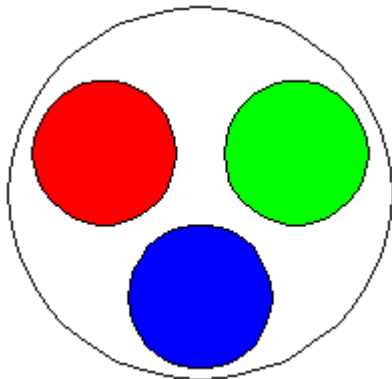


Grafikkarten-Anschlüsse

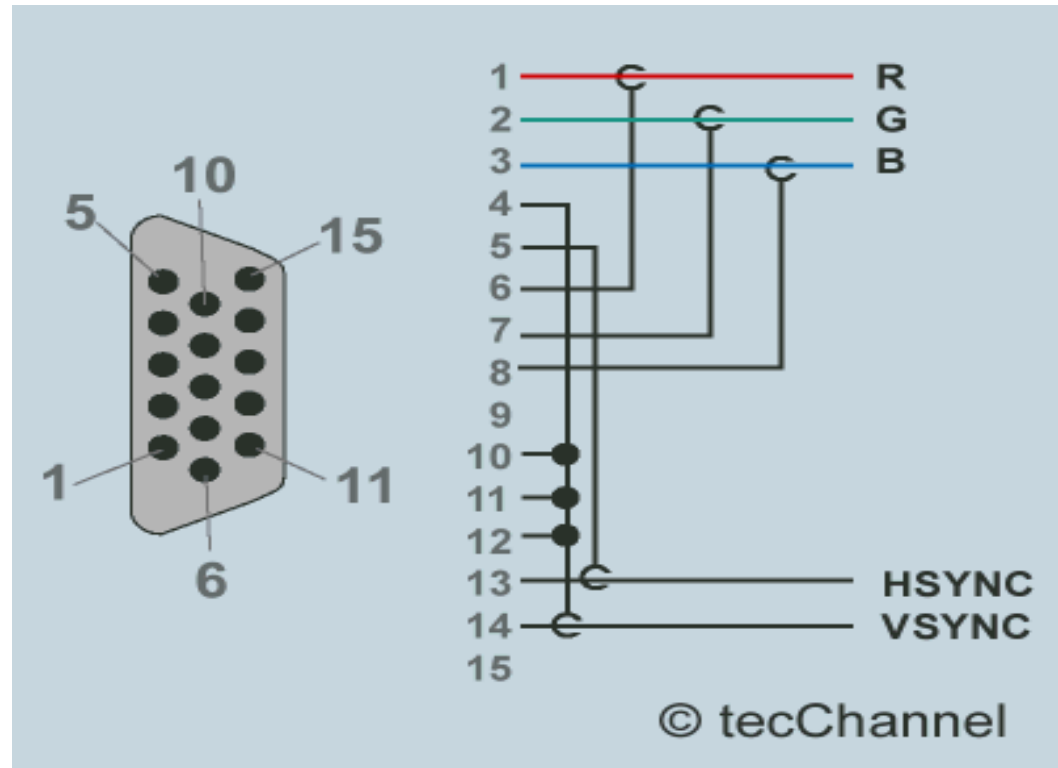
- **VGA** (Video Graphics Array)
- **TV-Out**
 - S-VHS (Mini DIN) oder Composite (Chinch)
- **DVI** (Digital Visual Interface)
- **HDMI** (High Definition Multimedia Interface)
- **Display-Port**
- **Thunderbolt**

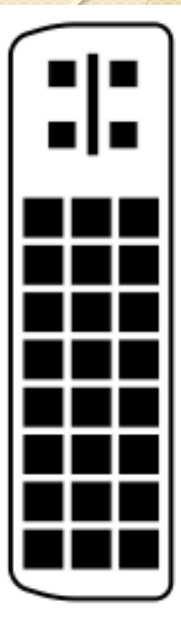
VGA/D-Sub

- Schnittstelle für analoge Video-Signale
- 15-polige Stecker (D-SUB)
- RGB-Signal
- H/V-Sync-Signal



