

# 3D XPoint

Patrick Wittke

Arbeitsbereich Wissenschaftliches Rechnen  
Fachbereich Informatik  
Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften  
Universität Hamburg

2015-06-07

# Gliederung (Agenda)

- 1 Einleitung
- 2 Architektur
- 3 Schnittstellen
- 4 Dateisysteme
- 5 3D XPoint im Vergleich
- 6 Zusammenfassung
- 7 Literatur

# Einleitung

- Was ist überhaupt 3D-XPoint ?
  - Die Entwickler sind Intel und Micron Technology
  - 3D-XPoint wurde im Juli 2015 vorgestellt
  - Nicht flüchtiger Speicher
  - 3D XPoint Technologie soll als SSD (Optane) und im Dimm Format auf dem Markt erscheinen



Abbildung: Timeline

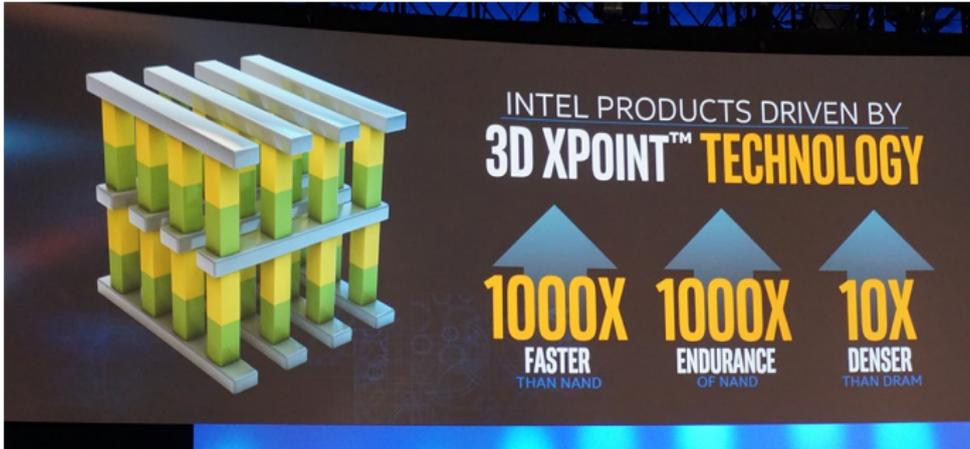


Abbildung: Plakat bei Intels Präsentation

# Welche Vorteile hat 3D-XPoint

- Soll die Vorteile von DRAM und NAND-Flash vereinen
- 1000 mal schneller und haltbarer als Flash Speicher
- Bis zu 10 mal höhere Speicherdichte als DRAM
- Kostengünstiger als DRAM
- Benötigt keine externe Stromzufuhr
- Nicht flüchtiger Speicher
- Benötigt keine Transistoren

