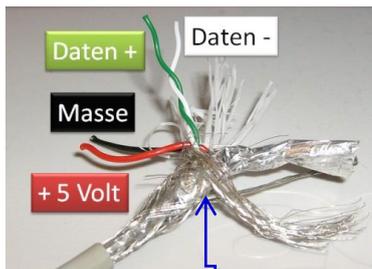


Universal Serial Bus

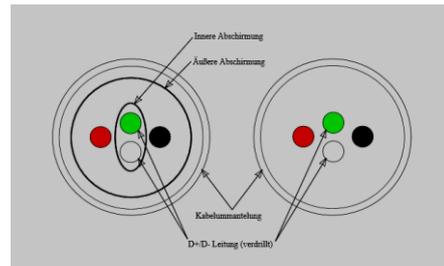
Infoblatt

1. Bautechnische Unterschiede zwischen USB 2.0, USB 3.1 & USB 3.2.

Kabel: In den USB Spezifikationen 1.0 bis 2.0 sind je vier Adern pro Kabel vorgesehen: ein Adernpaar für Daten und eins für die Stromversorgung (Spannung, Masse). Je nach Einsatzgebiet bzw. Geschwindigkeit muss die Qualität des Kabels angepasst werden.



Abschirmung: |



USB 2.0 Kabel

2. Wie funktioniert USB 3.0 & 3.1 Generation 1

2.1. Übertragungsgeschwindigkeit

Bei USB 3.0 werden Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu **5 Gigabit/s** übertragen. Das heißt mit der 10-fachen Geschwindigkeit des vorhergehenden **USB 2.0 (480 Mbit/s)**.

Weiterhin ist es abwärtskompatibel, allerdings sollten die Treiber aktualisiert werden.

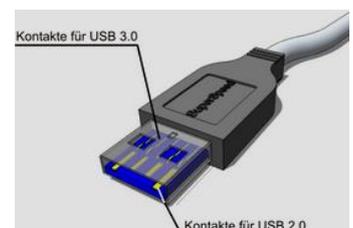
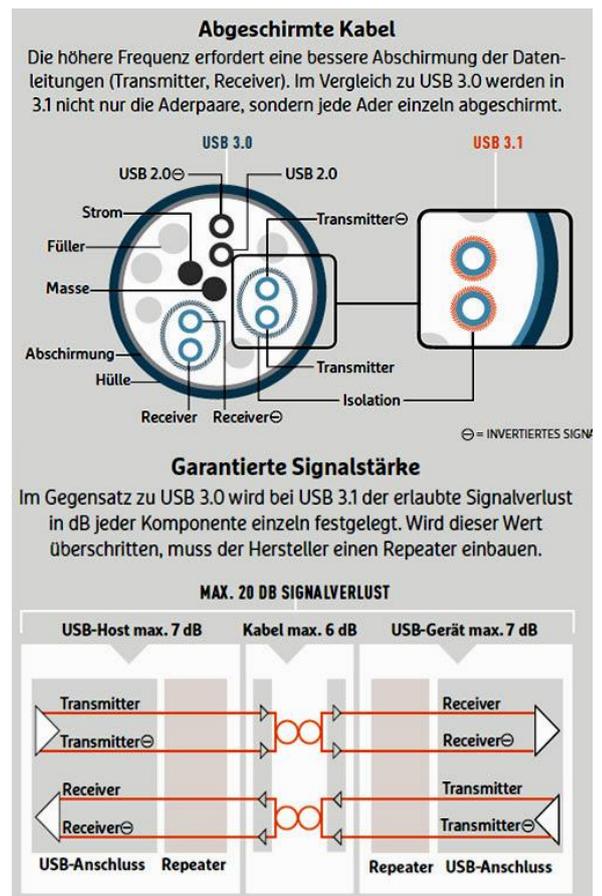
2.2. Funktionsweise

Die neue Übertragungstechnik ähnelt die der PCI-Express oder S-ATA. Im neuen System sind 5 weitere Kontakte erforderlich, was den Einsatz von neuen Kabeln und Stecker mit sich bringt. USB 3.0 ist vollständig **abwärtskompatibel** zu USB 2.0, weswegen alle USB 2.0-Geräte auch an der neuen Schnittstelle ihren Dienst verrichten werden.

3. Aufbau des Kabels

Das USB 3.0 - Kabel hat zwei geschirmte Adernpaare (Pin: 5/6 Empfangsleitung, 8/9 Sendeleitung), ein ungeschirmtes Adernpaar 2/3 (USB 2.0 Daten), 1&4 (+5V/GND) und einen äußeren Schirm.

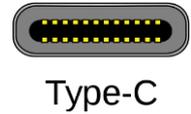
Die nachfolgende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau eines geschirmten USB-Kabels:



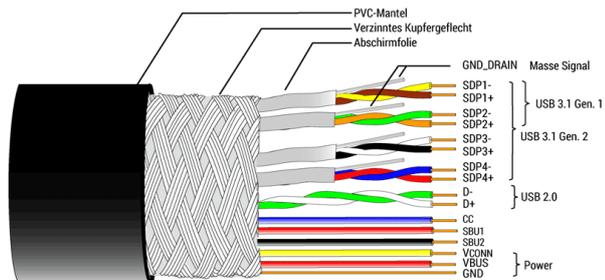
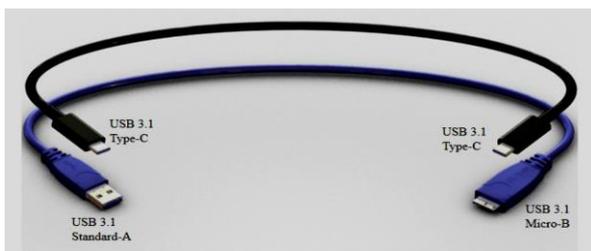
- SSTX+/-: SuperSpeed Transmit (Datenübertragung vom Host (USB) zum Device (angeschlossene Gerät))
- SSRX+/-: SuperSpeed Receive (Datenübertragung vom Device (angeschlossene Gerät) zum Host (USB))
- D+/D-: Datenübertragung (USB 2.0)
- +5 V/GND: Spannungsversorgung
- Steuerleitung

