

Geschichte des USB



- USB ist die Abkürzung für **Universal Serial Bus**.
- Diese Schnittstelle sollte eine universelle und einheitliche Schnittstelle für jegliche Arten von Peripheriegeräten eines Computers werden und somit das übliche Kabelgewirr minimieren.
- Die **ersten Entwicklungen** kamen von Apple bereits in den 80-er Jahren mit dem **ADB** (Apple Desktop Bus). Dabei wurde die Maus an der Tastatur angeschlossen und beide Geräte wurden über **ein** Kabel (ADB) mit dem Computer verbunden.
- **1996** wurde der USB in der Version **1.0** von Intel eingeführt.
- **1998** begann die breite Anwendung des USB mit dem **iMac**, in dem anstelle des ADB der USB genutzt wurde.
- **2000** wurde der **USB 2.0** Standard mit der Datenrate von bis zu **480 MBit/s** (High-Speed) eingeführt. Damit konnte man nun auch größere Massenspeicher ansprechen.
- Einen weiteren Fortschritt stellte die Entwicklung der **USB On-The-Go Spezifikation** (USB-OTG) dar. Diese Spezifikation ermöglicht die direkte Kommunikation zweier Endgeräte ohne Verbindung zu einem Host.
- **2007** Einführung von **Wireless USB** (wUSB) mit max. **480 MBit/s**.
- Im **Nov. 2008** wurde die Spezifikation für **USB 3.0** (SuperSpeed) mit einer Datenrate von bis zu **4.8 GBit/s** vorgestellt.



Merkmale des USB 2.0

- Der USB besitzt eine Baum-Struktur → Anschluss der Geräte über Hubs.
- Die physische Verbindung ist Point to Point
- Zur Übertragung dient ein verdrehtes differentielles Datenleitungspaar (D+ und D-) → Halb Duplex Übertragung
- Sämtliche Datentransfers sowie Statusabfragen oder Interrupts werden erst auf Anfrage durch Host übermittelt (Polling).
- Die gesamte Datenübertragung innerhalb eines USB-Systems erfolgt Paket orientiert
- Übertragungsraten:
 - Low Speed mit 1,5 MBit/s
 - Full Speed mit 12 MBit/s
 - High Speed mit 480 MBit/s
- Es ist möglich bis zu 127 Geräte an einen Host anzuschließen.
- Die an den USB angeschlossen Geräte werden automatisch adressiert (Enumeration) und konfiguriert.

