

DIN EN IEC 62680-1-3

ICS 33.120.20; 35.200

Ersatz für
DIN EN IEC 62680-1-3:2020-09
Siehe Anwendungsbeginn

**Schnittstellen des Universellen Seriellen Busses für Daten und
Energie –
Teil 1-3: Gemeinsame Bauteile –
Festlegung für USB-Typ-C®-Kabel und -Steckverbinder
(IEC 62680-1-3:2021);
Deutsche Fassung EN IEC 62680-1-3:2021**

Universal serial bus interfaces for data and power –
Part 1-3: Common components –
USB Type-C® Cable and Connector Specification
(IEC 62680-1-3:2021);
German version EN IEC 62680-1-3:2021

Interfaces de bus universel en série pour les données et l'alimentation électrique –
Partie 1-3: Composants communs –
Spécification des câbles et connecteurs USB Type-C®
(IEC 62680-1-3:2021);
Version allemande EN IEC 62680-1-3:2021

Gesamtumfang 356 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2021-03-23 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2023-05-01.

Für DIN EN IEC 62680-1-3:2020-09 besteht eine Übergangsfrist bis 2024-03-23.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN IEC 62680-1-3:2022-04.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 742 „Audio-, Video- und Multimediasysteme, -geräte und -komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt;
- zurückgezogen;
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN IEC 62680-1-3:2020-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung der USB-Schnittstelle und USB-Technologie an neuere Computer-Plattformen und Geräte im Hinblick auf kleinere, dünnere und leichtere Form-Faktoren;
- b) Festlegung eines neuen USB Konnektors, der den neueren Anforderungen von Computer-Plattformen und Geräten Rechnung trägt;
- c) das Vorgänger-Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN IEC 62680-1-3: 2018-01, 2020-09

EUROPÄISCHE NORM

EN IEC 62680-1-3

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

März 2021

ICS 33.120.20; 33.120.30; 35.200

Ersatz für EN IEC 62680-1-3:2018 und alle Änderungen
und Berichtigungen (falls vorhanden)

Deutsche Fassung

**Schnittstellen des Universellen Seriellen Busses für
Daten und Energie – Teil 1-3: Gemeinsame Bauteile –
Festlegung für USB-Typ-C®-Kabel und -Steckverbinder
(IEC 62680-1-3:2021)**

Universal serial bus interfaces for data and
power – Part 1-3: Common components –
USB Type-C® Cable and Connector Specification
(IEC 62680-1-3:2021)

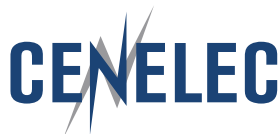
Interfaces de bus universel en série pour
les données et l'alimentation électrique –
Partie 1-3: Composants communs – Spécification
des câbles et connecteurs USB Type-C®
(IEC 62680-1-3:2021)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2021-03-23 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 100/3439/CDV, zukünftige 4. Ausgabe der IEC 62680-1-3, erarbeitet vom IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 62680-1-3:2021 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene (dop) 2021-12-23 durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument (dow) 2024-03-23 entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen

Dieses Dokument ersetzt EN IEC 62680-1-3:2018 und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62680-1-3:2021 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
1 Einleitung.....	21
1.1 Zweck.....	21
1.2 Anwendungsbereich.....	21
1.3 Verwandte Dokumente.....	22
1.4 Konventionen.....	22
1.4.1 Prioritäten.....	22
1.4.2 Schlüsselwörter.....	22
1.4.3 Zahlen.....	23
1.5 Begriffe und Abkürzungen.....	23
2 Überblick.....	27
2.1 Einleitung.....	27
2.2 USB-Typ-C-Buchsen, -Stecker und -Kabel.....	28
2.3 Konfigurationsprozess.....	30
2.3.1 Erkennung des Anschließens einer Quelle an einen Empfänger / des Trennens von Quelle und Empfänger.....	30
2.3.2 Erkennung von Steckerausrichtung/Kabelendenvertauschung.....	30
2.3.3 Erkennung des anfänglichen Stromversorgungsverhältnisses (Quelle zu Empfänger) und Aufbau des Datenverhältnisses (Host zu Gerät).....	30
2.3.4 Erkennung und Nutzung des USB-Typ-C-VBUS-Stroms.....	31
2.3.5 USB-PD-Kommunikation.....	32
2.3.6 Funktionale Erweiterungen.....	32
2.4 VBUS.....	32
2.5 VCONN.....	33
2.6 Hubs.....	33
3 Mechanik.....	33
3.1 Überblick.....	33
3.1.1 Konforme Steckverbinder.....	34
3.1.2 Konforme Kabelsätze.....	34
3.1.3 Konforme Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte.....	34
3.1.4 Konforme Adaptersätze USB Typ-C auf ältere Produkte.....	35
3.2 Steckgesichter von USB-Typ-C-Steckverbindern.....	35
3.2.1 Definition der Steckgesichter.....	35
3.2.2 Referenzkonstruktionen.....	56
3.2.3 Pinbelegung und Beschreibungen.....	63
3.3 Kabelaufbau und Leitungsbelegung.....	65
3.3.1 Kabelaufbau (informativ).....	65
3.3.2 Leitungsbelegung.....	67
3.3.3 Drahtdicken und Kabeldurchmesser (informativ).....	68

3.4	Standard-USB-Typ-C-Kabelsätze.....	69
3.4.1	Vollwertiger USB-Typ-C-Kabelsatz.....	69
3.4.2	USB-2.0-Typ-C-Kabelsatz.....	71
3.4.3	Unverlierbare USB-Typ-C-Kabelsätze.....	71
3.5	Kabelsätze für ältere USB-Produkte.....	71
3.5.1	Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	72
3.5.2	Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Standard-A.....	73
3.5.3	Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Standard-B.....	73
3.5.4	Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Standard-B.....	74
3.5.5	Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Mini-B.....	75
3.5.6	Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Micro-B.....	76
3.5.7	Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Micro-B.....	77
3.6	Adaptersätze für ältere Produkte.....	78
3.6.1	Adaptersatz USB Typ-C auf <i>USB-3.1</i> -Standard-A-Buchse.....	78
3.6.2	Adaptersatz USB Typ-C auf <i>USB-2.0</i> -Micro-B-Buchse.....	79
3.7	Elektrische Eigenschaften.....	80
3.7.1	Rohkabel (informativ).....	80
3.7.2	Passive Kabelsätze USB Typ-C auf Typ-C (normativ).....	81
3.7.3	Gesteckter Steckverbinder (informativ – <i>USB 3.2</i> Gen2 und <i>USB4</i> Gen2).....	100
3.7.4	Gesteckte Steckverbinder (normativ– <i>USB4</i> Gen3).....	105
3.7.5	Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte (normativ).....	106
3.7.6	Adaptersätze USB Typ-C auf ältere USB-Produkte (normativ).....	110
3.7.7	Anforderungen an die Schirmdämpfung (normativ).....	112
3.7.8	Elektrische Gleichstromanforderungen (normativ).....	114
3.8	Mechanische Anforderungen und Anforderungen hinsichtlich der Umgebung (normativ).....	117
3.8.1	Mechanische Anforderungen.....	117
3.8.2	Anforderungen hinsichtlich der Umgebung.....	123
3.9	Docking-Anwendungen (informativ).....	124
3.10	Anmerkungen zur Implementierung und Konstruktionsleitlinien.....	125
3.10.1	EMV-Management (informativ).....	125
3.10.2	Abstand zwischen übereinander und nebeneinander angeordneten Steckverbindern (informativ).....	127
3.10.3	Überlegungen zur Steckverbindung von Kabeln (informativ).....	128
4	Funktionsfähig.....	129
4.1	Zusammenfassung der Signale.....	129
4.2	Beschreibungen der Signal-Pins.....	129
4.2.1	SuperSpeed-USB-Pins.....	129
4.2.2	USB-2.0-Pins.....	130
4.2.3	Hilfssignal-Pins.....	130
4.2.4	Spannungsversorgungs- und Masse-Pins.....	130

4.2.5	Konfigurations-Pins	130
4.3	Seitenbandnutzung (SBU).....	130
4.4	Spannungsversorgung und Masse	130
4.4.1	Spannungsfall am Innenwiderstand	130
4.4.2	VBUS	131
4.4.3	VCONN.....	133
4.5	Konfigurationskanal (CC)	136
4.5.1	Überblick über die Architektur.....	136
4.5.2	Anforderungen an Funktion und Verhalten von CC	149
4.5.3	Interoperabilitätsverhalten von USB-Anschlüssen.....	185
4.6	Energie	203
4.6.1	Leistungsanforderungen während USB Suspend.....	204
4.6.2	Über ein USB-Typ-C-Kabel bereitgestellte VBUS-Leistung	205
4.7	USB-Hubs.....	210
4.8	Speisen von Strom und Laden	211
4.8.1	DFP als Stromquelle	211
4.8.2	Nicht-USB-Ladeverfahren	213
4.8.3	Verbrauchender Host	214
4.8.4	Speisendes Gerät	214
4.8.5	Laden eines Systems mit einer leeren Batterie	214
4.8.6	USB-Typ-C-Ladegeräte mit mehreren Anschlüssen.....	214
4.9	Elektronisch markierte Kabel	217
4.9.1	Parameterwerte	219
4.9.2	Aktive Kabel.....	219
4.10	VCONN-gespeistes Zubehör (VPA) und VCONN-gespeiste USB-Geräte (VPDs).....	219
4.10.1	VCONN-gespeistes Zubehör (VPA).....	219
4.10.2	VCONN-gespeiste USB-Geräte (VPDs).....	220
4.11	Parameterwerte	221
4.11.1	Abschlussparameter	221
4.11.2	Zeitvorgabeparameter	222
4.11.3	Spannungsparameter	225
5	Auffindung/Erkundung und Eintritt in USB4.....	226
5.1	Überblick über den Auffindungs-/Erkundungs-und-Eintrittsprozess	226
5.2	Funktionale Anforderungen an USB4	227
5.2.1	Funktionale Anforderungen an USB4-Hosts	227
5.2.2	Funktionale Anforderungen an USB4-Geräte.....	228
5.2.3	Unterstützung von USB4-Alternativmodi.....	228
5.3	Leistungsanforderungen bei USB4	228
5.3.1	Stromversorgungsanforderungen an die Quelle.....	229

5.3.2	Stromversorgungsanforderungen an den Empfänger	229
5.3.3	Anforderungen an das Leistungsmanagement der Geräte	229
5.4	Anforderungen an den Ablauf der Auffindung/Erkundung und des Eintritts in USB4.....	230
5.4.1	Beginn der USB-Typ-C-Verbindung.....	230
5.4.2	USB-Stromversorgungsvertrag	230
5.4.3	Ablauf von Auffindung/Erkundung und Eintritt in USB4.....	230
5.4.4	USB4-Betrieb nach dem Eintritt.....	234
5.5	Anforderungen an USB4-Hub-Verbindungen.....	235
5.5.1	Anforderungen an USB4-Hub-Anschlüsse zu Beginn der Verbindung.....	235
5.5.2	Auffindung/Erkennung der Fähigkeiten von USB4-Hub-UFP und -Host	235
5.5.3	Anforderungen an Hub-DFP-Verbindungen	236
5.5.4	Ablaufmodell des Verbindungsverhaltens von Hub-Anschlüssen	236
5.5.5	Verbindungsaufbau zu Abwärts-USB4-Hubs	242
5.5.6	Funktionale Anforderungen an Ausweichmechanismen bei USB4-Hubs	242
5.6	Anforderungen an USB4-Geräte-Verbindungen.....	243
5.6.1	Zuordnung von USB4-Peripheriefunktionen zu USB-Device-Class-Typen im Hinblick auf Ausweichmechanismen	243
5.7	Parameterwerte	244
5.7.1	Zeitvorgabeparameter.....	244
6	Aktive Kabel.....	244
6.1	USB-Typ-C-Zustandsmaschine.....	245
6.2	Anforderungen an USB PD	245
6.2.1	USB-PD-Anforderungen an aktive Kabel.....	247
6.2.2	USB-PD-Nachrichten für OIACs	247
6.2.3	Verhalten kurzer aktiver Kabel als Reaktion auf Stromversorgungsereignisse	258
6.3	Verbindungsablauf- und Zustandsdiagramme von OIACs.....	259
6.3.1	OIAC-Verbindungsablauf – Auffindung/Erkundung – Phase 1.....	259
6.3.2	OIAC-Verbindungsablauf – Reboot – Phase 2.....	260
6.3.3	OIAC-Verbindungsablauf – Konfiguration – Phase 3	261
6.3.4	OIAC-Verbindungszustandsdiagramm Master	264
6.3.5	OIAC-Verbindungszustandsdiagramm Slave.....	272
6.4	Stromversorgungsanforderungen an aktive Kabel	278
6.4.1	VBUS-Anforderungen	278
6.4.2	OIAC-VBUS-Anforderungen	278
6.4.3	USB-PD-Regeln im Zustand „Active“	280
6.4.4	VCONN-Anforderungen	281
6.5	Mechanische Anforderungen.....	281
6.5.1	Thermische Anforderungen.....	281
6.5.2	Abstand zwischen Steckern	282
6.6	Elektrische Anforderungen	282

6.6.1	Anforderungen an die Schirmdämpfung	282
6.6.2	Anforderung an Low-Speed-Signale	282
6.6.3	USB 2.0	283
6.6.4	USB 3.2	284
6.6.5	Rückflusdämpfung	291
6.7	Aktive Kabel, die Alternativmodi unterstützen	291
6.7.1	Auffindung/Erkundung von SVIDs	291
6.7.2	Auffindung/Erkundung von Modi	291
6.7.3	Modi „Enter“/„Exit“	291
6.7.4	Leistung in Alternativmodi	291
	Anhang A Audioadapter-Zubehörmodus	292
A.1	Überblick	292
A.2	Ausführliche Darstellung	292
A.3	Elektrische Anforderungen	294
A.4	Beispielimplementierungen	295
A.4.1	Adapter 3,5 mm passiv auf USB Typ-C – Einpoliger Erkennungsschalter	295
A.4.2	Adapter 3,5 mm auf USB Typ-C mit Unterstützung von 500-mA-Durchgangsladung	295
	Anhang B Debug-Zubehörmodus	297
B.1	Überblick	297
B.2	Funktionale Aspekte	297
B.2.1	Zusammenfassung der Signale	297
B.2.2	Interoperabilität der Anschlüsse	298
B.2.3	Eintritt in den Debug-Zubehörmodus	298
B.2.3.1	Erkennen einer gültigen DTS-zu-TS-Verbindung	298
B.2.4	Verbindungszustandsdiagramme	299
B.2.4.1	Anforderungen an Verbindungszustandsautomaten	301
B.2.4.2	Anforderungen an Leistungs-Unterzustände	305
B.2.4.3	Zusammenfassung der Verbindungszustände	308
B.2.5	Interoperabilitätsverhalten von DTS-Anschlüssen	308
B.2.5.1	Interoperabilitätsverhalten DTS-Anschluss auf TS-Anschluss	308
B.2.5.2	Interoperabilitätsverhalten DTS-Anschluss auf Nicht-DAM-TS-Anschluss	313
B.2.6	Ausrichtungserkennung	317
B.2.6.1	Ausrichtungserkennung mit Rd- und/oder Rp-Werten	317
B.3	Anforderungen an Sicherheit und Datenschutz	318
	Anhang C USB Typ-C Digital Audio	319
C.1	Überblick	319
C.2	Festlegungen für USB Typ-C Digital Audio	319
	Anhang D Überlegungen zur thermischen Konstruktion im Zusammenhang mit aktiven Kabeln	321
D.1	Einleitung	321

D.2	Modell.....	322
D.2.1	Annahmen	322
D.2.2	Modellarchitektur.....	322
D.2.3	Wärmequellen.....	323
D.2.4	Wärmestrom	323
D.3	Aktives USB-3.2-Single-Lane-Kabel	324
D.3.1	Überlegungen zur Konstruktion aktiver USB-3.2-Single-Lane-Kabel	324
D.3.1.1	Aktive USB-3.2-Single-Lane-Kabel in Ausführungen mit einem Anschluss.....	324
D.3.1.2	Aktive USB-3.2-Single-Lane-Kabel in Ausführungen mit mehreren Anschlüssen	325
D.4	Aktive Dual-Lane-Kabel	327
D.4.1	Überlegungen zur Konstruktion aktiver USB-3.2-Dual-Lane-Kabel.....	327
D.4.1.1	Aktive USB-3.2-Dual-Lane-Kabel in Ausführungen mit einem Anschluss	327
D.4.1.2	Auswirkungen der Umspritzungsleistung P_O und der Temperatur der thermischen Grenze T_{MB}	328
D.4.1.3	Dongle-Kabel.....	329
D.4.2	Aktive USB-3.2-Dual-Lane-Kabel in Ausführungen mit mehreren Anschlüssen	329
D.4.2.1	Aktive USB-3.2-Dual-Lane-Kabel mit 3 A in Ausführungen mit drei Anschlüssen	329
D.4.2.2	Aktive USB-3.2-Dual-Lane-Kabel mit 5 A in Ausführungen mit drei Anschlüssen	330
D.5	Überlegungen zur Konstruktion von USB-3.2-Hosts und -Geräten	331
D.5.1	Wärmeverteilung oder Wärmeaufnahme von Host oder Gerät	331
D.5.2	Steuerung der Hauptplatinentemperatur.....	332
D.5.3	Größere Abstände zwischen Anschlüssen für Anwendungen mit mehreren Anschlüssen	332
D.5.4	Richtlinien für die Stromversorgung.....	332
Anhang E	Alternativmodi.....	333
E.1	Architektur der Alternativmodi	333
E.2	Anforderungen an Alternativmodi	333
E.2.1	Umbelegung der Pins in Alternativmodi	334
E.2.2	Elektrische Anforderungen an Alternativmodi	335
E.3	Parameterwerte	337
E.4	Beispiel für einen Alternativmodus – USB-DisplayPort™-Dock.....	338
E.4.1	Beispiel USB-DisplayPort™-Dock	338
E.4.2	Funktionaler Überblick	339
E.4.3	Zusammenfassung des Betriebs	340
Anhang F	Kompatibilitätserkundung und Eintritt in Thunderbolt 3	341
F.1	Funktionale Anforderungen an den TBT3-Kompatibilitätsmodus.....	341
F.1.1	Stromversorgungsanforderungen im Hinblick auf die TBT3-Kompatibilität	341
F.1.2	Anforderungen an den Host im Hinblick auf die TBT3-Kompatibilität.....	341
F.1.3	Anforderungen in Aufwärtsrichtung an TBT3-kompatible Geräte.....	341
F.1.3.1	Selbstversorgte Geräte	341
F.1.3.2	Bus-gespeiste Geräte	341

F.1.4	Anforderungen in Abwärtsrichtung an TBT3-kompatible Geräte.....	342
F.1.4.1	Selbstversorgte Geräte	342
F.1.4.2	Bus-gespeiste Geräte.....	342
F.1.5	TBT3-kompatible selbstversorgte Geräte ohne vordefinierte Regeln für Aufwärtsanschlüsse	342
F.1.6	TBT3-kompatible Geräte mit unverlierbarem Kabel.....	343
F.2	Ablauf der Auffindung/Erkundung und des Eintritts in TBT3	343
F.2.1	„Discover Identity“-Antworten eines passiven TBT3-Kabels	345
F.2.2	„Discover Identity“-Antworten eines aktiven TBT3-Kabels	347
F.2.3	„Discover Identity“-Antworten von TBT3-Geräten.....	350
F.2.4	TBT3-„Discover SVID“-Antworten.....	351
F.2.5	„Discover Mode“-Antworten von TBT3-Geräten	352
F.2.6	„Discover Mode“-Antworten von TBT3-Kabeln	353
F.2.7	„Enter Mode“-Befehl an TBT3-Kabel.....	354
F.2.8	„Enter Mode“-Befehl an TBT3-Geräte.....	354
F.2.9	Zusammenfassung der funktionalen Unterschiede zwischen TBT3-Kabeln	356

Bilder

Bild 2-1	– Steckgesicht USB-Typ-C-Buchse (Vorderansicht)	28
Bild 2-2	– Steckgesicht vollwertiger USB-Typ-C-Stecker (Vorderansicht).....	28
Bild 3-1	– Maße Steckgesicht USB-Typ-C-Buchse	38
Bild 3-2	– Referenzkonstruktion Kontaktbereiche externe EMV-Feder USB-Typ-C-Stecker.....	41
Bild 3-3	– Maße Steckgesicht vollwertiger USB-Typ-C-Stecker.....	42
Bild 3-4	– Referenz-Footprint für USB-Typ-C-Buchse mit vertikaler Montage (informativ)	45
Bild 3-5	– Referenz-Footprint für zweireihige SMT-USB-Typ-C-Buchse mit rechtwinkliger Montage (informativ).....	46
Bild 3-6	– Referenz-Footprint für hybride USB-Typ-C-Buchse mit rechtwinkliger Montage (informativ)	47
Bild 3-7	– Referenz-Footprint für zweireihige SMT-USB-Typ-C-Buchse mit mittiger Montage (informativ).....	48
Bild 3-8	– Referenz-Footprint für hybride USB-Typ-C-Buchse mit mittiger Montage (informativ).....	49
Bild 3-9	– Referenz-Footprint für Durchkontaktierungs-USB-2.0-Typ-C-Buchse mit rechtwinkliger Montage (informativ)	50
Bild 3-10	– Referenz-Footprint für einreihige USB-2.0-Typ-C-Buchse mit rechtwinkliger Montage (informativ).....	51
Bild 3-11	– Maße Steckgesicht <i>USB-2.0</i> -Typ-C-Stecker	53
Bild 3-11	– Maße Steckgesicht <i>USB-2.0</i> -Typ-C-Stecker, Fortsetzung	54
Bild 3-11	– Maße Steckgesicht <i>USB-2.0</i> -Typ-C-Stecker, Fortsetzung	55
Bild 3-12	– Anforderungen an die EMV-Schirmfederspitzen bei USB-Typ-C-Steckern	56
Bild 3-13	– Referenzkonstruktion der Buchsen-Mittelscheibe.....	57
Bild 3-14	– Referenzkonstruktion der Rückhaltevorrichtung	57
Bild 3-15	– Darstellung der an die Paddle-Karten-Masse gelöteten Rastvorrichtung	58
Bild 3-16	– Referenzkonstruktion der internen EMV-Feder des vollwertigen USB-Typ-C-Steckers	59