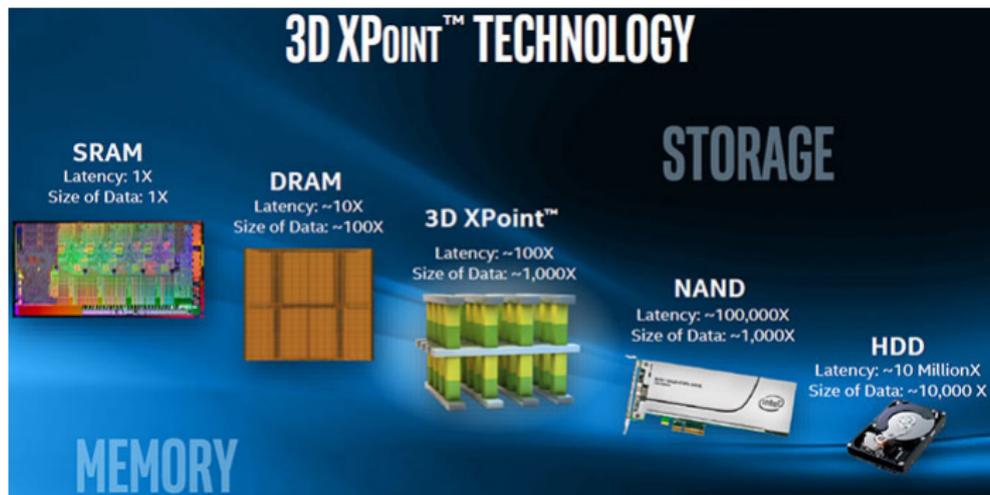


Abbildung: Einordnung von 3D-XPoint

# Architektur

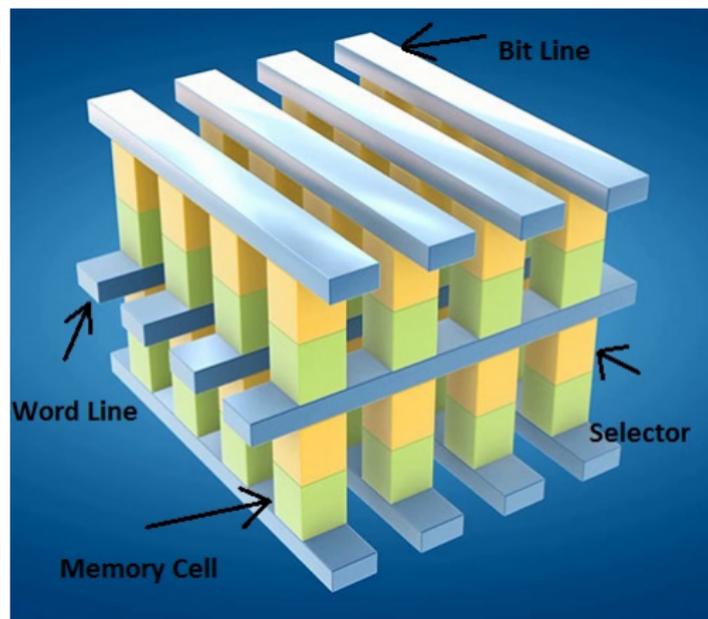


Abbildung: Aufbau 3D-XPoint

- Memory Cell : Speichert jeweils ein Bit
- Selector : Ermöglicht das lesen und schreiben der Memory Cell
- Word Line and Bit Line : Erlaubt es die Zellen einzeln anzusprechen

# Word- und Bit Line

- Die Word Line wird mit einer gewissen Stromspannung versetzt
- Je nach dem ob gelesen oder geschrieben wird
- Die Bit Line wählt aus welche Speicherzelle auf der Horizontalen ausgelesen wird