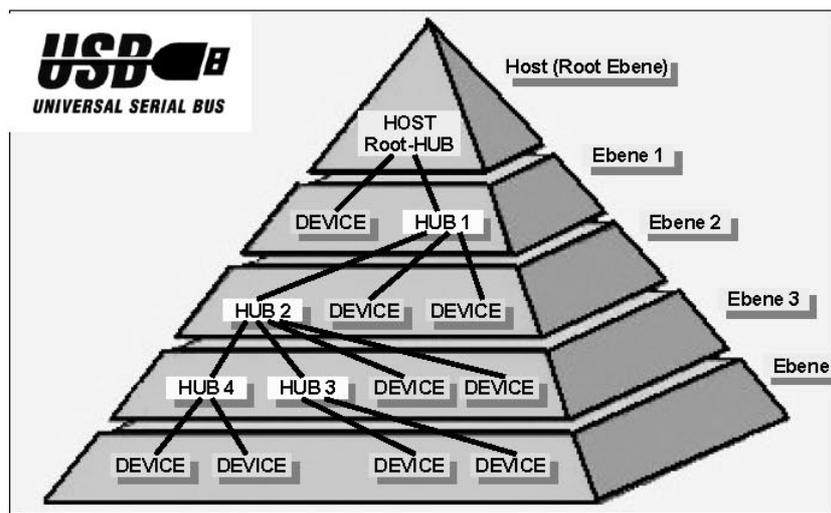


Merkmale des USB 2.0

- Die Adressierung erfolgt mit 7 Bit Geräte- und 4 Bit Endpoint-Adresse
- jedem Endpunkt ist eine Übertragungsrichtung und eine Transferart zugeordnet.
- Der Endpunkt 0 ist als einziger bidirektional → dient der Konfiguration.
- Die maximale Übertragungsdistanz beträgt 5m und kann bis auf 7 Ebenen verteilt werden, somit ist eine maximale Gesamtdistanz von 35 m möglich.
- Integrierte Stromversorgung (5V; 500 mA → 2,5 W)
- Es gibt drei Leistungsklassen
 - Low Power (bis 100 mA)
 - High Power (bis 500 mA)
 - Self Powered (separate Stromversorgung)
- Die Erfassung der Connect- und Disconnect-Ereignisse geschieht dabei auf Signalebene.
- Hot Plug & Play fähig → Geräte können im laufenden Betrieb entfernt und angeschlossen werden.



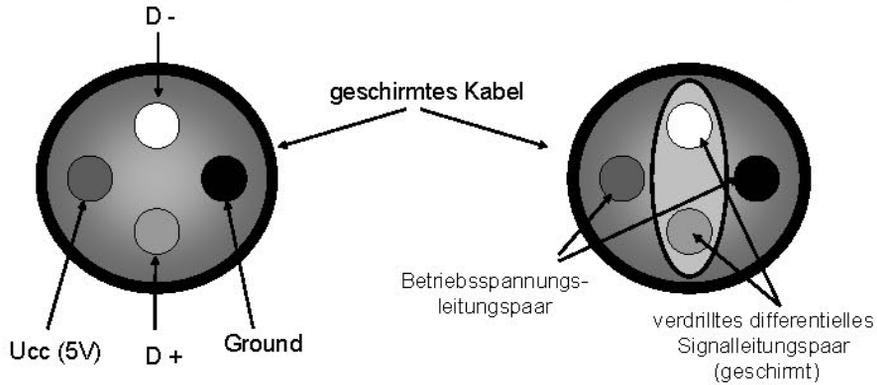
Struktur des USB



USB 2.0 Kabel

Low-Speed USB Kabel

Full- bzw. High-Speed USB Kabel



Bei Low-Speed Geräten sind die Kabel fest mit dem Gerät verbunden ("captive cable"), z.B. USB-Maus oder -Tastatur



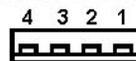
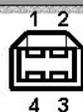
USB 2.0 -Kabel und -Stecker

Full-/High-Speed Kabel mit Standard USB-Stecker



Typ B Stecker downstream

Typ A Stecker upstream



Pin	4	3	2	1
Signal	GND	D+	D-	+5V
Farbe	schw.	grün	weiß	rot

Mini-USB-Stecker

(genutzt in kleinen portablen Geräten, wie Kamera, MP3-Player, Handy ...)



Mini-A



Mini-B



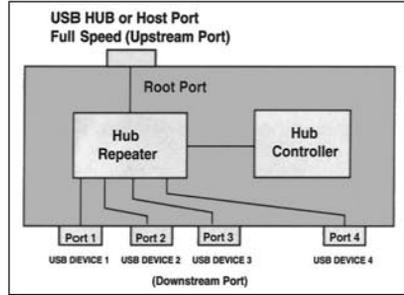
Pin	5	4	3	2	1
Signal	GND	ID	D+	D-	+5V
Farbe	schw.	-	grün	weiß	rot



Aufbau und Prinzip eines USB-HUB

Quelle: GOOD WAY

- Ein USB-Hub ist eine Art Verteiler, der die vom Host kommenden USB-Signale über zusätzliche Ports an die angeschlossenen Geräte weiterleitet.
- Handelsüblich sind USB-Hubs mit bis zu sieben Downstream-Ports.
- Hubs unterscheiden sich in der Art der unterstützten USB-Version und der Art der Stromversorgung (Bus Powered oder Self Powered).
- USB 2.0 Hubs müssen in der Lage sein, Daten mit 480 MBit/s zu empfangen, zwischenspeichern und mit 12 MBit/s weiterzusenden.