Bild 3-17 – Referenzkonstruktion der internen EMV-Feder des <i>USB-2.0</i> -Typ-C-Steckers	60
Bild 3-18 – Referenzkonstruktion des internen EMV-Pads	61
Bild 3-19 – Referenzkonstruktion einer USB-Typ-C-Buchse mit externen EMV-Federn	62
Bild 3-20 – Referenzkonstruktion der Paddle-Karte eines vollwertigen USB-Typ-C-Steckers	63
Bild 3-21 – Darstellung eines Querschnitts eines vollwertigen USB-Typ-C-Kabels, Koaxialleitungsbeispiel mit VCONN	66
Bild 3-22 – Darstellung eines Querschnitts eines vollwertigen USB-Typ-C-Kabels, Koaxialleitungsbeispiel ohne VCONN	66
Bild 3-23 – Vollwertiger USB-Typ-C-Standard-Kabelsatz	70
Bild 3-24 – Kabelsatz USB Typ-C auf USB 3.1 Standard-A	72
Bild 3-25 – Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Standard-A	73
Bild 3-26 – Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Standard-B	73
Bild 3-27 – Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Standard-B	74
Bild 3-28 – Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Mini-B	75
Bild 3-29 – Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Micro-B	76
Bild 3-30 – Kabelsatz USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Micro-B	77
Bild 3-31 – Adaptersatz USB Typ-C auf <i>USB-3.1</i> -Standard-A-Buchse	79
Bild 3-32 – Adaptersatz USB Typ-C auf <i>USB-2.0</i> -Micro-B-Buchse	80
Bild 3-33 – Darstellung der Prüfpunkte eines gesteckten Kabelsatzes	82
Bild 3-34 – Anforderung an die empfohlene differenzielle Einfügedämpfung (USB 3.2 Gen2 und USB4 Gen2)	83
Bild 3-35 – Empfohlene Anforderung an die differenzielle Rückflusdämpfung	83
Bild 3-36 – Empfohlene Anforderung an das differenzielle Nebensprechen	84
Bild 3-37 – Empfohlene Anforderung an das differenzielle Nah- und Fernnebensprechen zwischen dem Paar USB D+/D- und dem TX/RX-Paar	85
Bild 3-38 – Empfohlene Anforderung an die differenzielle Einfügedämpfung (USB4 Gen3)	85
Bild 3-39 – Darstellung der Einfügedämpfungsanpassung bei Nyquist-Frequenz	86
Bild 3-40 – Eingangsimpulsspektrum	87
Bild 3-41 – IMR-Grenzwert als Funktion der ILfitatNq	88
Bild 3-42 – IRL-Grenzwert als Funktion der ILfitatNq	90
Bild 3-43 – Anforderung an die Gegentakt-Gleichtakt-Konversion	90
Bild 3-44 – IMR-Grenzwert als Funktion der ILfit bei 10 GHz (USB4 Gen3)	91
Bild 3-45 – Definition von Anschluss, Störsenke und Störquelle	92
Bild 3-46 – IXT_DP- und IXT_USB-Grenzwert als Funktion der ILfit bei 10 GHz (USB4 Gen3)	92
Bild 3-47 – IRL-Grenzwert als Funktion der ILfitatNq (USB4 Gen3)	93
Bild 3-48 – Anforderung an die Gegentakt-Gleichtakt-Konversion (USB4 Gen3)	93
Bild 3-49 – Kabelsatz im System	94
Bild 3-50 – Anforderung an die differenzielle Kopplung zwischen CC und D+/D-	96
Bild 3-51 – Anforderung an die Single-Ended-Kopplung zwischen CC und D- in USB-2.0-Typ-C- Kabeln	96

Bild 3-52 – Anforderung an die Single-Ended-Kopplung zwischen CC und D– in vollwertigen USB-Typ-C-Kabeln.....	97
Bild 3-53 – Anforderung an die differenzielle Kopplung zwischen VBUS und D+/D–.....	97
Bild 3-54 – Anforderung an die Single-Ended-Kopplung zwischen SBU_A und SBU_B.....	98
Bild 3-55 – Anforderung an die Single-Ended-Kopplung zwischen SBU_A/SBU_B und CC.....	99
Bild 3-56 – Anforderung an die Kopplung zwischen SBU_A und D+/D– differenziell sowie zwischen SBU_B und D+/D– differenziell	99
Bild 3-57 – Darstellung eines gesteckten USB-Typ-C-Steckverbinders	101
Bild 3-58 – Empfohlene Grenzwerte für die Impedanz eines gesteckten USB-Typ-C-Steckverbinders	101
Bild 3-59 – Empfohlene Maße der Masseaussparungen für USB-Typ-C-Buchsen	102
Bild 3-60 – Empfohlene Grenzwerte für das differenzielle Nah- und Fernnebensprechen zwischen dem Paar D+/D– und den TX/RX-Paaren	105
Bild 3-61 – Empfohlene Grenzwerte für die Gegentakt-Gleichtakt-Konversion	105
Bild 3-62 – IMR-Grenzwert als Funktion der ILfitatNq für Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte	109
Bild 3-63 – IRL-Grenzwert als Funktion der ILfitatNq für Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte	109
Bild 3-64 – Prüfung der Schirmdämpfung eines Kabelsatzes	112
Bild 3-65 – Kriterien des Bestehens/Nichtbestehens der Schirmdämpfungsprüfung	113
Bild 3-66 – LLCR-Messdiagramm.....	114
Bild 3-67 – Temperatur-Messpunkt.....	115
Bild 3-68 – Beispielhafte Leiterbahnkonfiguration der Vorrichtung für die Prüfung der Strombemessungswerte.....	116
Bild 3-69 – Beispiel für die Prüfvorrichtung für die 4-Achsen-Durchgängigkeitsprüfung	119
Bild 3-69 – Beispiel für die Prüfvorrichtung für die 4-Achsen-Durchgängigkeitsprüfung, Fortsetzung.....	120
Bild 3-70 – Beispielhafte Prüfvorrichtung für die Angriffsfestigkeitsprüfung für Stecker ohne Umspritzung.....	121
Bild 3-71 – Referenz-Prüfvorrichtung für die Prüfung der Angriffsfestigkeit/Durchgängigkeit	122
Bild 3-72 – Beispiel für den Punkt des mechanischen Versagens bei der Angriffsfestigkeitsprüfung.....	122
Bild 3-73 – Angriffsfestigkeitsprüfung mit Kabel in Vorrichtung.....	123
Bild 3-74 – Beispiel für eine USB-Typ-C-Kabelbuchse mit Flansch	125
Bild 3-75 – EMV-Leitlinien für seitliche Rastvorrichtungen und Mittelscheiben	126
Bild 3-76 – Verbindungen der EMV-Finger zum Steckergehäuse.....	126
Bild 3-77 – Verbindungen des EMV-Pads zum Buchsengehäuse	127
Bild 3-78 – Beispiele für Steckverbinderöffnungen.....	127
Bild 3-79 – Empfohlener Mindestabstand zwischen Steckverbindern	128
Bild 3-80 – Empfohlener Mindestabstand zur Steckerumspritzung.....	128
Bild 3-81 – Kabelsteckerumspritzung und abgewinkelte Oberfläche.....	128
Bild 4-1 – Spannungsfall am Innenwiderstand des Kabels	131
Bild 4-2 – Spannungsfall am Innenwiderstand bei gespeisten Kabeln	131
Bild 4-3 – Logisches Modell für das Single-Lane-Datenbus-Routing über USB-Typ-C-basierte Anschlüsse	137

Bild 4-4 – Logisches Modell für USB-Typ-C-basierte Anschlüsse für ein Single-Lane-Direktanschlussgerät.....	138
Bild 4-5 – Pull-up/Pull-down-CC-Modell.....	139
Bild 4-6 – Stromquelle/Pull-down-CC-Modell.....	140
Bild 4-7 – Funktionales Modell einer Quelle für CC1 und CC2.....	142
Bild 4-8 – Funktionales Modell einer Quelle, die den USB-PD-PR_Swap unterstützt.....	143
Bild 4-9 – Funktionales Modell eines Empfängers für CC1 und CC2.....	144
Bild 4-10 – Funktionales Modell eines Empfängers, der den USB-PD-PR_Swap und den USB-PD-VCONN_Swap unterstützt.....	145
Bild 4-11 – Funktionales Modell eines DRP für CC1 und CC2.....	145
Bild 4-12 – Verbindungszustandsdiagramm: Quelle.....	150
Bild 4-13 – Verbindungszustandsdiagramm: Empfänger.....	151
Bild 4-14 – Verbindungszustandsdiagramm: Empfänger mit Unterstützung von Zubehör.....	152
Bild 4-15 – Verbindungszustandsdiagramm: DRP.....	153
Bild 4-16 – Verbindungszustandsdiagramm: DRP mit Unterstützung von Zubehör und Try.SRC.....	154
Bild 4-17 – Verbindungszustandsdiagramm: DRP mit Unterstützung von Zubehör und Try.SNK.....	155
Bild 4-18 – Verbindungszustandsdiagramm: Durchgangsladungs-VDP.....	156
Bild 4-19 – Empfängerleistungs-Unterzustände.....	181
Bild 4-20 – Verbindungszustandsdiagramm für den eMarker des Kabels.....	183
Bild 4-21 – Funktionales Modell für Quelle an Empfänger.....	186
Bild 4-22 – Funktionales Modell für Quelle an DRP.....	187
Bild 4-23 – Funktionales Modell für DRP an Empfänger.....	188
Bild 4-24 – Funktionales Modell für DRP an DRP – FALL 1.....	189
Bild 4-25 – Funktionales Modell für DRP an DRP – FALL 2 und 3.....	190
Bild 4-26 – Funktionales Modell für Quelle an Quelle.....	192
Bild 4-27 – Funktionales Modell für Empfänger an Empfänger.....	192
Bild 4-28 – Modell für DRP an VPD.....	193
Bild 4-29 – Beispiel für ein Modell für DRP an VCONN-gespeistes USB-Gerät mit Durchgangsladung.....	194
Bild 4-30 – Funktionales Modell für Quelle an älteren Geräteanschluss.....	200
Bild 4-31 – Funktionales Modell für älteren Hostanschluss an Empfänger.....	201
Bild 4-32 – Funktionales Modell für DRP an älteren Geräteanschluss.....	202
Bild 4-33 – Funktionales Modell für älteren Hostanschluss an DRP.....	203
Bild 4-34 – Stromüberwachung durch den Empfänger im Pull-up/Pull-down-CC-Modell.....	206
Bild 4-35 – Stromüberwachung durch den Empfänger im Stromquelle/Pull-down-CC-Modell.....	207
Bild 4-36 – USB PD über CC-Pins.....	208
Bild 4-37 – USB-PD-BMC-Signalübertragung über CC.....	208
Bild 4-38 – Ausgabe eines USB-Typ-C-Kabels als Funktion der Last bei nicht PD-basiertem USB-Typ-C-Laden.....	212
Bild 4-39 – Ausgabe bei 0 A–3 A eines USB-Typ-C-Kabels eines USB-PD-basierten Ladegeräts als Funktion der Last.....	213

Bild 4-40 – Ausgabe bei 3 A–5 A eines USB-Typ-C-Kabels eines USB-PD-basierten Ladegeräts als Funktion der Last	213
Bild 4-41 – Elektronisch markiertes Kabel mit durch das Kabel verbundener VCONN	218
Bild 4-42 – Elektronisch markiertes Kabel mit SOP' an beiden Enden.....	218
Bild 4-43 – Beispiel für einen Anwendungsfall eines VCONN-gespeisten USB-Geräts mit Durchgangsladung	221
Bild 4-44 – Zeitvorgaben für DRPs	223
Bild 5-1 – Ablaufmodell von Auffindung/Erkundung und Eintritt in USB4	231
Bild 5-2 – Abgestimmter Verbindungsablauf eines USB4-Hubs mit USB4-Host und -Gerät.....	237
Bild 5-3 – Host-Verbindungsablaufmodell eines USB4-Hubs mit USB-3.2-Host und USB4-Gerät.....	238
Bild 5-4 – Verbindungsablaufmodell eines USB4-Hubs mit USB4-Host und USB-3.2-Gerät.....	239
Bild 5-5 – Verbindungsablaufmodell eines USB4-Hubs mit USB-3.2-Host und USB4-Gerät.....	240
Bild 5-6 – Verbindungsablaufmodell eines USB4-Hubs mit USB4-Host und DP-Alternativmodus-Gerät	241
Bild 5-7 – Verbindungsablaufmodell eines USB4-Hubs mit USB-3.2-Host und DP-Alternativmodus-Gerät	242
Bild 6-1 – Elektronisch markiertes kurzes aktives Kabel mit nur SOP'	246
Bild 6-2 – Elektronisch markiertes kurzes aktives Kabel mit SOP' und SOP".....	246
Bild 6-3 – Elektronisch markiertes optisch getrenntes aktives Kabel	247
Bild 6-4 – Weiterleiten von OIAC-USB-PD-Nachrichten.....	252
Bild 6-5 – Erfolgreicher Data Role Swap über OIAC	255
Bild 6-6 – Zurückgewiesener Data Role Swap über OIAC.....	256
Bild 6-7 – „Wait“ als Antwort auf Data Role Swap über OIAC.....	256
Bild 6-8 – Zurückweisung eines Data Role Swap über OIAC durch den Initiator.....	257
Bild 6-9 – „Wait“ als Initiatorantwort auf Data Role Swap über OIAC.....	258
Bild 6-10 – OIAC-Auffindung/-Erkundung – Phase 1.....	260
Bild 6-11 – OIAC-Reboot – Phase 2.....	261
Bild 6-12 – Konfiguration des OIAC-Master-Steckers als DFP – Phase 3.....	262
Bild 6-13 – Konfiguration des OIAC-Master-Steckers als UFP – Phase 3.....	263
Bild 6-14 – OIAC-Master-Stecker: Keine Verbindung möglich / Billboard – Phase 3.....	264
Bild 6-15 – OIAC-Master-Stecker-Zustandsdiagramm Teil 1 (Phase 1 und 2)	265
Bild 6-16 – OIAC-Master-Stecker-Zustandsdiagramm Teil 2 (Phase 3).....	266
Bild 6-17 – OIAC-Slave-Stecker-Zustandsdiagramm	273
Bild 6-18 – Topologien aktiver Kabel	285
Bild 6-19 – Darstellung von Verwendungen von OIACs, die einen Adapter oder Hub erfordern.....	287
Bild 6-20 – Elektrische Prüfpunkte für SuperSpeed USB	288
Bild 6-21 – Anordnung für die Prüfung der Compliance von SuperSpeed USB	288
Bild A-1 – Beispieladapter 3,5 mm passiv auf USB Typ-C	295
Bild A-2 – Beispieladapter 3,5 mm auf USB Typ-C mit Unterstützung von 500-mA-Durchgangsladung	296
Bild B-1 – Schichtstruktur des USB-Typ-C-Debug-Zubehörmodus.....	297
Bild B-2 – Steckgesicht des DTS-Steckers	298

Bild B-3 – Verbindungszustandsdiagramm: DTS-Quelle	299
Bild B-4 – Verbindungszustandsdiagramm: DTS-Empfänger	300
Bild B-5 – Verbindungszustandsdiagramm: DTS-DRP	301
Bild B-6 – TS-Empfänger-Leistungs-Unterststände	306
Bild D-1 – Modell eines aktives Kabels (ein Anschluss, Buchse oben montiert)	322
Bild D-2 – Modellarchitektur	322
Bild D-3 – Wärmequellen und Wärmestrompfade	323
Bild D-4 – Übereinander angeordnete horizontale Steckverbinder, Ausführung 3×1 (VERT)	325
Bild D-5 – Nebeneinander angeordnete vertikale Steckverbinder, Ausführung 1×3 (HZ90)	325
Bild D-6 – Nebeneinander angeordnete horizontale Steckverbinder, Ausführung 1×3 (HORZ)	325
Bild D-7 – Aktives USB-3.2-Single-Lane-Kabel mit 3 A in einer Ausführung mit drei Anschlüssen	326
Bild D-8 – Aktives USB-3.2-Single-Lane-Kabel mit 5 A in einer Ausführung mit drei Anschlüssen	327
Bild D-9 – Auswirkungen der Umspritzungsleistung P_O und der Temperatur der thermischen Grenze T_{MB} bei 3 A VBUS in einer Ausführung mit einem einzelnen Anschluss	328
Bild D-10 – Auswirkungen der Umspritzungsleistung P_O und der Temperatur der thermischen Grenze T_{MB} bei 5 A VBUS in einer Ausführung mit einem einzelnen Anschluss	329
Bild D-11 – Konstruktion eines aktiven USB-3.2-Kabel-Dongles (nur ein Ende dargestellt)	329
Bild D-12 – Aktives USB-3.2-Dual-Lane-Kabel mit 3 A in einer Ausführung mit drei Anschlüssen	330
Bild D-13 – Aktives USB-3.2-Dual-Lane-Kabel mit 5 A in einer Ausführung mit drei Anschlüssen	331
Bild D-14 – Beispiel: Zusätzlicher Wärmeverteiler an Buchse in Host oder Gerät	332
Bild D-15 – Beispiel: Wärmeaufnahme durch Chassis von Host oder Gerät	332
Bild E-1 – Für die Rekonfiguration über ein vollwertiges Kabel zur Verfügung stehende Pins	334
Bild E-2 – Für die Rekonfiguration in Direktanschlussanwendungen zur Verfügung stehende Pins	334
Bild E-3 – Alternativmodusimplementierung mit einem Kabel USB Typ-C auf USB Typ-C	336
Bild E-4 – Alternativmodusimplementierung mit einem Kabel oder Gerät USB Typ-C auf Alternativmodus	337
Bild E-5 – Beispiel USB-DisplayPort-Dock	339
Bild F-1 – Ablauf der Auffindung/Erkundung von TBT3	344

Tabellen

Tabelle 2-1 – Zusammenfassung der Optionen für die Stromversorgung	33
Tabelle 3-1 – USB-Typ-C-Standard-Kabelsätze	34
Tabelle 3-2 – Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte	35
Tabelle 3-3 – Adaptersätze USB Typ-C auf ältere Produkte	35
Tabelle 3-4 – Pinbelegung des Steckgesichts der USB-Typ-C-Buchse	64
Tabelle 3-5 – Pinbelegung des Steckgesichts der USB-Typ-C-Buchse für die Unterstützung von ausschließlich USB 2.0	65
Tabelle 3-6 – USB-Typ-C-Standard-Leitungsbelegung	67
Tabelle 3-7 – USB-Typ-C-Kabel-Leitungsbelegung für ältere Kabel/Adapter	68
Tabelle 3-8 – Referenz-Drahtdicken für Standard-USB-Typ-C-Kabelsätze	68
Tabelle 3-9 – Referenz-Drahtdicken für Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte	69

Tabelle 3-10 – Verdrahtung des vollwertigen USB-Typ-C-Standard-Kabelsatzes	70
Tabelle 3-11 – Verdrahtung des <i>USB-2.0</i> -Typ-C-Standard-Kabelsatzes	71
Tabelle 3-12 – Verdrahtung des Kabelsatzes für USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Standard-A.....	72
Tabelle 3-13 – Verdrahtung des Kabelsatzes für USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Standard-A.....	73
Tabelle 3-14 – Verdrahtung des Kabelsatzes für USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Standard-B.....	74
Tabelle 3-15 – Verdrahtung des Kabelsatzes für USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Standard-B.....	75
Tabelle 3-16 – Verdrahtung des Kabelsatzes für USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Mini-B	76
Tabelle 3-17 – Verdrahtung des Kabelsatzes USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Micro-B	77
Tabelle 3-18 – Verdrahtung des Kabelsatzes USB Typ-C auf <i>USB 2.0</i> Micro-B	78
Tabelle 3-19 – Verdrahtung des Adaptersatzes USB Typ-C auf <i>USB-3.1</i> -Standard-A-Buchse	79
Tabelle 3-20 – Verdrahtung des Adaptersatzes USB Typ-C auf <i>USB-2.0</i> -Micro-B-Buchse.....	80
Tabelle 3-21 – Beispiele für differenzielle Einfügedämpfung für TX/RX mit verdrehtem Paar	81
Tabelle 3-22 – Beispiele für differenzielle Einfügedämpfung für USB TX/RX mit Koaxialaufbau	81
Tabelle 3-23 – Schlüsselparameter in der COM-Konfigurationsdatei	94
Tabelle 3-24 – Elektrische Anforderungen an CC- und SBU-Leitungen.....	95
Tabelle 3-25 – Kopplungsmatrix für Low-Speed-Signale.....	95
Tabelle 3-26 – Höchste gegenseitige Induktivität (M) zwischen VBUS und Low-Speed-Signalleitungen	98
Tabelle 3-27 – Anforderungen an die Signalintegrität von USB D+/D– für passive Kabelsätze USB Typ-C auf USB Typ-C	100
Tabelle 3-28 – Empfohlene Signalintegritätseigenschaften eines gesteckten USB-Typ-C- Steckverbinders (informativ).....	103
Tabelle 3-29 – Empfohlene Signalintegritätseigenschaften eines gesteckten USB-Typ-C- Steckverbinders für USB4 Gen3 (normativ).....	106
Tabelle 3-30 – Anforderungen an die Signalintegrität von USB D+/D– für Kabelsätze USB Typ-C auf ältere USB-Produkte	107
Tabelle 3-31 – Konstruktionssollwerte für Kabelsätze USB Typ-C auf ältere <i>USB-3.1</i> -Gen2-Produkte (informativ).....	108
Tabelle 3-32 – Anforderungen an die Signalintegrität bei Kabelsätzen USB Typ-C auf ältere <i>USB-3.1</i> - Gen2-Produkte (normativ).....	108
Tabelle 3-33 – Anforderungen an die Signalintegrität von USB D+/D– für Adaptersätze USB Typ-C auf ältere USB-Produkte (normativ).....	110
Tabelle 3-34 – Konstruktionssollwerte für Adaptersätze USB Typ-C auf <i>USB 3.1</i> Standard-A (informativ).....	111
Tabelle 3-35 – Anforderungen an die Signalintegrität bei Adaptersätzen USB Typ-C auf <i>USB-3.1</i> - Standard-A-Buchse (normativ)	111
Tabelle 3-36 – Strombemessungsprüfungs-Leiterplatte	116
Tabelle 3-37 – Anforderung an den maximalen Gleichstromwiderstand (normativ).....	116
Tabelle 3-38 – Anforderungen an Kraft und Moment	120
Tabelle 3-39 – Bedingungen der Umgebungsprüfungen	123
Tabelle 3-40 – Referenzwerkstoffe.....	124
Tabelle 4-1 – Liste der Signale für USB-Typ-C	129
Tabelle 4-2 – Kenngrößen für VBUS-Quellen	132

