzes (3.1.3.2)

3.2.1.4

Leitungssatzdesignphase

Entwicklungsphase des Leitungssatzentwicklungsprozesses (3.2.1) zur Erstellung des Leitungssatzdesigns (3.2.1.3)

3.2.2

Fertigungsprozess

Summe aller Prozessschritte, die zur Fertigung eines Produkts notwendig sind

3.2.2.1

Vorkonfektion

Fertigungsprozess (3.2.2), in dem aus einzelnen Komponenten mittels Verarbeitung vorkonfektionierte Umfänge realisiert werden

BEISPIEL Schritte der Verarbeitung sind beispielsweise Schneiden, Abisolieren, Einzeladerabdichtung (3.1.5.1) aufbringen, Kontaktteil (3.1.4.4) aufbringen, Verdrillen zu UTP-Leitungen (3.1.1.10), fertigungsbegleitende Prüfung (3.2.2.6).

3.2.2.2

Blockloading

Fertigungsprozess (3.2.2), in dem aus elektrischen Leitungen (3.1.1.6) der Vorkonfektion (3.2.2.1) mittels Pinnen (3.1.4.3) der Kontaktteile (3.1.4.4) Teilumfänge (3.1.3.1) realisiert werden

3.2.2.3

Zusammenbau

Fertigungsprozess (3.2.2), in dem aus Teilumfängen (3.1.3.1) und zusätzlichen Umfängen mittels Verarbeitung Leitungssätze (3.1.3.2) realisiert werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Schritte der Verarbeitung sind beispielsweise Teilumfänge zusammenfügen, Anbauteile (3.1.7.1) anbringen, Schäumen, nichtelektrische Leitungen (3.1.2.1) ergänzen, fertigungsbegleitende Prüfung (3.2.2.6) des Leitungssatzes.

3.2.2.4

Prozesstechnik

Technologie, die in einem Fertigungsprozess (3.2.2) eingesetzt wird

3.2.2.5

automatentauglich

Eigenschaft, die eine Verarbeitung auf automatisierten Fertigungsanlage (3.2.2.10) ermöglicht

3.2.2.6

fertigungsbegleitende Prüfung

Prüfung einzelner Prozessschritte während der Fertigungsprozesse (3.2.2)

3.2.2.7

End of Line Prüfung

Prüfung des Leitungssatzes (3.1.3.2) nach dem Zusammenbau (3.2.2.3) und vor dem Versand zur Montage im Fahrzeug

3.2.2.8

Konfektionsfreigabe

Nachweis vor Start der Fertigung des Leitungssatzes (3.1.3.2) in Serie, dass Komponenten die Anforderungen für Fertigungsprozesse (3.2.2) erfüllen und für diese freigegeben sind

3.2.2.9

Fertigungsanlagenpark

eine oder mehrere Fertigungsanlagen (3.2.2.10)

3.2.2.10

Fertigungsanlage

Einheit zur automatisierten Fertigung von Leitungssätzen (3.1.3.2) oder Teilumfängen (3.1.3.1)

3.3 Begriffe zur Struktur eines Leitungssatzes

3.3.1

Knoten

Verzweigungs- oder Endpunkte in einer Leitungssatztopologie (3.3.3)

3.3.2

Segment

Abschnitt zwischen zwei benachbarten Knoten (3.3.1) in einer Leitungssatztopologie (3.3.3)

3.3.3

Leitungssatztopologie

geometrische Grundstruktur des Leitungssatzes (3.1.3.2) bestehend aus Knoten (3.3.1) und Segmenten (3.3.2)

3.3.4

Vernetzungsstruktur

Art und Weise des Aufbaus der in einem Leitungssatz (3.1.3.2) oder Teilumfang (3.1.3.1) realisierten Punkt-zu-Punkt Verbindungen samt deren physikalisch realisierten Endpunkten

Anmerkung 1 zum Begriff: Endpunkte sind beispielsweise Steckergehäuse (3.1.4.6) und Kabelschuhe (3.1.4.9).

3.3.5

Kette

Vernetzungsstruktur (3.3.4), die einen rein linearen und nicht geschlossenen Aufbau besitzt

3.3.6

Ring

Vernetzungsstruktur (3.3.4), die einen rein linearen und geschlossenen Aufbau besitzt

3.3.7

Masche

Ring (3.3.6), der Teil einer Vernetzungsstruktur (3.3.4) ist

3.3.8

Elementarmasche

Masche (3.3.7), die keine weitere Masche beinhaltet

3.3.9

Baum

verzweigte Vernetzungsstruktur (3.3.4), die keine Maschen (3.3.7) enthält

3.3.10

Vernetzungstiefe

maximale Anzahl der aufeinanderfolgenden Knoten (3.3.1) zwischen zwei Endpunkten einer Kette (3.3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Anfangs- und Endknoten der Kette werden mitbetrachtet.

3.3.11

digitale Leitungssatzbeschreibung

DLSB

Beschreibung des Leitungssatzes (3.1.3.2) in digitaler Form

3.3.12

digitale Komponentenbeschreibung

DKOB

Beschreibung einer Komponente des Leitungssatzes (3.1.3.2) in digitaler Form

3.4 Sonstige Begriffe

3.4.1

Gestaltungsrichtlinie

Regeln oder Empfehlungen zur automatisierten Fertigung des Leitungssatzes (3.1.3.2)

Anmerkung 1 zum Begriff: Regeln sind normative Vorgaben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Empfehlungen benennen Vorgaben, die begründet entfallen können, wenn der Wegfall die Automatisierung nicht behindert.

3.4.2

Sachnummer

Nummer zur eindeutigen Identifikation von Komponentenarten

4 Symbole und Abkürzungen

CD-ROM	Compact Disc Read-Only Memory
CSR	Customer Specific Requirement
DKOB	digitale Komponentenbeschreibung
DLSB	digitale Leitungssatzbeschreibung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMU	Digital Mock-Up → Digitales Versuchsmodell
EAD	Einzeladerabdichtung
E-Fahrzeug	Elektrofahrzeug
FLR	Fahrzeugleitung, Niedervolt, reduzierte Isolierwanddicke
ISO	Internationale Organisation für Normung
KBL	Kabelbaumliste
KSL	Kundenspezifischer Leitungssatz
LS	Leitungssatz
SOP	Start of Production
TLF	Technischer Leitfaden
UTP	Unshielded Twisted Pair
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
VEC	Vehicle Electric Container
XML	Extensible Markup Language
XSD	XML-Schema Definition
W3C	World Wide Web Consortium
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional

5 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssätze

5.1 Allgemeines

5.1.1 Generische Beschreibung der Gestaltungsrichtlinien

Die Beschreibung von Gestaltungsrichtlinien erfolgt tabellarisch (siehe Tabelle 1).