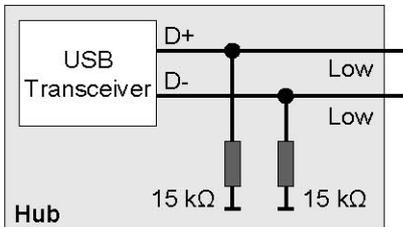
Gegenüberstellung von USB 1 und USB 2



Kenngrößen	USB 1.1 Low Speed	USB 1.1 Full Speed	USB 2.0 High Speed
Übertragungsrate	1.5 MBit/s	12 MBit/s	480 MBit/s
Max. Endpunkte	2	31	31
Max. Bulk-Paketgröße	8 Byte	64 Byte	512 Byte
Max. Bulk-Übertragungsrate	16 KByte/s	1,1 MByte/s	56 MByte/s
Max. Isochrone Paketgröße	nicht möglich	1023 Byte	1024 Byte
Max. Isochrone Übertragungsrate	nicht möglich	1 MByte/s	24 MByte/s

(Root-)Hub ohne angeschlossene Geräte

Im Hub sind die Datenleitungen D+ und D- mit 15kOhm Widerständen nach Masse verbunden.



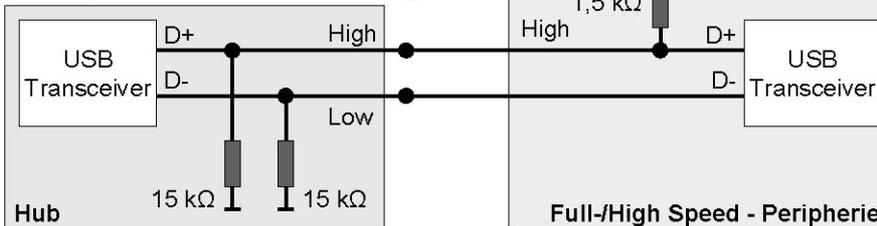
Der Transceiver registriert, dass beide Leitungen auf Low (0V) liegen
 → „Single Ended Zero“ (SE0)

Die Kennzeichnung von Low- und High-Speed Geräten erfolgt mit einem 1,5 KOhm Pull-Up Widerstand an der D- bzw. D+ Leitung im USB-Gerät.



Anschluss von Full-/High-Speed - Geräten

Bei Full- oder High-Speed Geräten liegt der Pull-Up Widerstand an der D+ Leitung.



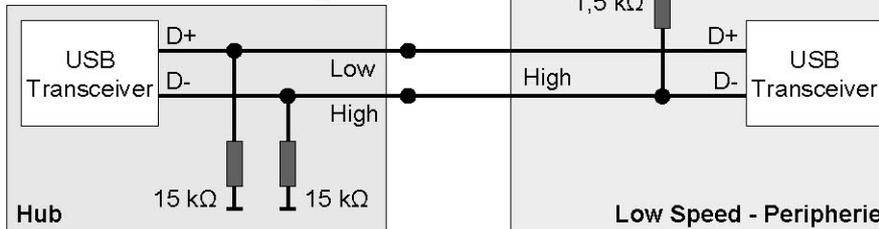
Transceiver registriert, dass (D+) auf High (3,3V) liegt
 → Erkennung des Full-Speed-Gerätes

- Durch Anschließen eines Geräts an den Hub steigt der Pegel auf der jeweiligen Datenleitung an. Bleibt dieser länger als 2,5µs konstant, wird dieses Ereignis zum Host gemeldet und worauf dieser die Enumeration einleitet.
- USB2.0 fähige Geräte melden sich vorerst als Full-Speed-Device an. Sollte der HUB jedoch High-Speed fähig sein, wird mittels eines Low-Level Protokolls auf die höhere Geschwindigkeit umgeschaltet.