4. Der Standard USB 3.1 Generation 2 (=SuperSpeed+)

- Übertragungsgeschwindigkeit **10GBit/s**
- Zusätzlich neuer Type C Stecker – an beiden Enden gleich
 - nicht abwärtskompatibel
- **USB Power Delivery** (bis zu **20 Volt / 5 Ampere**)
 - zum Vergleich USB 2.0 = **500mA** max. Stromabgabe
 - USB 3.0 = **900mA** max. Stromabgabe
- **DisplayPort** Unterstützung für externe Monitore in 4K
- Neues Kodierungsverfahren mit 128b/132b statt der bisherigen 8b/10b



4.1. Neues USB-Kabel mit Typ C-Stecker an beiden Seiten:



5. Neuer Standard USB 3.2 (=Gen 2x2)

- Übertragungsgeschwindigkeit **20GBit/s**
- **Voraussetzung ist ein vollbelegtes USB-C-Kabel (Full Featured Cable)**

5.1. Struktur des Enhanced SuperSpeed-Busses (= Link) bei USB 3.2.

- **USB 3.2 nutzt je zwei Adernpaare mit jeweils 10 Gbit/s pro Richtung**



SuperSpeed-

Link

Der **SuperSpeed-Link** besteht aus zwei Paar abgeschirmten Twisted-Pair- oder Koaxialleitungen. Auf jedem Leitungspaar wird ein symmetrisches Signal in nur eine Richtung übertragen (= Dual [Simplex](#)-Verfahren). Das Signal ist mit einem 128b/132b-Leitungscode versehen.

USB 2-Link

Der **USB2-Link** stellt die Kompatibilität zur alten **USB 2-Schnittstelle** her. Der Link ist als einfaches, geschirmtes Twisted-Pair-Leitungspaar ausgelegt. Die Übertragung der Daten erfolgt im [Halbduplex](#)-Verfahren.

Configuration Channel / V_{CONN}

Abhängig von der Orientierung des Steckers in der Buchse können die Pins A5 und B5 abwechselnd die Funktion des Configuration Channels (CC) oder der V_{CONN} übernehmen. Über den Configuration Channel (CC) werden das [Anstecken](#) eines Kabels und die [Orientierung](#) des Steckers durch die CC-Logik detektiert. V_{CONN} liefert dann eine Betriebsspannung für elektronisch markierte Kabel. So können die Portprozessoren und die Chips in den Kabeln untereinander [SOP*-Nachrichten](#) austauschen und einander die Rollen im System zuweisen.

Die CC1/CC2-Leitungen haben einen Mindestquerschnitt von 32 AWG (ca. 0,03 mm²).

SBU

Zwei Leitungen für Seitenbandübertragung (Sideband Use) und zur Übertragung von analogen Audiosignalen. Siehe auch Kapitel 5 "[Die Hilfssignale SBU1 und SBU2](#)"

VBUS

Eine Leitung, die bis zu 5 A Ladestrom übertragen kann. Querschnitt ca. 20-28 AWG (ca. 0,08-0,52 mm²)

GND

Masse, eine oder zwei verzinnte Leitungen. Querschnitt ca. 20-28 AWG (ca. 0,08-0,52 mm²)

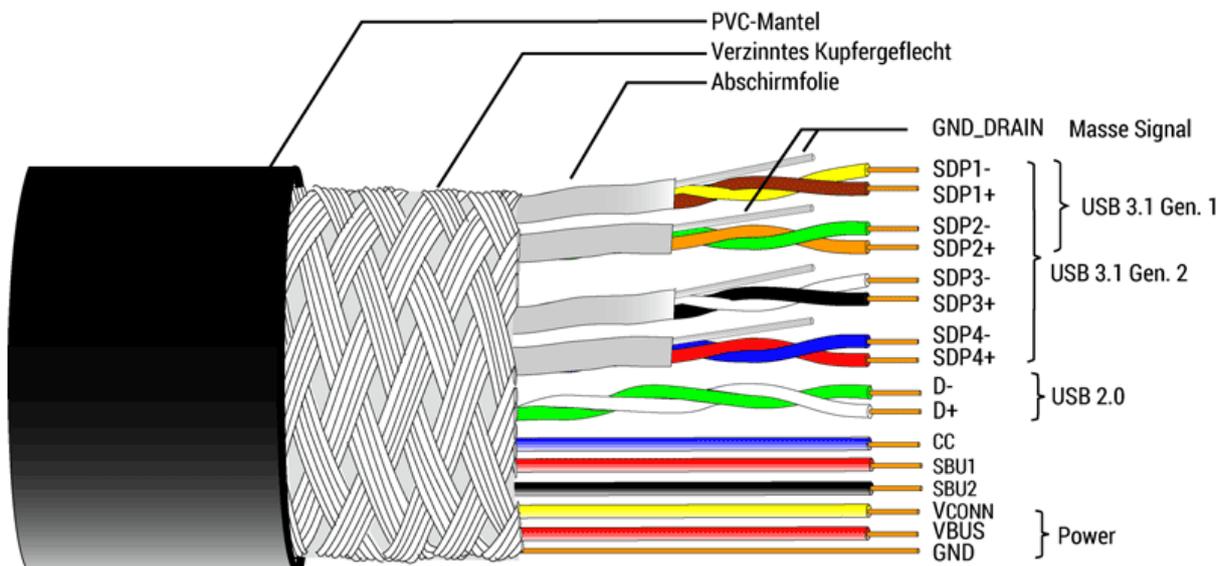
3.3 Aufbau des Kabels

Die Spezifikation von **USB 3.1 Gen. 2** sieht drei Typen von **USB Type-C**-Kabeln vor. Je nach Kabeltyp kann ein USB-C-Kabel zwischen 5 und 18 Leitungen haben. Zu unterscheiden sind zwei Datenbussysteme, die Leitungen zur Seitenbandübertragung und die Leitungen zur Strom- und Spannungsversorgung. Der Kabeldurchmesser beträgt, abhängig vom Kabeltyp, ca. 4-6 mm