Tabelle 4-3 – Kenngrößen für VBUS-Empfänger	132
Tabelle 4-4 – Zusammenfassung der Anforderungen an VCONN des USB-Typ-C-Quellenanschlusses	133
Tabelle 4-5 – Kenngrößen für VCONN-Quellen	134
Tabelle 4-6 – Kenngrößen für Kabel als VCONN-Empfänger	134
Tabelle 4-7 – Kenngrößen von VCONN-gespeistem Zubehör (VPA) als Empfänger	135
Tabelle 4-8 – Kenngrößen von VCONN-gespeisten USB-Geräten (VPD) als Empfänger	136
Tabelle 4-9 – Interoperabilität von USB-Typ-C-basierten Anschlüssen	138
Tabelle 4-10 – Perspektive der Quelle	140
Tabelle 4-11 – Verhalten von Quelle (Host) und Empfänger (Gerät) nach Zuständen	141
Tabelle 4-12 – Zusammenfassung des Anschlussverhaltens bei USB-PD-Swaps	147
Tabelle 4-13 – Zusammenfassung des Power-Role-Verhaltensmodells	148
Tabelle 4-14 – CC-Pin-Zustände eines Quellenanschlusses	157
Tabelle 4-15 – CC-Pin-Zustände eines Empfängeranschlusses	157
Tabelle 4-16 – Obligatorische und optionale Zustände	184
Tabelle 4-17 – Prioritäten der Nutzung von Stromquellen	204
Tabelle 4-18 – USB-Typ-C-Strom-Bekanntgabe und PDP-Entsprechung	206
Tabelle 4-19 – Prioritäten der Nutzung von Stromquellen	209
Tabelle 4-20 – Beispiele für Höchstströme eines Durchgangsladungs-VPD-Empfängers auf Grundlage von VBUS- und GND-Impedanz	210
Tabelle 4-21 – Zeitvorgabe für SOP' und SOP"	219
Tabelle 4-22 – Anforderungen an die CC-Impedanz von Durchgangsladungs-VPDs (RccCON)	221
Tabelle 4-23 – Anforderungen an die VBUS-Überbrückung an Durchgangsladenanschlüssen von CTVPDs	221
Tabelle 4-24 – Anforderungen an den CC-Abschluss der Quelle (Rp)	221
Tabelle 4-25 – Anforderungen an den CC-Abschluss des Empfängers (Rd)	222
Tabelle 4-26 – Anforderungen an die Abschlüsse von gespeisten Kabeln	222
Tabelle 4-27 – Anforderungen an den CC-Abschluss für den Zustand „Disabled“, den Zustand „ErrorRecovery“ und nicht mit Strom versorgte Quellen	222
Tabelle 4-28 – Anforderungen an den SBU-Abschluss	222
Tabelle 4-29 – Zeitvorgabeparameter für VBUS und VCONN	223
Tabelle 4-30 – Zeitvorgabeparameter für DRPs	224
Tabelle 4-31 – CC-Zeitvorgaben	224
Tabelle 4-32 – CC-Spannungen auf der Quellenseite – Standard-USB	225
Tabelle 4-33 – CC-Spannungen auf der Quellenseite – 1,5 A bei 5 V	225
Tabelle 4-34 – CC-Spannungen auf der Quellenseite – 3,0 A bei 5 V	226
Tabelle 4-35 – Spannung an CC-Pins des Empfängers (nur Standard-USB-Typ-C-Strom)	226
Tabelle 4-36 – Spannung an CC-Pins des Empfängers (mehrere Strombekanntgaben der Quelle)	226
Tabelle 5-1 – Zertifizierte Kabel, von denen USB4-kompatibler Betrieb erwartet wird	232
Tabelle 5-2 – Zuordnung von USB4-Peripheriefunktionen zu USB-Device-Class-Typen im Hinblick auf Ausweichmechanismen	243

Tabelle 5-3 – Verfügbarkeit der USB Billboard Device Class nach fehlgeschlagenem Eintritt als USB4-Gerät	244
Tabelle 6-1 – Vergleich aktiver Kabel	245
Tabelle 6-2 – Zusammenfassung der Eigenschaften aktiver Kabel	245
Tabelle 6-3 – Verhalten von OIACs bezüglich USB-PD-Nachrichten während einer anfänglichen Verbindung	248
Tabelle 6-4 – OIAC-USB-PD-Nachrichten, die das Kabel im Zustand „Active“ nicht durchlaufen	249
Tabelle 6-5 – An SOP gerichtete OIAC-USB-PD-Nachrichten, die das OIAC im Zustand „Active“ durchlaufen	251
Tabelle 6-6 – Zeitvorgaben für OIAC-USB-PD-Nachrichten	252
Tabelle 6-7 – OIAC-SOP-Nachrichten, die am Kabelstecker enden	253
Tabelle 6-8 – Fähigkeiten von Anschluss und Stecker	259
Tabelle 6-9 – OIAC-PDO „Sink_Capabilities“ (SOP) bei der anfänglichen Verbindung	278
Tabelle 6-10 – OIAC-PDO „Sink_Capabilities_Extended“ (SOP) bei der anfänglichen Verbindung	279
Tabelle 6-11 – OIAC-RDO „Sink“ (SOP) bei der anfänglichen Verbindung	279
Tabelle 6-12 – OIAC-RDO „Active Sink“ (SOP)	280
Tabelle 6-13 – OIAC-PDO „Sink_Capabilities“ (SOP) im Zustand „Active“	280
Tabelle 6-14 – Anforderungen an die Kabeltemperatur	282
Tabelle 6-15 – Zusammenfassung der Eigenschaften aktiver Kabel	283
Tabelle 6-16 – Anforderungen an das Einschalten aktiver Kabel	285
Tabelle 6-17 – Höchstwert der USB-3.2-U0-Verzögerung für OIACs	286
Tabelle 6-18 – Verwendungen von OIACs, die einen Adapter oder Hub erfordern	286
Tabelle 6-19 – Anforderungen an die USB-3.2-U-Zustände	287
Tabelle 6-20 – Hub einer belasteten USB-3.2-Quelle eines aktiven Kabels, TP1	289
Tabelle 6-21 – Jitter einer belasteten USB-3.2-Quelle eines aktiven Kabels, TP1	289
Tabelle 6-22 – Hub am USB-3.2-Eingang eines aktiven Kabels an TP2 (informativ)	290
Tabelle 6-23 – Hub am USB-3.2-Ausgang eines aktiven Kabels an TP3 (informativ)	290
Tabelle A-1 – Pinbelegung USB Typ-C für analoge Audioanwendungen	293
Tabelle A-2 – Bemessungswerte der elektrischen Parameter für USB-Typ-C-Pins in analogen Audioanwendungen	294
Tabelle B-1 – Interoperabilität zwischen DTS- und TS-Anschlüssen	298
Tabelle B-2 – Rp/Rp-Ladestromwerte für eine DTS-Quelle	306
Tabelle B-3 – Obligatorische und optionale Zustände	308
Tabelle D-1 – Beispiel für Wärmequellen und Wärmeabführung (1,5-W-Kabel und 5 A)	324
Tabelle D-2 – Fallstudie einer Konstruktion eines aktiven USB-3.2-Kabels mit individuellem Anschluss bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C und einer thermischen Grenze von 60 °C (Single-Lane)	324
Tabelle D-3 – Fallstudie einer Konstruktion eines aktiven USB-3.2-Kabels mit individuellem Anschluss bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C und einer thermischen Grenze von 60 °C (Dual-Lane)	328
Tabelle E-1 – Elektrische Anforderungen an den sicheren Zustand des USB	337

Tabelle E-2 – Verfügbarkeit der USB Billboard Device Class nach fehlgeschlagenem Eintritt in einen Alternativmodus	338
Tabelle E-3 – Anforderungen bezüglich Störeinkopplungen durch Alternativmodi	338
Tabelle F-1 – „Discover Identity“-VDO-Antworten eines passiven TBT3-Kabels.....	345
Tabelle F-2 – TBT3-„Passive Cable“-VDO für USB-PD-Revision 2.0, Version 1.3.....	346
Tabelle F-3 – TBT3-„Passive Cable“-VDO für USB-PD-Revision 3.0, Version 1.2.....	346
Tabelle F-4 – „Discover Identity“-VDO-Antworten eines aktiven TBT3-Kabels	347
Tabelle F-5 – TBT3-„Active Cable“-VDO für USB-PD-Revision 2.0, Version 1.3	348
Tabelle F-6 – TBT3-„Active Cable“-VDO 1 für USB-PD-Revision 3.0, Version 1.2.....	349
Tabelle F-7 – TBT3-„Active Cable“-VDO 2 für USB-PD-Revision 3.0, Version 1.2.....	349
Tabelle F-8 – „Discover Identity“-VDO-Antworten eines TBT3-Geräts.....	350
Tabelle F-9 – TBT3-„Discover SVID“-VDO-Antworten	351
Tabelle F-10 – „Discover Mode“-VDO-Antworten eines TBT3-Geräts	352
Tabelle F-11 – „Discover Mode“-VDO-Antworten eines TBT3-Kabels	353
Tabelle F-12 – „Enter Mode“-Befehl an TBT3-Kabel.....	354
Tabelle F-13 – „Enter Mode“-Befehl an TBT3-Geräte	354
Tabelle F-14 – Zusammenfassung der funktionalen Unterschiede zwischen TBT3-Kabeln	356

1 Einleitung

Mit anhaltendem Erfolg der USB-Schnittstelle ist eine Anpassung der USB-Technologie erforderlich, um neuere Plattformen und Geräte unterstützen zu können, da der Trend zu immer kleineren, dünneren und leichteren Bauformen geht. Viele dieser neueren Plattformen und Geräte erreichen gerade einen Punkt, an dem die bestehenden USB-Buchsen und -Stecker Innovation behindern, insbesondere angesichts der relativ großen Abmessungen und internen Volumenbeschränkungen von USB-Typ-A- und Typ-B-Steckverbindern. Da sich die Verwendungsmodelle für die Plattformen zudem weiterentwickelt haben, sind auch die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und Stabilität gestiegen; für einige dieser Anforderungen wurden die bestehenden USB-Steckverbinder ursprünglich jedoch nicht entwickelt. Zweck dieser Spezifikation ist die Aufstellung eines neuen funktionalen Systems von USB-Steckverbindern, das den neuen Anforderungen der Plattformen und Geräte gerecht wird und dabei alle funktionellen Vorteile von USB erhält, welche die Basis von USB als beliebtestem Verbindungstyp zwischen Endgeräten bilden.

1.1 Zweck

Diese Spezifikation definiert die USB-Typ-C[®]-Buchsen, -Stecker und -Kabel.

Der Spezifikation für USB-Typ-C-Kabel und -Steckverbinder liegen die folgenden Prinzipien zugrunde:

- Ermöglichen neuer, spannender Bauformen von Hosts und Geräten, in denen die Parameter Abmessungen, industrielles Design und Erscheinungsform Berücksichtigung finden;
- vollumfassende Kompatibilität mit bestehenden Silizium-Lösungen für USB-Hosts und -Geräte;
- Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit beim Anschließen von USB-Geräten, insbesondere in Bezug auf eine möglichst intuitive Ausrichtung von Stecker und Kabel.

Die Spezifikation für USB-Typ-C-Kabel und -Steckverbinder definiert einen neuen Steckverbinder, einen neuen Stecker, ein neues Kabel und neue Erkennungsmechanismen, die mit den bestehenden elektrischen und funktionalen Festlegungen bezüglich USB-Schnittstellen kompatibel sind. Diese Spezifikation behandelt die folgenden Aspekte, die für die Herstellung dieser neuen USB-Kabel-/Steckverbinder-Lösung sowie für deren Verwendung mit neueren Plattformen und Geräten ebenso wie mit bestehenden Plattformen und Geräten relevant sind:

- USB-Typ-C-Buchsen, einschließlich der elektromechanischen Definition und der Anforderungen an das Leistungsverhalten;
- USB-Typ-C-Stecker und -Kabelsätze, einschließlich der elektromechanischen Definition und der Anforderungen an das Leistungsverhalten;
- Kabelsätze und Adapter für USB Typ-C auf ältere Produkte;
- USB-Typ-C-basierte Geräteerkennung und Steckgesichtskonfiguration, einschließlich Unterstützung für ältere Verbindungen;
- Für den USB-Typ-C-Steckverbinder optimierte USB-Stromversorgung.

Die Spezifikation für USB-Typ-C-Kabel und -Steckverbinder definiert einen genormten Mechanismus, der Alternativmodi wie das Umfunktionieren des Steckverbinders für Docking-spezifische Anwendungen unterstützt.

1.2 Anwendungsbereich

Diese Spezifikation ist als Ergänzung zu den bereits vorhandenen Spezifikationen *USB 2.0*, *USB 3.2*, *USB4™* und *USB Power Delivery* gedacht. Hier sind nur die Elemente zur Implementierung und Unterstützung von USB-Typ-C-Buchsen, -Steckern und -Kabeln beschrieben.

Normative Angaben dienen dazu, die Interoperabilität der entsprechend dieser Spezifikation konstruierten Komponenten zu ermöglichen. Informative Angaben, soweit vorhanden, illustrieren ggf. mögliche Umsetzungen der Konstruktion.

1.3 Verwandte Dokumente

- USB 2.0** *Universal Serial Bus Revision 2.0 Specification*
Dies umfasst das gesamte Dokumentveröffentlichungspaket.
- USB 3.2** *Universal Serial Bus Revision 3.2 Specification*
Dies umfasst das gesamte Dokumentveröffentlichungspaket.
- USB 3.1** *Legacy Cable and Connector Specification, Revision 1.0*
- USB4** *USB4™ Specification, Version 1.0, August 2019*
(einschließlich veröffentlichte Errata und ECNs)
- TBT3** *USB4 Specification, Version 1.0, August 2019, Kapitel 13*
- USB PD** *USB Power Delivery Specification, Revision 2.0, Version 1.3, 12. Januar 2017*
USB Power Delivery Specification, Revision 3.0, Version 2.0, August 2019
(einschließlich veröffentlichte Errata und ECNs)
- USB BB** *USB Billboard Device Class Specification, Revision 1.21, 8. September 2016*
- USB BC** *Battery Charging Specification, Revision 1.2 (einschließlich Errata und ECNs vom 15. März 2012), 15. März 2012*
- DP AM** *DisplayPort™ Alt Mode on USB Type-C Standard, Version 1.0b, 3. November 2017*

Alle USB-spezifischen Dokumente können unter <http://www.usb.org/documents> heruntergeladen werden. Die Spezifikation DisplayPort Alt Mode ist bei der VESA erhältlich (<http://www.vesa.org>).

1.4 Konventionen

1.4.1 Prioritäten

Besteht ein Widerspruch zwischen Text, Bildern und Tabellen, haben Tabellen Vorrang vor Bildern und Bilder Vorrang vor dem Text.

1.4.2 Schlüsselwörter

Anhand der folgenden Schlüsselwörter wird zwischen verschiedenen Anforderungs- und Optionsstufen unterschieden.

1.4.2.1 Informativ

„Informativ“ ist ein Schlüsselwort, das Informationen zu dieser Spezifikation beschreibt, die der Erörterung und Erklärung von Anforderungen und Merkmalen dienen, ohne sie vorzuschreiben.

1.4.2.2 Darf

„Darf“ ist ein Schlüsselwort, das eine Wahlmöglichkeit angibt, ohne einen Vorrang zu implizieren.

1.4.2.3 N. z.

„N. z.“ ist ein Schlüsselwort, das angibt, dass ein Feld oder Wert nicht zutrifft, daher keinen festgelegten Wert hat und nicht vom Empfänger überprüft oder verwendet werden darf.

1.4.2.4 Normativ

„Normativ“ ist ein Schlüsselwort, das Merkmale beschreibt, die von dieser Spezifikation vorgeschrieben werden.

1.4.2.5 Optional

„Optional“ ist ein Schlüsselwort, das Merkmale beschreibt, die nicht von dieser Spezifikation vorgeschrieben werden. Wird ein optionales Merkmal implementiert, muss es jedoch auf die in dieser Spezifikation festgelegte Weise implementiert werden (optional normativ).

1.4.2.6 Reserviert

„Reserviert“ ist ein Schlüsselwort, das reservierte Bits, Bytes, Wörter, Felder und Codewerte bezeichnet, die für eine zukünftige Normung vorgemerkt werden. Ihre Verwendung und Interpretation darf in zukünftigen Erweiterungen dieser Norm festgelegt werden und, soweit nicht anders angegeben, dürfen sie nicht in der Anbieterimplementierung verwendet oder verändert werden. Ein reserviertes Bit, Byte, Wort oder Feld muss vom Absender auf null gesetzt und vom Empfänger ignoriert werden. Reservierte Feldwerte dürfen nicht vom Absender gesendet werden. Sollten sie empfangen werden, muss der Empfänger sie ignorieren.

1.4.2.7 Muss

„Muss“ ist ein Schlüsselwort, das eine verbindliche (normative) Anforderung bezeichnet. Konstrukteure sind dazu verpflichtet, alle derartigen Anforderungen zu implementieren, um die Interoperabilität mit anderen konformen Geräten sicherzustellen.

1.4.2.8 Sollte

„Sollte“ ist ein Schlüsselwort, das eine Wahlmöglichkeit mit einer bevorzugten Alternative angibt. Gleichwertig mit der Formulierung „es wird empfohlen, dass“.

1.4.3 Zahlen

Zahlen, auf die unmittelbar der Kleinbuchstabe „b“ folgt (z. B. 01b), sind Binärwerte. Zahlen, auf die unmittelbar der Großbuchstabe „B“ folgt, sind Byte-Werte. Zahlen, auf die unmittelbar der Kleinbuchstabe „h“ folgt (z. B. 3Ah), sind Hexadezimalwerte. Zahlen, auf die unmittelbar weder „b“ noch „B“ oder „h“ folgt, sind Dezimalwerte.

1.5 Begriffe und Abkürzungen

Begriff	Beschreibung
Zubehörmodus (en: accessory mode)	Rekonfiguration des Steckverbinders je nach Vorliegen von Ra bzw. Ra oder Rd bzw. Rd an CC1 bzw. CC2
aktives Kabel (en: active cable)	Aktive Kabel sind vollwertige USB-Typ-C-Kabel, die Repeater im <i>USB-3.2</i> -Datenpfad enthalten. Von allen aktiven Kabeln, unabhängig von ihrer Länge, wird erwartet, dass sie dieser Spezifikation, <i>USB 3.2</i> , Anhang E, und den <i>USB-3.2-CTS</i> für aktive Kabel entsprechen. Aktive Kabel dürfen an beiden Enden des Kabels, an einem Ende oder an einer beliebigen anderen Stelle im Kabel mit Repeatern ausgestattet sein.
Alternativmodus (en: alternate mode)	vom Hersteller oder einer Normungsorganisation festgelegte Betriebsart, die mit einer vom USB-IF vergebenen SVID verbunden ist. Beginn und Ende des Alternativmodus werden über strukturierte VDM-Befehle (Enter Mode und Exit Mode) entsprechend <i>USB PD</i> gesteuert.
Alternativmodusadapter (AMA, en: alternate mode adapter)	<i>USB-PD</i> -Gerät, das Alternativmodi unterstützt und als UFP agiert

Begriff	Beschreibung
Audioadapter-Zubehörmodus (en: audio adapter accessory mode)	Der Audioadapter-Zubehörmodus ist durch das Vorliegen von Ra bzw. Ra an CC1 bzw. CC2 definiert. Siehe Anhang A.
BMC	für die <i>USB-PD</i> -Kommunikation über die CC-Leitung verwendete Biphas-Mark-Codierung (en: biphas mark coding)
Kabelanschlusspartner (en: cable port partner)	an den Kabelstecker angeschlossene(r) USB-Typ-C-DRP, -Quelle oder -Empfänger
unverlierbares Kabel (en: captive cable)	Kabel, das an einem Ende mit einem USB-Typ-C-Stecker abgeschlossen ist und am anderen Ende über eine herstellerspezifische Anschlussmöglichkeit (festverdrahtet oder herstellerspezifisch ablösbar) verfügt
CC	Konfigurationskanal (en: configuration channel) zur Auffindung, Konfiguration und Verwaltung von Verbindungen über ein USB-Typ-C-Kabel
Durchgangsladungs-VPD (CTVPD, en: charge-through VPD)	VCONN-gespeistes USB-Gerät, das über den Mechanismus zur Übertragung von Strom und CC-Kommunikation von einem Anschluss zu einem anderen ohne Nachregulierung verfügt
Konfigurationsbahn (en: configuration lane)	Die USB-3.2-Konfigurationsbahn dient der Herstellung und Verwaltung des Dual-Lane-SuperSpeed-USB-Betriebs. Konkret ist die Konfigurationsbahn das in dem Kabel/Stecker eingestellte SuperSpeed-USB-TX1/RX1-Differenzsignal.
Debug-Zubehörmodus (DAM, en: debug accessory mode)	Der Debug-Zubehörmodus ist durch das Vorliegen von Rd bzw. Rd oder Rp bzw. Rp an CC1 bzw. CC2 definiert. Siehe Anhang B.
Debug-und-Prüfsystem (DTS, en: debug and test system)	kombiniertes Hardware-/Softwaresystem, das Systementwicklern Transparenz und Kontrolle beim Debugging verschafft, wenn es mit einem Zielsystem im Debug-Zubehörmodus verbunden ist
Standard-VBUS (en: default VBUS)	in den Spezifikationen <i>USB 2.0</i> und <i>USB 3.2</i> festgelegte VBUS-Spannung. ANMERKUNG 5 V hat, soweit verwendet, dieselbe Bedeutung.
DFP	abwärtsgerichteter Anschluss (en: downstream facing port), insbesondere in Verbindung mit dem Datenstrom einer USB-Verbindung. Üblicherweise die Anschlüsse an einem Host oder Hub, an welche Geräte angeschlossen werden. Im Anfangszustand speist der DFP VBUS und VCONN und unterstützt Daten. Ein nur zum Aufladen dienender DFP-Anschluss speist nur VBUS.
Direktanschlussgerät (en: direct connect device)	Gerät mit entweder einem unverlierbaren Kabel oder nur einem USB-Typ-C-Stecker (z. B. USB-Stick)
DRD Doppelfunktion Host/Gerät (en: dual-role-data)	Das Akronym DRD wird in dieser Spezifikation für einen USB-Anschluss benutzt, der sowohl als DFP (Host) als auch als UFP (Gerät) arbeiten kann. Die Funktion, die der Anschluss anfänglich übernimmt, hängt davon ab, ob er beim Anschließen die Funktion einer Stromquelle oder eines Stromempfängers übernimmt. Ein Quellenanschluss fungiert als DFP und ein Empfängeranschluss fungiert als UFP. Die Funktion des Anschlusses (Host/Gerät) darf mithilfe des Data Role Swap entsprechend <i>USB PD</i> dynamisch geändert werden.
DRP Doppelfunktion Netzteil/Gerät (en: dual-role-power)	Das Akronym DRP wird in dieser Spezifikation für einen USB-Anschluss benutzt, der sowohl als Quelle als auch als Empfänger arbeiten kann. Die Funktion, die der Anschluss bietet, darf entweder auf die Quellen- oder Empfängerfunktion festgelegt sein oder zwischen den beiden Anschlusszuständen wechseln. Wenn der Anschluss anfänglich als Quelle arbeitet, übernimmt er auch die Funktion eines DFP; arbeitet er als Empfänger, übernimmt der Anschluss auch die Funktion eines UFP. Die Funktion des Anschlusses (Netzteil/Gerät) darf mithilfe des Power Role Swap entsprechend <i>USB PD</i> dynamisch geändert werden.
DR_Swap	Data Role Swap entsprechend <i>USB PD</i>
Dual-Lane (x2)	Der USB-3.2-Dual-Lane-Betrieb ist definiert als das gleichzeitige Signalübertragen über beide Sätze von SuperSpeed-USB-Sende- und -Empfangs-Differenzialpaaren (TX1/RX1 und TX2/RX2 im Kabel/Stecker).