Jede Gestaltungsrichtlinie hat eine eindeutige, sechsstellige **Identifikationsnummer** (siehe Tabelle 1) mit führenden Nullen zur eindeutigen Identifikation und zum Referenzieren der jeweiligen Gestaltungsrichtlinie in diesem oder externen Dokumenten.

Die Gestaltungsrichtlinien bestimmen die **Verbindlichkeit** (siehe Tabelle 1) durch einen der zwei Typen:

- 1) **Regel:** Eine Regel beschreibt klar, welche Anforderungen die Gestaltungsrichtlinie an den Zielwert stellt und mit welchem Messkriterium und damit welcher Datengrundlage (zum Beispiel Zeichnung) diese Anforderungen zu überprüfen sind.
- 2) **Empfehlung:** Eine Empfehlung betrifft Gestaltungsrichtlinien, die nicht immer mit Anforderungen an den Zielwert beschrieben werden können. Gestaltungsrichtlinien werden, wenn gestellte Anforderungen komponentenunabhängig, vernetzungsunabhängig oder prozessunabhängig allgemeingültig gelten (siehe Tabelle 1 – Motivation), als Kernanforderungen von Gestaltungsrichtlinien mit der Verbindlichkeit Empfehlung definiert.

Der adressierte Themenkomplex einer Gestaltungsrichtlinie wird in Tabelle 1 beschrieben durch:

a) **Leitungssatzebene:** 2 abgestufte theoretische Ebenen:

- Bordnetz;
- 150 % Leitungssatz (150 % LS);

und den beiden abgestuften realen Ebenen:

- Leitungssatz (LS);
- Teilumfang (ein Leitungssatz kann aus 1 bis n Teilumfängen bestehen).

b) **Komponente(n):** Die Komponente oder die Liste der Komponenten, die von der Gestaltungsrichtlinie adressiert wird. „Komponentenunabhängig“ bedeutet, es können keine konkreten Komponenten adressiert werden.

c) **Prozess:** Ein spezifischer Verarbeitungsprozess der Komponente(n), der von dieser Gestaltungsrichtlinie adressiert wird. „Prozessunabhängig“ bedeutet, es können keine konkreten Prozesse adressiert werden.

d) **Applikationsebene:** Die Applikationsebene des adressierten Produkts:

- Niedervolt.

Die **Kategorie** (siehe Tabelle 1) gibt die zugrundeliegende Entwicklungsphase der Gestaltungsrichtlinie an. Es werden folgende Kategorien unterschieden:

a) **Komponentenvorgaben:** Gestaltungsrichtlinien für Komponenten beinhalten Anforderungen für eine automatentaugliche Verarbeitung der Komponenten, welche bereits in der Entwicklung der Komponente berücksichtigt werden müssen. Mit diesen Anforderungen soll sichergestellt werden, dass die Komponenten mit der dafür geeigneten Prozesstechnik automatisiert verarbeitet werden können.

b) **LS-Konzept:** Gestaltungsrichtlinien für das Leitungssatzkonzept sorgen dafür, dass bereits während der Leitungssatzkonzeptphase die Voraussetzungen für eine automatentaugliche Fertigung des Leitungssatzes geschaffen werden.

c) **LS-Design:** Gestaltungsrichtlinien für das Leitungssatzdesign sorgen dafür, dass der während der Leitungssatzdesignphase entwickelte Leitungssatz automatentauglich gefertigt werden kann.

d) **LS-Fertigung:** Gestaltungsrichtlinien für den Fertigungsprozess des Leitungssatzes behandeln Einschränkungen, die bei der automatentauglichen Industrialisierung berücksichtigt werden müssen.

Die **Motivation** (siehe Tabelle 1) gibt die zugrundeliegende Zielsetzung der Gestaltungsrichtlinie an:

- a) **Komplexität reduzieren:** Kernanforderung der Automatisierung ist die Komplexität zu reduzieren, indem im Vorfeld zum Beispiel die Vielfalt beschränkt wird. Diese Beschränkung der Vielfalt beinhaltet die Punkte:
 - Reduzierung der Prozesstechnikvielfalt;
 - Reduzierung der Komponententeilevielfalt;
 - Vereinfachung der Vernetzung.
- b) **Automation begünstigen:** Kernanforderung der Automatisierung ist eine Automatisierung in Bezug auf zum Beispiel Prozesssicherheit und Kosteneffizienz zu erreichen, indem die Automatisierung zum Beispiel zuverlässig gestaltet wird. Diese Kernanforderung beinhaltet die Punkte:
 - Automatengerechte Gestaltung in Bezug auf einzelne Merkmale der Leitungssätze und in Bezug auf Beschränkung der Ausdehnung (Größe, Instanzen) der verarbeiteten Teilumfänge;
 - Automatengerechte Komponenten;
 - Automatengerechte Teilumfänge in Bezug auf Beschränkung der verarbeiteten Teilumfänge.
- c) **Qualität sicherstellen:** Kernanforderung der Automatisierung indem die Qualitätsziele automatisiert sichergestellt werden, um nachfolgende Qualitätsprüfungen zu vermeiden. Qualitätsanforderungen werden definiert für:
 - LS-Fertigungsprozesse und Komponenten.

Die **Verweise** einer Gestaltungsrichtlinie (siehe Tabelle 1) definieren Referenzen auf weiterführende Normen, technische Leitfäden oder ähnlichem und auf Gestaltungsrichtlinien in diesem Dokument, die einer der drei Klassen zugewiesen werden:

- a) **Konkretisierung in:** Die als Verweise aufgelisteten Gestaltungsrichtlinien präzisieren den Inhalt der beschriebenen allgemeingültigen Gestaltungsrichtlinie.
- b) **Konkretisierung von:** Die als Verweis aufgelistete Gestaltungsrichtlinie ist eine allgemeingültige Gestaltungsrichtlinie, die durch die beschriebene Gestaltungsrichtlinie präzisiert wurde.
- c) **Siehe auch:** Die als Verweise aufgelisteten Gestaltungsrichtlinien zeigen für die beschriebene Gestaltungsrichtlinie weitere ähnliche Gestaltungsrichtlinien, die zum Beispiel die gleiche Komponente betreffen.