Ein Pixel





DVI – Digital Visual Interface

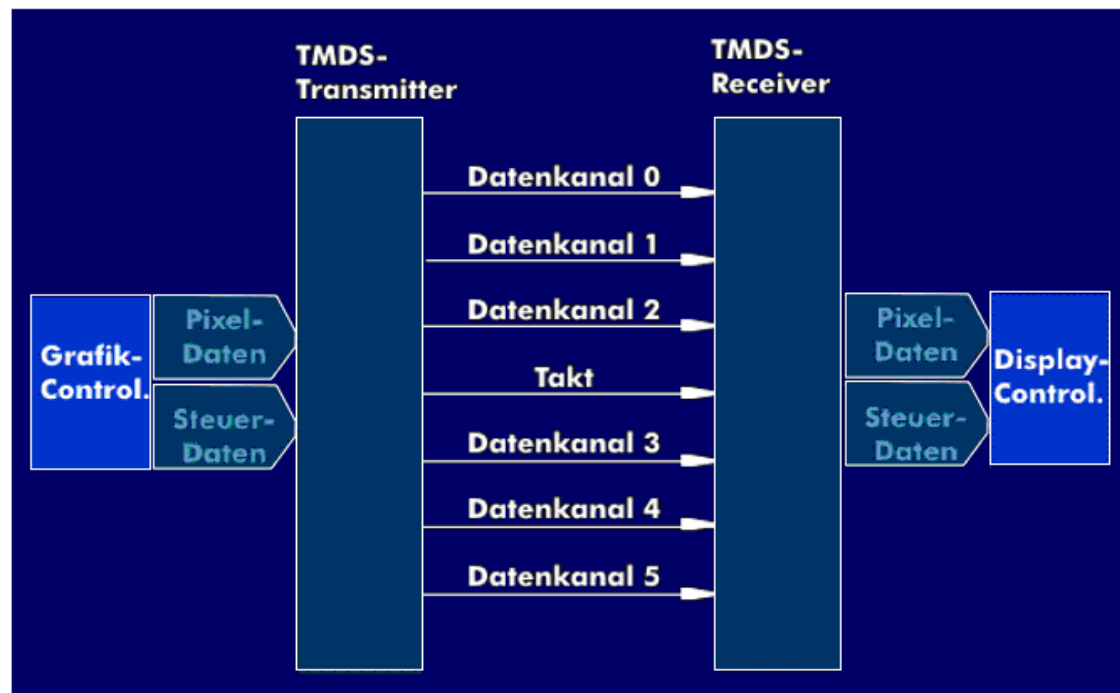
- Schnittstelle für (analoge) und digitale Videosignale.
- Vorteile gegenüber VGA
 - Keine Digital>Analog Wandlung erforderlich (RAMDAC)
 - ... und kein Analog>Digital im Monitor ...
 - Bessere Bildqualität

Technik DVI

TMDS -Transition Minimized Differential Signaling

TMDS Transmitter und Receiver

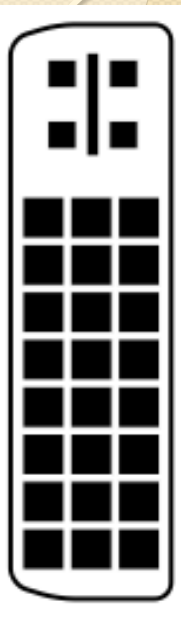
- wandelt die drei Farbkanäle in ein serielles digitales Signal mit 3 Kanälen um





DVI Technik

- Varianten:
 - Single-Link-Verfahren
 - Ein TMDS-Kanal mit 3 Datenkanälen
 - Max. Auflösung etwas über FullHD (1920x1080)
 - Dual-Link-Verfahren
 - Zwei TMDS-Kanäle mit 6 Datenkanälen
 - Max. Auflösung unter 4K (~2970 x 1855 Pixel)



DVI

- Leitungslänge:
 - Maximal 5m
 - Größere Entfernungen kann man mit
 - DVI Verstärkern
(Entfernung lt. Datenblatt)
 - Super-Long-Distance Kabeln (15 bis 20 Meter)
 - Optischen Übertragungssystemen überbrücken.