Begriff	Beschreibung
elektronisch markiertes Kabel (en: electronically marked cable)	USB-Typ-C-Kabel, das <i>USB PD</i> zum Anzeigen der Kabeleigenschaften verwendet
eMarker	Element in einem elektronisch markierten Kabel, das als Reaktion auf einen Befehl zur Identitätserkennung entsprechend <i>USB PD</i> Informationen über das Kabel zurückgibt
Initiator	der Anschluss, der eine Vendor Defined Message initiiert. Dies ist unabhängig von der PD-Funktion des Anschlusses (d. h. Stromlieferant, Verbraucher, Stromlieferant/Verbraucher oder Verbraucher/Stromlieferant). In den meisten Fällen ist der Initiator ein Host.
Innentemperatur (en: internal temperature)	bezogen auf ein aktives Kabel, die in einem Stecker gemessene Temperatur. Es handelt sich nicht um die Hauttemperatur. Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Innentemperatur des Steckers und der Hauttemperatur, dieser Zusammenhang hängt jedoch von der Konstruktion ab.
Lokaler Stecker (en: local plug)	Kabelstecker, auf den Bezug genommen wird
optisch getrenntes aktives Kabel (OIAC, en: optically isolated active cable)	Kabel mit einem USB-Typ-C-Stecker an beiden Enden, wobei ein Kabelstecker SOP' unterstützt und der andere SOP" unterstützt. Dieses Kabel ist zwischen den beiden Steckern galvanisch getrennt.
Passives Kabel (en: passive cable)	Kabel ohne Elektronik zur Aufbereitung der Signale im Datenpfad. Ein passives Kabel darf, braucht aber nicht elektronisch markiert zu sein.
Anschlusspartner (en: port partner)	bezieht sich auf den Anschluss (Gerät oder Host), mit dem ein Anschluss verbunden ist
Powerbank	Gerät mit einer Batterie, dessen Hauptfunktion darin besteht, andere USB-Typ-C-Geräte zu laden oder deren Betriebszeit anderweitig zu verlängern
Energie aufnehmendes Gerät (PSD, en: power sinking device)	Verbraucher, der Strom bezieht, aber über keine weitere USB- oder Alternativmodus-Kommunikationsfunktion verfügt, z. B. eine über USB gespeiste Leuchte
gespeistes Kabel (en: powered cable)	Kabel mit in den Stecker integrierter Elektronik, das VCONN benötigt, was durch Vorliegen von Ra zwischen VCONN-Pin und Masse angezeigt wird
PR_Swap	Power Role Swap entsprechend <i>USB PD</i>
Redriver (en: re-driver)	analoges Bauteil, das das Signal bearbeitet, ohne ein Retiming des Signals vorzunehmen. Dies darf Entzerrung, Verstärkung und Sender umfassen. Der Redriver enthält keine Schaltung für die Wiederherstellung von Taktdaten (CDR, en: clock-data recovery). Redriver liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Dokuments.
Ferner Stecker (en: remote plug)	Im Kontext von OIAC-Steckern ist ein ferner Stecker der Stecker am anderen Ende des optisch getrennten aktiven Kabels.
Repeater	Als Repeater werden alle aktiven Bauteile bezeichnet, die auf einem Signal arbeiten, um die physische Länge und/oder den Verbindungsverlust zu erweitern, über die/den das Signal erfolgreich übertragen werden kann. Die Kategorie der Repeater beinhaltet sowohl Retimer als auch Redriver.
Responder	der Anschluss, der auf den Initiator einer Vendor Defined Message (VDM) reagiert. Dies ist unabhängig von der PD-Funktion des Anschlusses (d. h. Stromlieferant, Verbraucher, Stromlieferant/Verbraucher oder Verbraucher/Stromlieferant). In den meisten Fällen ist der Responder ein Gerät.
Retimer (en: re-timer)	Als Retimer werden Bauteile bezeichnet, die eine Schaltung für die Wiederherstellung von Taktdaten (CDR) enthalten, die ein „Retiming“ des Signals durchführen. Der Retimer legt das Signal in einem synchronen Speicherglied ab, bevor er es erneut sendet. Dies dient der Erweiterung der physischen Länge des Systems ohne Anhäufung von hochfrequentem Jitter durch die Schaffung separater Taktgeberdomänen auf beiden Seiten des Retimers. Retimer werden in <i>USB 3.2</i> , Anhang E, und <i>USB4</i> definiert.
SBU	Seitenbandnutzung (en: sideband use)

Begriff	Beschreibung
kurzes aktives Kabel (SAC, en: short active cable)	Kabel mit einem USB-Typ-C-Stecker an beiden Enden, von denen mindestens einer SOP' unterstützt. Kabellänge bis 5 m.
SID	Eine Norm-ID (SID, en: standard ID) ist ein vom USB-IF vergebener eindeutiger 16-Bit-Wert zur Kennzeichnung einer Industrienorm.
Single-Lane (x1)	Der USB-3.2-Single-Lane-Betrieb ist definiert als das Signalübertragen über einen Satz von SuperSpeed-USB-Sende- und -Empfangs-Differenzialpaaren (TX1/RX1 im Kabel/Stecker).
Empfänger (en: sink)	Anschluss, der Rd auf CC aufschaltet und, wenn er angeschlossen ist, Strom von VBUS bezieht; in der Regel ein Gerät
Hauttemperatur (en: skin temperature)	Bezogen auf ein aktives Kabel, die Temperatur der Umspritzung eines Steckers
Quelle (en: source)	Anschluss, der Rp auf CC aufschaltet und, wenn er angeschlossen ist, Strom über VBUS liefert; in der Regel ein Host oder ein Hub-DFP
SVID	allgemeine Verweisung auf eine SID oder VID. Wird von strukturierten VDMs entsprechend <i>USB PD</i> bei der Anforderung von SIDs oder VIDs von einem Gerät verwendet.
Zielsystem (TS, en: target system)	System, an dem Debugging im Debug-Zubehörmodus durchgeführt wird
Typ A (en: type-A)	allgemeine Verweisung auf alle USB-A-Stecker und -Buchsen
Typ B (en: type-B)	allgemeine Verweisung auf alle USB-B-Stecker und -Buchsen
Typ-C-Stecker (en: type-C plug)	USB-Stecker, der den mechanischen und elektrischen Anforderungen dieser Spezifikation entspricht
Typ-C-Anschluss (en: type-C port)	zu einer USB-C-Buchse gehöriger USB-Anschluss. Dies beinhaltet die USB-Signalisierung, die CC-Logik, Multiplexer und sonstige zugehörige Logik.
Typ-C-Buchse (en: type-C receptacle)	USB-Buchse, die den mechanischen und elektrischen Anforderungen dieser Spezifikation entspricht
UFP	aufwärtsgerichteter Anschluss (en: upstream facing port), insbesondere in Verbindung mit dem Datenstrom einer USB-Verbindung. Der Anschluss an einem Gerät oder Hub, der mit einem Host oder dem DFP eines Hubs verbunden wird. Im Anfangszustand empfängt der UFP VBUS und unterstützt Daten.
USB-2.0-Typ-C-Kabel (en: USB 2.0 type-C cable)	USB-Typ-C-auf-Typ-C-Kabel, das nur den Datenbetrieb entsprechend <i>USB 2.0</i> unterstützt. Dieses Kabel beinhaltet keine <i>USB-3.2-</i> oder SBU-Leitungen.
USB-2.0-Typ-C-Stecker (en: USB 2.0 type-C plug)	speziell für die Implementierung des <i>USB-2.0-Typ-C-Kabels</i> ausgelegter USB-Typ-C-Stecker
vollwertiges USB-Typ-C-Kabel (en: USB full-featured type-C cable)	USB-Typ-C-auf-Typ-C-Kabel, das den <i>USB-2.0-</i> , den <i>USB-3.2-</i> und den <i>USB4</i> -Datenbetrieb unterstützt. Dieses Kabel verfügt über SBU-Leitungen und ist ein elektronisch markiertes Kabel.
vollwertiger USB-Typ-C-Stecker (en: USB full-featured type-C plug)	speziell für die Implementierung des vollwertigen USB-Typ-C-Kabels ausgelegter USB-Typ-C-Stecker
USB4-Hub	Ein USB4-Hub-Produkt dient der Erweiterung von USB-Anschlüssen, enthält nur Aufwärts- und Abwärts-USB-Anschlüsse und enthält keine zusätzlichen Fähigkeiten für andere Steckverbindertypen oder Funktionen mit Ausnahme der unter 5.2.3 (Alternativmodi) definierten Fähigkeiten.
USB4-basiertes Dock (en: USB4-based dock)	Ein USB4-basiertes Dock kombiniert einen USB4-Hub (einschließlich mindestens eines vorhandenen Abwärts-USB-Typ-C-Anschlusses) mit zusätzlichen Fähigkeiten, die entweder weitere Steckverbindertypen und/oder weitere für den Anwender sichtbare Funktionen wie Speicherung, Vernetzung usw. bereitstellen. Beispiele für Funktionen, die als für den Anwender nicht sichtbare Funktionen angesehen werden, sind Firmware-Aktualisierungen und die Geräteauthentifizierung.

Begriff	Beschreibung
sicherer Zustand des USB (en: USB safe state)	sicherer Zustand des USB entsprechend der <i>USB-PD</i> -Spezifikation
VCONN-gespeistes Zubehör (VPA, en: VCONN-powered accessory)	Zubehöriteil, das zum Betrieb im Alternativmodus von VCONN gespeist wird. VPA kann den für VPDs beschriebenen Durchgangslademechanismus nicht implementieren und muss für die Umsetzung einer ähnlichen Funktion in einem Zwischenschritt mit dem angeschlossenen Host und der angeschlossenen Quelle die USB-Stromversorgung aushandeln.
VCONN-gespeistes USB-Gerät (VPD, en: VCONN-powered USB device)	USB-Gerät für den Direktanschluss oder mit unverlierbarem Kabel, das allein von entweder VCONN oder VBUS gespeist werden kann. VPDs dürfen die VPD-Durchgangsladefunktion optional unterstützen.
VCONN_Swap	VCONN-Swap entsprechend <i>USB PD</i>
VDM	Vendor Defined Message (vom Hersteller definierte Nachricht) entsprechend <i>USB-PD</i> -Spezifikation
VID	Eine Hersteller-ID (VID, en: vendor ID) ist ein vom USB-IF vergebener eindeutiger 16-Bit-Wert zur Kennzeichnung eines Herstellers.
vSafe0V	VBUS „0 Volt“ entsprechend <i>USB-PD</i> -Spezifikation
vSafe5V	VBUS „5 Volt“ entsprechend <i>USB-PD</i> -Spezifikation
x1	Siehe Single-Lane.
x2	Siehe Dual-Lane.

2 Überblick

2.1 Einleitung

USB-Typ-C®-Buchsen, -Stecker und -Kabel bilden eine kleinere, dünnere und robustere Alternative zu dem älteren USB-Verbindungstyp (Standard- und Micro-USB-Kabel und -Steckverbinder). Diese Lösung zielt auf sehr dünne Plattformen von ultradünnen Notebook-PCs bis hin zu Smartphones ab, für die die bestehenden Standard-A- und Micro-AB-Buchsen als zu groß, unkomfortabel in der Bedienung oder unzureichend robust angesehen werden. Sie bietet u. a. die folgenden Verbesserungen:

- Die USB-Typ-C-Buchse darf in sehr dünnen Plattformen verwendet werden, da die Gesamtsystemhöhe für die eingebaute Buchse weniger als 3 mm beträgt.
- Der USB-Typ-C-Stecker verbessert die Bedienerfreundlichkeit, da „oben“ und „unten“ beim Einstecken keine Rolle mehr spielen.
- Das USB-Typ-C-Kabel verbessert die Bedienerfreundlichkeit, da es keine Rolle mehr spielt, mit welchem Ende das Kabel in den Host bzw. das Gerät eingesteckt wird.

Während der USB-Typ-C-Verbindungstyp nicht mehr physisch zwischen Kabelsteckern vom Typ A oder Typ B unterscheidet, behält die USB-Schnittstelle dieses logische Verhältnis zwischen Host und Gerät bei. Die Ermittlung dieses Host-Gerät-Verhältnisses erfolgt über einen Konfigurationskanal (CC), der über das Kabel angeschlossen wird. Darüber hinaus dient der Konfigurationskanal der Einrichtung und Verwaltung der Stromversorgung sowie der Alternativ- und Zubehörmodi.

Über den Konfigurationskanal definiert der USB-Typ-C-Verbindungstyp eine vereinfachte VBUS-basierte 5-Volt-Spannungsversorgungs- und -Ladelösung, die die bereits vorliegenden Festlegungen der *USB-3.2-Spezifikation* ergänzt. Anspruchsvollere Stromversorgungs- und Batterieladefunktionen, die über den USB-Typ-C-Verbindungstyp realisiert werden, beruhen auf der *USB Power Delivery Specification* (Spezifikation zur USB-Stromversorgung). Im Sinne einer Verbesserung der Implementierung im Produkt verschiebt der USB-Typ-C-Verbindungstyp die Übertragung des *USB-PD*-Kommunikationsprotokolls von VBUS auf den USB-Typ-C-Konfigurationskanal.

Die USB-Typ-C-Buchsen, -Stecker und -Kabel sind dafür vorgesehen, auch zukünftige funktionale Erweiterungen des USB zu unterstützen. Deshalb wurde bei der Entwicklung der Lösung Wert auf das Leistungs-

verhalten hinsichtlich der Frequenzskalierung, auf die Pinbelegung und auf die Konfigurationsmechanismen gelegt. Die Definition zukünftiger Funktionserweiterungen des USB fällt nicht in den Anwendungsbereich dieser Spezifikation, sondern wird in künftigen Veröffentlichungen der grundlegenden USB-Spezifikation erfolgen, also in Weiterentwicklungen der bestehenden *USB4™-Spezifikation*.

In Bild 2-1 ist das gesamte Schema der Funktionssignale für die vollwertige USB-Typ-C-Buchse dargestellt, wobei nicht alle dargestellten Signale für alle Plattformen bzw. Geräte benötigt werden. Wie dort zu sehen ist, sind in der Signalliste der Buchse *USB-2.0*-Datenbusse (D+ und D-) und entweder *USB-3.2*- oder *USB4*-Datenbusse (TX/RX-Paare) sowie die USB-Spannungsversorgung (VBUS) und Masse (GND), Konfigurationskanal-Signale (CC1 und CC2) und zwei Signalpins für die Seitenbandnutzung (SBU) enthalten. Dadurch, dass in diesem Schema mehrere Sätze für die Anordnung von USB-Datenbus-Signalen vorgesehen sind, wird die funktionale Zuordnung der USB-Signale unabhängig von der Steckerausrichtung in der Buchse einfacher. Zur besseren Orientierung sind die Signalpins beschriftet. Bei der *USB-2.0*-Typ-C-Buchse werden weder die *USB-3.2*-Signale noch die *USB4*-Signale implementiert.

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
GND	TX1+	TX1-	VBUS	CC1	D+	D-	SBU1	VBUS	RX2-	RX2+	GND
GND	RX1+	RX1-	VBUS	SBU2	D-	D+	CC2	VBUS	TX2-	TX2+	GND
B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1

Bild 2-1 – Steckgesicht USB-Typ-C-Buchse (Vorderansicht)

In Bild 2-2 ist das gesamte Schema der Funktionssignale für den USB-Typ-C-Stecker dargestellt. Nur ein CC-Pin wird zur Bestimmung der Signalausrichtung über das Kabel verbunden, der andere CC-Pin wird als VCONN zur Versorgung von Elektronik im USB-Typ-C-Stecker umfunktioniert. Zudem wird in einem USB-Typ-C-Kabel nur ein Satz von *USB-2.0*-Leitungen (D+/D-) implementiert. Bei *USB-Typ-C*-Kabeln, für die nur die Unterstützung von *USB 2.0* vorgesehen ist, werden die TX/RX- und die SBU-Signale nicht implementiert. Bei dem reinen Strom-*USB-Typ-C*-Stecker (en: power-only; nur für *USB-Typ-C*-Empfänger-Anwendungen vorgesehen) werden nur neun Kontakte zur Unterstützung von CC, VBUS und GND implementiert.

A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
GND	RX2+	RX2-	VBUS	SBU1	D-	D+	CC	VBUS	TX1-	TX1+	GND
GND	TX2+	TX2-	VBUS	VCONN			SBU2	VBUS	RX1-	RX1+	GND
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12

Bild 2-2 – Steckgesicht vollwertiger USB-Typ-C-Stecker (Vorderansicht)

2.2 USB-Typ-C-Buchsen, -Stecker und -Kabel

Kabel und Steckverbinder einschließlich Kabeln und Adaptern für USB Typ-C auf ältere USB-Produkte werden in dieser Spezifikation explizit definiert. Diese sind die einzigen Steckverbinder und Kabel, die unter den Lizenzierungsbedingungen dieser Spezifikation zugelassen sind. Alle lizenzierten Kabel und Steckverbinder müssen den Anforderungen hinsichtlich Übereinstimmung und Zertifizierung entsprechen, die vom USB-IF entwickelt und gepflegt werden.

Es werden die folgenden USB-Typ-C-Buchsen und -Stecker definiert:

- Vollwertige USB-Typ-C-Buchse für *USB-2.0*-, *USB-3.2*-, *USB4*- und vollwertige Plattformen und Geräte;
- *USB-2.0*-Typ-C-Buchse für *USB-2.0*-Plattformen und -Geräte;
- Vollwertiger USB-Typ-C-Stecker;
- *USB-2.0*-Typ-C-Stecker;
- Reiner Strom-*USB-Typ-C*-Stecker.

Es werden die folgenden USB-Typ-C-Kabel definiert:

- vollwertiges USB-Typ-C-Kabel mit einem vollwertigen USB-Typ-C-Stecker an beiden Enden für *USB-3.2*, *USB4*- und vollwertige Anwendungen;
- *USB-2.0*-Typ-C-Kabel mit einem *USB-2.0*-Typ-C-Stecker an beiden Enden für *USB-2.0*-Anwendungen;
- unverlierbares Kabel mit entweder einem vollwertigen USB-Typ-C-Stecker oder einem *USB-2.0*-Typ-C-Stecker an einem Ende;
- aktive Kabel werden in Abschnitt 6 definiert.

Alle definierten USB-Typ-C-Buchsen, -Stecker und -Kabel (mit Ausnahme von OIAC) unterstützen USB-Ladeanwendungen, wobei auch die Unterstützung für die optionale USB-Typ-C-spezifische Implementierung der *USB Power Delivery Specification* (siehe 4.6.2.4) eingeschlossen ist.

Alle vollwertigen USB-Typ-C-Kabel sind elektronisch markiert. *USB-2.0*-Typ-C-Kabel dürfen elektronisch markiert sein. Siehe 4.9 für die Anforderungen an elektronisch markierte Kabel.

