



# Doppelte Datenrate

**USB4 – Entwicklung und Fähigkeiten.** USB hat sich von einer einfachen gemeinsamen Schnittstelle für ausgewählte Peripherie zu einem vielseitigen Hochgeschwindigkeitsdatenbus für alle externen Geräte, einschließlich Bildschirme und Massenspeicher, gemausert. Mit der vierten Version fließen unter anderem Aspekte der Thunderbolt-Technologie in den Standard ein.

**M**itte der 1990er-Jahre gründeten PC-Firmen das USB Implementers Forum (USB-IF) und legten die Spezifikation für einen universellen seriellen Bus fest, den neue Peripheriegeräte, seien es E/A-Geräte, Massenspeicher oder Kommunikationsbaugruppen, nutzen können. Die Punkt-zu-Punkt-Schnittstelle ließ sich mithilfe von Hubs auf viele Geräte erweitern. Mit USB 2.0 stieg die Datenrate von 12 auf 480 MBit/s an, wobei die Abwärtskompatibilität zu langsameren Geräten erhalten blieb.

2008 definierte das USB-IF den Standard USB 3.0 und beseitigte damit den Engpass der Halbduplexkommunikation über ein einziges Leitungspaar, indem es zwei unidirektionale Superspeed-Verbindungen für den Downlink und den Uplink einführt. Jede dieser Verbindungen bestand aus zwei differenziellen Leitungen, den sogenannten Lanes. Die Datenrate wurde auf 5 und später auf 10 GBit/s gesetzt, und es wurde eine verbesserte Übertragungs- und Codierungstechnik genutzt.

## Variabler stecken mit USB-C

Der darauffolgende Standard USB-C ist softwarekompatibel zur vorherigen Version, bietet aber mehr Freiheit bei der Hardware – mehr dazu im **Online-Service**. Der neue Stecker hat 24 Pins (Bild 1). Es gibt nur einen Typ, der sowohl an den Host als

auch an das Device passt, und die Orientierung des Kabels ist umkehrbar. Der Host sorgt dafür, dass die Leitungen in die richtige Richtung geschaltet werden. Darüber hinaus implementiert USB-C sogenannte Alternate Modes, bei denen einige Leitungen zur Übertragung anderer Sig-

## FAZIT

**Alternate Mode.** Verwendung von USB-Leitungen für die Übertragung anderer Signale, beispielsweise Video, in deren eigenem Format, also nicht in USB-Paketen.

**Daisy Chain.** Die Signale werden durch das Gerät geschleift, stehen am Ausgang wieder zur Verfügung.

**Downlink/Uplink.** Übertragungsrichtung vom Host zum Gerät beziehungsweise umgekehrt.

**Enumeration.** Abfrage des Busses nach vorhandenen Teilnehmern und Klassifikation derselben.

**Halbduplex.** Übertragung in zwei Richtungen, von denen immer nur eine aktiv sein kann, zum Beispiel im Sprechfunk.

**Lane.** Zwei elektrisch einander zugeordnete Leitungen, die ein Signal differenziell übertragen.

**Tunnel.** Verpacken von Signalen in ein anderes Format, hier etwa DisplayPort oder PCIe in USB-Pakete.

**USB-IF.** USB Implementers Forum, Zusammenschluss von Firmen, die die Spezifikation des USB-Standards koordinieren.

nale als USB verwendet werden, wie DisplayPort oder MHL-Grafiken.

Da USB-C als reine USB-Verbindung ein Paar pro Richtung ungenutzt lässt, verwendet die nächste Revision von USB diese Reserveleitungen, um Daten schneller zu übertragen, indem die beiden Kanäle gebündelt werden. USB3.2 verdoppelt so die Datenrate auf Enhanced-SuperSpeed, also 20Gbit/s.

