

## I. Allgemeine Infos

### 1. Was ist USB?

Universal Serial Bus, kurz **USB**, ist eine I/O intelligente Schnittstellentechnologie, die für ein reibungsloses Zusammenspiel von Endgeräten sorgt. Sie erlaubt den Anschluss von bis zu 127 Peripheriegeräten wie Tastatur, Maus, Drucker, Monitor, Lautsprecher, Scanner oder TK-Endgeräten, wie beispielsweise einem Modem.

### 2. Warum ist USB wichtig?

Die Motivation für die Entwicklung des USB entstand im Grunde aus drei Anforderungen:

1. **Es wurde eine Möglichkeit gesucht, eine einfache Erweiterung der PC-Konfiguration bereitzustellen,**
2. **die neue Schnittstelle sollte benutzerfreundlich sein und**
3. **dem PC mit einfachen Mitteln einen Zugang zum Telefonnetz bieten.**

Das Ziel ist, für alle zukünftigen Ein- und Ausgabegeräte am PC sowie für alle Anwendungen, eine gemeinsame Schnittstelle zu entwickeln. Der Anwender soll mit einfachen Mitteln alle Komponenten miteinander koppeln können.

### 3. Vorteile und Eigenschaften:

Bei herkömmlichen Peripherieanschlüssen an PCs (z.B. Parallel-, PS/2- oder serieller Port) kann man jeweils ein Gerät an jede Buchse am PC anschließen. Dies stellt oft ein Problem dar, da normale PCs nicht mit einer übermäßig großen Anzahl dieser Anschlüsse ausgestattet sind. Außerdem gibt es für jeden Typ von Gerät in der Regel eine spezifische Buchse, welche sich nicht mit anderen Gerätetypen verträglich ist. USB führt für alle USB kompatible Peripheriegeräte einheitliche Stecker und Kabel ein, welche es dem Anwender ermöglichen soll, Peripheriegeräte möglichst einfach und unkompliziert an seinen PC anzuschließen. Auch bei USB ist es immer noch möglich, die Geräte direkt an den PC anzuschließen. Jedoch hat der Anwender im weiteren die Möglichkeit, sogenannte „Hubs“ (eine Art Verteiler) mit dem PC zu verbinden, welche ihm erlauben, mehrere USB-Geräte an eine PC USB Buchse anzuhängen. Die maximale Kapazität eines USB Bus' beträgt 127 Geräte (Hubs eingeschlossen). Der USB bietet aber noch weitere Vorteile. So entfällt beispielsweise die lästige Aufgabe, jede neu an den PC angeschlossene Einheit extra zu konfigurieren.

Die wichtigsten Eigenschaften des USB sind:

- **Hot Plugging**, das heißt, das Hinzufügen oder das Entfernen von Einheiten während des Betriebes, ist problemlos möglich.

- **Free Plugging** bedeutet, daß es prinzipiell keine Vorgaben für die physische Konfiguration gibt. Die Steckplätze der anzuschließenden E/A-Einheiten sind frei wählbar.
- Die Unterstützung von **Plug and Play** beinhaltet die Inbetriebnahme neuer Einheiten ohne größere Aufwendungen während des Betriebes.
- **Intelligente Kommunikation** stellt sicher, daß sich die angeschlossenen Einheiten mit ihren Fähigkeiten beim PC melden, der mit diesen Daten seine Konfigurationsdatei entsprechend aufbereitet.
- Die **integrierte Spannungsversorgung** entbindet externe Einheiten, zum Beispiel Modems, eigene Netzanschlüsse bereitzuhalten.
- Durch die universellen Einsatzmöglichkeiten für E/A-Geräte aller Art ist der USB zu dem eine **kostengünstige Schnittstelle**.
- Für den praktischen Einsatz ist wichtig: Es gibt keine Restriktionen durch den USB hinsichtlich der Anzahl der verfügbaren Schnittstellen.