Es werden die folgenden Kabel und Adapter für USB Typ-C auf ältere USB-Produkte definiert:

- Kabel für *USB 3.2* Typ-C auf älteren Host mit einem vollwertigen USB-Typ-C-Stecker an einem Ende und einem *USB-3.1*-Standard-A-Stecker am anderen Ende – *dieses Kabel unterstützt die Verwendung eines USB-Typ-C-basierten Geräts mit einem älteren USB-Host*;
- Kabel für *USB 2.0* Typ-C auf älteren Host mit einem *USB-2.0*-Typ-C-Stecker an einem Ende und einem *USB-2.0*-Standard-A-Stecker am anderen Ende – *dieses Kabel unterstützt die Verwendung eines USB-Typ-C-basierten Geräts mit einem älteren USB-2.0-Host (vorrangig für mobiles Laden und Synchronisierungsanwendungen)*;
- Kabel für *USB 3.2* Typ-C auf älteres Gerät mit einem vollwertigen USB-Typ-C-Stecker an einem Ende und einem *USB-3.1*-Standard-B-Stecker am anderen Ende – *dieses Kabel unterstützt die Verwendung von älteren USB-3.1-Hubs und -Geräten mit einem USB-Typ-C-basierten Host*;
- Kabel für *USB 2.0* Typ-C auf älteres Gerät mit einem *USB-2.0*-Typ-C-Stecker an einem Ende und einem *USB-2.0*-Standard-B-Stecker am anderen Ende – *dieses Kabel unterstützt die Verwendung von älteren USB-2.0-Hubs und -Geräten mit einem USB-Typ-C-basierten Host*;
- Kabel für *USB 2.0* Typ-C auf älteres Mini-Gerät mit einem *USB-2.0*-Typ-C-Stecker an einem Ende und einem *USB-2.0*-Mini-B-Stecker am anderen Ende – *dieses Kabel unterstützt die Verwendung von älteren Geräten mit einem USB-2.0-Typ-C-basierten Host*;
- Kabel für *USB 3.2* Typ-C auf älteres Micro-Gerät mit einem vollwertigen USB-Typ-C-Stecker an einem Ende und einem *USB-3.1*-Micro-B-Stecker am anderen Ende – *dieses Kabel unterstützt die Verwendung von älteren USB-3.1-Hubs und -Geräten mit einem USB-Typ-C-basierten Host*;
- Kabel für *USB 2.0* Typ-C auf älteres Micro-Gerät mit einem *USB-2.0*-Typ-C-Stecker an einem Ende und einem *USB-2.0*-Micro-B-Stecker am anderen Ende – *dieses Kabel unterstützt die Verwendung von älteren USB-2.0-Hubs und -Geräten mit einem USB-Typ-C-basierten Host*;
- Adapter für *USB 3.2* Typ-C auf älteres Standard-A-Produkt mit einem vollwertigen USB-Typ-C-Stecker an einem Ende und einer *USB-3.1*-Standard-A-Buchse am anderen Ende – *dieser Adapter unterstützt die Verwendung eines älteren USB-Stick-artigen Geräts oder eines älteren USB-ThinCard-Geräts mit einem USB-3.2-Typ-C-basierten Host*;
- Adapter für *USB 2.0* Typ-C auf älteres Micro-B-Produkt mit einem *USB-2.0*-Typ-C-Stecker an einem Ende und einer *USB-2.0*-Micro-B-Buchse am anderen Ende – *dieser Adapter unterstützt das Laden eines USB-Typ-C-basierten Mobilgeräts mit einem älteren USB-Micro-B-basierten Ladegerät, entweder über ein unverlierbares Kabel oder mithilfe eines Kabels für USB 2.0 Standard-A auf Micro-B*.

Adapter mit USB-Typ-C-Buchsen für ältere USB-Produkte sind explizit nicht definiert und nicht zugelassen. Mit einem solchen Adapter könnten Anwender zahlreiche nicht bestimmungsgemäße und potenziell unsichere Kabelverbindungen herstellen.

2.3 Konfigurationsprozess

Die Lösung mit USB-Typ-C-Buchse, -Stecker und -Kabel umfasst einen Konfigurationsprozess zur Erkennung einer Verbindung eines abwärtsgerichteten Anschlusses mit einem aufwärtsgerichteten Anschluss (Quelle zu Empfänger) für das VBUS-Management und zur Bestimmung des Verhältnisses in der Host-Gerät-Verbindung.

Der Konfigurationsprozess für USB-Typ-C-Anschlüsse dient Folgendem:

- Erkennung des Anschließens einer Quelle an einen Empfänger / des Trennens von Quelle und Empfänger;
- Erkennung von Steckerausrichtung/Kabelendenvertauschung;
- Erkennung des anfänglichen Stromversorgungsverhältnisses (Quelle zu Empfänger) und Aufbau des Datenverhältnisses (Host zu Gerät);
- Erkennung, ob das Kabel VCONN fordert;
- Erkennung und Nutzung des USB-Typ-C-VBUS-Stroms;
- *USB-PD*-Kommunikation;
- Auffindung und Konfiguration von Funktionserweiterungen.

Hierfür werden zwei Pins an der USB-Typ-C-Buchse verwendet, CC1 und CC2. In einem Standard-USB-Typ-C-Kabel wird nur eine einzige CC-Pin-Position in jedem Stecker des Kabels über das Kabel verbunden.

2.3.1 Erkennung des Anschließens einer Quelle an einen Empfänger / des Trennens von Quelle und Empfänger

Zu Beginn wird das Anschließen einer Quelle an einen Empfänger (en: source-to-sink attach) von einem Host- oder Hub-Anschluss (Quelle) erkannt, wenn einer der CC-Pins an seiner USB-Typ-C-Buchse einen festgelegten Widerstand gegen GND erfasst. Später dann wird das Trennen einer Quelle vom Empfänger (en: source-to-sink detach) erkannt, wenn der CC-Pin, der an der USB-Typ-C-Buchse abgeschlossen war, nicht mehr gegen GND abgeschlossen ist.

An die USB-Typ-C-Host- oder -Hub-Buchse wird erst dann Spannung (VBUS oder VCONN) angelegt, wenn die Quelle das Vorhandensein eines angeschlossenen Geräteanschlusses (Empfängeranschlusses) erkennt. Es wird erwartet, dass die Quelle, wenn das Anschließen einer Quelle an einen Empfänger erkannt wird, die Stromzufuhr zu der Buchse freigibt und den üblichen USB-Betrieb mit dem angeschlossenen Gerät aufnimmt. Wenn das Trennen einer Quelle vom Empfänger erkannt wird, stellt der VBUS speisende Anschluss die Stromzufuhr ein.

2.3.2 Erkennung von Steckerausrichtung/Kabelendenvertauschung

Der USB-Typ-C-Stecker kann in beiden Ausrichtungen in eine Buchse gesteckt werden. Deshalb ist in den CC-Pins ein Verfahren zur Erkennung der Steckerausrichtung implementiert, um die Bahnsortierung (en: lane ordering) der über das Kabel funktional miteinander verbundenen SuperSpeed-USB-Daten-Signalpaare feststellen und die Konfigurationsbahn für den Dual-Lane-Betrieb ermitteln zu können, sofern unterstützt. Dies ermöglicht, falls notwendig, die Einrichtung des Signal-Routings innerhalb eines Hosts oder Geräts für eine erfolgreiche Verbindung.

2.3.3 Erkennung des anfänglichen Stromversorgungsverhältnisses (Quelle zu Empfänger) und Aufbau des Datenverhältnisses (Host zu Gerät)

Anders als bei den bestehenden USB-Typ-A- und USB-Typ-B-Buchsen und -Steckern wird das Verhältnis USB-Host-Anschluss – USB-Gerät-Anschluss bei USB-Typ-C-Buchsen- und -Steckern nicht automatisch anhand der mechanischen Eigenschaften der Buchse bzw. des Steckers bestimmt. Die CC-Pins an der Buchse dienen auch dazu, vor dem üblichen USB-Aufzählungsprozess (en: enumeration) das anfängliche Stromversorgungsverhältnis (Quelle zu Empfänger) sowie das Datenverhältnis (Host zu Gerät) zu bestimmen.

Um zu definieren, wie anhand der CC-Pins das anfängliche Stromversorgungsverhältnis bestimmt wird, werden die folgenden Stromversorgungsmodi für Anschlüsse definiert:

- 1) Nur Quelle (en: source-only) – in diesem Modus agiert der Anschluss ausschließlich als Quelle.
- 2) Nur Empfänger (en: sink-only) – in diesem Modus agiert der Anschluss ausschließlich als Empfänger.
- 3) Doppelfunktion Netzteil/Gerät (DRP) – in diesem Modus kann der Anschluss entweder als Quelle oder als Empfänger agieren.

Für den Fall, dass ein Anschluss den USB-Datenbetrieb unterstützt, werden zusätzlich die folgenden Datenmodi für Anschlüsse definiert:

- 1) Nur DFP (en: DFP-only) – in diesem Modus agiert der Anschluss ausschließlich als DFP.
- 2) Nur UFP (en: UFP-only) – in diesem Modus agiert der Anschluss ausschließlich als UFP.
- 3) Doppelfunktion Host/Gerät (DRD) – in diesem Modus kann der Anschluss entweder als DFP oder als UFP agieren.

Im Hinblick auf ihr Verhalten entsprechen die Nur-DFP- und Nur-UFP-Anschlüsse den bisherigen USB-Host- bzw. USB-Gerät-Anschlüssen, sie führen jedoch nicht notwendigerweise USB-Datenkommunikation aus. Wenn ein Nur-Host-Anschluss an einen Nur-Gerät-Anschluss angeschlossen wird, entspricht das Verhalten aus Sicht des Anwenders dem herkömmlichen USB-Host-zu-Gerät-Anschluss-Modell. Host-zu-Host- oder Gerät-zu-Gerät-Verbindungen werden bei der USB-Typ-C-Steckverbinder-Lösung jedoch nicht physisch unterbunden. Der Aufbau einer solchen Host-zu-Host- oder Gerät-zu-Gerät-Verbindung hat einen sicheren, jedoch nicht funktionsfähigen Zustand zur Folge.

Sobald die anfängliche Bestimmung erfolgt ist, liefert die Quelle VBUS und agiert als DFP und der Empfänger nimmt VBUS auf und agiert als UFP. Wenn beide Anschlüsse *USB PD* unterstützen, darf diese dann verwendet werden, um die Power Role und die Data Role der Anschlüsse unabhängig voneinander zu tauschen.

Ein Anschluss, der Dual-Role-Betrieb unterstützt, indem er beim Anschließen an einen Nur-Quelle- oder Nur-Empfänger-Anschluss in den entsprechenden Verbindungsmodus wechseln kann, ist ein DRP. In dem besonderen Fall, dass ein DRP an einen anderen DRP angeschlossen wird, kommt ein Initialisierungsprotokoll an den CC-Pins zum Einsatz, um das anfängliche Host-zu-Gerät-Verhältnis zu bestimmen. Ohne Role-Swapping-Eingriff wird über die Festlegung von DFP und UFP aus Sicht des Anwenders per Zufall entschieden.

Es werden zwei unabhängige Sätze von Mechanismen definiert, die es einem USB-Typ-C-DRP ermöglichen, die Power Role und die Data Role erfolgreich zu tauschen. Wenn *USB PD* unterstützt wird, erfolgt der Power Role Swap / Data Role Swap in einem Schritt nach dem anfänglichen Verbindungsvorgang. Bei Implementierungen ohne PD-Unterstützung kann der Power Role Swap / Data Role Swap optional im Rahmen des anfänglichen Verbindungsvorgangs erfolgen. Um die Bedienerfreundlichkeit beim Verbinden von Geräten unterschiedlicher Kategorien zu verbessern, darf in Produkten eine starke Präferenz für die Funktion als DFP oder UFP implementiert werden, so dass die Festlegung von DFP und UFP beim Verbinden zweier DRPs unterschiedlicher Kategorien vorhergesagt werden kann. Siehe 4.5.1.4 für weitere Informationen zu den verfügbaren Swapping-Mechanismen.

Als Alternative zum Role Swapping kann ein USB-Typ-C-DRP als nützliche Funktionalität im Betrieb als Host einen CDC/Netzwerk-Stapel (vorzugsweise TCP/IP) und im Betrieb als Gerät eine CDC/Netzwerk-Schnittstelle bereitstellen.

USB-Hubs haben zwei Arten von Anschlüssen, einen UFP, der an einen DFP (Host oder ein weiterer Hub) angeschlossen wird, der anfänglich als Empfänger agiert, und einen oder mehrere DFPs für das Anschließen von weiteren Geräten, die anfänglich als Quellen agieren.

2.3.4 Erkennung und Nutzung des USB-Typ-C-Vbus-Stroms

Bei der USB-Typ-C-Steckverbinder-Lösung darf eine Quelle (Host- oder Hub-Abwärts-Anschluss) einen höheren Quellenstrom über VBUS implementieren, um ein schnelleres Laden von Mobilgeräten oder Geräten mit höherer Leistung zu ermöglichen. Alle USB-Host- und -Hub-Anschlüsse geben über die CC-Pins den aktuell verfügbaren Strompegel bekannt. Der USB-Gerät-Anschluss muss seine Last so steuern, dass sie innerhalb des von dem Host oder Hub angebotenen Strompegels bleibt; dies umfasst auch eine dynamische Reduzierung der Last, wenn der Host- oder Hub-Anschluss den über die CC-Pins bekannt gegebenen Pegel absenkt.

Mit dem USB-Typ-C-Strom (en: USB type-C current) werden drei Strompegel bei 5-V-VBUS definiert:

- Standard (en: Default) ist der vorkonfigurierte Stromwert für den Hochleistungsbetrieb entsprechend einer USB-Spezifikation (500 mA bei USB-2.0-Anschlüssen; 900 mA bzw. 1 500 mA bei USB-3.2-Anschlüssen im Single-Lane- bzw. Dual-Lane-Betrieb);
- USB-Typ-C-Strom bei 1,5 A;
- USB-Typ-C-Strom bei 3,0 A.

Zwischen der Bekanntgabe des Standardwertes und der Bekanntgabe des USB-Typ-C-Stroms bei entweder 1,5 A oder 3,0 A wird funktional eindeutig unterschieden.

- Der Standardwert ist vorgesehen für den Host-Betrieb, in dem ein angeschlossenes Gerät mit Busstrom versorgt wird und der Host die Stromaufnahme des Geräts für die Zustände Low Power, High Power und Suspend entsprechend der Definition in den grundlegenden USB-Spezifikationen steuert.
- USB-Typ-C-Strom bei 1,5 A bzw. 3,0 A ist vorrangig für Ladeanwendungen vorgesehen. Der Empfänger kann seine Stromaufnahme bis zu dem bekannt gegebenen Grenzwert variieren. Das Bereitstellen von USB-Typ-C-Strom bei entweder 1,5 A oder 3,0 A ist zulässig für einen Host, der ein Gerät mit Busstrom versorgt. Der Host muss annehmen, dass das Gerät bis zum angegebenen Grenzwert durchgängig Strom aufnehmen wird.

Die Möglichkeit, höhere USB-Typ-C-Strom-Pegel bekannt zu geben, bietet Hosts und Geräten ohne *USB-PD*-Implementierung die Vorteile eines höheren Ladestroms.

2.3.5 USB-PD-Kommunikation

Die *USB-Stromversorgung* (en: USB Power Delivery) ist eine Funktion von Produkten (Hosts, Hubs und Geräten). Die *USB-PD*-Kommunikation wird für Folgendes eingesetzt:

- Abschließen von Stromversorgungsverträgen, die Spannungs- und Stromwerte zulassen, die über die bestehenden USB-Datenbus-Spezifikationen hinausgehen;
- Ändern des VBUS speisenden Anschlusses;
- Ändern des VCONN speisenden Anschlusses;
- Tauschen der DFP- und UFP-Funktionen;
- Kommunizieren mit Kabeln.

Die Biphase-Mark-codierte (BMC) *USB-PD*-Kommunikation erfolgt über die CC-Leitung des USB-Typ-C-Kabels.

2.3.6 Funktionale Erweiterungen

Funktionale Erweiterungen (siehe Abschnitt Anhang E) werden über einen Kommunikationskanal über CC mithilfe von Verfahren der *USB Power Delivery Specification* umgesetzt.

2.4 VBUS

VBUS bietet einen Pfad für die Übertragung von Strom zwischen einem Host und einem Gerät sowie zwischen einem USB-Ladegerät und einem Host/Gerät. Für Hosts und Ladegeräte, die optional Strompegel außerhalb der Spezifikationen *USB 2.0*, *USB 3.2* und *USB4* unterstützen, wird eine Funktion für eine einfachere Hochstromversorgung definiert. Die *USB Power Delivery Specification* wird unterstützt.

In Tabelle 2-1 sind die Stromversorgungsoptionen zusammengefasst, die sich für ein Gerät mit dem USB-Typ-C-Steckverbinder bieten. Nicht alle Host- und Hub-Anschlüsse werden dem Gerät alle Optionen anbieten – nur die ersten beiden aufgeführten Optionen werden von den grundlegenden USB-Spezifikationen vorgeschrieben und bilden die Grundlage für den USB-Typ-C-Strom beim Standard-USB-Strompegel.

Tabelle 2-1 – Zusammenfassung der Optionen für die Stromversorgung

Betriebsmodus	Spannung	Strom	Anmerkungen
USB 2.0	5 V	Siehe USB 2.0	
USB 3.2	5 V	Siehe USB 3.2	
USB4	5 V	1,5 A	Siehe 5.3
USB BC 1.2	5 V	1,5 A ^a	Laden entsprechend älterer Verfahren
USB-Typ-C-Strom bei 1,5 A	5 V	1,5 A	Unterstützt Geräte mit höherer Leistung
USB-Typ-C-Strom bei 3,0 A	5 V	3 A	Unterstützt Geräte mit höherer Leistung
USB PD	Konfigurierbar bis 20 V	Konfigurierbar bis 5 A	Richtungssteuerung und Strompegelmanagement
^a Während die USB-BC-1.2-Spezifikation Stromlieferanten zulässt, die für die Unterstützung eines Strompegels zwischen 0,5 A und 1,5 A ausgelegt sind, fordert die USB-Typ-C-Spezifikation, dass ein Quellenanschluss, der USB BC 1.2 unterstützt, nicht nur den USB-BC-1.2-Stromlieferantenabschluss unterstützen, sondern auch mindestens 1,5 A liefern können muss und USB-Typ-C-Strom bei 1,5 A bekannt geben muss.			

Die USB-Typ-C-Buchse ist für eine Strombelastbarkeit von 5 A ausgelegt, wohingegen Standard-USB-Typ-C-Kabelsätze für 3 A bemessen sind. Durch die höhere Bemessung der Buchse können Systeme mehr Strom über direkt angeschlossene Docking-Lösungen bzw., bei *USB-PD*-Implementierung, mithilfe von entsprechend konstruierten Ladegeräten mit unverlierbaren Kabeln liefern. Zudem dürfen USB-Typ-C-Kabelsätze, die für *USB PD* konstruiert und mit einer ordnungsgemäßen elektronischen Markierung versehen sind, bis 5 A unterstützen.

2.5 VCONN

Sobald die Verbindung zwischen Host und Gerät aufgebaut ist, wird der CC-Pin (CC1 oder CC2) in der Buchse, der nicht über die CC-Leitung über das Standardkabel verbunden ist, so umfunktioniert, dass er VCONN speist, um Stromkreise im Stecker, die für die Implementierung von elektronisch markierten Kabeln (siehe 4.9), VCONN-gespeistem Zubehör und VCONN-gespeisten USB-Geräten benötigt werden, mit Spannung zu versorgen. Anfänglich liefert die Quelle VCONN und die Quelle von VCONN darf mittels *USB-PD-VCONN_Swap* getauscht werden.

Elektronisch markierte Kabel dürfen VBUS anstelle von VCONN verwenden, da VBUS über das Kabel verfügbar ist. Die Funktionsweise von VCONN unterscheidet sich insofern von VBUS, als VCONN vom anderen Kabelende getrennt ist. VCONN ist unabhängig von VBUS und anders als VBUS, die *USB PD* für die Unterstützung höherer Spannungen nutzen kann, bleibt die Spannung VCONN im Bereich von 3,0 V bis 5,5 V (VCONNValid).

2.6 Hubs

Von USB-Hubs mit USB-Typ-C-Buchsen wird gefordert, dass der aufwärtsgerichtete Anschluss eindeutig kenntlich gemacht wird. Diese Anforderung ist notwendig, weil ein Anwender anhand der Art der vorhandenen Buchsen nicht mehr erkennen kann, welcher Anschluss an einem Hub der aufwärtsgerichtete Anschluss ist und welche Anschlüsse die abwärtsgerichteten Anschlüsse sind (also USB Typ-B gleich aufwärtsgerichteter Anschluss und USB Typ-A gleich abwärtsgerichteter Anschluss).

3 Mechanik

3.1 Überblick

In diesem Abschnitt werden die USB-Typ-C Steckverbinder und verdrahteten -Kabelsätze definiert. Kabel, die aktive Elemente im Datenpfad enthalten, werden in Abschnitt 6 (Aktive Kabel) definiert.

3.1.1 Konforme Steckverbinder

Die USB-Typ-C-Spezifikation definiert die folgenden Standard-Steckverbinder:

- Vollwertige USB-Typ-C-Buchse;
- *USB-2.0*-Typ-C-Buchse;
- Vollwertiger USB-Typ-C-Stecker;
- *USB-2.0*-Typ-C-Stecker;
- Reiner Strom-USB-Typ-C-Stecker.

3.1.2 Konforme Kabelsätze

In Tabelle 3-1 sind die USB-Typ-C-Standard-Kabelsätze zusammen mit den wichtigsten Unterschieden zusammengefasst. Alle vollwertigen USB-Typ-C-Kabel müssen die simultane, unabhängige Signalübertragung über beide *USB-3.2*-Datenbusse und *USB4*-Datenbusse (TX- und RX-Paare) unterstützen. Die in der Tabelle aufgeführten Kabellängen sind informativer Natur und entsprechen den praktischen Längen auf Grundlage der Anforderungen an das Leistungsverhalten von Kabeln. Alle Kabel, die vollwertig und/oder für einen Strom von mehr als 3 A bemessen sind, sind elektronisch markierte Kabel.