**USB4 profitiert von Thunderbolt**

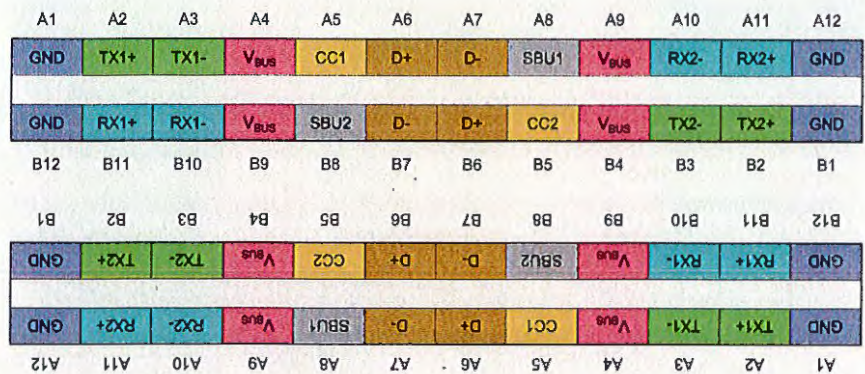
Die Konkurrenz zu USB wird Mitte der 80er-Jahre unter anderem von Apple Computers definiert: Die Thunderbolt-Schnittstelle ermöglicht nicht nur den Anschluss von Peripheriegeräten wie Festplatte, Scanner, Kamera und Monitor in einer Daisychain-Konfiguration, sondern verbindet auch zwei Hosts mit bis zu 40Gbit/s. Der Host stellt jedem Peripheriegerät ausreichend Bandbreite zur Verfügung und darüber hinaus bei Bedarf eine Leistung von bis zu 100W über dieselbe Schnittstelle. Intel als Patentinhaber übergab die Spezifikation an die USB Implementers Group, die diese Technologie in die Spezifikation von USB 4.0 einfließen ließ.

USB4 ist somit eine Synthese des klassischen USB und Thunderbolt. Die USB3-Geschwindigkeit verdoppelt sich auf 40Gbit/s, was aus 20Gbit/s je Lane resultiert. Thunderbolt steuert sowohl das Konzept der gemeinsamen Bandbreitennutzung als auch die Tunnelarchitektur bei. Alle Thunderbolt-Signale werden unterstützt – also DisplayPort-Grafiken, PCIe-Daten, USB von der Version 1.1 an und eine

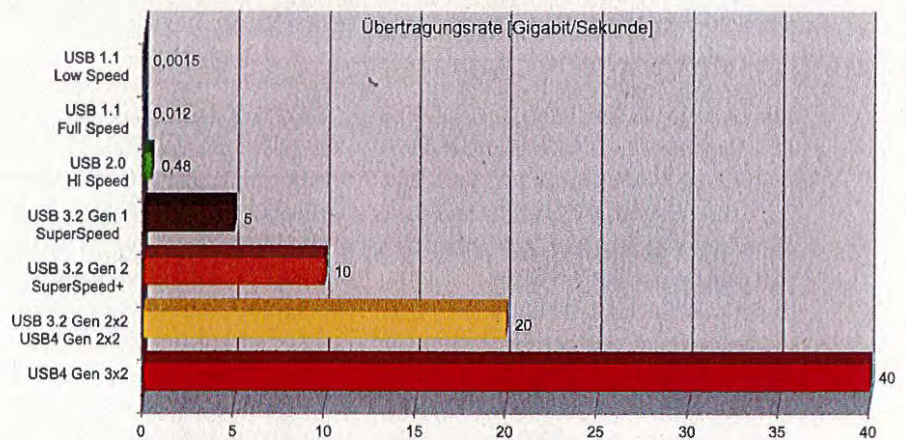
Leistung von bis zu 100W. Die Baumstruktur wird von USB übernommen.

USB4 verwendet den USB-C-Stecker mit 24 Pins und nutzt alle verfügbaren Leitungen. Zwei separate Leitungen zur Übertragung von USB-2.0/1.1-Signalen gewährleisten die Abwärtskompatibilität. Das

neue Benennungsschema berücksichtigt die Vielfalt der verschiedenen Konfigurationen je nach Datenrate und der Anzahl der Lanes (Tabelle A). Der vollständige Name lautet also ‚USB4 Gen X x Y‘, wobei X die Datenrate und Y die Zahl der Lanes angibt. Bislang definiert USB4 drei verschiedene