Signal Gruppe	Signal Stecker 1 / Stecker 2	Signal Name	Beschreibung
USB 3.1	SSTX +1 / SSRX+1 SSTX-1 / SSRX-1 SSRX+1 / SSTX+1 SSRX-1 / SSTX-1	SDP+1 SDP-1 SDP+2 SDP-2	Diese Leitungen, bzw. Signale, stellen den USB 3.1 SuperSpeed Übertragungsweg dar. Das symmetrische Transmitterpaar eines Ports führt auf das symmetrische Receiverpaar des anderen Ports.
	SSTX +2 / SSRX+2 SSTX-2 / SSRX-2 SSRX+2 / SSTX+2 SSRX-2 / SSTX-2	SDP+3 SDP-3 SDP+4 SDP-4	Um den USB-C-Verbinder verpolungssicher zu machen werden zwei Leitungspaare verwendet.
USB 2.0	D-1 / D+1 D-2 / D+2	D+ D-	Ein Leitungspaar stellt den USB 2.0 seriellen Übertragungsweg dar. Um den USB-C-Verbinder verpolungssicher zu machen, werden zwei Leitungspaare verwendet.
Konfiguration	CC1 / CC2 (VCONN)	CC	Der Configuration Channel dient zum Erkennen einer Verbindung, zur Konfiguration des Interface und zur Übertragung von VCONN.
Hilfssignale	SBU1 / SBU2 SBU2 / SBU1	SBU_A SBU_B	Können zur Seiten- (Außen-) bandübertragung oder für die Übertragung von analogen Kopfhörersignalen verwendet werden.
Power	VBUS / BUS	PWR_VBUS1	USB-Versorgungsspannung/Ladestrom für Geräte.
	VCONN / VCONN (CC2)	PWR_VCONN	USB-Versorgungsspannung für den ID-Chip im (lokalen) USB-C-Anschlussstecker bei aktiven Kabeln.
	GND	GND	Masse

INFOTIP

Abb. 3.06: Signale in einem voll ausgestattetem Kabel (Full Featured Cable)



INFOTIP

Abb. 3.07: Aufbau eines USB 3.1 Gen. 2-Kabels

3.4 USB Type-C-Kabel Varianten und Typen

Im **USB 3.1-Standard** sind nur zwei reine USB Typ C-Kabel vorgesehen: das *Full Featured Cable* (voll ausgestattetes Kabel) und das *USB 2.0 Type-C-Kabel*. Zusätzlich sind Kabel erlaubt, die nur einen USB Type-C-Stecker haben. Das andere Ende des Kabels muss dann fest mit einem Gerät (*Captive Cable Assembly*) verbunden sein.

Um eine Interoperabilität zwischen mit **USB C-Anschlüssen** ausgestatteten Produkten und älteren **USB-Produkten** zu ermöglichen, sind einige gemischt bestückte Kabel und Adapter definiert worden.

3.4.1 Full Featured Cable / Elektronisch markiertes Kabel

Das "Full Featured Cable" (voll ausgestattete Kabel) hat an beiden Enden einen USB-C-Stecker. Alle Daten-Busse und Signalisierungsleitungen sind wegen der Verdrehsicherheit der Verbinder doppelt ausgelegt. Es wird aber immer nur ein Satz Leitungen zurzeit verwendet. Der zweite Signalleitungssatz kommt nur dann zum Einsatz, wenn ein Stecker um 180° gedreht eingesteckt ist (siehe auch Abb. 3.16 und Abb. 3.17). Bei allen Full Featured Cables sind in einem oder in beiden Steckern Chips zur elektronischen Markierung integriert. Full Featured Cables gibt es in mehreren Varianten:

Aktive Kabel

Signale, die Datenströme mit mehreren GBit/s übertragen, verlieren durch lange Leiterbahnen, Leitungen und parasitäre Kapazitäten an Qualität. In längeren Kabeln können Signalkonditionierer integriert werden, die das SS+-Signal wieder aufbereiten. Der Signalkonditionierer ist ein aktiver Baustein und muss daher über V_{CONN} mit Betriebsspannung versorgt werden.

Passive Kabel

Als passive Kabel werden elektronisch markierte Kabel ohne Signalkonditionierer bezeichnet.

Konfigurierbare aktive Kabel (Managed Active Cables)

Aktive Kabel, die konfiguriert werden können (z.B. zur Steuerung von Ladeströmen), benötigen mindestens einen Controller, der eine [SOP*](#)-Kommunikation mit einem [USB Port-Controller](#) ermöglicht.

3.4.2 USB 2.0 Type C-Kabel

Ein **USB 2.0 Type-C Kabel** hat das gleiche Aussehen wie ein **USB 3.1 Type-C Kabel**. Es sind jedoch nicht alle Kontakte beschaltet. USB 2.0 Type-C-Kabel mit einem erlaubten Ladestrom über 3 A müssen elektronisch markiert sein. Die elektronische Markierung (V_{CONN}) liegt auf Pin B5.

Pin	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
Signal	GND			VBUS		D+	D-	CC	VBUS			GND
Signal	GND			VBUS	VCONN				VBUS			GND
Pin	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12

 Abb.

3.09: Pinbelegung USB 2.0 Type-C Stecker

3.4.3 Kabel mit gemischt bestückten Steckern

Um den Betrieb von älteren USB-Geräten (USB 1 bis USB 3.1 Gen. 1) zusammen mit neuen USB 3.1 Gen. 2 Geräten zu ermöglichen, wurden einige Standard-Mischkabel zugelassen. In den USB Type-C-Steckern dieser Kabel sind spezielle Kennwiderstände eingebaut. Anhand dieser

Kennwiderstände erkennt der USB 3.1 Gen.2 Port-Prozessor, dass ein älteres USB-Gerät angeschlossen ist und begrenzt den erlaubten Ladestrom entsprechend.

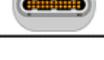
Verwendung	Stecker 1		Stecker 2		USB Version	Max. Kabellänge	Max. Strom
Aktuelle Geräte an alter Quelle	A		C		USB 2.0	≤ 4 m	3 A
	A		C		USB 3.1 (10Gbit/s)	≤ 1 m	3 A
Alte Geräte an aktueller Quelle	C		B		USB 2.0	≤ 4 m	3 A
	C		B		USB 3.1 (10Gbit/s)	≤ 1 m	3 A
	C		Mini-B		USB 2.0	≤ 2 m	3 A
	C		Micro-B		USB 2.0	≤ 2 m	3 A
	C		Micro-B		USB 3.1 (10Gbit/s)	≤ 1 m	3 A
Neue Geräte an aktueller Quelle	C		C		USB 3.1 (10Gbit/s)	≤ 2,5 m	5 A

 Abb.

3.10: Die erlaubten Steckerkombinationen in der USB-Familie

3.4.4 Adapter

Adapter sind kurze Kabel, bei denen an einem Ende ein USB-C-Stecker und am anderen Ende eine Kupplung (Receptacle) montiert ist. Adapter dienen dazu, USB-Geräte wie Speichersticks oder USB Festplatten direkt anzuschließen.

Die Systemfunktionalität ist bei der Verwendung dieser Adapter zusammen mit anderen USB-Kabeln nicht gewährleistet!