Tabelle 1 — Gestaltungsrichtliniendefinition

Identifikationsnummer <i>Eineindeutige Identifikationsnummer, die zum Referenzieren dieser Gestaltungsrichtlinie dient.</i>	Leitungssatzebene ☐ Bordnetz, ☐ 150 % LS, ☐ LS, ☐ Teilumfang Komponente(n) <i>adressierte Komponente</i> Prozess <i>adressierte(r) Prozess(e) der Komponente oder der Instanz der Leitungssatzebene</i> Applikationsebene ☐ Niedervolt	Kategorie ☐ Komponentenvorgaben ☐ LS-Konzept ☐ LS-Design ☐ LS-Fertigung
Verbindlichkeit ☐ Regel ☐ Empfehlung		Motivation ☐ Komplexität reduzieren ☐ Automation begünstigen ☐ Qualität sicherstellen
Gestaltungsrichtlinie <i>Prägnante Beschreibung der Gestaltungsrichtlinie mit Verweis auf die Anforderungen und den Zielwerten.</i>		
Bebildung <i>Optional grafische Darstellung der Situation zum besseren Verständnis mit der Einstufung, ob die Darstellung „in Ordnung“, das heißt konform zu dieser Gestaltungsrichtlinie, oder „nicht in Ordnung“, das heißt nicht konform zu dieser Gestaltungsrichtlinie, ist.</i>		
Hintergrund <i>Motivation der Automatisierung und das Potential der Optimierung durch die Gestaltungsrichtlinie oder den Grund des Ausschlusses.</i>		
Anforderungen als Zielwert <i>Liste aller Anforderungen als konkrete Zielwerte, anhand deren die Einhaltung einer Gestaltungsrichtlinie überprüft wird.</i>		
Messkriterium <i>Attribute, anhand derer die Anforderungen beziehungsweise die definierten Zielwerte überprüft werden können, oder die digitale Produktbeschreibung der Gestaltungsrichtlinie (siehe 6.2) mit den Bedarfen digitale Komponentenbeschreibung (DKOB) oder digitale Leitungssatzbeschreibung (DLSB).</i>		
Ausblick <i>Möglichkeiten der Innovationsentwicklung unter anderem in Bezug auf die <Anforderungen als Zielwert>.</i>		
Verweise <i>Verweis auf weiterführende Informationen wie zum Beispiel Normen oder Gestaltungsrichtlinien.</i>		
ANMERKUNG 1 Legende: Kursive Texte beschreiben den Inhalt der Tabellenzelle		

Die Bedarfe der digitalen Leitungssatzbeschreibungen oder digitalen Komponentenbeschreibungen werden tabellarisch (siehe Tabelle 2) unter Angabe der Datenquelle (DKOB oder DLSB) für den beschriebenen Datenbedarf definiert und im Messkriterium der Gestaltungsrichtlinie spezifiziert (siehe Tabelle 1 – Messkriterium).

Tabelle 2 — Beispieltabelle für Datenbedarfe

Datenquelle	Datenbedarf
DLSB	Zu betrachtende Teilumfänge müssen definiert oder ableitbar sein.
DKOB	Kupfer- und Aluminiumleitungen müssen jeweils als solche identifizierbar sein.

5.1.2 Matrix zur Systematisierung der Gestaltungsrichtlinien

Für jede Kategorie (siehe Tabelle 1) werden alle Gestaltungsrichtlinien in einer separaten Tabelle (siehe Tabelle 3) zusammengefasst. Diese Tabellen geben für die von der Kategorie vorgegebenen Entwicklungsphase einen Überblick über die definierten Gestaltungsrichtlinien und deren Verbindlichkeit, ob die Gestaltungsrichtlinie eine Regel oder eine Empfehlung für die Entwicklungsphase ist, und mit dem Titel der Gestaltungsrichtlinie die Motivation der Gestaltungsrichtlinie. Die referenzierten Gestaltungsrichtlinien sind in Tabelle 3 zu finden.

Tabelle 3 — Beispieldaten mit Gestaltungsrichtlinien einer Entwicklungsphase

Motivation	Gestaltungsrichtlinie Beispiele
Komplexität reduzieren	Tabelle A.1 Empfehlung — 135067 - LS-Konzept - Kernanforderung an Prozesstechnikvielfalt begrenzen
Automation begünstigen	Tabelle A.4 Empfehlung — 689762 - LS-Konzept - Kernanforderung an automatengerechte Gestaltung
Qualität sicherstellen	Tabelle A.7 Empfehlung — 607707 - LS-Konzept - Kernanforderung an Qualitätssicherung

Die vollständige Matrixsystematik mit Basisinformationen aller Gestaltungsrichtlinien ist als Anlage dieses Dokumentes auf der beigefügten CD-ROM verfügbar. Eine tabellarische Übersicht aller Gestaltungsrichtlinien ist ergänzend auf der beigefügten CD-ROM verfügbar.

5.2 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssatzkonzepte

In Tabelle 4 werden alle Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase LS-Konzept zusammengefasst. Im Anhang A sind diese Gestaltungsrichtlinien in Allgemein, Kontaktträger, Anbauteile und Vernetzungsstruktur unterteilt (siehe A.1).

Tabelle 4 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Konzept

Motivation	Gestaltungsrichtlinien LS-Konzept
Komplexität reduzieren	Tabelle A.1 Empfehlung — 135067 - LS-Konzept - Kernanforderung an Prozesstechnikvielfalt begrenzen
	Tabelle A.2 Empfehlung — 345938 - LS-Konzept - Kernanforderung an Teilevielfalt begrenzen
	Tabelle A.3 Empfehlung — 259959 - LS-Konzept - Kernanforderung an Vernetzung begrenzen
	Tabelle A.10 Empfehlung — 615882 - LS-Konzept - Vernetzungsstruktur für die Automatisierung auslegen
Automation begünstigen	Tabelle A.4 Empfehlung — 689762 - LS-Konzept - Kernanforderung an automatengerechte Gestaltung
	Tabelle A.5 Empfehlung — 457158 - LS-Konzept - Kernanforderung an automatengerechte Komponenten
	Tabelle A.6 Empfehlung — 890738 - LS-Konzept - Kernanforderung an automatengerechten Teilumfang
	Tabelle A.8 Regel — 407527 - LS-Konzept - Lage der Kontaktteile für UTP-Leitungen in Kontaktträgern einschränken

Motivation	Gestaltungsrichtlinien LS-Konzept
	Tabelle A.9 Empfehlung — 954795 - LS-Konzept - Kabelkanäle nach Möglichkeit vermeiden
	Tabelle A.11 Empfehlung — 866354 - LS-Konzept - Überkreuzungen von Leitungen vermeiden
Qualität sicherstellen	Tabelle A.7 Empfehlung — 607707 - LS-Konzept - Kernanforderung an Qualitätssicherung

5.3 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssatzdesigns

In Tabelle 5 und Tabelle 6 werden alle Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase LS-Design zusammengefasst. Tabelle 5 fasst die Gestaltungsrichtlinien des Leitungssatzes und Tabelle 6 die Gestaltungsrichtlinien des Teilumfangs zusammen. Im Anhang A (siehe A.2) sind diese Gestaltungsrichtlinien in Allgemein, Anbauteile, Kontakteile, Elektrische Leitungen, Leitungsschutzkomponente, Leitungsverbinder und Vernetzungsstruktur unterteilt.