DVI Varianten

- Ein DVI Stecker hat 2 Bereiche
 - Analogteil (1-5 Pins)
 - Digitalteil max. 24 Pins



- DVI- I (Integrated)
- DVI- D (Digital)
- DVI- A (Analog)



DVI-I (Integrated)

DVI-I überträgt analoge wie auch digitale Signale.

Varianten

- 18+5 (Single Link) und 24+5 (Dual Link).



- Mit einem DVI-I aufVGA-Adapter kann man einen Bildschirm mit VGA-Schnittstelle an einer DVI-Schnittstelle betreiben.



DVI-D (Digital)

DVI-D überträgt ausschließlich digitale Signale.

Varianten

- 18+1 (Single Link) und 24+1 (Dual Link).



- Mit dem DVI-D Dual-Link werden hochauflösende Bildsignale übertragen.
- VGA-Ausgabe: Keine Adapter möglich !!



DVI-A (Analog)

DVI-A überträgt ausschließlich analoge Signale

Variante 12+5:



- Dieser Stecker kann im rechten Bereich auch weniger Stecker haben.
- Verbreitung: eher selten (ausgenommen DVI-VGA-Adapter)

HDMI

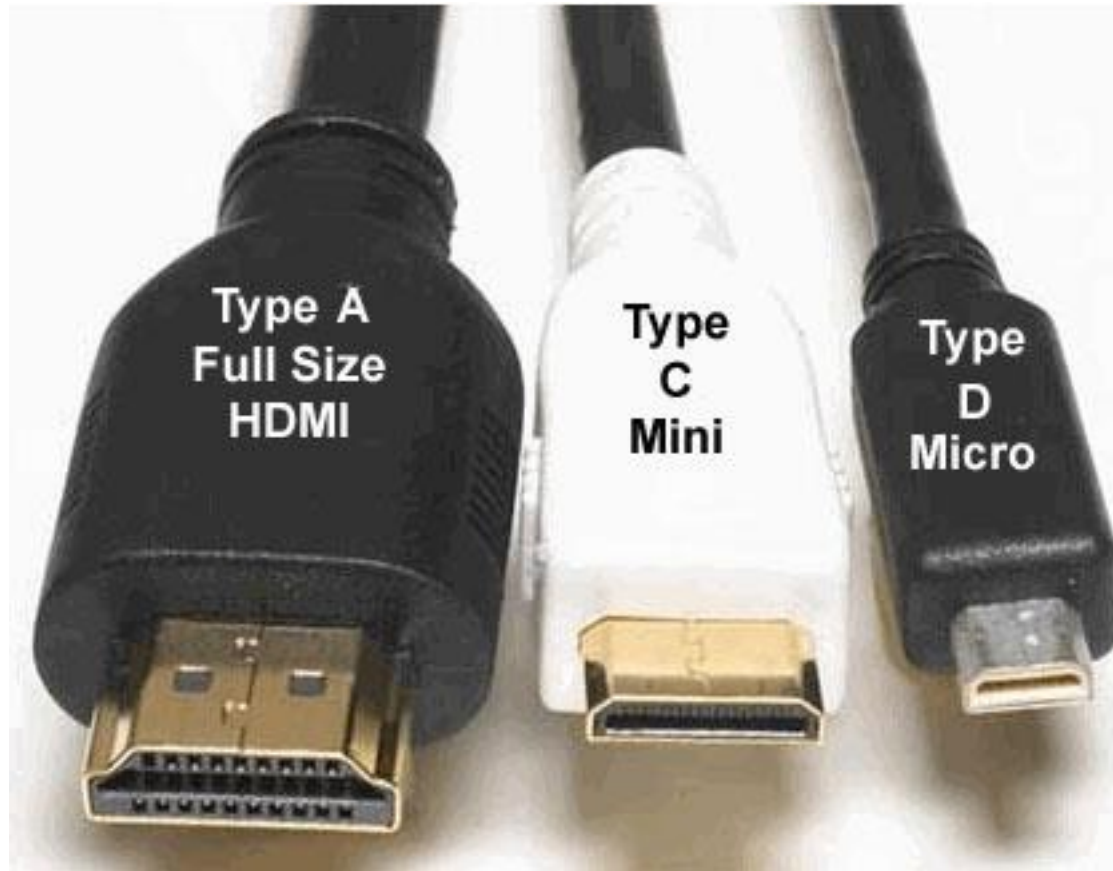
(High Definition Multimedia Interface)