Verwendung	Stecker		Kupplung		USB Version	Max. Kabellänge	Max. Strom
Micro-B Ladegeräte an neuen Geräten	C		Micro-B		USB 2.0	≤ 0,15 m	3 A
Alte (Flash-) Speicher an neuen Geräten	C		A		USB 3.1 (5 GBit/s)	≤ 0,15 m	3 A



Abb. 3.11: Die erlaubten Adapter

3.4.5 Kabel für alternative Modi

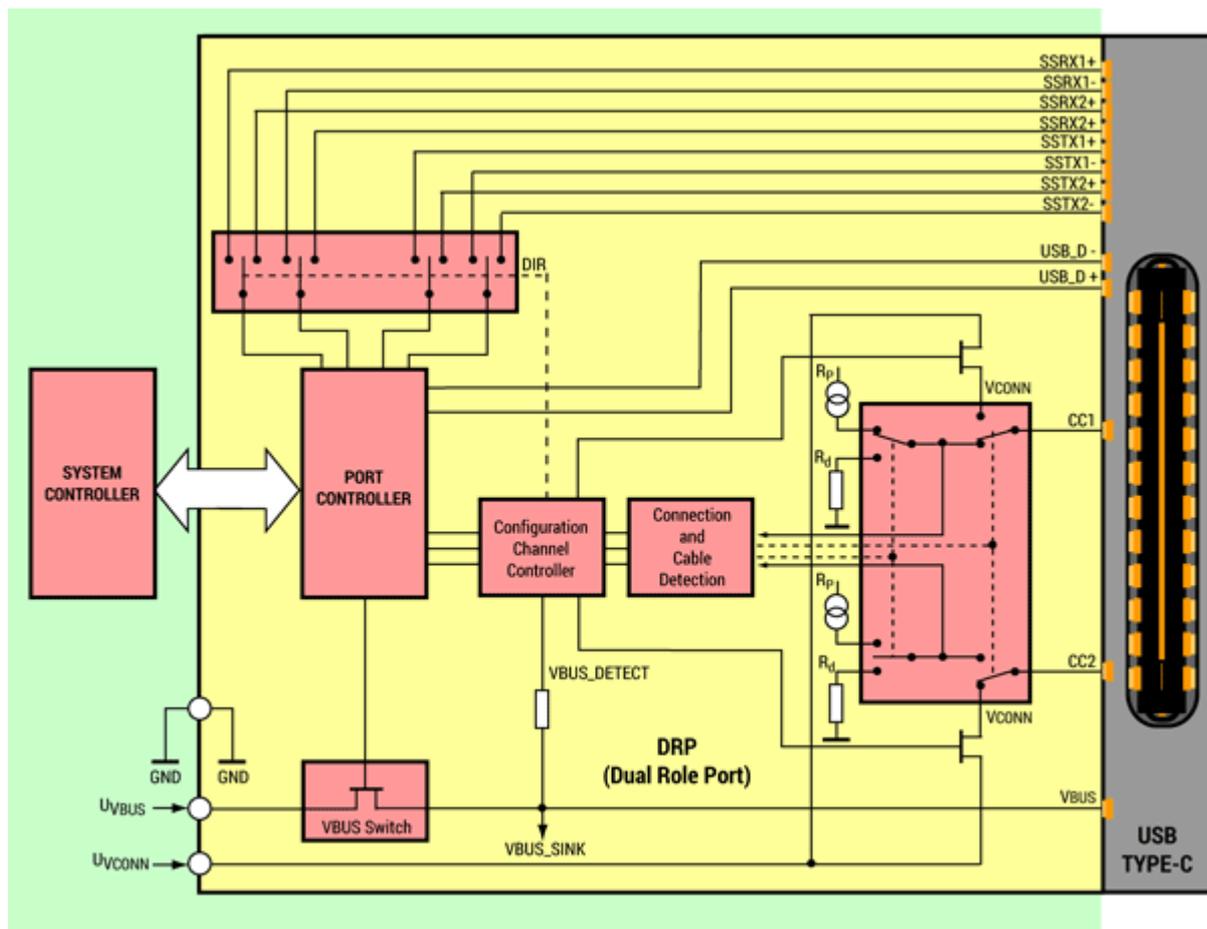
Als alternative Modi werden Nicht-USB-Protokolle bezeichnet, die aber über eine USB Type-C-Verbindung übertragen werden können. Die einzelnen Pins der Verbindungen werden anderen Funktionen zugeordnet. Potentiell kann so im MHL-, HDMI-, DisplayPort- und Thunderbolt-Format übertragen werden. Mehr im Kapitel 6: [Alternative Verbindungsmodi](#)

3.5 USB Type-C Ports und Port Controller

Damit zwei oder mehr **USB-Geräte** miteinander funktionieren können, müssen sie kommunizieren und entsprechend ihren Eigenschaften eine Funktion bzw. "Rolle" zugewiesen bekommen. Diese Kommunikation findet zwischen den USB Type-C-Schnittstellen, den Ports, statt. Ein Port besteht aus der **Typ-C-Buchse**, dem Port-Controller und einer diskreten oder integrierten Schaltermatrix. **USB Type-C-Ports** können in unterschiedlichen Konfigurationen auftreten:

- **DFP / UFP (Downstream Facing Port / Upstream Facing Port)**
Definiert die Position des Ports in der USB-Topologie. Ein DFP entspricht dem alten USB A-Port/Host/Quelle, ein UFP entspricht dem alten USB B-Port/Device/Senke.
- **Source / Sink (Quelle / Senke)**
Definiert die augenblickliche Rolle des Ports als Stromquelle oder Verbraucher (Stromsenke). Analog dazu ist ein Datensender eine Datenquelle und ein Empfänger eine Datensenke.
- **DRP (Dual Role Power)**
Der Port kann als Stromquelle oder Verbraucher (Stromsenke) arbeiten.
- **DRD (Dual Role Data)**
Der Port kann sowohl DFP als auch als UFP arbeiten.

Die Rolle eines Ports kann während des Betriebes geändert werden. Auch ein gemischter Betrieb, z.B. die parallelen Rollen als Datenquelle und als Stromsenke ("Sinking Host"), ist möglich.



INFOTIP[®] Abb.