Tabelle 5 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Design für Leitungssätze

Motivation	Gestaltungsrichtlinien LS-Design
Komplexität reduzieren	Tabelle A.17 Empfehlung — 714621 - LS-Design - Teilevielfalt von Clips im 150 % Leitungssatz begrenzen
	Tabelle A.19 Regel — 260631 - LS-Design - Prozesstechnikvielfalt von Clips begrenzen
	Tabelle A.34 Empfehlung — 571369 - LS-Design - Anzahl unterschiedlicher Nennquerschnitte elektrischer Leitungen begrenzen
Automation begünstigen	Tabelle A.12 Regel — 172486 - LS-Design - Automatisiert verarbeitbare Leitungssatzkomponenten auswählen
	Tabelle A.15 Empfehlung — 770863 - LS-Design - Zugänglichkeit für automatisches Positionieren von Clips sicherstellen
	Tabelle A.16 Regel — 317887 - LS-Design - Durchführtüllen vermeiden
	Tabelle A.20 Empfehlung — 977843 - LS-Design - Verlegeweg der Leitungen in Schäumtüllen auf 2D beschränken
	Tabelle A.22 Regel — 310735 - LS-Design - Anzahl Adern an Kontaktteilen und Kabelschuhen begrenzen
	Tabelle A.24 Regel — 718108 - LS-Design - Nachlöten von Crimpkabelschuhen vermeiden
	Tabelle A.25 Regel — 593889 - LS-Design - Schrumpfschläuche vermeiden
	Tabelle A.26 Regel — 524350 - LS-Design - Zulässige Leitungslängen von einadrigen Leitungen begrenzen
	Tabelle A.27 Regel — 478795 - LS-Design - Nennquerschnitte von einadrigen Leitungen begrenzen
	Tabelle A.28 Regel — 832197 - LS-Design - Zulässige Leitungslängen von UTP-Leitungen begrenzen

Motivation	Gestaltungsrichtlinien LS-Design
	Tabelle A.30 Regel — 925040 – LS-Design – Optisch unterscheidbare Adern von UTP-Leitungen realisieren
	Tabelle A.31 Regel — 384332 – LS-Design – Nachträgliche Verzinnung von Litzen ausschließen
	Tabelle A.33 Regel — 706757 – LS-Design – Automatisiertes Pinnen von UTP-Leitungen sicherstellen
	Tabelle A.35 Regel — 625267 – LS-Design – Einheitliche Leitungsschutzkomponenten verwenden
	Tabelle A.36 Regel — 546271 – LS-Design – Längsgeschlossene Leitungsschutzkomponenten vermeiden
	Tabelle A.37 Empfehlung — 440108 – LS-Design – Leitungsschutzsysteme mit unterschiedlichen Prozesstechniken vermeiden
	Tabelle A.38 Empfehlung — 159418 – LS-Design – Mindestabstand zwischen benachbarten Ausbindungspunkten für automatische Bewicklung sicherstellen
	Tabelle A.39 Regel — 181916 – LS-Design – Ausführungsarten von Leitungsverbinder begrenzen
	Tabelle A.40 Regel — 617422 – LS-Design – Prozesstechnikvielfalt für Endverbinder begrenzen
Qualität sicherstellen	—

Tabelle 6 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Design für Teilumfänge

Motivation	Gestaltungsrichtlinien LS-Design
Komplexität reduzieren	Tabelle A.18 Empfehlung — 935584 – LS-Design – Teilevielfalt von Clips im Teilumfang begrenzen
	Tabelle A.21 Regel — 524465 – LS-Design – Teilevielfalt an Kontaktteilen und Einzeladerabdichtungen begrenzen
	Tabelle A.23 Empfehlung — 290800 – LS-Design – Prozesstechnikvielfalt zur Kontaktierung von Kontaktteilen und Kabelschuhen begrenzen
	Tabelle A.43 Empfehlung — 546195 – LS-Design – Vernetzungstiefe begrenzen
	Tabelle A.44 Regel — 619930 – LS-Design – Vermaschungen reduzieren
	Tabelle A.45 Regel — 958211 – LS-Design – Anzahl Kontaktträger begrenzen
	Tabelle A.46 Empfehlung — 427421 – LS-Design – Anzahl Adern begrenzen
Automation begünstigen	Tabelle A.13 Regel — 895198 – LS-Design – Nichtelektrische Leitungen als abgeschlossene zusätzliche Teilumfänge auslegen
	Tabelle A.14 Regel — 489200 – LS-Design – Elektrische Leitungen, abweichend zu einadrigen und UTP-Leitungen, als abgeschlossene zusätzliche Teilumfänge auslegen
	Tabelle A.29 Regel — 092394 – LS-Design – Nennquerschnitte von verdrehten Adern begrenzen

Motivation	Gestaltungsrichtlinien LS-Design
	Tabelle A.41 Regel — 109085 – LS-Design – Anzahl Adern für Endverbinder einschränken
	Tabelle A.42 Regel — 830085 – LS-Design – Endverbinder abdichten oder elektrisch isolieren
Qualität sicherstellen	Tabelle A.32 Regel — 948648 – LS-Design – Gemeinsamer Einsatz von Kupfer- und Aluminiumleitungen ausschließen

5.4 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Fertigungsprozesse

In Tabelle 7 werden alle Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase LS-Fertigung zusammengefasst. Im Anhang A (siehe A.3) sind diese Gestaltungsrichtlinien in Vorkonfektion und Zusammenbau unterteilt.

Tabelle 7 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: LS-Fertigung

Motivation	Gestaltungsrichtlinien LS-Fertigung
Komplexität reduzieren	Tabelle A.47 Regel — 504937 – LS-Fertigung – Fügeverfahren für Kontaktteile begrenzen
Automation begünstigen	Tabelle A.49 Regel — 952093 – LS-Fertigung – Pinnen ohne Ausknicken der Adern ermöglichen
	Tabelle A.50 Empfehlung — 160473 – LS-Fertigung – Verlegewege auf eine 2D Ebene einschränken
Qualität sicherstellen	Tabelle A.48 Regel — 183793 – LS-Fertigung – Deformation der Kontaktteile beim Crimpen begrenzen

5.5 Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Komponenten

In Tabelle 8 werden alle Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase Komponentenvorgaben zusammengefasst. Im Anhang A (siehe A.4) sind diese Gestaltungsrichtlinien in Anbauteile, Dichtungselement, Kontaktteile, Elektrische Leitungen und Steckverbinder unterteilt.