- Volldigitale Übertragung von Audio- **und** Video Signale in der Unterhaltungselektronik
- Kompatibel zu DVI-D
 - DVI-D ist ohne Audio Übertragung !
 - Übertragungsverfahren: TMDS Verfahren
 - Single und Dual-Link Varianten.

HDMI

- Verschiedenste Standards seit 2003
 - HDMI 1.3, 1.3a/b/v, 1.4/a, 2.0 ...
 - übertragbare Videobandbreiten und Audioformate
 - 1080p, 1440p, 2160p (vertikale Auflösungen)
 - Dolby TrueHD
 - Übertragung von Ethernet, ...
 - Ab HDMI 1.3 höhere Bandbreiten
 - höhere Anforderungen an die Kabel!
- HDCP
 - „High Definition Copy Protection“ bzw. „High-bandwidth Digital Content Protection“
 - Verhindert Übertragung (Kopieren ...) auf „unsichere“ Ausgabegeräte

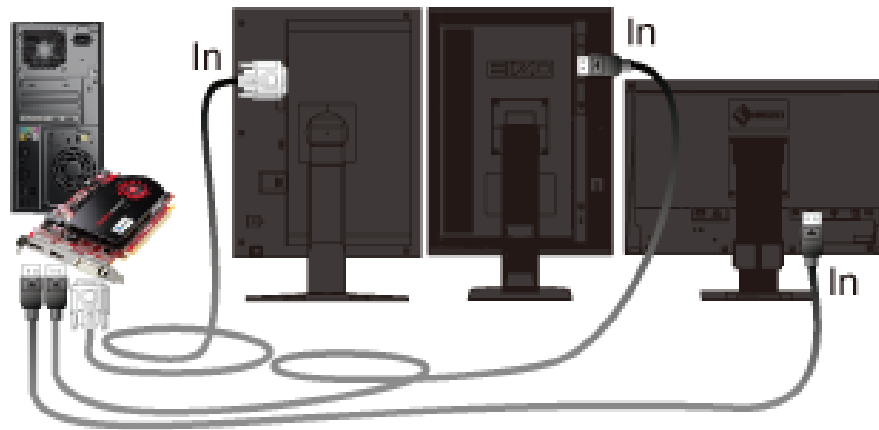
HDMI - Schnittstellen



DisplayPort

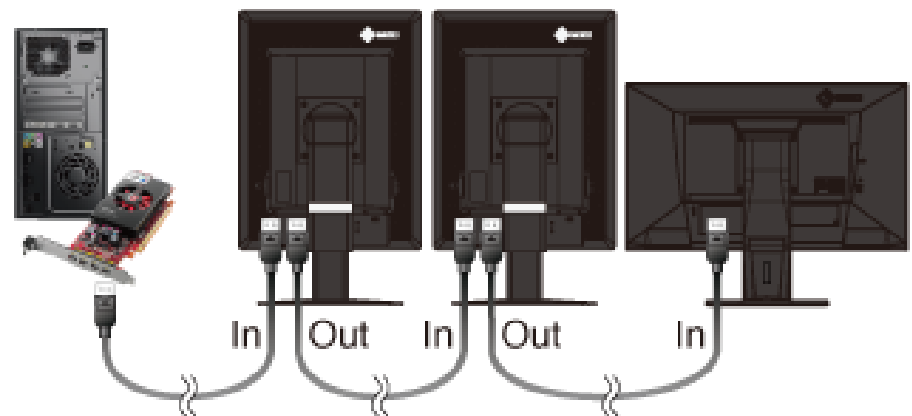
- Übertragung von digitalen Audio- und Videosignalen
- Datenübertragungsraten für Auflösungen von 4K (2560p) und mehr
- Kompatibilität
 - Andere Schnittstellen-Technik in DP integriert – Ausgabe häufig mit passiven Adaptern möglich