Tabelle 3-1 – USB-Typ-C-Standard-Kabelsätze

Kabelref.	Stecker 1	Stecker 2	USB-Version	Kabellänge	Strombemessungswert	USB-Stromversorgung	USB Typ-C Elektronisch markiert
CC2-3	C	C	USB 2.0	≤ 4 m	3 A	Unterstützt	Optional
CC2-5					5 A		Erforderlich
CC3G1-3	C	C	USB 3.2 Gen1 und USB4 Gen2	≤ 2 m	3 A	Unterstützt	Erforderlich
CC3G1-5					5 A		
CC3G2-3	C	C	USB 3.2 Gen2 und USB4 Gen2	≤ 1 m	3 A	Unterstützt	Erforderlich
CC3G2-5					5 A		
CC4G3-3	C	C	USB4 Gen3	$\leq 0,8$ m	3 A	Unterstützt	Erforderlich
CC4G3-5					5 A		

USB-Typ-C-Produkte dürfen auch mit einem unverlierbaren Kabel ausgestattet sein. Siehe 3.4.3.

3.1.3 Konforme Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte

In Tabelle 3-2 sind die Kabelsätze USB-Typ-C auf ältere Produkte zusammen mit den wichtigsten Unterschieden zusammengefasst. Die in der Tabelle aufgeführten Kabellängen sind informativer Natur und entsprechen den praktischen Längen auf Grundlage der Anforderungen an das Leistungsverhalten von Kabeln. Kabelsätze *USB 3.2* Typ-C auf ältere Produkte, die nur bis *USB 3.1* Gen1 verwendet werden können, werden von dieser Spezifikation nicht zugelassen. Alle Kabelsätze für USB Typ-C auf ältere Produkte werden nur speziell im Hinblick auf *USB 2.0* und *USB 3.2* definiert, da es keine Kabel für USB Typ-C auf ältere Produkte gibt, die nur auf *USB4* anwendbar sind.

Bei Kabelsätzen für USB-Typ-C auf ältere Produkte, die einen Rp-Abschluss umfassen, muss der Wert dieses Abschlusses auf den Standard-Einstellwert des USB-Typ-C-Stroms festgelegt werden, obwohl die Kabelsätze für 3 A bemessen sind. Der Rp-Abschluss in diesen Kabeln ist dafür vorgesehen, dem Höchststrom eines konformen älteren USB-Host-Anschlusses zu entsprechen, nicht dem Strombemessungswert des Kabels selbst. Der Strombemessungswert des Kabels wird absichtlich auf einen höheren Pegel festgesetzt, da es

zahlreiche nicht standardmäßige Ladegeräte gibt, die höhere Werte als die in den Spezifikationen *USB 2.0* und *USB 3.1* festgelegten Standardpegel liefern.

Tabelle 3-2 – Kabelsätze USB Typ-C auf ältere Produkte

Kabelref.	Stecker 1 ^c	Stecker 2 ^c	USB-Version	Kabellänge	Strombemessungswert
AC2-3	USB 2.0 Standard-A	USB 2.0 Typ-C ^a	USB 2.0	≤ 4 m	3 A
AC3G2-3	USB 3.1 Standard-A	USB Typ-C, vollwertig ^a	USB 3.1 Gen2	≤ 1 m	3 A
CB2-3	USB 2.0 Typ-C ^b	USB 2.0 Standard-B	USB 2.0	≤ 4 m	3 A
CB3G2-3	USB Typ-C, vollwertig ^b	USB 3.1 Standard-B	USB 3.1 Gen2	≤ 1 m	3 A
CmB2	USB 2.0 Typ-C ^b	USB 2.0 Mini-B	USB 2.0	≤ 4 m	500 mA
CμB2-3	USB 2.0 Typ-C ^b	USB 2.0 Micro-B	USB 2.0	≤ 2 m	3 A
CμB3G2-3	USB Typ-C, vollwertig ^b	USB 3.1 Micro-B	USB 3.1 Gen2	≤ 1 m	3 A

^a Von USB-Typ-C-Steckern, die dem „B“-Ende eines älteren Adapterkabels zugeordnet sind, wird gefordert, dass ein Rp-Abschluss ($56 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$) in den Steckersatz eingebaut ist, siehe 4.5.3.2.2.

^b Von USB-Typ-C-Steckern, die dem „A“-Ende eines älteren Adapterkabels zugeordnet sind, wird gefordert, dass ein Rd-Abschluss ($5,1 \text{ k}\Omega \pm 20 \%$) in den Steckersatz eingebaut ist, siehe 4.5.3.2.1.

^c Siehe 3.7.5.3 für den Widerstand im gesteckten Zustand und die Erwärmung, die von den älteren Steckern gefordert werden.

3.1.4 Konforme Adaptersätze USB Typ-C auf ältere Produkte

In Tabelle 3-3 sind die Adaptersätze USB Typ-C auf ältere Produkte zusammen mit den wichtigsten Unterschieden zusammengefasst. Die in der Tabelle aufgeführten Kabellängen sind informativer Natur und entsprechen den praktischen Längen auf Grundlage der Anforderungen an das Leistungsverhalten von Kabeln. Alle Adaptersätze für USB Typ-C auf ältere Produkte werden nur speziell im Hinblick auf *USB 2.0* und *USB 3.2* definiert, da es keine Adapter für USB Typ-C auf ältere Produkte gibt, die nur auf *USB4* anwendbar sind.

Tabelle 3-3 – Adaptersätze USB Typ-C auf ältere Produkte

Adapterref.	Stecker	Buchse ^c	USB-Version	Kabellänge	Strombemessungswert
CμBR2-3	USB 2.0 Typ-C ^a	USB 2.0 Micro-B	USB 2.0	≤ 0,15 m	3 A
CAR3G1-3	USB Typ-C, vollwertig ^b	USB 3.1 Standard-A	USB 3.1 Gen1	≤ 0,15 m	3 A

^a Von USB-Typ-C-Steckern, die dem „B“-Ende eines älteren Adapters zugeordnet sind, wird gefordert, dass ein Rp-Abschluss ($56 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$) in den Steckersatz eingebaut ist, siehe 4.5.3.2.2.

^b Von USB-Typ-C-Steckern, die dem „A“-Ende eines älteren Adapters zugeordnet sind, wird gefordert, dass ein Rd-Abschluss ($5,1 \text{ k}\Omega \pm 20 \%$) in den Steckersatz eingebaut ist, siehe 4.5.3.2.1.

^c Siehe 3.7.6.3 für den Widerstand im gesteckten Zustand und die Erwärmung, die von den älteren Buchsen gefordert werden.

3.2 Steckgesichter von USB-Typ-C-Steckverbindern

In diesem Abschnitt werden anhand von Zeichnungen der Steckverbinder-Steckgesichter, Beschreibungen und der Pinbelegung die Steckgesichter definiert. Alle Maße in den Bildern sind in Millimetern angegeben.

3.2.1 Definition der Steckgesichter

Bild 3-1 und Bild 3-3 zeigen die Maße der Steckgesichter der USB-Typ-C-Buchse bzw. des vollwertigen USB-Typ-C-Steckers.

Bild 3-11 zeigt die Maße des Steckgesichts des *USB-2.0*-Typ-C-Steckers. Die Maße, die für die Interoperabilität der Steckverbindungen relevant sind, werden festgelegt. Alle REF-Maße werden ausschließlich zu Referenzzwecken angegeben, sie stellen keine Anforderungen dar.

Die folgenden wichtigen Merkmale, Konfigurationsoptionen und Konstruktionsfragen gilt es zu beachten:

- 1) Bild 3-1 zeigt eine Buchse mit vertikaler Montage. Auch andere Montagearten der Leiterplatte wie eine rechtwinklige oder mittige Montage sind zulässig.
- 2) Es wird eine Mittelscheibe zwischen den oberen und unteren Signalen innerhalb der Buchsenzunge gefordert, um das Nebensprechen in vollwertigen Anwendungen zu kontrollieren. Die Mittelscheibe muss an mindestens zwei Massepunkten mit der Leiterplattenmasse verbunden sein. In 3.2.2.1 ist eine Referenzkonstruktion der Mittelscheibe dargestellt.
- 3) Der Kabelsatz wird mithilfe der seitlichen Rastvorrichtungen im Stecker und entsprechenden Vorrichtungen auf den Seiten der Buchsenzunge in der Buchse gehalten. Für alle Stecker werden seitliche Rastvorrichtungen gefordert, außer für Stecker, die zum Docking ohne angeschlossenes Kabel verwendet werden. Die seitlichen Rastvorrichtungen müssen innerhalb des Steckers mit Masse verbunden sein. In 3.2.2.2 ist eine Referenzkonstruktion der seitlichen Rastvorrichtungen sowie deren Masseanschluss-Schaltplan dargestellt. Docking-Anwendungen müssen nicht über seitliche Rastvorrichtungen verfügen, was besondere Überlegungen im Hinblick auf die EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) erforderlich macht.
- 4) Innerhalb des Kabelsteckers werden EMV-Schirmfedern gefordert. Die Schirmfeder muss mit dem Steckergehäuse verbunden sein. Es darf keine Spitze eines EMV-Schirmfederfingers eines vollwertigen USB-Typ-C-Steckers oder eines *USB-2.0*-Typ-C-Steckers in die Steckergehäuseöffnung des nicht eingesteckten USB-Typ-C-Steckers hereinragen (siehe Bild 3-12). In 3.2.2.3 sind Referenzkonstruktionen der EMV-Feder dargestellt.
- 5) Das Kurzschließen einer Signal- oder Stromkontaktfeder mit dem metallenen Steckergehäuse ist nicht zulässig. Die Feder sollte das Steckergehäuse im abgelenkten Zustand nicht berühren. Um ein unbeabsichtigtes Kurzschließen aufgrund einer Verformung des Steckergehäuses zu vermeiden, wird eine Trennschicht empfohlen (z. B. Kapton-Band auf dem Steckergehäuse).
- 6) Die USB-Typ-C-Buchse muss mittels einer der folgenden Optionen eine Masserückleitung bereitstellen:
 - ein System spezieller Kontaktpunkte auf dem Außengehäuse der Buchse (z. B. Federfinger oder Federfinger und geformte feste Kuppen),
 - interne EMV-Pads oder
 - eine Kombination aus Kontaktpunkten auf dem Außengehäuse der Buchse und internen EMV-Pads.

Wenn Kontaktpunkte auf der Buchse verwendet werden, dann muss der Kontakt zwischen den Buchsen-Kontaktpunkten und dem eingesteckten Stecker innerhalb der in Bild 3-2 definierten Bereiche erfolgen. Gefordert werden mindestens vier separate Kontaktpunkte. Zusätzliche Kontaktpunkte sind zulässig. Siehe 3.2.2.4 für eine Referenzkonstruktion des Außengehäuses der Buchse. In der Referenzkonstruktion sind vier Federfinger als Kontaktpunkte vorgesehen. Alternative Konstruktionen dürfen Federfinger auf der A-Kontaktseite oder der B-Kontaktseite und geformte feste Kuppen (z. B. Vertiefungen) auf der B-Kontaktseite bzw. der A-Kontaktseite umfassen. Um einen Drucksitz an gegenüberliegenden Seiten des Steckergehäuses zu erreichen, werden auf mindestens einer Seite Federfinger benötigt. Es dürfen zusätzliche Kuppen verwendet werden; wenn sich jedoch Kuppen auf gegenüberliegenden Seiten des Buchsengehäuses befinden, dann muss der kleinste Abstand zwischen diesen Kuppen größer sein als die größte definierte Abmessung des Steckergehäuses.

Wenn die Buchse über interne EMV-Pads verfügt, dann müssen diese den in Bild 3-1 definierten Anforderungen entsprechen. Die Schirmungs-Pads müssen mit dem Buchsengehäuse verbunden sein. Wenn es kein Buchsengehäuse gibt, dann muss die Buchse mit einer Vorrichtung zur Verbindung des Schirmungs-Pads mit Masse versehen sein. Siehe 3.2.2.3 für eine Referenzkonstruktion des Schirmungs-Pads und der Masseverbindung.

- 7) Diese Spezifikation definiert ein Referenzmaß von 6,20 mm für die USB-Typ-C-Buchsengehäuse-Länge. Die USB-Typ-C-Buchse ist für eine Gehäuselänge von 6,20 mm $\pm$ 0,20 mm konstruiert, um eine ordnungsgemäße mechanische und elektrische Verbindung des Steckers mit der Buchse herzustellen (z. B. vollständige Aufnahme des Steckers in der Buchse und Schutz der Buchsenzunge beim Einstecken/Herausziehen). Die USB-Typ-C-Buchse sollte auf Systemebene so implementiert werden, dass der in der

zugehörigen Systemhardware eingebaute USB-Typ-C-Buchsen-Steckverbinder eine effektive Gehäuselänge von $6,20 \text{ mm} \pm 0,20 \text{ mm}$ hat.

- 8) Das Steckgesicht des USB-Typ-C-Steckverbinders wird so definiert, dass die elektrische Verbindung ohne das Gehäuse der Buchse hergestellt werden darf. Um eine übermäßige Fehlausrichtung des Steckers beim Einstecken in oder Herausziehen aus der Buchse zu vermeiden, sollte die Umhüllung bei Verwendung einer modifizierten Buchse mit Vorrichtungen zum Führen des Steckers beim Einstecken und Herausziehen versehen sein. Wenn das Gehäuse der USB-Typ-C-Buchse so abgeändert wird, dass es von den festgelegten Maßen abweicht, dann beträgt die empfohlene Länge der Führung von der Buchsenzunge bis zum Eintrittspunkt des Steckers im in das System eingebauten Zustand mindestens 1,5 mm.

Diese Spezifikation lässt Buchsenbauarten mit leitfähigem Gehäuse, nicht leitfähigem Gehäuse und ohne Gehäuse zu. Die folgenden Anforderungen gelten für die in SCHNITT A-A und in dem ALTERNATIVEN SCHNITT A-A in Bild 3-1 dargestellten Maße der Buchsenkontakte:

- Wenn das Buchsengehäuse leitfähig ist, dann müssen die in SCHNITT A-A oder dem ALTERNATIVEN SCHNITT A-A in Bild 3-1 dargestellten Maße der Buchsenkontakte verwendet werden.
 - Wenn das Buchsengehäuse nicht leitfähig ist, dann müssen die im ALTERNATIVEN SCHNITT A-A in Bild 3-1 dargestellten Maße der Buchsenkontakte verwendet werden. Die Kontaktmaße in SCHNITT A-A sind nicht zulässig.
 - Wenn es kein Buchsengehäuse gibt, dann müssen die in SCHNITT A-A oder dem ALTERNATIVEN SCHNITT A-A in Bild 3-1 dargestellten Maße der Buchsenkontakte verwendet werden. Wenn es kein Buchsengehäuse gibt und die Buchse in einer Implementierung verwendet wird, die kein wirksames leitfähiges Gehäuse bereitstellt, dann sollte eine Buchse mit den im ALTERNATIVEN SCHNITT A-A in Bild 3-1 dargestellten Kontaktmaßen verwendet werden.
- 9) Im USB-Typ-C-Stecker darf eine Paddle-Karte (z. B. Leiterplatte) verwendet werden, um den Leistungsabschluss und das elektrische Leistungsverhalten zu steuern. 3.2.2.5 enthält Leitlinien und ein Konstruktionsbeispiel für eine Paddle-Karte.
- 10) Diese Spezifikation definiert keine Standard-Footprints. In Bild 3-4 ist ein Beispiel für einen oberflächenmontierten (SMT, en: surface mount) Footprint für die in Bild 3-1 dargestellte vertikale Buchse dargestellt. Weitere Referenz-Footprints und Montagearten sind in Bild 3-5, Bild 3-6, Bild 3-7, Bild 3-8, Bild 3-9 und Bild 3-10 dargestellt.
- 11) Das Buchsengehäuse muss mit der Massefläche der Leiterplatte verbunden sein.
- 12) Alle VBUS-Pins müssen im USB-Typ-C-Stecker miteinander verbunden sein.
- 13) Alle Masserückleitungs-Pins müssen im USB-Typ-C-Stecker miteinander verbunden sein.
- 14) Alle VBUS-Pins müssen an der USB-Typ-C-Buchse miteinander verbunden sein, wenn diese montiert ist (z. B. Verbindung aller VBUS-Pins über einen Bus auf der Leiterplatte).
- 15) Alle Masserückleitungs-Pins müssen an der USB-Typ-C-Buchse miteinander verbunden sein, wenn diese montiert ist (z. B. Verbindung aller Masserückleitungs-Pins über einen Bus auf der Leiterplatte).
- 16) Der reine Strom-USB-Typ-C-Stecker ist eine reduzierte Version des vollwertigen USB-Typ-C-Steckers oder des *USB-2.0*-Typ-C-Steckers. Die Maße des Steckgesichts müssen Bild 3-3 oder Bild 3-11 entsprechen. Es müssen Kontakte für CC, VBUS und GND vorhanden sein (d. h. A1, A4, A5, A9, A12, B1, B4, B9 und B12). Das physische Vorliegen von Kontakten an den anderen 15 Kontaktstellen ist optional. Der reine Strom-USB-Typ-C-Stecker darf nur in Anwendungen ohne Ladegerät und mit unverlierbarem Kabel verwendet werden. Es wird gefordert, dass an Pin A5 in der Anwendung Rd oder die CC-Kommunikation implementiert wird.

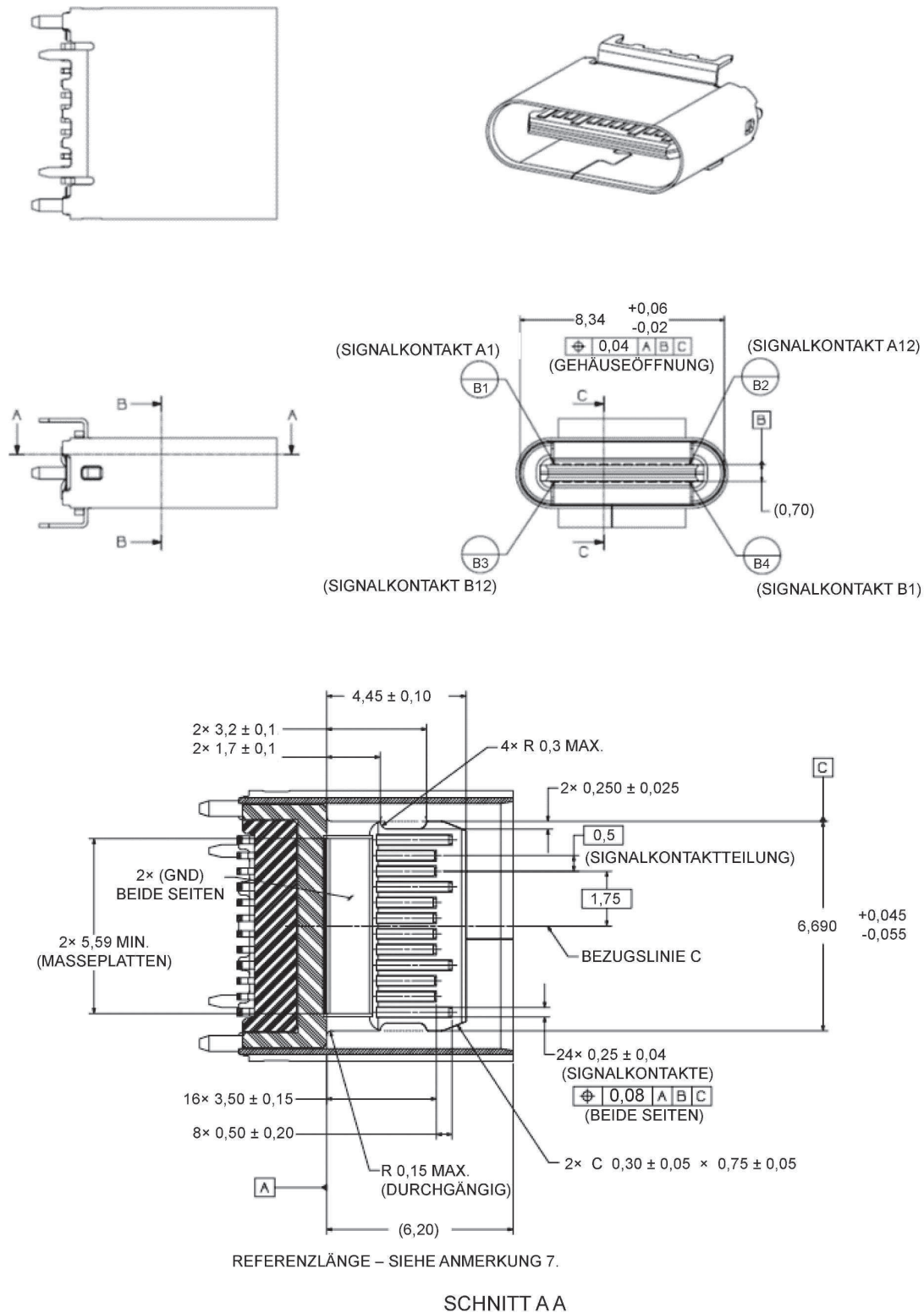
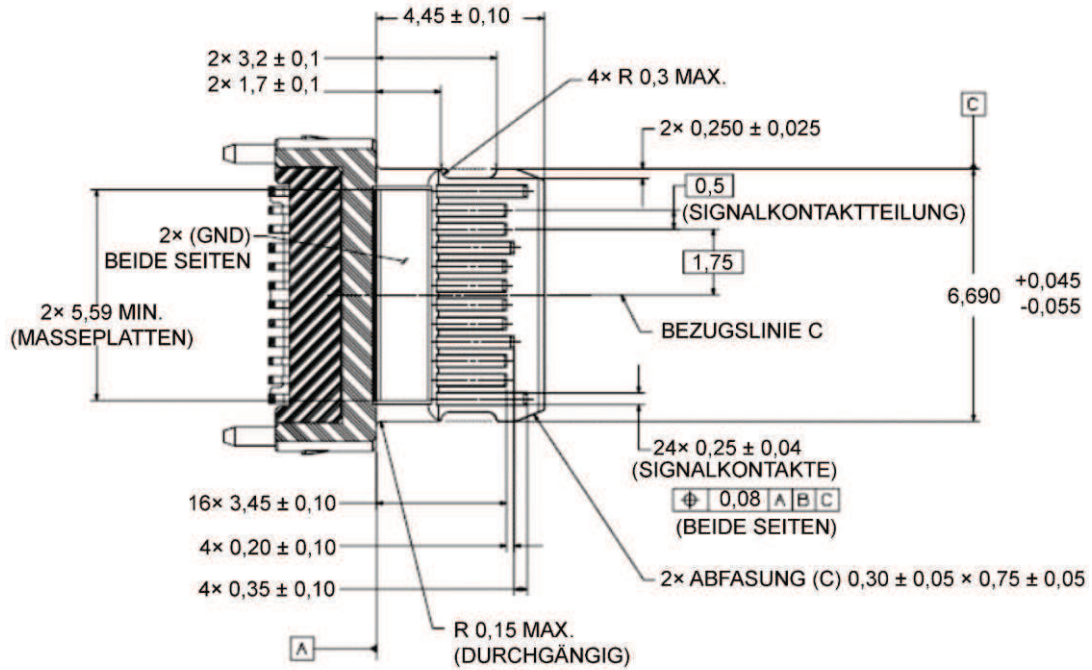
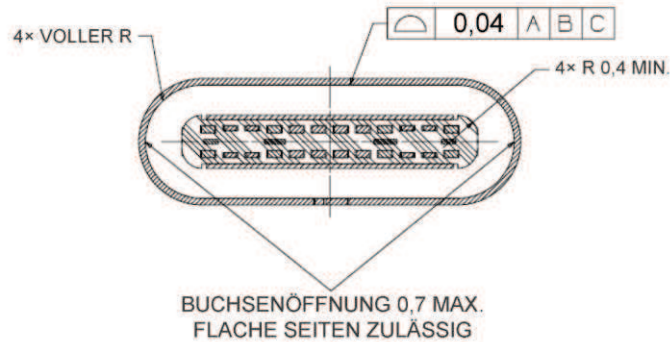


Bild 3-1 – Maße Steckgesicht USB-Typ-C-Buchse



Maße des ALTERNATIVEN SCHNITTS A-A zur Verwendung, wenn das Buchsengehäuse nicht leitfähig ist oder es kein Buchsengehäuse gibt. Dieser Aufbau ist auch für Buchsen mit einem leitfähigen Gehäuse zulässig. Siehe Text für vollständige Anforderungen.