Tabelle 8 — Gestaltungsrichtlinien für die Entwicklungsphase: Komponentenvorgaben

Motivation	Gestaltungsrichtlinien Komponentenvorgaben
Komplexität reduzieren	Tabelle A.57 Regel — 139563 – Komponente – Kontaktteile für links einlaufende Crimpwerkzeuge verwenden
Automation begünstigen	Tabelle A.51 Regel — 783439 – Komponente – Abdeckkappen für Steckergehäuse nachträglich montierbar gestalten
	Tabelle A.52 Regel — 969791 – Komponente – Außengeometrie von Schäumtüllen ohne Hinterschnitte auslegen
	Tabelle A.53 Regel — 356993 – Komponente – Querschnittgeometrie von Schäumtüllen automaten-tauglich konstruieren
	Tabelle A.54 Regel — 136523 – Komponente – Ausreichende Wandstärke von Schäumtüllen sicherstellen

Motivation	Gestaltungsrichtlinien Komponentenvorgaben
	Tabelle A.56 Empfehlung — 476220 – Komponente – Headroom-Test der Kontaktteil-Nennquerschnittskombinationen durchführen
	Tabelle A.58 Regel — 106918 – Komponente – Kontaktteile auf Rollen bereitstellen
	Tabelle A.59 Empfehlung — 384361 – Komponente – Gut richtbare einadrige Leitungen sicherstellen
	Tabelle A.60 Regel — 056177 – Komponente – Anzahl unterschiedlicher Kammergrößen von Kontaktträgern begrenzen
Qualität sicherstellen	Tabelle A.55 Regel — 872352 – Komponente – Einzeladerabdichtungen mit Kragen oder Kontur ausführen

6 Datenprofile für die digitale Komponenten- und Leitungssatzbeschreibung auf Basis von Standarddatenformaten

6.1 Motivation und Zielsetzung

Die in der physischen Bordnetzentwicklung eingesetzten Datenformate KBL und VEC vermeiden es, in Bezug auf ihre Anwendung verpflichtende Anforderungen an eine Mindestbefüllung zu stellen. Die Datenformate weisen eine Vielzahl von Attributen und Relationen als optionale Datenstrukturen aus. Dies gilt insbesondere für das Datenformat VEC, das im Vergleich zum Datenformat KBL einen viel weiter gefassten Anwendungsbereich besitzt.

Um den Anwendern der Datenformate für die praktische Anwendung anwendungsspezifische Vorgaben zu geben, wird seitens der zuständigen Standardisierungsorganisationen eine spezielle Methodik angewendet, um anwendungsfallbezogen höhere Anforderungen auszuweisen. So gibt es zu beiden Standards KBL und VEC jeweils eine begleitend publizierte *strict*-Variante, welche zum Beispiel im Kontext Wertelisten deutlich strengere Maßstäbe ansetzt als es die Grundversion vorgibt. Mit dieser Anhebung des Semantikniveaus wird die tool- und toolherstellerübergreifende Interoperabilität verbessert.

Ziel der nachfolgenden Abschnitte (siehe 6.2 bis 6.6) ist es, diese Methodik anzuwenden, um für die Standards KBL und VEC die erforderliche Mindestbefüllung zu definieren, damit die in diesem Dokument definierten Gestaltungsrichtlinien digital auswertbar sind. Im Ergebnis werden drei Datenprofile definiert: ein VEC-basiertes Datenprofil für die digitale Komponentenbeschreibung (DKOB) (siehe 6.4) sowie je ein VEC- und KBL-basiertes Datenprofil für die digitale Leitungssatzbeschreibung (DLSB) (siehe 6.5 und 6.6).

Die Anforderungen an die digitale Leitungssatzbeschreibung ergeben sich dabei unmittelbar aus den in diesem Dokument definierten Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Leitungssatzkonzepte (siehe A.1) und automatengerechte Leitungssatzdesigns (siehe A.2) in Form der darin definierten Datenbedarfe. Ein Beispiel hierfür sind Anforderungen an die zulässigen Leitungslängen im Leitungssatz.

Die Anforderungen an die digitale Komponentenbeschreibung sind ebenfalls von den Gestaltungsrichtlinien aus A.1 und A.2 und den darin definierten Datenbedarfen abgeleitet. Beispielsweise müssen je Kontraktträger Lage und Orientierung der Kammern digital auswertbar abgebildet sein, um diverse die Vernetzungsstruktur des Leitungssatzes betreffende Gestaltungsrichtlinien überprüfen zu können.

Die in den Abschnitten (siehe 6.3 bis 6.6) definierten Datenprofile stellen eine Basis dar, damit Toolanbieter Standardimplementierungen anbieten können, die wiederum alle an der Leitungssatzentwicklung beteiligten Unternehmen unmittelbar und in jeglicher Kombinatorik ohne Reibungsverluste anwenden können. Ferner informieren die definierten Datenprofile über in der Wertschöpfungskette relevante Daten. Letztlich wird ein Beitrag geschaffen, dass konstruktiv bedingte Automatisierungshemmnisse von Beginn an

im Entwicklungsprozess transparent werden und so die Entstehung von Leitungssätzen, welche die Anforderungen dieses Dokuments erfüllen, in der industriellen Praxis voranschreitet.

Hinweise:

- Die in diesem Dokument in A.3 definierten Gestaltungsrichtlinien schlagen sich nicht in den Datenprofilen nieder, da der Fokus der Datenformate KBL und VEC auf der digitalen Leitungssatzbeschreibung und deren Komponenten liegt, nicht auf der Beschreibung von Fertigungsprozessen.
- Die in diesem Dokument in A.4 definierten Gestaltungsrichtlinien schlagen sich nur mittelbar in den Datenprofilen nieder (siehe 6.4.2 sowie relevante Komponentenarten in Tabelle 12). Hintergrund ist, dass die zusammenfassende Information, ob eine Komponente die für sie relevanten Gestaltungsrichtlinien erfüllt oder nicht, bereits als ausreichende digitale Abbildung angesehen wird.

6.2 Zusammenfassung des Bedarfs an Komponenten- und Leitungssatzdaten

Tabelle 9 fasst die in A.1 und A.2 in den Gestaltungsrichtlinien definierten Datenbedarfe zusammen. Ferner wird je Datenbedarf der Kontext für die Datenprofildefinitionen (siehe 6.3 bis 6.6) ausgewiesen.