DisplayPort – Monitore anschließen



Without DisplayPort Output

- „Daisy-Chain“



With DisplayPort Output

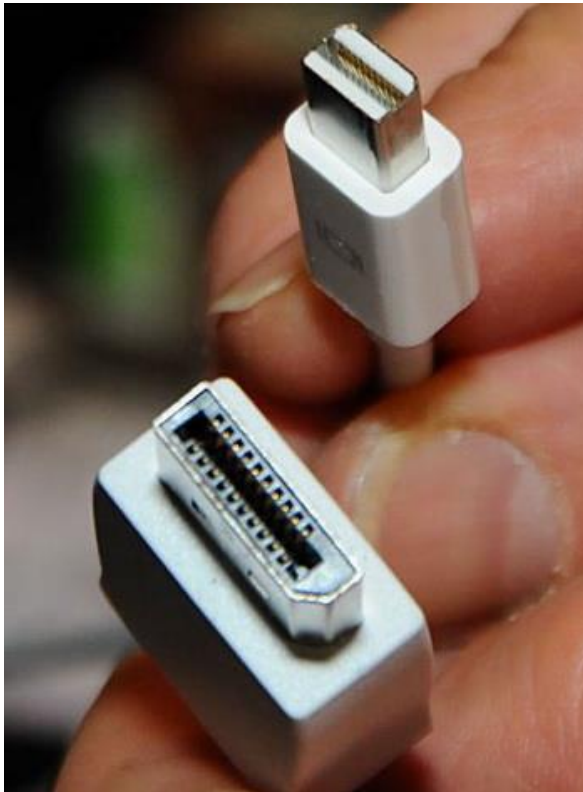
DisplayPort - Kompatibilität

- Passive Adapter:
 - Ohne aktive Elektronik
Umsetzung des Signals
 - DVI, HDMI
- Aktive Adapter
 - Zusätzliche aktive Elektronik nötig
 - VGA, Dual-Link-DVI





Mini-Displayport



DisplayPort / HDMI / DVI-D



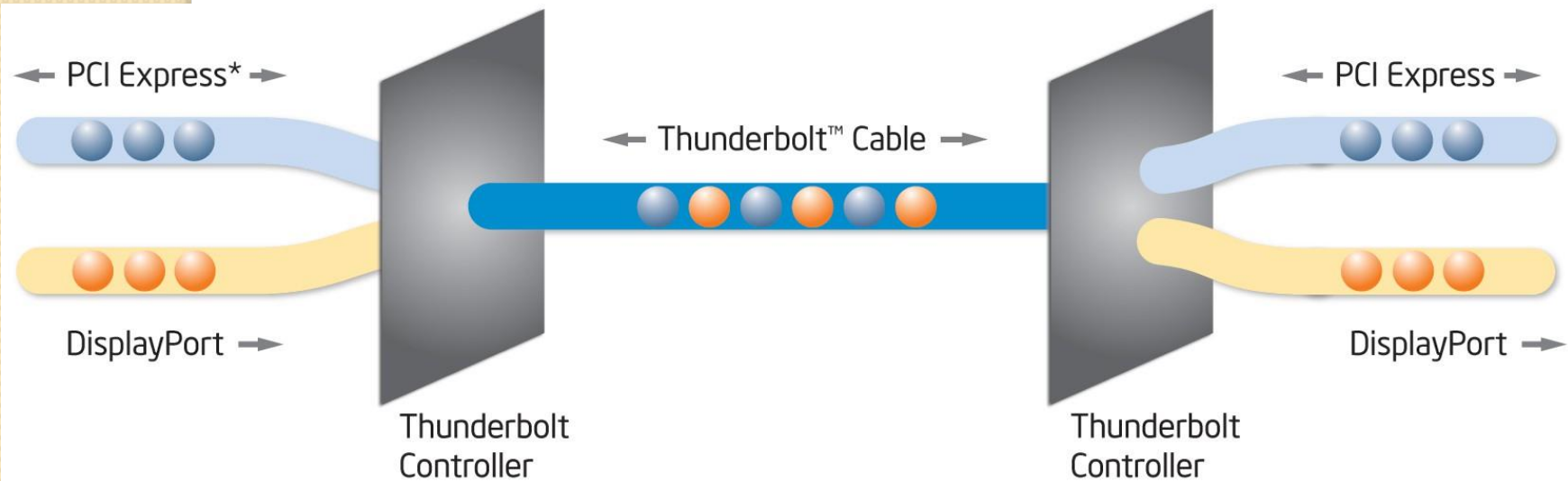
Mobile-HD-Link / HDMI / DP-In /mDP / DP Out