ALTERNATIVER SCHNITT A-A



SCHNITT B-B

Bild 3-1 – Maße Steckgesicht USB-Typ-C-Buchse, Fortsetzung

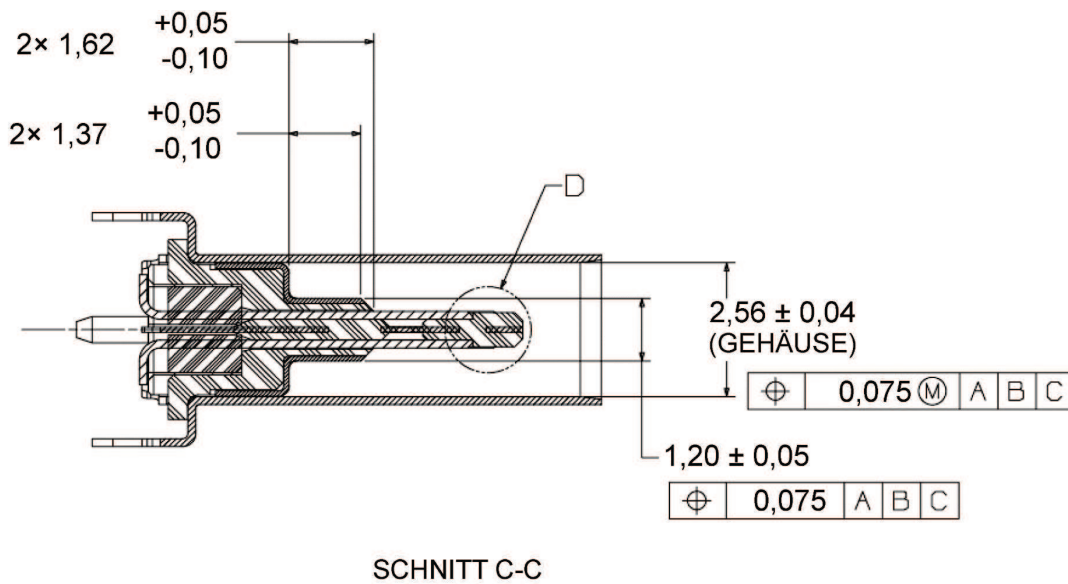
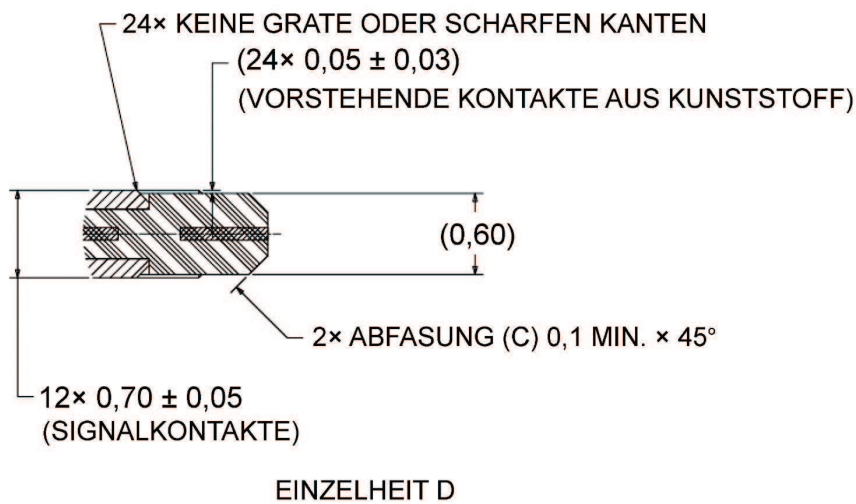


Bild 3-1 – Maße Steckgesicht USB-Typ-C-Buchse, Fortsetzung

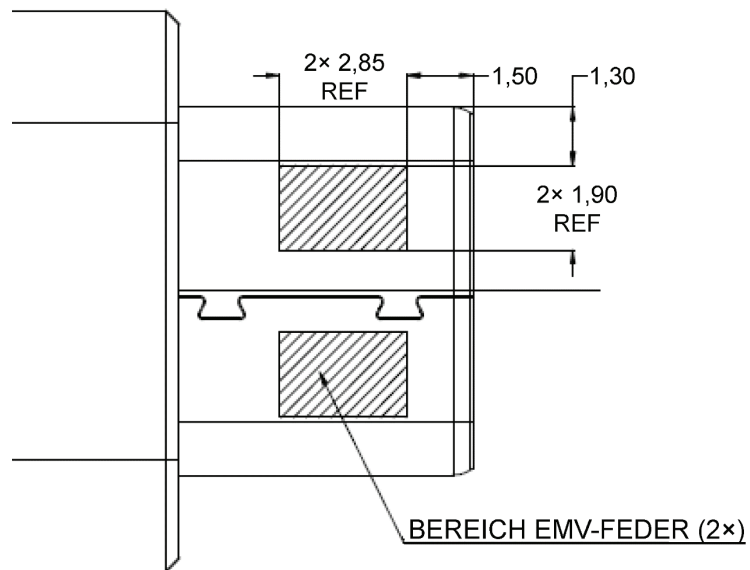
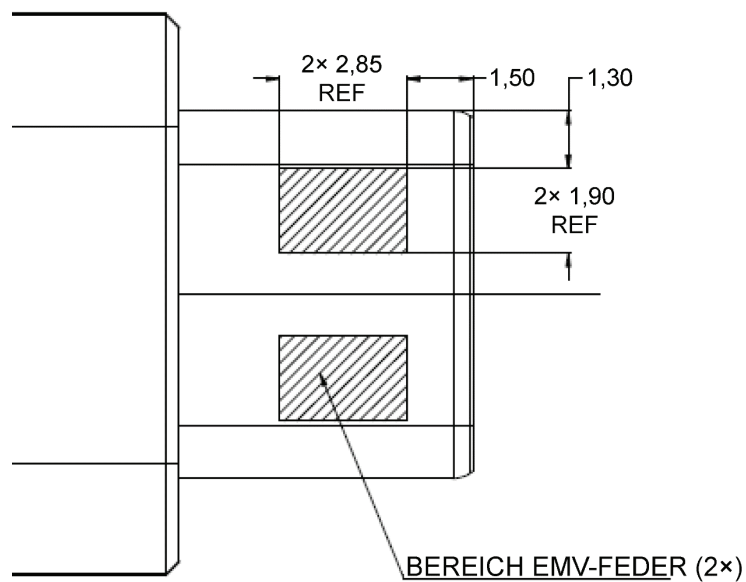


Bild 3-2 – Referenzkonstruktion Kontaktbereiche externe EMV-Feder USB-Typ-C-Stecker

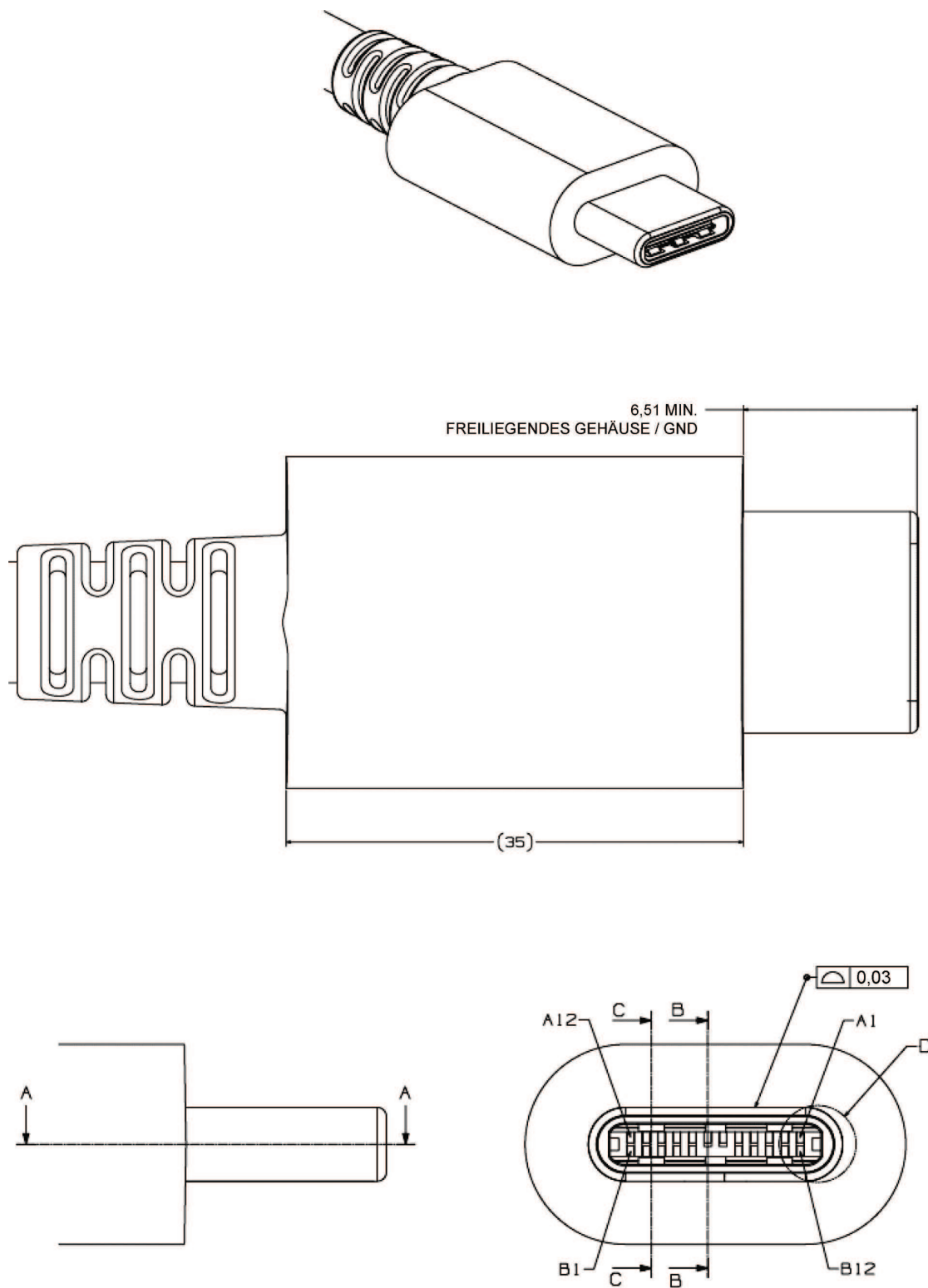
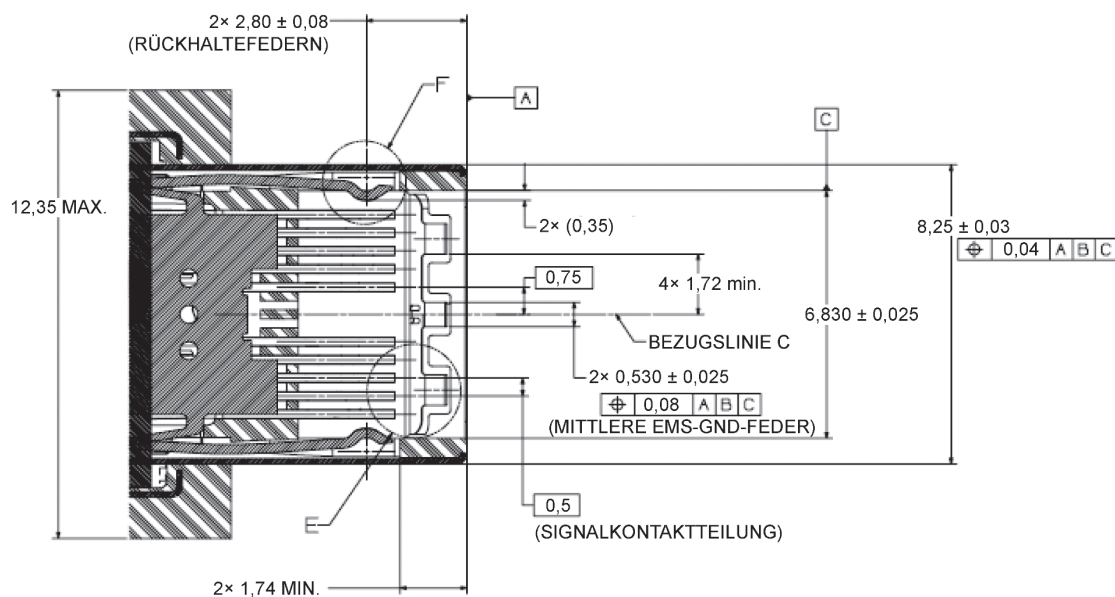
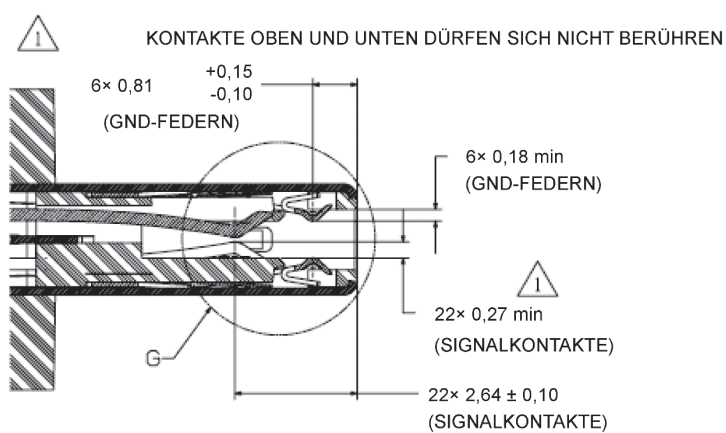


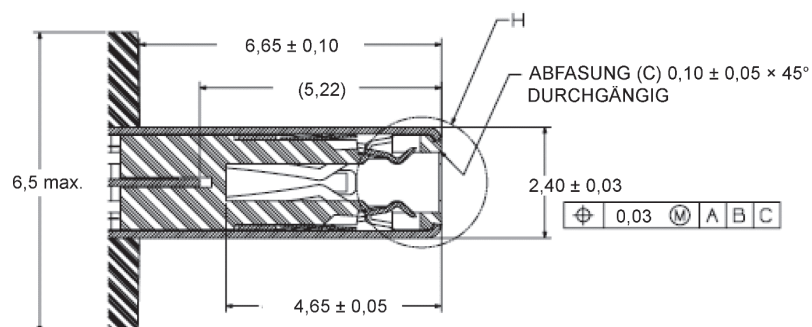
Bild 3-3 – Maße Steckgesicht vollwertiger USB-Typ-C-Stecker



SCHNITT A-A



SCHNITT B-B



SCHNITT C-C

Bild 3-3 – Maße Steckgesicht vollwertiger USB-Typ-C-Stecker, Fortsetzung

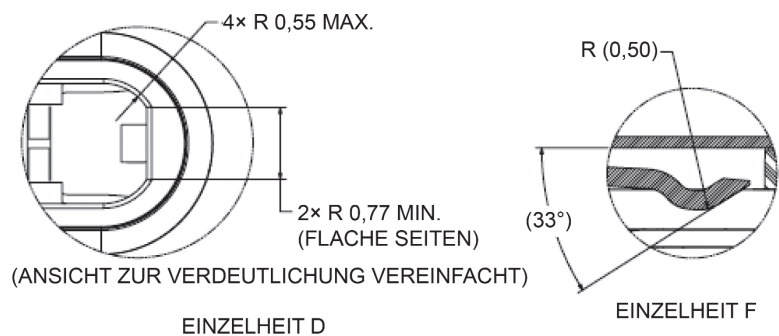
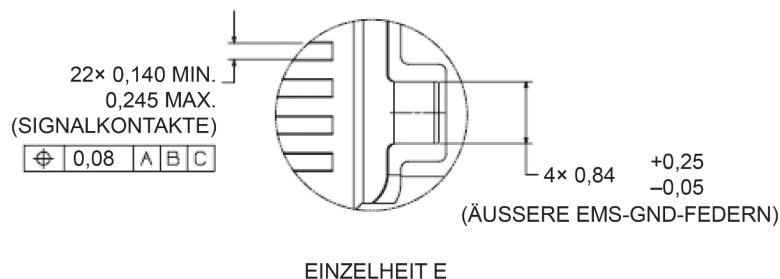
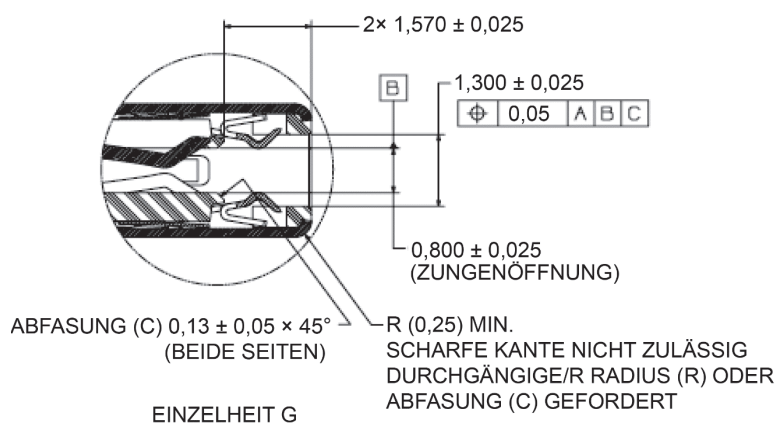
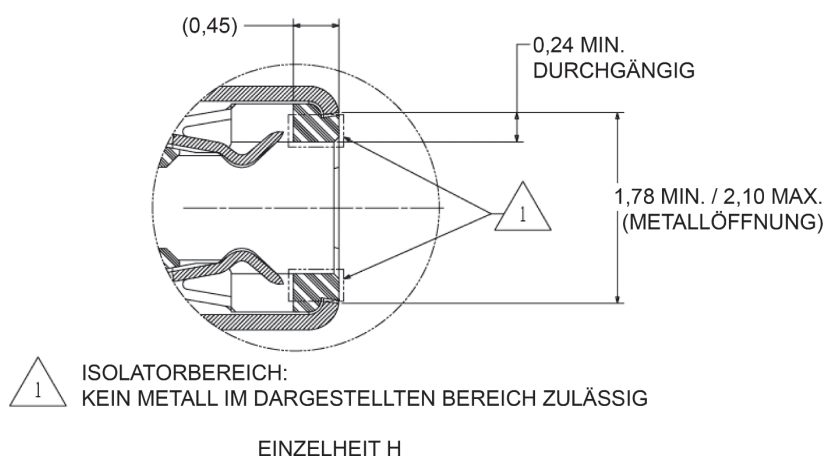