Tabelle 9 — Zusammenfassung der Datenbedarfe der Gestaltungsrichtlinien

Datenprofil	Datenbedarf	Kontext
DLSB	Zu betrachtende Leitungssätze müssen definiert oder ableitbar sein.	Leitungssatz (siehe 6.5.5 und 6.6.5)
	Zu betrachtende Teilumfänge müssen definiert oder ableitbar sein.	Leitungssatz (siehe 6.5.5 und 6.6.5)
	Die Vernetzung muss definiert sein (Adern und ihre Anfangs- und Endpunkte).	Vernetzungsstruktur (siehe 6.5.8 und 6.6.8)
	Für jede verwendete Ader muss die DMU-Länge definiert sein.	Leitungen (siehe 6.5.4 und 6.6.4)
	Eine Vorgabe zur nachträglichen Verzinnung der Litze muss identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.5.4 und 6.6.4)
	Eine Vorgabe zum Löten muss identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.5.4 und 6.6.4)
	Eine Vorgabe zum Verdrillen von Adern muss identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.5.4 und 6.6.4)
	Für jede verwendete UTP-Leitung muss die maximal zulässige Entdrilllänge definiert sein.	Leitungen (siehe 6.5.4 und 6.6.4)
	Für jede verwendete UTP-Leitung muss die orientierte Länge des Schlaglängendreiecks in Richtung des Pinnens definiert sein. Zur Vereinfachung kann sie durch eine konstante Länge angenähert werden.	Leitungen (siehe Abschnitt 6.5.4 und 6.6.4)
	Durchgang- und Endverbinder müssen jeweils als solche identifizierbar sein.	Leitungsverbinder (siehe 6.5.7 und 6.6.7)
	Die Positionierung von Leitungsschutzkomponenten auf dem Leitungssatz muss definiert sein.	Leitungsschutz (siehe 6.5.6 und 6.6.6)

Datenprofil	Datenbedarf	Kontext
	Es müssen die Punkte auf dem Leitungssatz ableitbar sein, welche zu den Außenkanten der auf dem Leitungssatz platzierten Clips korrespondieren. Zur Vereinfachung können diese durch den platzierten Mittelpunkt des Clips plus Offset angenähert werden.	Formgebung (siehe 6.5.3 und 6.6.3)
	Es müssen die Punkte auf dem Leitungssatz ableitbar sein, welche zu den Außenkanten der auf dem Leitungssatz platzierten Kabelkanäle korrespondieren. Zur Vereinfachung können diese durch die Ein- und Austrittstrittspunkte des Leitungssatzes in den jeweiligen Kabelkanal angenähert werden.	Formgebung (siehe 6.5.3 und 6.6.3)
	Es müssen die Punkte auf dem Leitungssatz ableitbar sein, welche zu den Außenkanten der auf dem Leitungssatz platzierten Tüllen korrespondieren. Zur Vereinfachung können diese durch die Ein- und Austrittspunkte des Leitungssatzes in die jeweilige Tülle angenähert werden.	Formgebung (siehe 6.5.3 und 6.6.3)
	Der geometrische Verlegeweg des Leitungssatzes durch die Tülle muss definiert sein.	Formgebung (siehe 6.5.3 und 6.6.3)
	Es müssen die Punkte auf dem Leitungssatz ableitbar sein, welche zu den Außenkanten der auf dem Leitungssatz platzierten Kontaktträger korrespondieren. Zur Vereinfachung können diese durch die Eintrittspunkte der elektrischen Leitungen in das Steckergehäuse angenähert werden.	Formgebung (siehe 6.5.3 und 6.6.3)
	Es müssen die Punkte auf dem Leitungssatz ableitbar sein, welche zu den Außenkanten einer abgehenden Ausbindung korrespondieren. Zur Vereinfachung können diese durch den jeweiligen Knoten in der Leitungssatztopologie plus Offset angenähert werden.	Formgebung (siehe 6.5.3 und 6.6.3)
DKOB	Elektrische Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.4.6)
	Nichtelektrische Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.4.6)
	Einadrige Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.4.6)
	Kupfer- und Aluminiumleitungen müssen jeweils als solche identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.4.6)
	Für jede Ader muss der Nennquerschnitt definiert sein.	Leitungen (siehe 6.4.6)
	Für jede Ader muss die Farbinformation definiert sein.	Leitungen (siehe 6.4.6)
	Für jede Ader muss der Leitungstyp definiert sein.	Leitungen (siehe 6.4.6)
	Kontaktträger müssen als solche identifizierbar sein.	Steckverbinder (siehe 6.4.8)
	Für jede Kammer des Kontaktträgers muss die geometrische Lage des Eintrittspunktes definiert sein.	Steckverbinder (siehe 6.4.8)
	Für jede Kammer der Kontaktträger muss die Orientierung definiert sein.	Steckverbinder (siehe 6.4.8)

Datenprofil	Datenbedarf	Kontext
	Für jede Kammer der Kontaktträger muss die Kammerlänge definiert sein.	Steckverbinder (siehe 6.4.8)
	Das für einen Durchgang- oder Endverbinder vorgegebene Verbindungsverfahren muss definiert sein.	Leitungsverbinder (siehe 6.4.10)
	Kabelschuhe müssen als solche identifizierbar sein.	Kontaktteile (siehe 6.4.5)
	Kontaktteile müssen als solche identifizierbar sein.	Kontaktteile (siehe 6.4.5)
	Für jedes Kontaktteil muss der Kontaktteilüberstand definiert sein.	Kontaktteile (siehe 6.4.5)
	Das für ein Kontaktteil oder Kabelschuhs vorgegebene Verbindungsverfahren muss definiert sein.	Kontaktteile (siehe 6.4.5)
	EADs müssen als solche identifizierbar sein.	Dichtungselemente (siehe 6.4.4)
	Kabelkanäle müssen als solche identifizierbar sein.	Anbauteile (siehe 6.4.3)
	Für Kabelkanäle muss identifizierbar sein, ob diese automatisiert verarbeitet werden können oder nicht.	Anbauteile (siehe 6.4.3)
	Clips müssen als solche identifizierbar sein.	Anbauteile (siehe 6.4.3)
	Die für das Anbringen des Clips auf dem Leitungssatz benötigte Prozesstechnik muss definiert sein.	Anbauteile (siehe 6.4.3)
	Wickelbänder müssen als solche identifizierbar sein.	Leitungsschutz (siehe 6.4.7)
	Glattschläuche, Wellschläuche, Geflechschläuche und Rollschläuche müssen jeweils als solche identifizierbar sein.	Leitungsschutz (siehe 6.4.7)
	Schrumpfschläuche müssen als solche identifizierbar sein.	Leitungsschutz (siehe 6.4.7)
	Für Glattschläuche, Wellschläuche, Geflechschläuche und Rollschläuche muss erkennbar sein, ob sie geschlitzt ausgeführt sind.	Leitungsschutz (siehe 6.4.7)
	Es muss erkennbar sein, ob der Schrumpfschlauch durch Fädelprozess auf den Leitungssatz aufzubringen ist.	Leitungsschutz (siehe 6.4.7)
	Tüllen müssen als solche identifizierbar sein.	Tüllen (siehe 6.4.9)
	Es muss erkennbar sein, ob die Tülle durch Fädelprozess auf den Leitungssatz aufzubringen ist.	Tüllen (siehe 6.4.9)
	Schäumtüllen müssen als solche identifizierbar sein.	Tüllen (siehe 6.4.9)
	Für Komponenten muss erkennbar sein, wenn sie Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Komponenten nicht erfüllen.	Alle Komponentenarten (siehe 6.4.2)
	Jede Komponente braucht einen eindeutigen Identifikator wie beispielsweise eine Sachnummer, der sie gegen andere Komponenten und Varianten dieser Komponente abgrenzt.	Alle Komponentenarten (siehe 6.4.2)