Thunderbolt

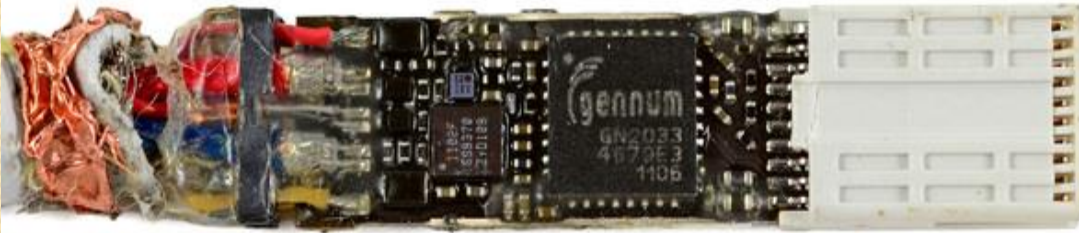
- Digitale Schnittstelle
- Kombination von
 - PCI-Express
 - Display-Port
- Universelle Schnittstelle für
 - Audio, Video
 - Daten (Festplatten, Netzwerk, ...)
- Geschwindigkeit 10-40GBit/s (Voll-Duplex)

Thunderbolt Technik

- „Tunneln“ von PCI-Express und Display-Port über ein Kabel
 - Bis zu 4 PCIe-Lanes
 - Bis zu 2x DP 1.2
- Stromversorgung für Geräte (bei Kupfer-Kabel)
- Aktive Kabel (Elektronik im Stecker)



Thunderbolt Kabel



- Kupferkabel bis 3m
- Optische Kabel möglich
- Reihenschaltung von bis zu 6 Geräte
 - „Daisy-Chain“
- Stecker mechanisch und elektrisch zu
 - Mini-Display-Port kompatibel (TBI/2)
 - Thunderbolt 3 per USB Typ-C Stecker