Anschluss von Low-Speed - Geräten

Bei Low-Speed Geräten liegt der Pull-Up Widerstand an der D- Leitung.



Transceiver registriert, dass (D-) auf High (3,3V) liegt
 → Erkennung des Low-Speed-Gerätes

Liegt für mindestens 2,5µs an zuvor auf High gezogenen Datenleitung ein Low-Pegel an, dann meldet dies der Hub an den Host und das entsprechende Gerät wird aus der aktuellen Konfiguration entfernt. Hierbei spricht man vom Disconnect-Ereignis.



USB Übertragungsarten

Eine USB Übertragung kann auf vier verschiedenen Arten erfolgen. Diese sind der Priorität nach geordnet:

Control Transfer → Isochronous Transfer

- Control Transfer:
 - Dient der Konfiguration und wird deshalb nur in Verbindung mit Endpunkt 0 verwendet.
 - Jede Übertragung wird quittiert, damit kann immer überprüft werden, ob die gesendeten Daten auch angekommen sind.
 - Dieser Transfermodi ist elementar wichtig, da bei jeder Erkennung eines USB-Gerätes die ersten Daten auf diese Weise übertragen werden.
 - Hierfür werden bis 10% Busbandbreite reserviert
- Isochronous Transfer:
 - Diese Übertragungsart ist für die Echtzeitübertragungen kontinuierlicher Datenströme bestimmt (schnelle zeitsynchrone Übertragung großer Datenmengen) z.B. Soundübertragung.
 - Die Übertragung erfolgt ohne Fehlererkennung und Fehlerkorrektur.
 - Nicht bei Low-Speed-Geräten möglich
 - Hierfür werden bis 90% Busbandbreite reserviert (zusammen mit Interrupt-Transfer)



USB Übertragungsarten

Eine USB Übertragung kann auf vier verschiedenen Arten erfolgen.
Diese sind der Priorität nach geordnet:

Control Transfer → Isochronous Transfer → Interrupt Transfer → Bulk Transfer

• **Interrupt Transfer:**

- Beim Interrupt Transfer werden kleine Datenmengen periodisch übertragen und im Fehlerfall bis zu 3mal wiederholt.
- Typische Geräte für diesen Übertragungsmodus sind Eingabegeräte, wie Tastaturen, Mäuse, Joysticks.
- Polling der Geräte im Intervall von $n \cdot 1\text{ms}$
- Hierfür werden bis 90% Busbandbreite reserviert

• **Bulk Transfer:**

- Der Bulk Transfer dient der Übertragung großer Datenmengen, ohne zeitlichen Rahmen.
- Diese Übertragungsart ist am niedrigsten priorisiert und wird im Fehlerfall auch bis zu 3mal wiederholt.
- Typische Geräte sind USB-Sticks, Drucker, Scanner ...
- Hierfür wird die Restbandbreite ausgenutzt



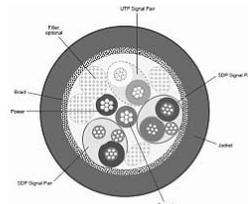
USB OTG (On-The-Go)

- Nachteilig beim USB ist, dass USB Hosts bzw. USB Geräte nicht direkt miteinander kommunizieren können.
- Deshalb wurde die USB OTG Spezifikation entwickelt.
- Diese Spezifikation ermöglicht die unabhängige Kommunikation zweier Endgeräte direkt miteinander, ohne Verbindung zu einem Host. So ist es z.B. möglich, Daten von einer Digitalkamera direkt an einen Drucker zu senden.
- USB OTG ermöglicht entsprechenden Geräten sowohl Host, als auch Endgeräte zu sein (dual-role) und nach Bedarf zwischen beiden Funktionen umzuschalten.
- Allerdings sind die „Host – Fähigkeiten“ der OTG Geräte stark eingeschränkt, somit ist es nicht garantiert, dass jedes USB Gerät mit jedem beliebigen anderen autark kommunizieren kann.
- Bei einer USB OTG Verbindung muss nur ein Gerät OTG-fähig sein.