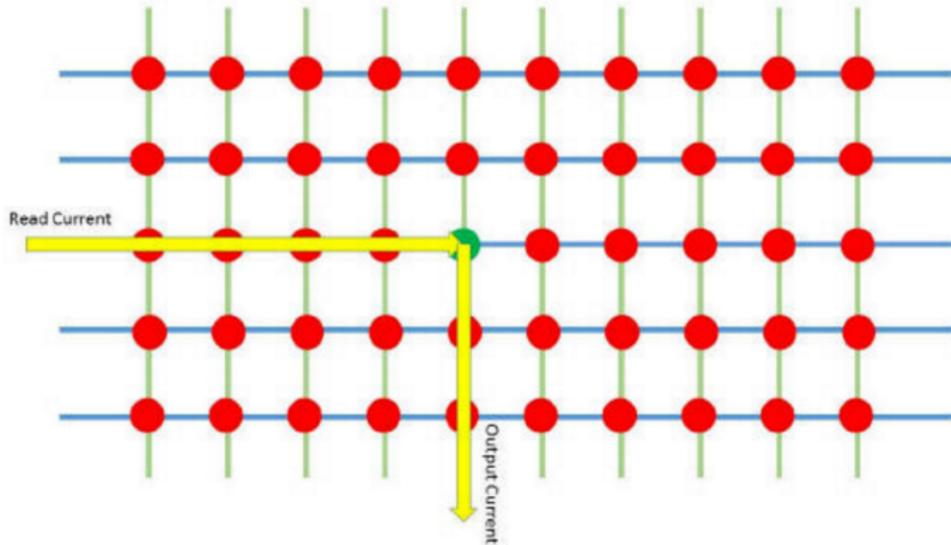


Abbildung: Word- und Bit Line

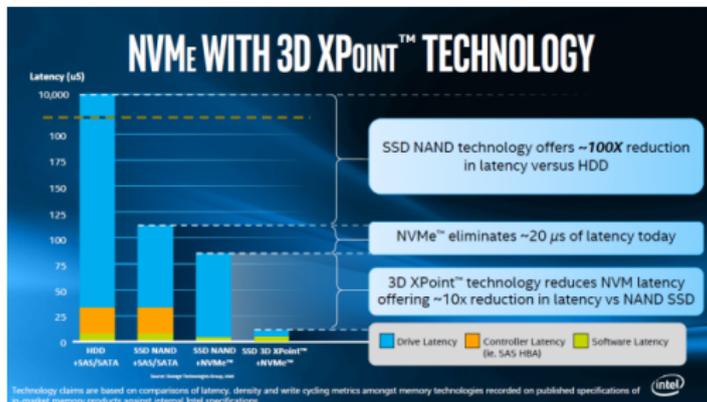


Abbildung: Latenz Vergleich

- Die niedrige Latenz ergibt sich aus der Kreuzung der Word- und Bit Line
- Selectors statt Transistoren
- Kleine Speicherzellen
- Das verwendete Material (Welches verwendet wird ist nicht bekannt)

# Phase-Change-Memory

- Speichert in dem der Elektrische Widerstand eines Speichermaterials geändert wird
- Es handelt sich dabei um eine Chalkogenid-Legierung
- Es kann in amorpher Form (hoher Widerstand) oder in kristalliner Form(geringer Widerstand) vorliegen

# Aufbau

- Das Speicherelement besitzt eine Top-Elektrode und eine Bottom-Elektrode
- Dazwischen liegt das Phasenwechselmaterial und der Heizer

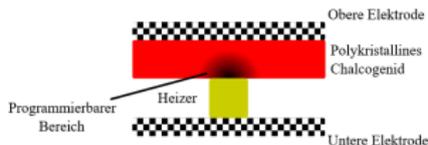
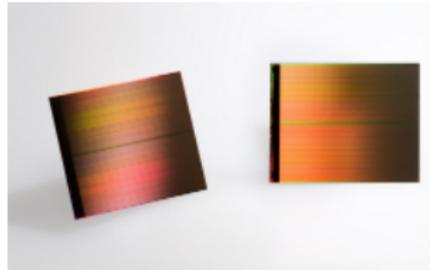


Abbildung: Aufbau von Phase-Change-Memory

# Funktionsweise

- Erhitzung durch ein Stromimpuls höherer Stromstärke und geringer Dauer -> Amorpher Zustand
- Erhitzung durch ein Stromimpuls geringerer Stromstärke und längerer Dauer -> Kristalliner Zustand
- Ausgelesen wird indem eine Spannung angelegt wird, die zu gering ist, um einen Phasenwechsel auszulösen
- Je nach Zustand fließt ein anderer Strom, welches zum Auslesen genutzt wird

- Dies erübrigt den Nutzen von Transistoren
- Vorteile sind :
  - Kostengünstigere Herstellung
  - Eine wesentlich höhere Packungsdichte



**Abbildung:** Jeder Die schafft 128Gb zu speichern

# NVM Express



- NVM Express = Non-Volatile Memory Express
- NVM Express ist ein Protokoll für nicht flüchtigen Datenspeicher
- Wurde für SSDs mit direkter PCI-Express Anbindung entwickelt

- Benutzt Universaltreiber (Funktioniert mit fast allen Betriebssystemen)
- Versucht möglichst viele Einzelzugriffe zu großen Datentransfers zusammenzufassen
- Spart Strom und schont die CPU-Ressourcen
- NVM Express unterstützt 64.000 Befehle pro Warteschlange und 64.000 Warteschlangen