Thunderbolt - Geschichte

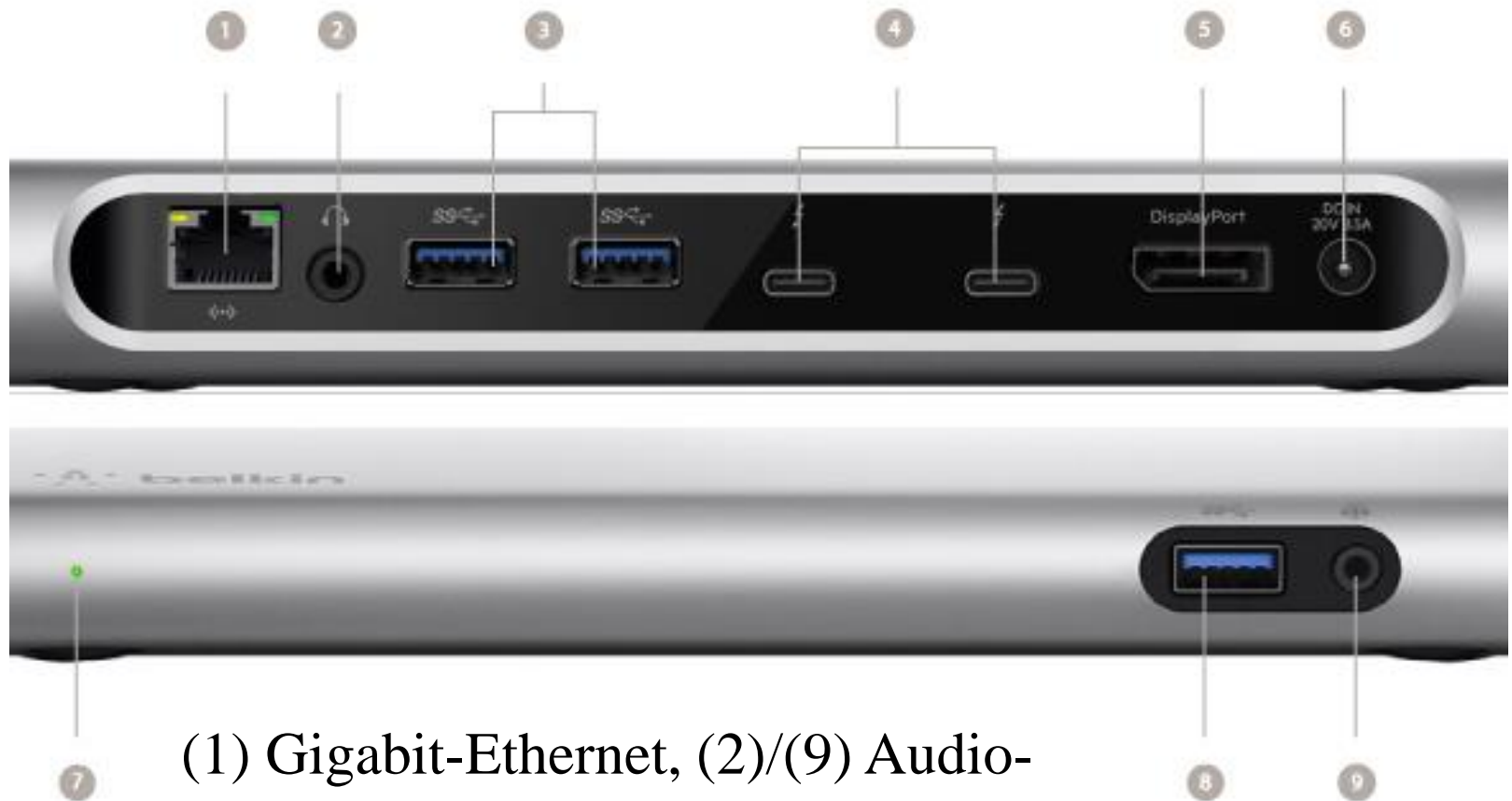
- Entwicklung von Apple und Intel
- Als „Light-Peak“ von Intel am IDF 2009 vorgestellt
- 2011 offiziell als Thunderbolt vorgestellt
 - Erste Anwendungen von Apple
 - 2012 auf ersten Mainboards für die „Windows-Welt“
- 2015: Implementierung als Alternate Mode in USB 3.1 (über USB Typ C)

Thunderbolt - Geräte

- HD-Displays
- Kameras, HD/3D Videocapturing
- Externe Speicherlösungen
 - HDD's, SSD's
 - Raid-Storage-Lösungen (zB. Promise, LaCie)



Thunderbolt – Geräte: Docking Stations



(1) Gigabit-Ethernet, (2)/(9) Audio-Ausgang, (3) zweimal USB-A 3.0, (4) zweimal Thunderbolt 3 via USB-C, (5) DisplayPort, (6) Strom, (7) LED zum Verbindungsstatus, (8) einmal USB-A 3.0.

Thunderbolt-Probleme

Thunderbolt 1 und 2:

- ... der Preis und die Verbreitung
 - Auf Apple Rechnern und wenigen Intel-Boards
 - Controller-Chips teurer als USB 3.0
 - Kabel recht teuer (3m ~ € 40,-)
 - Geräteauswahl überschaubar
 - Eher High-End-Geräte und Nischenprodukte verfügbar

Seit Thunderbolt 3 Besserung

- Bereits über 1.400 Notebooks mit TB3 im Preisvergleich
- „schon“ ab ca. 700,-