Bild 3-3 – Maße Steckgesicht vollwertiger USB-Typ-C-Stecker, Fortsetzung

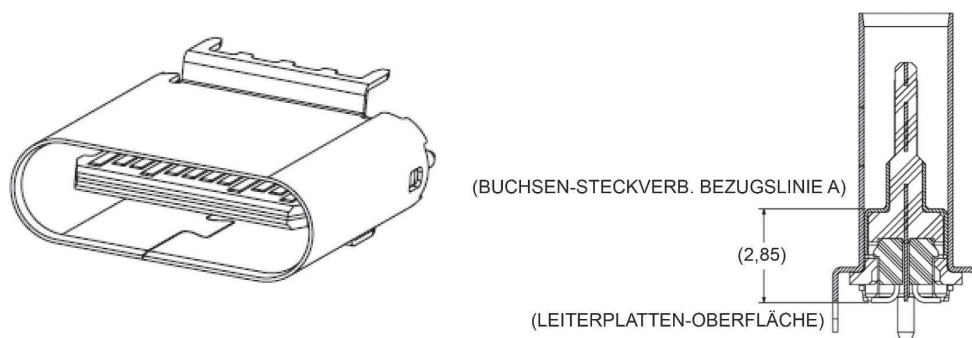
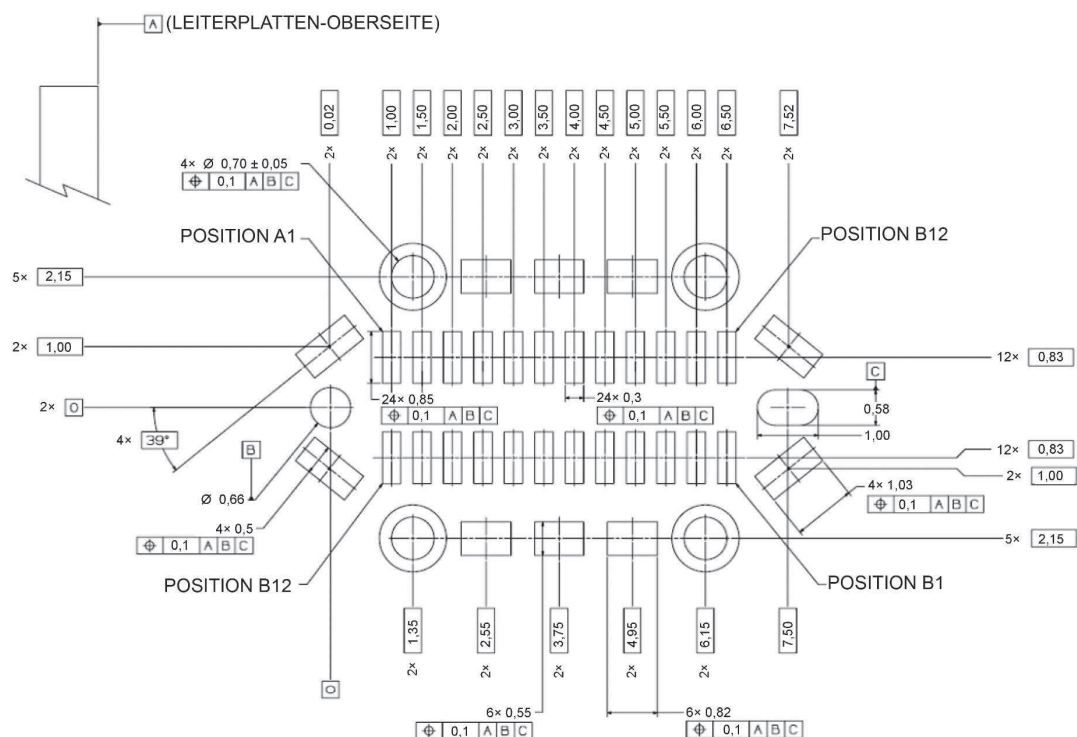


Bild 3-4 – Referenz-Footprint für USB-Typ-C-Buchse mit vertikaler Montage (informativ)

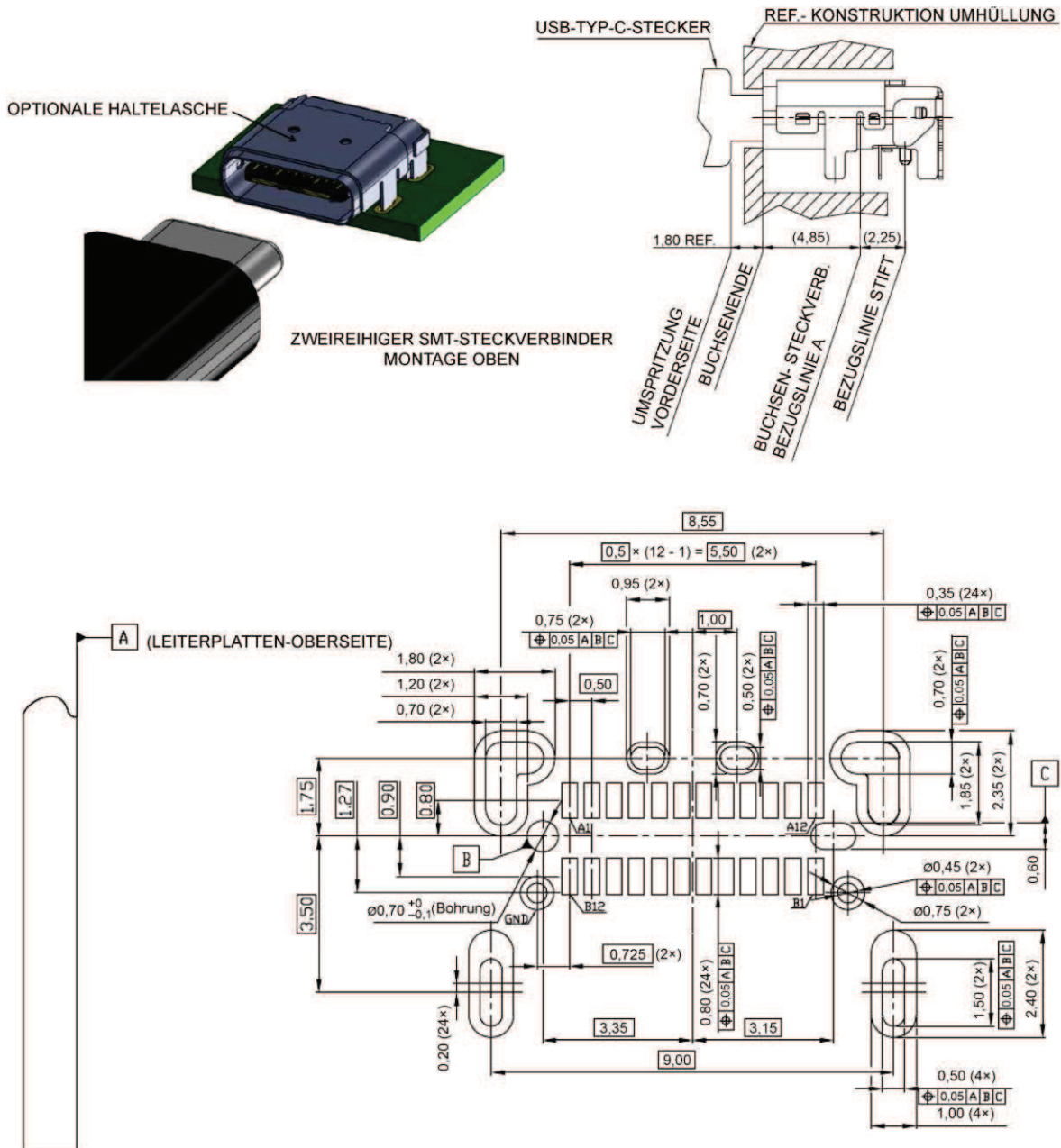


Bild 3-5 – Referenz-Footprint für zweireihige SMT-USB-Type-C-Buchse mit rechtwinkliger Montage (informativ)

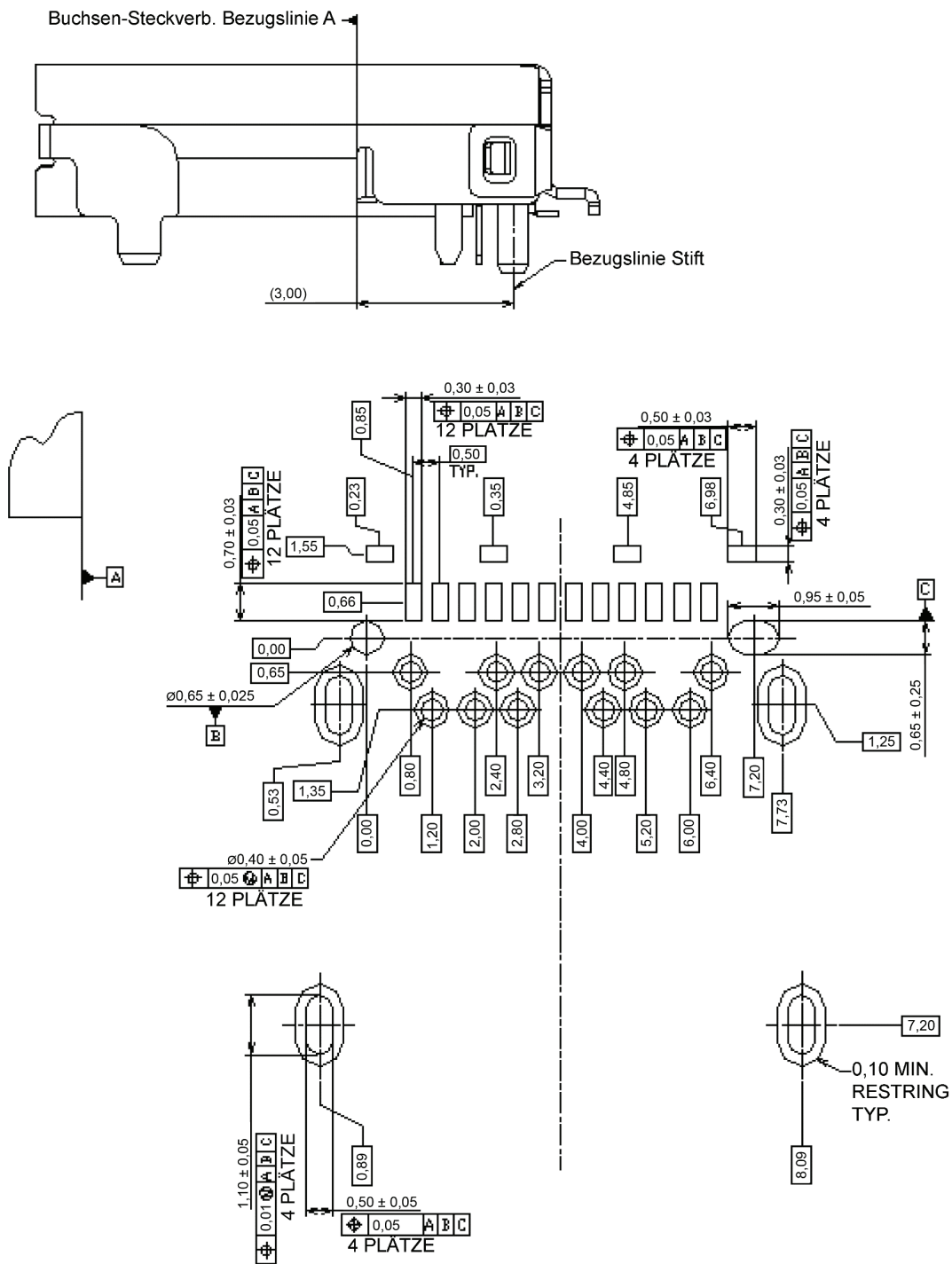


**Bild 3-6 – Referenz-Footprint für hybride USB-Type-C-Buchse mit rechtwinkliger Montage
(informativ)**

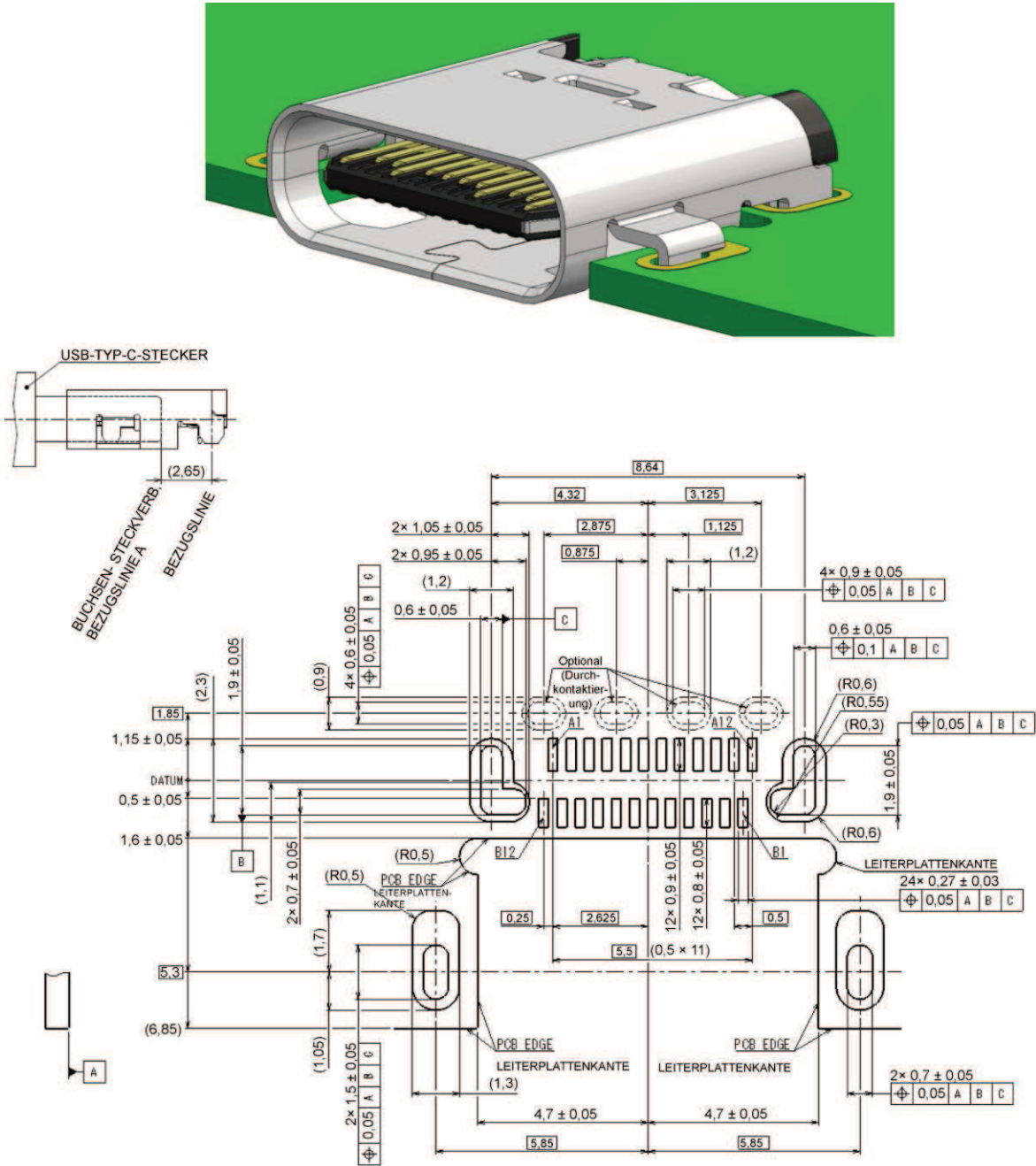


Bild 3-7 – Referenz-Footprint für zweireihige SMT-USB-Typ-C-Buchse mit mittiger Montage (informativ)

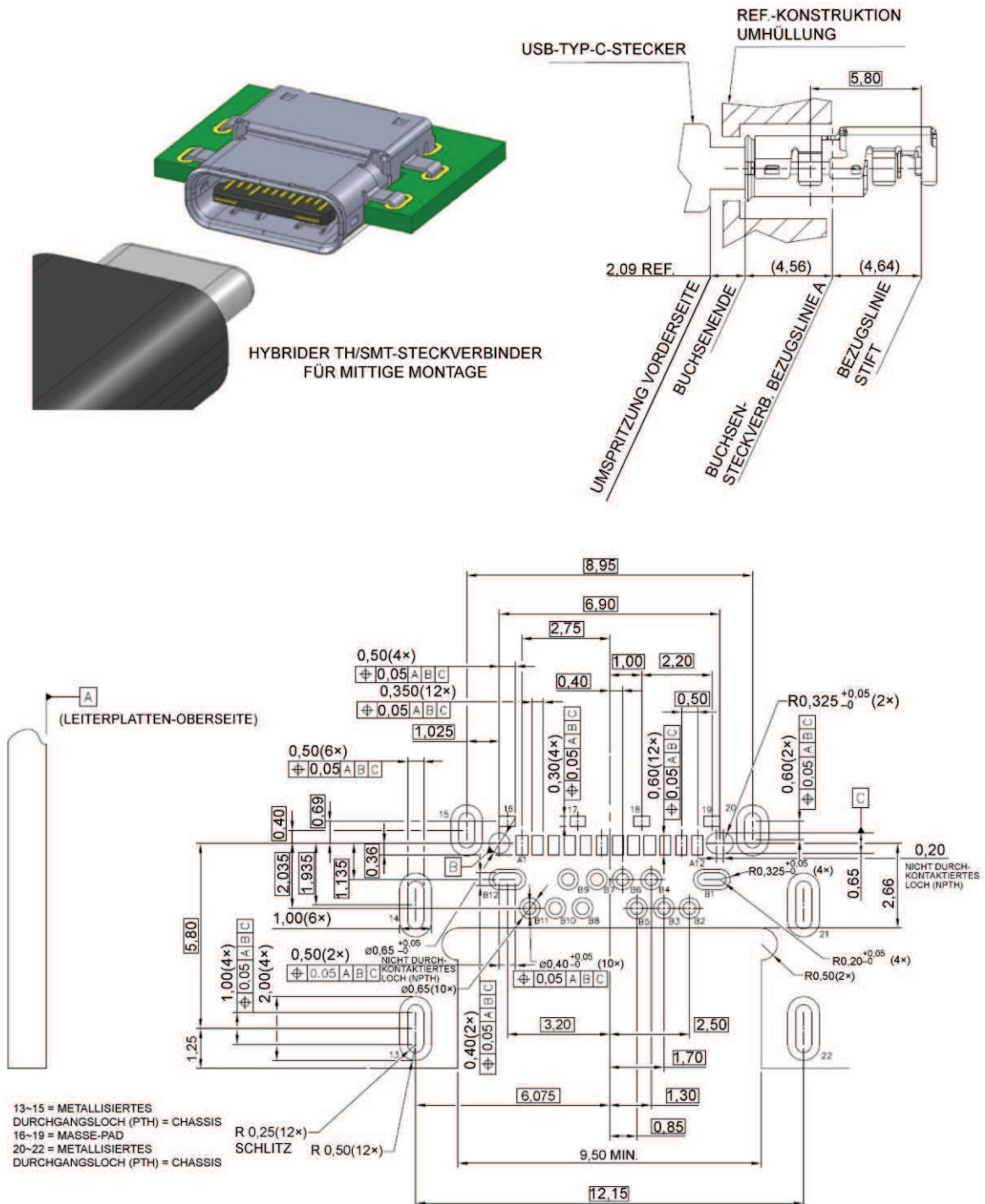


Bild 3-8 – Referenz-Footprint für hybride USB-Typ-C-Buchse mit mittiger Montage (informativ)

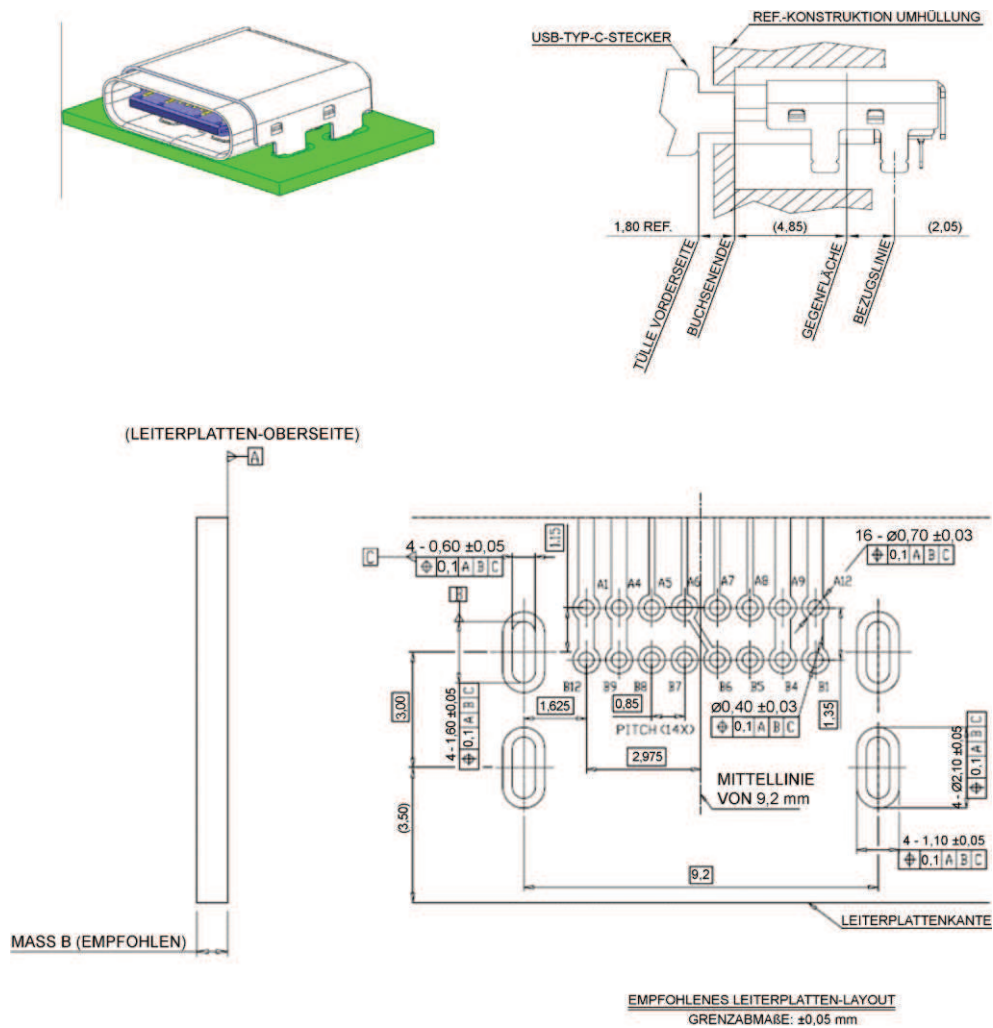


Bild 3-9 – Referenz-Footprint für Durchkontaktierungs-USB-2.0-Typ-C-Buchse mit rechtwinkliger Montage (informativ)