1 | Drehrumbum: Der USB-C-Wendestecker mit 24 Pins



2 | Datenrate: Übertragungsraten der USB-Versionen im Vergleich

USB 1.1, 2.0	USB 3.1 Gen1/2	USB Type-C	USB Type-C	USB Type-C	USB 3.2	USB4
480Mbps Halb-Duplex	10Gbps pro Lane Voll-Duplex	10Gbps pro Lane Voll Duplex	10Gbps pro Lane DP Alt Mode 1	480Mbps DP Alt Mode 2	10Gbps pro Lane = 20Gbps gesamt	20Gbps (nur Lane 0) =40Gbps (beide Lanes)
← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →	← USB 2.0 →
	→ SSTX →	→ SSTX1 →	→ SSTX1 →	→ DP Lane 2 →	→ SSTX Lane 0 →	→ SSTX Lane 0 →
	← SSRX ←	← SSRX1 ←	← SSRX1 ←	→ DP Lane 3 →	← SSRX Lane 0 ←	← SSRX Lane 0 ←
		→ SSTX2 → (nicht verwendet)	→ DP Lane 1 →	→ DP Lane 1 →	→ SSTX Lane 1 →	→ SSTX Lane 1 →
		← SSRX2 ← (nicht verwendet)	→ DP Lane 0 →	→ DP Lane 0 →	← SSRX Lane 1 ←	← SSRX Lane 1 ←
		→ SBU →	→ DP AUX →	→ DP AUX →	→ SBU →	→ SBU →
		→ CC/VCONN/PD →	→ HPD/CC/VCONN →	→ HPD/CC/VCONN →	→ CC/VCONN/PD →	→ CC/VCONN/PD →

3 | Features: Eigenschaften der USB-Revisionen im Überblick

ursprüngliche Bezeichnung	neue Bezeichnung	aktuelle Bezeichnung	Datenrate	Geschwindigkeits-Klasse	Stecker (Hoststelle)
USB 1.1			1.5 MBit/s	Low Speed	Typ A
			12 MBit/s	Full Speed	Typ A
USB 2.0			480 MBit/s	Hi-Speed	Typ A
USB 3.0	USB 3.1 Gen1	USB 3.2 Gen1	5 GBit/s	SuperSpeed	Typ A+C
USB 3.1	USB 3.1 Gen2	USB 3.2 Gen2	10 GBit/s	SuperSpeed+	Typ A+C
USB 3.2	-	USB 3.2 Gen2×2	20 GBit/s		Typ C
-	USB 3.2 Gen2×2	USB4 Gen 2×2	20 GBit/s		Typ C
USB4	-	USB4 Gen3×2	40 GBit/s	Enhanced SuperSpeed	Typ C

A | Terminologie: USB-Generationen und deren Bezeichnungen

Datenraten je Lane: 5 GBit/s (X=1), 10 GBit/s (X=2) und 20 GBit/s (X=3). Begrenzt durch die verfügbaren Leitungen, kann es eine Lane (Y=1) oder zwei (Y=2) Lanes geben. Zwei Lanes werden aggregiert und erscheinen dem System wie ein einziger Übertragungskanal mit bis zu 40 GBit/s Datenrate.

Im Vergleich zum noch weit verbreiteten USB 3.1 mit 5 GBit/s erlaubt die neueste Spezifikation das Achtfache dieser Datenrate. Im Vergleich zu USB 2.0, das bei USB-Memorysticks immer noch weit verbreitet ist, ergibt sich bei USB4 eine mehr als 80fache Steigerung (Bild 2).

Eine Stärke von USB4 ist die von Thunderbolt geerbte Fähigkeit, verschiedene andere Protokolle, wie DisplayPort, PCI Express und Host-zu-Host-Übertragungen, zu tunneln. Allerdings schreibt die USB4-Spezifikation keine Thunderbolt-Unterstützung durch einen Hostcomputer oder ein Gerät selbst vor. Anders als bei den Alt-Modi, die mit USB-C eingeführt wurden, wird die Bandbreite mit einer feinen Granularität geteilt, nicht in Lane-Einheiten. Die Hotplug-Fähigkeit ermöglicht das Anschließen, Konfigurieren, Verwenden und Trennen von Peripheriegeräten, während der Host und andere Peripheriegeräte in Betrieb sind. Das Protokoll ist kompatibel zu früheren Revisionen von USB. Mit dem USB-PD-Protokoll (Power Delivery) kann Strom zum Betrieb oder Laden des Akkus bidirektional zwischen Host und Peripheriegeräten übertragen werden.