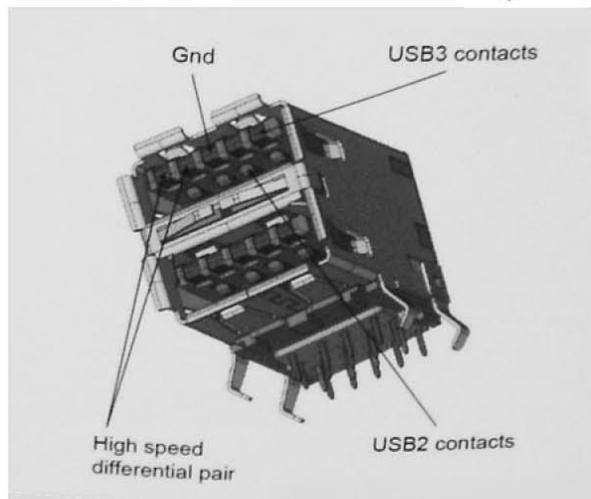


Merkmale des USB 3.0

- Abwärts kompatibel zu USB 1.1 und 2.0
- Beeinhaltet auch Wireless USB (wUSB)
- Zwei zusätzliche geschirmte Datenleitungspaare (Shielded Differential Pair) zum Senden und Empfangen (dedicated IN and OUT lanes) bei Hochgeschwindigkeitsübertragung
- Dreifach geschirmtes Kabel aus Kupfer/Silberlegierung
- Max. 5 m Leitungslänge
- Steckverbinder mit zusätzlichen 5 Kontakten
- Anwendung auch bei ExpressCard 2.0
- Optische Übertragung als künftige Option
- Unterstützung von Multiple virtual machines (VM)
- Verfügbar Ende 2009 (für kommerzielle Anwendungen) – bisher noch keine Chipsätze mit USB 3.0 Hostcontroller verfügbar
- The target USB 3.0 transfer speed is described by Promoter Group chair Jeff Ravencraft: "**USB 2.0** is capable of copying a **25-Gbyte** high-definition video between equipment in **13.9 minutes**, but it should only take about **70 seconds** with **USB 3.0**."



USB 3.0 - Steckverbinder



Pin	Signal	Verb-Folge
1	V _{BUS}	2.
2	D-	3.
3	D+	
4	GND	2.
5	SSRX-	4.
6	SSRX+	
7	GND_Drain	
8	SSTX-	4.
9	SSTX+	
Hülle	Schirm	1.



USB 3.0

	USB 2.0 	USB 3.0 
Bezeichnung	Hi-Speed USB	SuperSpeed USB
Max. Datenrate	480 MBit/s	4,8 GBit/s
Steckverbinder	A und B Stecker (4 bzw. 5 pol.)	USB 2.0 kompatible Stecker (4 + 5 pol.)
Bus Scedulling	Polling by Host	No Polling; Interrupt fähig
Datenleitungen	1 x Twisted Pair	2 x Twisted Pair
Übertragungsart	halb duplex	voll duplex
Einführung	April 2000	Nov. 2008

Wireless USB (wUSB)



- Unterstützung von „wired USB“ mit einer drahtlosen Verbindung bei gleicher Funktionalität
- Gleiche max. Datenrate, wie USB 2.0 (480 MBit/s)
- Mehrere Kanäle mit Wavelength multiplexing
- Reichweite max. 70 m
- Geschwindigkeit abhängig von Distanz (480 MBit/s bei 3 m; 110 MBit/s bei 10m; 11 MBit/s bei 70m)
- wUSB-Dongles über USB 3.0 HUBs
- Nutzung der WMedia MB-OFDM Ultra-wideband (UWB) radio platform