#### 4. USB Kanäle:

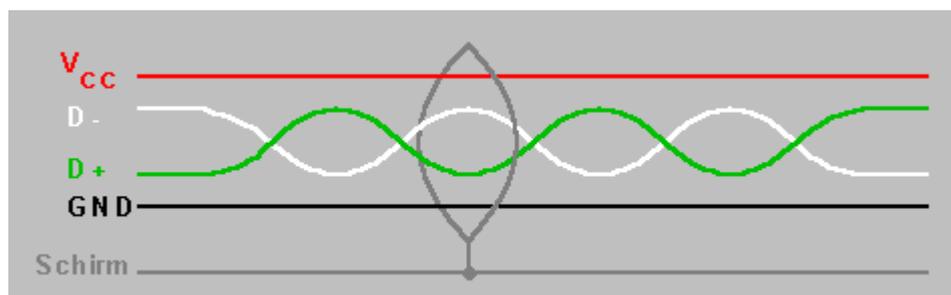
Um langsame Geräte wie Tastatur und Maus als auch schnelle Geräte wie Modems oder Videokameras über ein und denselben Bus zu führen, wurde die Übertragung über den USB in Kanäle unterteilt.

Es gibt einen Low-Speed-Kanal mit bis 1,5 MBit/s(Maus, Tastatur) und Einen Medium-Speed-Kanal mit 12 MBit/s(ISDN, Audio) die über dieselbe Schnittstelle geführt werden.

Ein High-Speed-Kanal mit 500 MBit/s(Video, Speichermedien) ist auch vorgesehen. Unabhängig welcher Geschwindigkeitskategorie ein Gerät angehört, wird immer der gleiche vierpolige Stecker verwendet.

#### 5. Informationen zum Kabel:

Die maximale Kabellänge darf 5m nicht überschreiten. Wenn der Adernquerschnitt nicht mindestens  $0,56 \text{ mm}^2$  beträgt, benötigt man eine Verlängerung, in die eine aktive Komponente(Hub, Verstärker) eingebaut ist(pro 5m). Dadurch läßt sich das USB-Kabel auf maximal 30m verlängern. Danach ist die Signallaufzeit zwischen Endgerät und Host zu lang.



**Die einzelnen Adern des 4-adrigen USB-Kabels sind durch folgende Farben gekennzeichnet:**

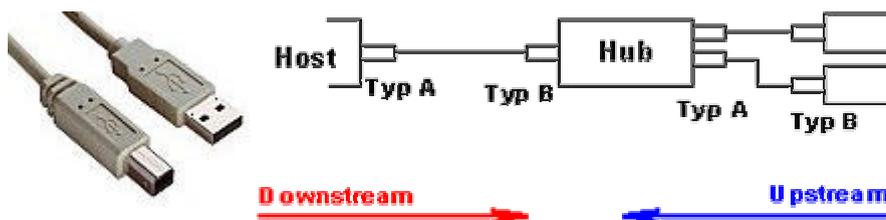
Anschluß	Adernfarbe	Funktion
1	rot	VCC(+5V)
4	schwarz	GND
3	grün	+ Data
2	weiss	- Data

Der Host(Anschluß im Computer) liefert bei einer Betriebsspannung von 5V einen maximalen Strom von 500mA.

### 6. Informationen zum Stecker:

Bei den Steckern bzw. Buchsen wird zwischen Downstream und Upstream unterschieden.

Für den Downstream, also die Richtung vom Host weg, wird das USB-Kabel über die Stecker-Buchse-Kombination Typ A angeschlossen. Für den Upstream, also die Richtung zum Host hin, wird das USB-Kabel über die Stecker-Buchse-Kombination Typ B angeschlossen.

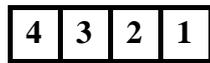


Die Stecker und Buchsen sind so ausgeführt, dass beide eine Kombination aus Stecker und Buchse darstellen. Dadurch lassen sich Kurzschlüsse beim Einstecken und Ausstecken weitgehendst verhindern.

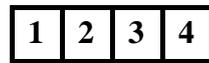
Die Pins der Stromversorgung sind etwas länger, damit die Stromversorgung vor der Datenverbindung sichergestellt ist.

Auf dem linken Bild ist oben der USB-Stecker Typ A und darunter der USB-Stecker Typ B zu sehen.