3.12: Ein Dual Role Power-Port (DRP) als DFP (Downstream Facing Port)

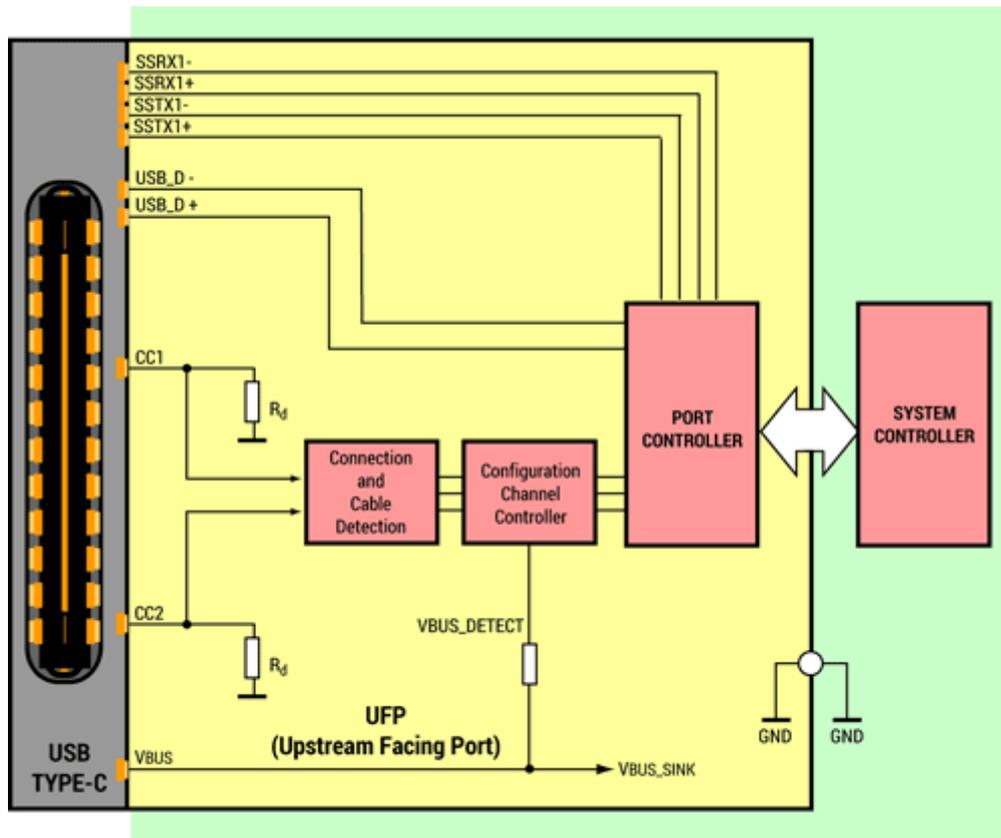


Abb. 3.13: Eine

USB-Senke als UFP (Upstream Facing Port)

SOP-Kommunikation - Die Port-zu-Port-Kommunikation

SOP-Kommunikation dient der Port-zu-Port Kommunikation. Kommuniziert wird mittels sog. SOP-Nachrichten auf dem CC (Configuration Channel). Diese Kommunikation wird ausschließlich von den Port-Partnern geführt.

Eine detaillierte Beschreibung der SOP-Kommunikation und der Zuweisung von Profilen und Rollen finden Sie im Artikel "USB Power Delivery" im Kapitel "[Aushandeln von Profil und Rolle](#)"

USB-Defaultladestrom (Hardware Start)

Werden zwei **USB-Geräte** direkt oder über ein Kabel verbunden, muss zuerst der maximale USB-Defaultladestrom und die Orientierung der C-Verbinder zueinander festgestellt werden. Dann können die Rollen im System ausgehandelt werden. Um diesen kleinsten gemeinsamen Nenner zu finden, sind alle **USB-Geräte** und **Type-C-Kabel** mit Kodierwiderständen auf den Leitungen des [Configuration Channels](#) (CC) versehen. Mit deren Hilfe können sich, rein auf Hardwarebasis, die Geräte und Kabel einander erkennen.

CC1	CC2	Zustand	Orientierung
offen	offen	Kein Gerät angeschlossen	-
Rd	offen	Senke angeschlossen	1 → 1
offen	Rd		1 → 2
offen	Ra	Aktives Kabel ohne Senke angeschlossen	1 → 1
Ra	offen		1 → 2
Rd	Ra	Aktives Kabel und Senke oder über VCONN versorgtes Zubehör angeschlossen	1 → 1
Ra	Rd		1 → 2
Rd	Rd	Debug-Tool angeschlossen	-
Ra	Ra	Analog-Kopfhörer angeschlossen (über Adapter)	-



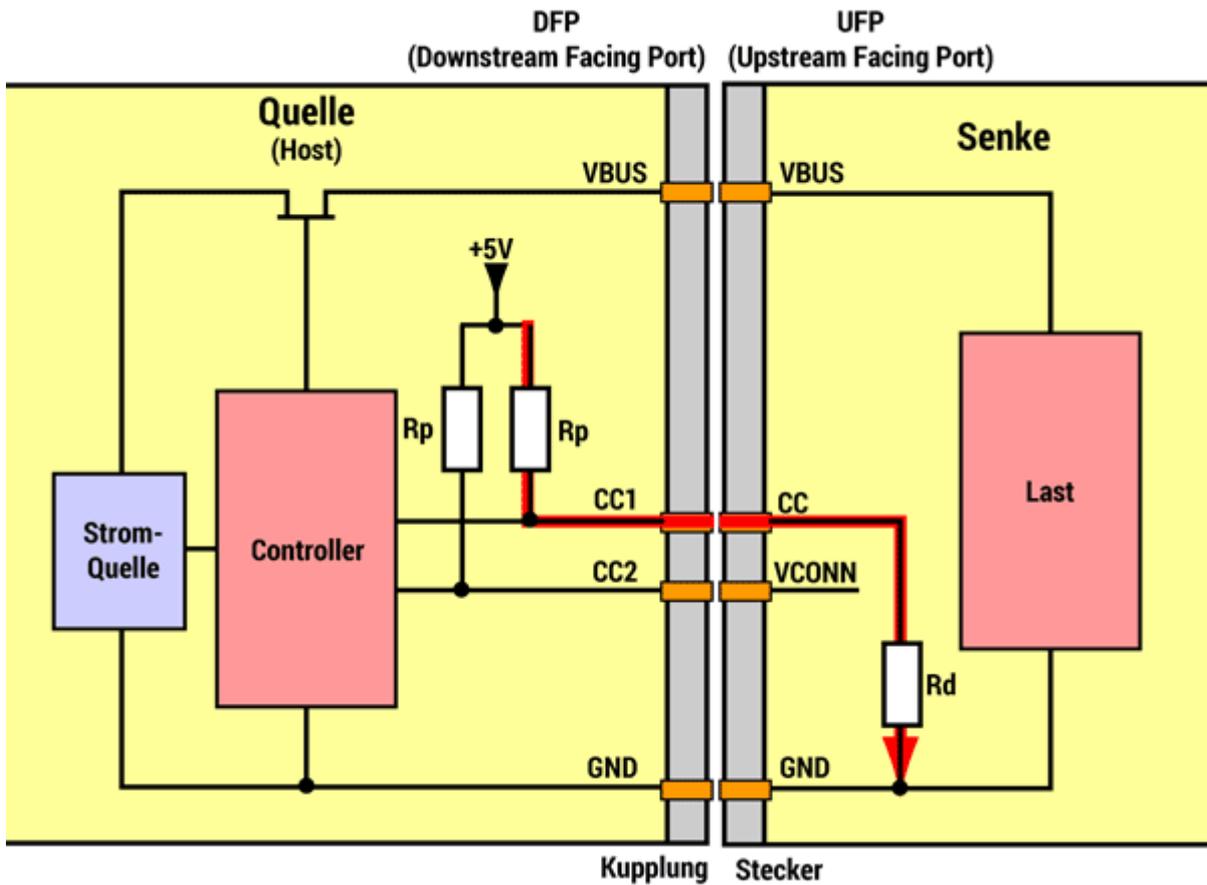
Tabelle 3.14:

"Wahrheitstabelle" des Verbindungsstatus einer Quelle über Kodierwiderstände

Eine detaillierte Beschreibung finden Sie im Artikel [USB Power Delivery](#)

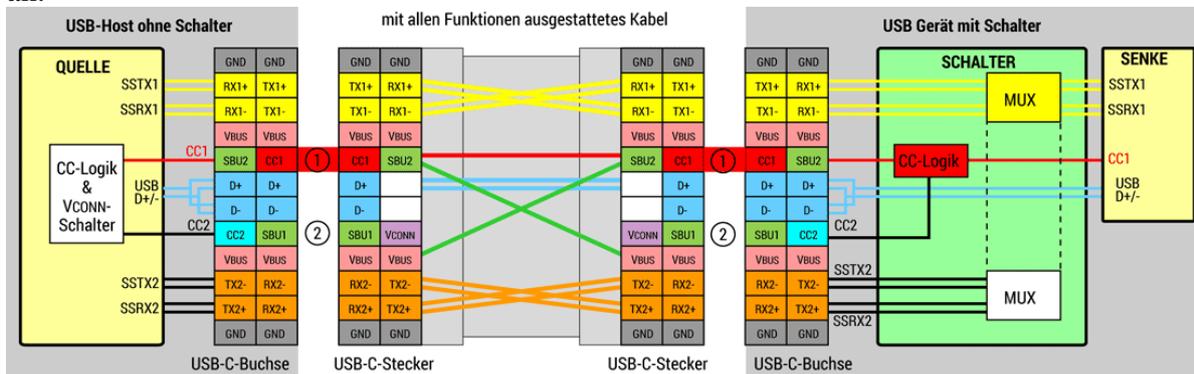
Erkennung der Steckerorientierung

USB Type-C-Kabel haben an beiden Enden gleiche Stecker, die aufgrund ihrer horizontalen und vertikalen Symmetrie in zwei Positionen eingesteckt werden können. Damit in den Ports die Signalpfade korrekt geschaltet werden können, muss deren **CC-Logik** die Richtung des Kabels und die Orientierung der Stecker bekannt sein. Hierzu wertet die CC-Logik die Pegel von **CC1** und **CC2** aus. Da durch die Last von Rd die Spannung auf **CC** zunächst sinkt und, nachdem die Senke mit Betriebsspannung versorgt wird, auf einen höheren Wert steigt, kann die Logik in der Quelle **CC** und damit die Orientierung des Steckers erkennen. Abb. 3.16, Abb. 3.17 und Abb. 3.18 zeigen den Signalfluss bei verschiedenen Steckerorientierungen und Gerätetypen.



INFOTIP

Animation 3.15: Direkte Verbindung von DFP und UFP. **Die Senke (z.B. ein USB-Stick) wird abwechselnd in beiden Orientierungen eingesteckt.** Die Spannung von CC zeigt die Orientierung an.



INFOTIP Abb.

3.16: Direkte Verbindung (Steckerorientierung 0° auf Steckerorientierung 0°)

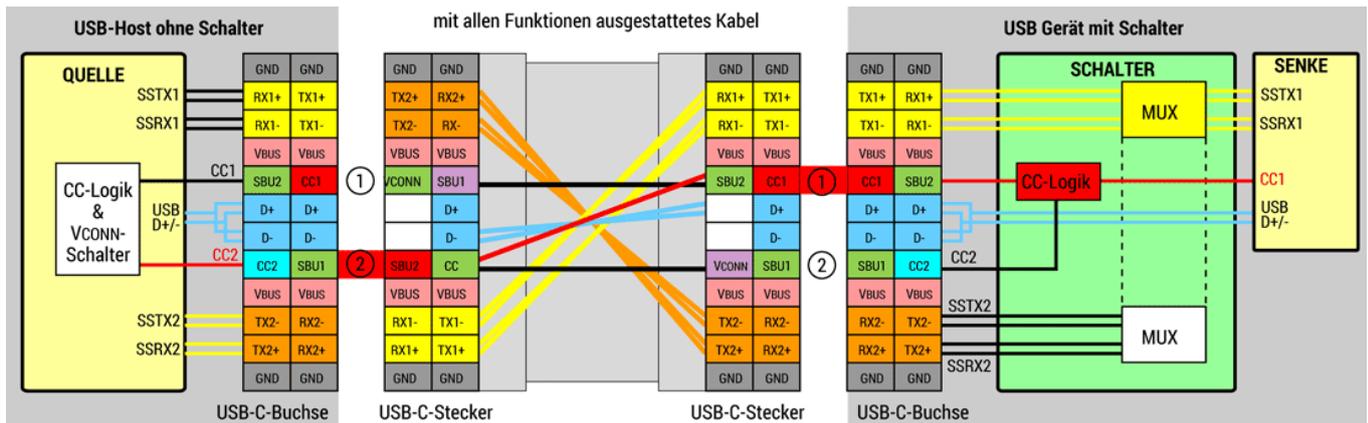


Abb. 3.17: "Gedrehte" Verbindung (Steckerorientierung 180° auf Steckerorientierung 0°)

Abb. 3.18: Thumb Drives (USB-Sticks usw.) verfügen über keine Schaltermatrix. Hier muss die Quelle den richtigen Pfad auswählen.