### USB-Features im Überblick

USB 1.1/2.0 nutzt ein Paar Datenleitungen. Die nächste Generation fügt SuperSpeed auf getrennten Leitungspaaren hinzu, und USB-C addiert zwei weitere Lanes, um den

Stecker wenden zu können (Bild 3). Die Reserve-Lanes konnten für alternative Modi, wie DisplayPort-Videosignale, verwendet werden. USB-C nutzt diese Funktion in zwei Stufen: Die erste verwendet zwei Lanes zur Übertragung alternativer Daten. In der zweiten Stufe werden alle SuperSpeed-Lanes für DisplayPort-Daten umgewidmet, sodass sehr hoch auflösende Bildschirme angeschlossen werden können. USB 2.0/1.1 bleibt weiterhin verfügbar, da es auf getrennten Leitungen läuft.

Neben den neuen Funktionen verdoppelt USB4 – wie oben erläutert – die Datenrate im Vergleich zu USB 3.2. Allerdings hat sich die maximale Kabellänge reduziert: Während sie bei USB 1.1/2.0 hauptsächlich unter Zeitbeschränkungen litt – bezogen auf die maximale Zeit bis zum Rückempfang der Antwort beim Host –, müssen die späteren Generationen mit den Eigenschaften von realen Kabeln und Steckern zu recht kommen. Ab USB 3 wird die Qualität

## KONTAKT

HY-LINE Computer Components  
Vertriebs GmbH,  
Inselkammerstraße 10,  
82008 Unterhaching  
Tel. 089 61450340,  
[www.hy-line.de](http://www.hy-line.de)

der elektrischen Signale während der Enumeration (siehe Glossar) überprüft, und die Sender wenden eine Vorverzerrung und Entzerrung an. Dies bedeutet, dass das Signal am Sender absichtlich verzerrt wird, um am Empfänger ein noch gutes Signal zu erhalten.

Es liegt auf der Hand, dass ein hochwertiges Kabel mit konstanter und angepasster Impedanz, geringen Verlusten und geringer Kapazität eine größere Entfernung zulässt. Dennoch arbeitet die Gen 1 (5 GBit/s) bis 3 m und die Gen 2 (10 GBit/s) bis 1 m zuverlässig. 20 GBit/s können über 0,5 m erreicht werden. Vor allem bei dieser Datenrate können aktive Kabel, die Re-Clocker und adaptive Equalizer einsetzen, die überbrückbare Distanz vergrößern. ml

### Autor

Rudolf Sosnowsky ist Technischer Leiter (CTO) bei Hy-Line Computer Components in Unterhaching.

### Online-Service

Fachartikel: Drehrumm –  
USB-C in ein Produkt integrieren;  
Info: USB-IF;  
Thunderbolt-Technologie

[www.elektronik-informationen.de/93073](http://www.elektronik-informationen.de/93073)

## GLOSSAR

Einkabellösung für stationäre und mobile Geräte. USB4 kombiniert die bisher höchste Bandbreite mit der größten Vielseitigkeit für Peripheriegeräte dieses Busstandards. Seine Grundlage sind Erfahrungen zum einen mit früheren USB-Generationen und zum anderen mit der Thunderbolt-Technologie. Zwei parallele Lanes und die Verdoppelung der Datenrate auf jeder Lane haben die Gesamtdatenkapazität auf 40 GBit/s gesteigert. Dies ermöglicht den Anschluss mehrerer Peripheriegeräte mit Hochgeschwindigkeits-USB, DisplayPort-Grafiken, PCIe-Lade-/Speicherfunktionen oder sogar Host-zu-Host-Verbindungen.

Die USB-Stromversorgung erlaubt das bidirektionale Laden oder eine Stromversorgung zwischen Host und Gerät. Die Stecker und Kabel des USB-C sind zukunftssicher und dank der Wendefunktion einfach handhabbar. Das Thunderbolt-3-Protokoll bietet Kompatibilität zu einer noch größeren Bandbreite an Peripheriegeräten, und die skalierbare – nicht nur wählbare – Bandbreite für Grafik und Daten macht die Schnittstelle vielseitig.