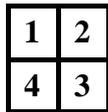
**Stecker, Typ A**



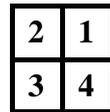
**Buchse, Typ A**



**Stecker, Typ B**



**Buchse, Typ B**

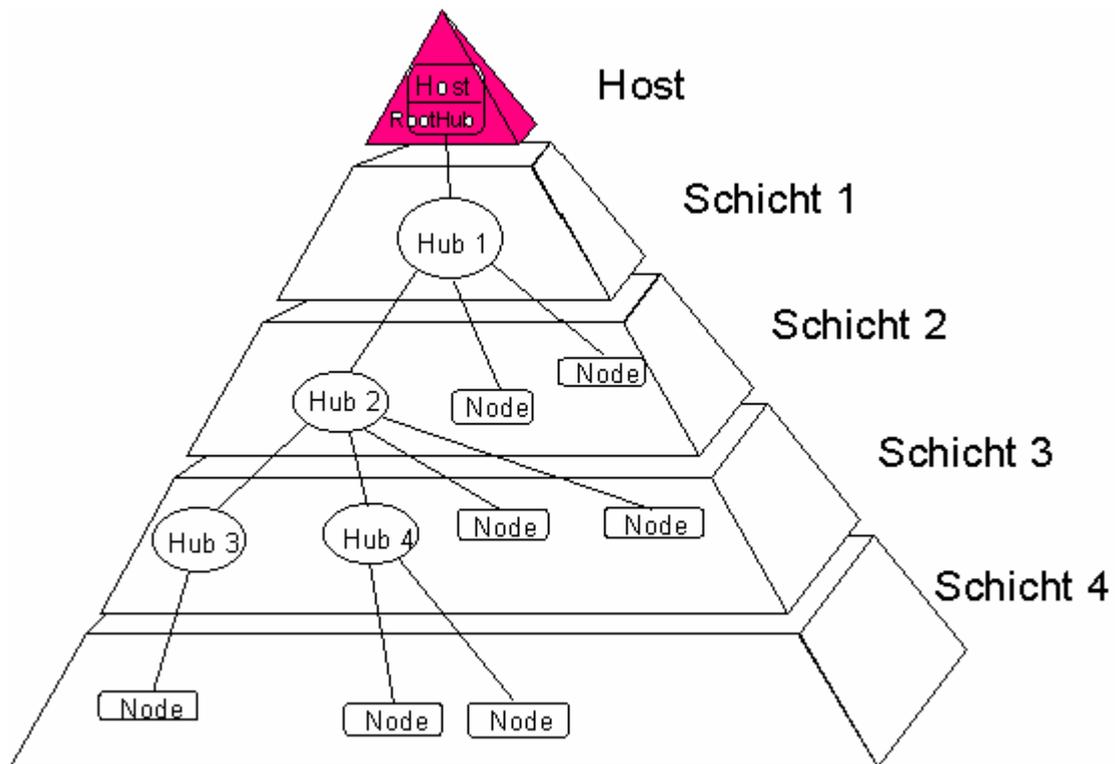


## II. Wie funktioniert USB

### **1. Bus Topologie:**

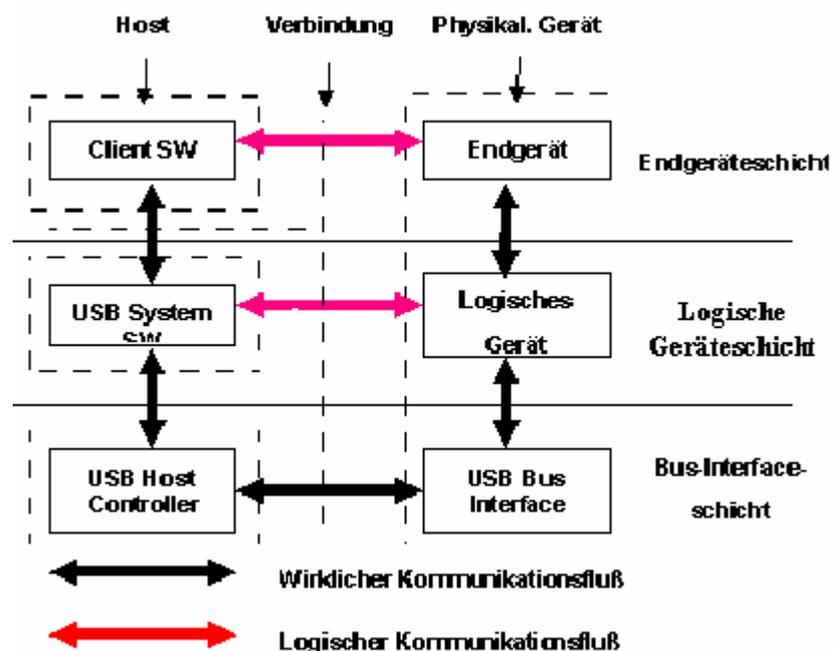
Der USB hat eine über vier Stufen kaskadierte Sterntopologie (Bustopolpy1.bmp). Über einen Hub (Verteiler) ist die Peripherie sternförmig angeschlossen. Jede Verbindung Host-Hub, Hub-Hub, Hub-Node stellt eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung dar.