Datenprofil	Datenbedarf	Kontext
DLSB, DKOB	UTP-Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	Leitungen (siehe 6.4.6 sowie 6.5.4 und 6.6.4)
ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu den in Tabelle 9 aufgeführten Datenbedarfen ist eine grundlegende digitale Beschreibung zu fordern. Sie muss einen 150 %-Leitungssatz derart abbilden können, dass daraus konkrete Leitungssätze abgeleitet werden können und für jeden Leitungssatz auf die beinhalteten Komponenten geschlossen werden kann. Diese Anforderungen werden in 6.3 bis 6.6 nicht weiterverfolgt, da die Datenformate KBL und VEC bereits darauf ausgelegt sind, genau diese Forderungen zu bedienen. ANMERKUNG 2 In der industriellen Praxis wird das Leitungssatzdesign über eine digital auswertbare 150 % Leitungssatzbeschreibung definiert. Eine Ableitung auf konkrete Leitungssätze ist Stand der Technik. Die explizite Spezifikation der Teilumfänge während des Leitungssatzdesigns erfolgt in der Regel nicht. Sie ist aber ausgehend von konkreten Leitungssätzen ableitbar: Dazu sind die gepinnten Leitungen (inklusive Kontaktträger, Kabelschuhe, Potentialverteiler und Leitungsverbinder) ohne eine weitere Betrachtung der anderen Komponenten des Leitungssatzes in die Teilumfänge (das heißt minimalen Umfänge) zu zerlegen, sodass keine Restmenge verbleibt.		

6.3 Generische Spezifikation der Datenprofile

Die Definition der Datenprofile erfolgt tabellarisch durch die Definition von Zwangsbedingungen (siehe Tabelle 10). Dies stellt sicher, dass die in diesem Dokument definierten Datenbedarfe in den digitalen Produktbeschreibungen gedeckt werden.

Tabelle 10 — Datenprofildefinition

Datenbedarf	Scope	Zwangsbedingung
<i>Ein Datenbedarf aus 6.2 Tabelle 9.</i>	<i>Der Name einer VEC oder KBL Klasse, in deren Kontext die Zwangsbedingung gilt.</i> <i>Beispiel für VEC:</i> WireReceptionSpecification	<i>Variante 1: Eine formale Definition der Zwangsbedingung als gültiger XPath-Ausdruck. Die einfachste Form davon ist die zwingende Existenzanforderung an ein Unterelement.</i> <i>Beispiel:</i> WireReceptionType <i>Variante 2: Kann oder muss keine formale Zwangsbedingung formuliert werden, so wird die Begründung in spitzen Klammern angegeben:</i> <i><Begründung warum keine formale Zwangsbedingung notwendig oder möglich ist.></i> <i>Beispiel:</i> <Bei einer VEC konformen Abbildung besitzt jede Komponente über die PartNumber, PartVersion und CompanyName einen eindeutigen Identifikator.>
ANMERKUNG 1 Die Standards KBL und VEC definieren einen Mechanismus, wie in der obigen Form definierte Datenprofile automatisiert in eine XML-Schema Datei überführt werden können. Dazu ist eine zur Struktur von Tabelle 10 korrespondierende XML-Beschreibung erforderlich. Diese soll in zukünftigen Versionen diesem Dokument angehängt werden. ANMERKUNG 2 Legende: Kursive Texte beschreiben den Inhalt der Tabellenzelle		

6.4 VEC-basiertes Datenprofil im Scope digitale Komponentenbeschreibung

6.4.1 Allgemeines

Im Folgenden wird auf Basis der in 6.2 aufgeführten Datenbedarfe ein Datenprofil für die digitale Komponentenbeschreibung im Datenformat VEC abgeleitet. Dabei wird definiert, welche Inhalte eine im Datenformat VEC abgebildete digitale Komponentenbeschreibung mindestens beinhalten muss, damit eine digitale Auswertung der in 6.2 aufgeführten Komponenteneigenschaften möglich ist.

Ein die digitale Leitungssatzbeschreibung betreffendes VEC-basiertes Datenprofil wird in 6.5 definiert. Die in 6.4 und 6.5 definierten Datenprofile sind grundsätzlich so definiert, um sie getrennt voneinander oder in Kombination miteinander zu verwenden. Für Details siehe 6.5.1.

Basis für die nachfolgenden Definitionen ist, sofern nichts anderes vermerkt, die Version 1.2 des von VDA und prostep ivip veröffentlichten Datenformats VEC. Die Festlegungen der Zwangsbedingungen für die Datenbedarfe erfolgen in tabellarischer Form wie in Tabelle 10 (siehe 6.3) beschrieben.

6.4.2 Zwangsbedingungen im Kontext aller Komponentenarten

Tabelle 11 definiert ausgehend der in Tabelle 9 (siehe 6.2) aufgeführten Datenbedarfe entsprechende Zwangsbedingungen für VEC-basierte Komponentenbeschreibungen.

Tabelle 11 — Zwangsbedingungen für alle Komponentenarten

Datenbedarf	Scope	Zwangsbedingung
Jede Komponente braucht einen eindeutigen Identifikator wie beispielsweise eine Sachnummer, der sie gegen andere Komponenten und Varianten dieser Komponente abgrenzt.	PartVersion	<Bei einer VEC konformen Abbildung besitzt jede Komponente über die PartNumber, PartVersion und CompanyName einen eindeutigen Identifikator.>
Für Komponenten muss erkennbar sein, wenn sie Gestaltungsrichtlinien für automatengerechte Komponenten nicht erfüllen.	Requirements Conformance Statement	<Zwangsbedingung nicht formal formulierbar, da das RequirementsConformanceStatement nur für die in Anhang A.4 benannten Komponentenarten zu definieren ist. Details siehe nachfolgende Anmerkung und Tabelle 12.>
ANMERKUNG Für alle Komponenten der in Tabelle 12 aufgeführten Komponentenart muss eine RequirementsConformanceSpecification mit einem RequirementsConformanceStatement existieren. Das RequirementsConformanceStatement muss dann auf eine DocumentVersion zeigen, die dieses Dokument eindeutig referenziert (Herausgeber als CompanyName, Normnummer als DocumentNumber und Version als DocumentVersion). Im RequirementsConformanceStatement muss hinterlegt sein, ob die Komponente die Anforderungen aus A.4 erfüllt.		