4. Verbindungszustände

Die Verbindung zwischen zwei Ports kann sich in mehreren, unterschiedlichen Zuständen befinden. Die Link Training and Status State Machine (LTSSM) steuert den Verbindungsaufbau, die Aufrechterhaltung der Verbindung, Fehlerkontrolle und das Power-Management der Verbindung (ACHTUNG! Nicht zu verwechseln mit USB PD, das ausschließlich für die Lieferung von Lade- und Betriebsströmen zuständig ist).

4.1 Link Training und Status State Machine

Die Link Training and Status State Machine unterscheidet zwölf Hauptzustände, die auf ihre jeweilige Funktion bezogen sind. Abb. 4.01 zeigt eine stark vereinfachte Darstellung, wobei jeder der gezeigten Stati in der Realität selbst eine eigenständige Statusmaschine ist, die eigene Substati verwendet.

Die Ereignisse (Trigger), die die Statusmaschinen "antreiben", sind sehr unterschiedlich. Es können externe Einflüsse sein, wie z.B. :

- das [Herstellen einer Verbindung](#), wobei ein R_p oder R_d auf dem CC (= R_x .Detect) erkannt wird
- eine Timer-Information
- Befehle per Software, das auf einem speziellen Kommunikationskanal, dem [Low Frequency Periodic Signaling](#) (LFPS) übertragen wird.

USB 3.2

<https://kompendium.infotip.de/usb3.2.html>

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines

Mit dem im Juli 2013 veröffentlichten Standard **USB SuperSpeed plus** (auch SS+ oder USB 3.1 Generation 2) zog USB mit 10 GBit/s leistungsmäßig auf Augenhöhe mit den konkurrierenden Schnittstellenstandards [MHL](#) / [superMHL](#) und [DisplayPort](#). Allerdings reicht auch diese Datenrate kaum z.B. für die zukünftigen höheren (Vertikal-) Auflösungen des [UHD](#)- (Ultra High Definition-) / 4K-Formats aus. Im September 2017 hat das **USB Implementers Forum** (USB-IF) die Spezifikation von **USB 3.2** finalisiert und veröffentlicht. Durch den Einsatz eines zweiten Datenübertragungspfades (Lane) kann die Datenübertragungsrate auf theoretisch 20 GBit/s verdoppelt werden. Dieses ermöglicht:

- über 2 GByte/s Transfer-Rate von/zu Datenspeichern
- 8K/60Hz, 4K/120Hz Videosignal mit [DSC-Komprimierung](#)
4k/60Hz Videosignal ohne Kompression
- mehrere parallele 10 GBit/s oder 5 GBit/s-Streams aus Downstream-Hubports.

Der Schritt von **USB 3.1 Gen. 2 nach USB 3.2** ist evolutionär. Das USB-Grundprinzip des intelligenten Hosts und einfachem (Peripherie-) Gerät bleibt erhalten. Die wichtigsten Neuerungen betreffen hauptsächlich die Bereiche USB SuperSpeed+ 20 GBit/s (die Übertragung der Nutzdaten) und USB Power Delivery (Bereitstellung und Verteilung von Lade- und Betriebsstrom).

2. USB SuperSpeed+ 20 GBit/s

2.1 Struktur

Die **Dual Bus-Architektur** von **USB 3.2** gewährleistet eine **Rückkompatibilität** bis zu [USB 2.0](#). Ein Bus ist ein USB 2.0-Bus, der zweite ist ein Enhanced SuperSpeed-Bus. Beide Bussysteme können simultan aktiv sein. Der Enhanced SuperSpeed-Bus (= Link) wurde für **USB 3.2** von einer ([USB 3.1 Gen. 1](#) und [Gen. 2](#)) auf zwei Lanes erweitert.

Die Bezeichnung "**Enhanced SuperSpeed-Bus**" steht bei **USB 3.2** für jeden zulässigen Bus (Single Lane, Dual Lane, ...) neben dem USB 2.0-Bus.