Es gibt nach Vereinbarung nur einen Host im System, der den USB-Host-Controller aufnimmt.



## 2. USB Architektur:

Ähnlich zu Konzepten wie z.B. dem OSI-Referenzmodell findet auch bei USB die Kommunikation auf mehreren Ebenen statt. Abbildung 1 zeigt einen Überblick über das Kommunikationsmodell von USB.



Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass auf dem Host drei wichtige Komponenten zu beachten sind:

1. **Client Software.** Hierbei handelt es sich um Gerätetreiber, welche mit Funktionen auf USB Geräten End-zu-End Kommunikation betreiben. Beispiele dafür sind z.B. ein USB Maustreiber.
2. **USB System Software.** Diese Softwarekomponente ist unabhängig von speziellen USB-Gerätetypen und -eigenschaften, auf ihrer Ebene wird Kommunikation mit den logischen Geräten, also den Geräten als Ganzes, betrieben. Zu ihren Aufgaben gehört das Managen der Geräte, so z.B.:
  - 1) das Erkennen neu angeschlossener Geräte an einem Bus,
  - 2) Grundsetup eines Geräts (u.a. Zuweisen einer eindeutigen Nummer auf dem Bus),
  - 3) Erkennen, dass Geräte vom Bus getrennt wurden etc.
3. **USB Host Controller.** Der Host Controller ist einerseits eine Hardwarekomponente, welche Pakete auf dem Bus übermittelt, andererseits gehört zu ihm auch eine Softwarekomponente (Host Controller Treiber), die seine Steuerung übernimmt und die Schnittstelle zur USB Systemsoftware herstellt.

Eine Zusatzbemerkung: Ein Host kann durchaus mehrere Host Controller (auch verschiedenen Typs) besitzen, mit der Folge, dass die USB Systemsoftware mehrere Busse zu verwalten hat.

### **Host Controller**

Fast alle Mainboards für PC-Systeme, welche heutzutage im Handel erhältlich sind, wurden mit einem sogenannten USB Host Controller ausgestattet.

Diese Host Controller verfügen über zwei bis vier Ports. Es sind dies die Hardwareschnittstellen, an welche USB fähige Geräte angeschlossen werden können. Die Ports des Host Controllers werden auch – zusammengefasst – als Root-Hub bezeichnet.

USB ist eine hierarchische Implementation eines Bussystems. Der im PC-System eingebaute Host Controller ist nicht nur Wurzel des physikalischen Baumes der angeschlossenen Geräte, sondern auch der Master über den ganzen Bus. Er benutzt ein Master/Slave-Protokoll, um mit den angeschlossenen Geräten zu kommunizieren; dies bedeutet, dass jede Art des Datentransfers auf dem Bus von ihm initiiert wird. Es gibt also nur zwei Arten von Kommunikation auf dem Bus: Entweder sendet der Host Controller Daten zu einem Gerät oder aber ein Gerät sendet Daten zum Host Controller (nachdem es dazu von ihm aufgefordert wurde). Die direkte Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten auf dem Bus ist nicht möglich. USB wurde nicht als allgemeines Bussystem für beliebige Anwendungen konzipiert, sondern explizit als Schnittstelle zwischen Peripheriegeräten und einem Host.

Das USB Protokoll hat einige Vorteile gegenüber komplexen Busprotokollen:

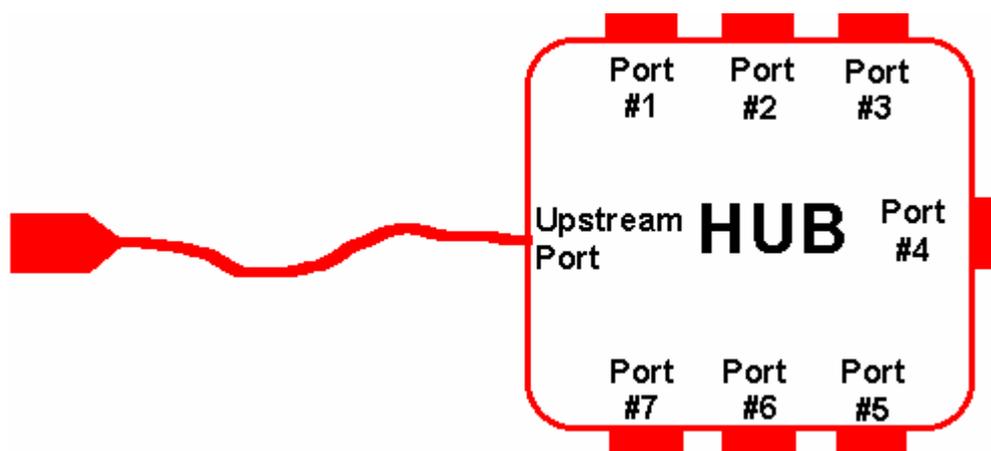
- Einfache Implementation
- Kostengünstige Hardware
- Keine Kollisionserkennung nötig (da der Host Controller den Bus steuert)