Tabelle 12 — Komponentenarten die RequirementsConformanceStatement erfordern

Komponentenart	VEC PrimaryPartType
Abdeckkappen	ConnectorHousingCap
Tüllen	Grommet
Kabelkanäle	CableDuct
Clips	Fixing, BoltMountedFixing, HoleMountedFixing, EdgeMountedFixing
Kontaktträger	ConnectorHousing
EADs	CavitySeal
Kontaktteile	PluggableTerminal
Kabelschuhe	RingTerminal
Leitungen	Wire

6.4.3 Zwangsbedingungen im Kontext Anbauteile

Tabelle 13 definiert im Kontext Anbauteile ausgehend von den in Tabelle 9 (siehe 6.2) aufgeführten Datenbedarfen entsprechende Zwangsbedingungen für VEC-basierte Komponentenbeschreibungen.

Tabelle 13 — Zwangsbedingungen im Kontext Anbauteile

Datenbedarf	Scope	Zwangsbedingung
Kabelkanäle müssen als solche identifizierbar sein.	PartVersion	<Im Datenformat bereits als MUSS-Attribut definiert. Identifikation von Kabelkanälen durch den Wert CableDuct.>
Für Kabelkanäle muss identifizierbar sein, ob diese automatisiert verarbeitet werden können oder nicht.	Requirements Conformance Statement	<Noch nicht definierbar, da A.4 dazu keine technischen Anforderungen benennt.>
Clips müssen als solche identifizierbar sein.	PartVersion	<Im Datenformat bereits als MUSS-Attribut definiert. Identifikation von Clips durch einen der Werte: Fixing, BoltMountedFixing, HoleMountedFixing, EdgeMountedFixing.>
Die für das Anbringen des Clips auf dem Leitungssatz benötigte Prozesstechnik muss definiert sein.	Fixing-Specification	<Im Datenformat VEC aktuell nicht abbildbar. Eine Anforderung zur Erweiterung wurde eingereicht.>

6.4.4 Zwangsbedingungen im Kontext Dichtungselemente

Tabelle 14 definiert im Kontext Dichtungselemente ausgehend von den in Tabelle 9 (siehe 6.2) definierten Datenbedarfen entsprechende Zwangsbedingungen für VEC-basierte Komponentenbeschreibungen.

Tabelle 14 — Zwangsbedingungen im Kontext Dichtungselemente

Datenbedarf	Scope	Zwangsbedingung
EADs müssen als solche identifizierbar sein.	PartVersion	<Im Datenformat bereits als MUSS-Attribut definiert. Identifikation von EADs durch den Wert CavitySeal.>

6.4.5 Zwangsbedingungen im Kontext Kontaktteile

Tabelle 15 definiert im Kontext Kontaktteil ausgehend von den in Tabelle 9 (siehe 6.2) aufgeführten Datenbedarfen entsprechende Zwangsbedingungen für VEC-basierte Komponentenbeschreibungen.

Tabelle 15 — Zwangsbedingungen im Kontext Kontaktteile

Datenbedarf	Scope	Zwangsbedingung
Kabelschuhe müssen als solche identifizierbar sein.	PartVersion	<Im Datenformat bereits als MUSS-Attribut definiert. Identifikation von Kabelschuhen durch den Wert RingTerminal.>
Kontaktteile müssen als solche identifizierbar sein.	PartVersion	<Im Datenformat bereits als MUSS-Attribut definiert. Identifikation von Kontaktteilen durch den Wert PluggableTerminal.>
Für jedes Kontaktteil muss der Kontaktteilüberstand definiert sein.	Terminal-Specification	<Im Datenformat VEC aktuell nicht abbildbar. Eine Anforderung zur Erweiterung wurde eingereicht.>
Das für ein Kontaktteil oder Kabelschuhs vorgegebene Verbindungsverfahren muss definiert sein. Damit muss jede Leitungsaufnahme eine Spezifikation besitzen.	WireReception	WireReceptionSpecification
Das für ein Kontaktteil oder Kabelschuhs vorgegebene Verbindungsverfahren muss definiert sein. Damit muss jede Leitungsaufnahme-spezifikation einen Typ definieren.	WireReception-Specification	WireReceptionType

6.4.6 Zwangsbedingungen im Kontext elektrischer Leitungen

Tabelle 16 definiert im Kontext elektrischer Leitungen ausgehend von den in Tabelle 9 (siehe 6.2) aufgeführten Datenbedarfen entsprechende Zwangsbedingungen für VEC-basierte Komponentenbeschreibungen.

Tabelle 16 — Zwangsbedingungen im Kontext elektrischer Leitungen

Datenbedarf	Scope	Zwangsbedingung
Einadrige Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	Wire-Specification	<Bei einer VEC-konformen Abbildung sind einadrige Leitungen als solche identifizierbar.>
UTP-Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	WireGroup-Specification	<Bei einer VEC-konformen Abbildung sind verdrehte Adern inklusive Zahl der verdrehten Adern identifizierbar.>
Elektrische Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	Conductor-Specification	Type
Nichtelektrische Leitungen müssen als solche identifizierbar sein.	Conductor-Specification	Type
Kupfer- und Aluminiumleitungen müssen jeweils als solche identifizierbar sein.	Conductor-Specification	Material
Für jede Ader muss die Farbinformation definiert sein. Damit muss die Grundfarbe definiert sein.	Insulation-Specification	BaseColor
Für jede Ader muss die Farbinformation definiert sein. Damit müssen etwaige existierende weitere Kennfarben definiert sein.	Insulation-Specification	<Bei einer VEC-konformen Abbildung sind weitere Kennfarben durch die Attribute firstIdentificationColor und secondIdentificationColor identifizierbar.>
Für jede Ader muss der Nennquerschnitt definiert sein.	Conductor-Specification	CrossSectionArea
Für jede Ader muss der Leitungstyp definiert sein.	WireElementSpecification	Type

6.4.7 Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz

Tabelle 17 definiert im Kontext Leitungsschutz ausgehend von den in Tabelle 9 (siehe 6.2) aufgeführten Datenbedarfen entsprechende Zwangsbedingungen für VEC-basierte Komponentenbeschreibungen.

Tabelle 17 — Zwangsbedingungen im Kontext Leitungsschutz

Datenbedarf	Scope	Zwangsbedingung
Wickelbänder müssen als solche identifizierbar sein.	PartVersion	<Im Datenformat bereits als MUSS-Attribut definiert. Identifikation von Wickelbändern durch einen der Werte: Tape, Stripe.>
Schrumpfschläuche müssen als solche identifizierbar sein.	PartVersion	<Im Datenformat bereits als MUSS-Attribut definiert. Identifikation von Schrumpfschläuchen durch den Wert ShrinkableTubeSpecification.>