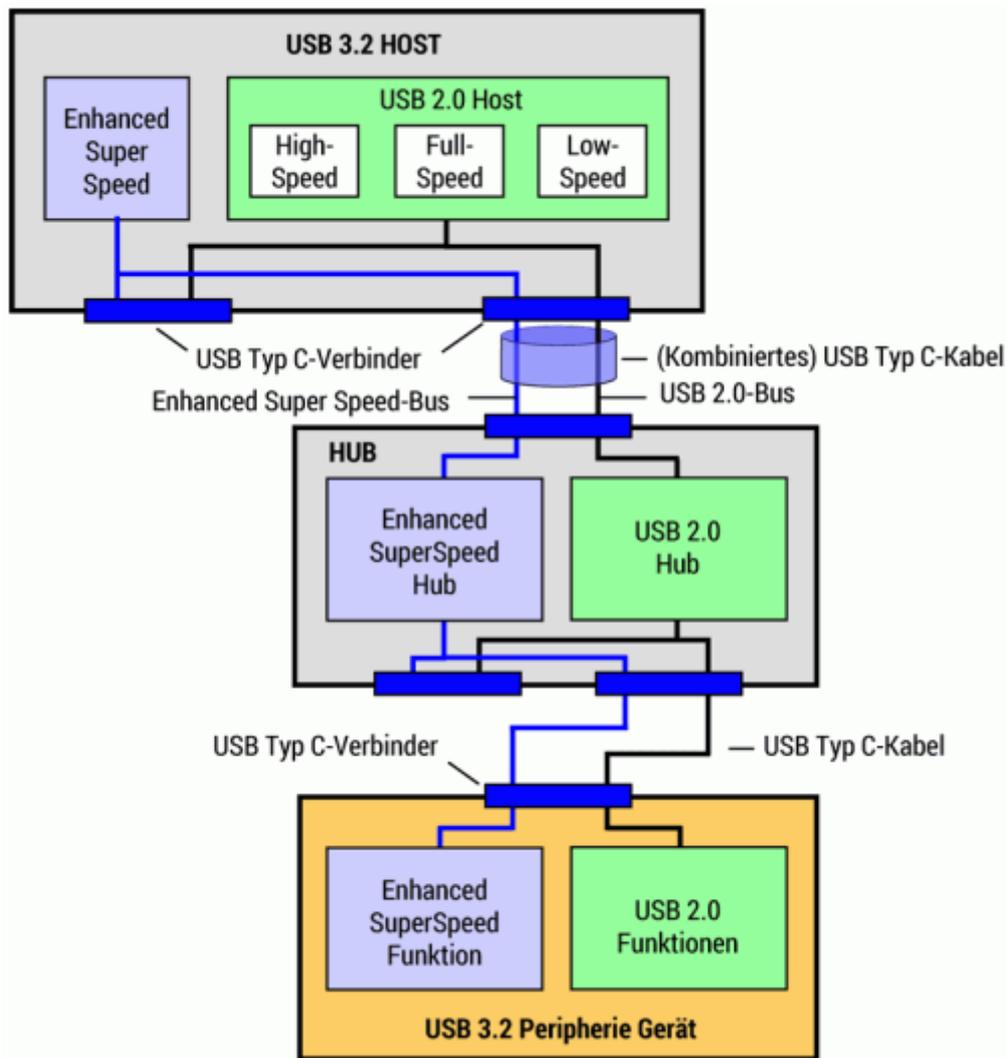


Abb. 2.01: Die generelle

Busarchitektur von USB 3.2 hat sich gegenüber USB 3.1 Gen. 2 nicht geändert.

Die Struktur des **Enhanced SuperSpeed-Busses** gliedert sich in den **Upstream Sublink** und den **Downstream Sublink**. Diese Sublinks verbinden die (Receiver-) Rx-Ports des einen Ports mit den (Transmitter-) Tx- Ports des anderen und umgekehrt. Die Anzahl der Verbindungen in den Sublinks ist abhängig von der Anzahl der zur Verfügung stehenden Lanes (bei USB 3.2-Verbindungen sind es zwei).

Signal Gruppe	Signal Stecker 1 / Stecker 2	Signal Name	Beschreibung
USB 3.2	SSTX +1 / SSRX+1 SSTX-1 / SSRX-1 SSRX+1 / SSTX+1 SSRX-1 / SSTX-1	SDP+1 SDP-1 SDP+2 SDP-2	Diese Leitungen, bzw. Signale, stellen Lane 0 bzw. den USB 3.1/3.2 x1-SuperSpeed Übertragungsweg dar. Das symmetrische Transmitterpaar eines Ports führt auf das symmetrische Receiverpaar des anderen Ports.
	SSTX +2 / SSRX+2 SSTX-2 / SSRX-2 SSRX+2 / SSTX+2 SSRX-2 / SSTX-2	SDP+3 SDP-3 SDP+4 SDP-4	Diese Leitungen bilden Lane 1 bei USB 3.2 x2 (Dual Lane)-Übertragungen. Bei Single Lane-Übertragungen ermöglichen sie verpolungssicheres Einstecken des Verbinders.
USB 2.0	D-1 / D+1 D-2 / D+2	D+ D-	Ein Leitungspaar stellt den USB 2.0 seriellen Übertragungsweg dar. Um den USB-C-Verbinder verpolungssicher zu machen, werden zwei Leitungspaare verwendet.
Konfiguration	CC1 / CC2 (VCONN)	CC	Der Configuration Channel dient zum Erkennen einer Verbindung, zur Konfiguration des Interface und zur Übertragung von VCONN.
Hilfssignale	SBU1 / SBU2 SBU2 / SBU1	SBU_A SBU_B	Können zur Seiten- (Außen-) bandübertragung oder für die Übertragung von analogen Kopfhörersignalen verwendet werden.
Power	VBUS / BUS	PWR_VBUS1	USB-Versorgungsspannung/Ladestrom für Geräte.
	VCONN / VCONN (CC2)	PWR_VCONN	USB-Versorgungsspannung für den ID-Chip im (lokalen) USB-C-Anschlussstecker bei aktiven Kabeln.
	GND	GND	Masse

INFOTIP

Abb. 2.05: Signale in einem voll ausgestatteten Kabel (Full Featured Cable) im Dual Lane-Betrieb..

2.3 Dual Lane-Betrieb

Ein **Dual Lane-Betrieb** ist nur in einer **USB Typ C-Umgebung** möglich. Zuerst wird über den [Configuration Channel](#) (CC) eine [Verbindung zwischen zwei Ports](#) aufgebaut und Lane 0 als Configuration Lane eingerichtet, d.h. Verbindungsaufbau und -unterhalt der **Enhanced SuperSpeed-Verbindung** wird ausschließlich über Lane 0 per [LFPS \(Low Frequency Periodic Signal\)](#) gesteuert.

Der zu übertragene Datenstrom wird blockweise abwechselnd auf beide Lanes verteilt (sog. [Striping](#)). Steuerblöcke werden dupliziert und auf beiden Lanes übertragen.

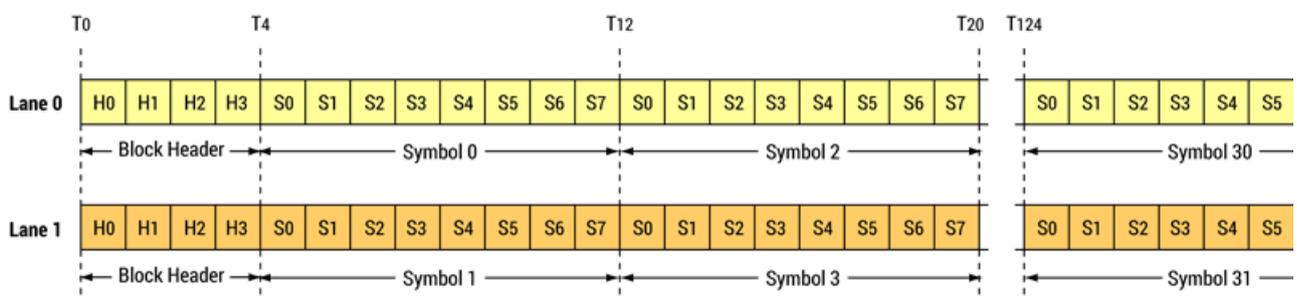


Abb. 2.06: Data Striping im Dual Lane-Betrieb: Die Symbole werden wechselweise übertragen

3. USB Power Delivery 3.0

Mit der Freigabe der Spezifikation für **USB 3.2** im September 2017 ersetzt