### USB Geräte

USB fähige Geräte können auf verschiedene Arten eingeteilt werden. Eine der interessantesten Eigenschaften von USB Geräten (und ganz allgemein von USB) ist die Existenz von verschiedenen Übertragungsgeschwindigkeiten. Es gibt Low-speed (1,5 Mbit/s), Full-speed (12Mbit/s) und High-speed (144Mbit/s) USB Geräte – und trotzdem können alle am selben Bus koexistieren. Geräte, welche High-speed unterstützen, wurden allerdings erst in der neusten USB Spezifikation (Revision 2.0 vom 27. April 2000) eingeführt.

### Hubs

USB Hubs sind Geräte, welche die Eigenschaft haben, dass sie die Anzahl der verfügbaren Ports des Busses erhöhen. Wenn man also nicht genügend Ports am Computer besitzt, kann man an einen dieser Ports einen Hub anschließen und hat dann, je nach Modell des Hubs, zwei bis acht weitere freie Ports zur Verfügung.



*Prinzipdarstellung eines Hubs mit einem upstream- und sieben Downstream-Ports*

Wenn ein Hub mit einem eigenen Netzteil ausgestattet ist, kann er die Stromversorgung auf seinen Ports selbst in die Hand nehmen, so dass der übergeordnete Hub entlastet wird. USB Hubs dürfen nicht mit gängigen Ethernet-Hubs verwechselt werden: Während

Ethernet-Hubs nur eine rein physikalische Verstärkung und Verteilung eines Signals zur Aufgabe haben, besitzen USB Hubs auch eine logische Einheit welche wie jedes andere USB Gerät am Bus angesprochen werden kann. Deshalb reduziert sich auch die maximale Anzahl von Geräten am Bus mit jedem angeschlossenen Hub, die Ausnahme bildet nur der implizite Root-Hub am Host-Controller (in der Literatur deshalb auch oft als "virtueller" Hub bezeichnet.) Hubs sind immer Full- oder High-speed USB Geräte. An den Ports eines High-speed Hubs kann man beliebige USB Geräte anschließen, an die eines Full-speed Hubs

jedoch nur Low- und Fullspeed Geräte. Die USB System Software prüft periodisch alle Hubs, um festzustellen ob ein neues Gerät angeschlossen (oder auch abgehängt) wurde. Die Hubs können zu jedem Zeitpunkt angeben, an welchen ihrer Ports Geräte angeschlossen sind und welche Geschwindigkeit diese Geräte unterstützen.

### 3. Transferarten auf dem Bus:

Die Transferierung von Daten auf dem Bus geschieht immer in einer von zwei Richtungen:

Entweder "**downstream**", also vom Host Controller zu einem Gerät, oder aber "**upstream**", von einem Gerät zum Host Controller.

USB spezifiziert vier verschiedene Arten von Transfers, wobei nicht jedes Gerät alle vier Transferarten unterstützt:

- 1) **Control Transfers** werden von allen USB Geräten unterstützt. Sie dienen dazu, kurze Datenpakete sicher zu transferieren.  
Der Zweck von Control Transfers ist das Konfigurieren von Geräten auf dem Bus.
- 2) **Bulk Transfers** werden benutzt um grössere Datenmengen zuverlässig zu transferieren. Vor allem Massenspeichergeräte machen von dieser Möglichkeit Gebrauch.
- 3) **Interrupt Transfers** dienen dazu, kurze Datenpakete in periodischen Abständen über den Bus zu transferieren, das gewünschte Intervall kann dabei in 1ms Schritten von 1ms bis 256ms variiert werden. Diese Transferart wird meist von Mäusen, Tastaturen und anderen Eingabegeräten verwendet.
- 4) **Isochronous Transfers** werden für Endlos-Datenströme von Realtime-Anwendungen verwendet (vor allem Audio- und Video-Applikationen.) Diese Transferart garantiert eine gewisse Busbandbreite, jedoch besteht keine Garantie für die korrekte Übertragung der Daten.