NVM Express

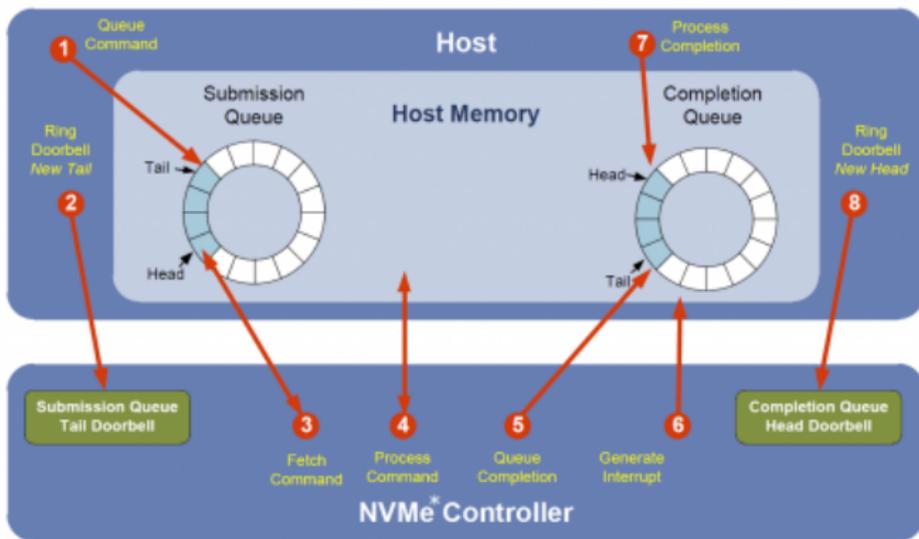


Abbildung: Schematischer Aufbau NVMe

# PCI Express

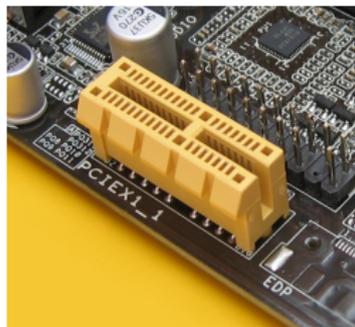


Abbildung: PCIe-Slot

- PCI Express = Peripheral Component Interconnect Express

- Serielle Punkt-zu-Punkt-Verbindung
- Für das Senden werden Parallel-zu-seriell-Wandler verwendet
- Für das Empfangen werden Seriell-zu-parallel-Wandler verwendet
- PCI Express ist voll kompatibel zu PCI
- PCI Express ist vollduplexfähig
- Je nach Version 250, 500 oder 1000 MB/s pro Lane und Richtung

## PCI Express

	PCIe 1.0/1.1	PCIe 2.0/2.1	PCIe 3.0	PCIe 4.0
<b>Erschienen</b>	2003	2007	2012	~2017 <sup>[1]</sup>
<b>Transfers/s (je Lane und Richtung)</b>	2,5 <u>GT/s</u>	5,0 GT/s	8,0 GT/s	16,0 GT/s <sup>[2]</sup>
<b>Kodierung</b>	8b10b	8b10b	128b130b	128b130b
<b>Lanes (Breite)</b>				
×1	250 MB/s <sup>[3]</sup>	500 MB/s	985 MB/s	1969 MB/s
×2	500 MB/s	1000 MB/s	1969 MB/s	3938 MB/s
×4	1000 MB/s	2000 MB/s	3938 MB/s	7877 MB/s
×8	2000 MB/s	4000 MB/s	7877 MB/s	15754 MB/s
×16	4000 MB/s	8000 MB/s	15754 MB/s	31508 MB/s
×32 <sup>[4]</sup>	8000 MB/s	16000 MB/s	31508 MB/s	63015 MB/s

Abbildung: PCIe-Versionen

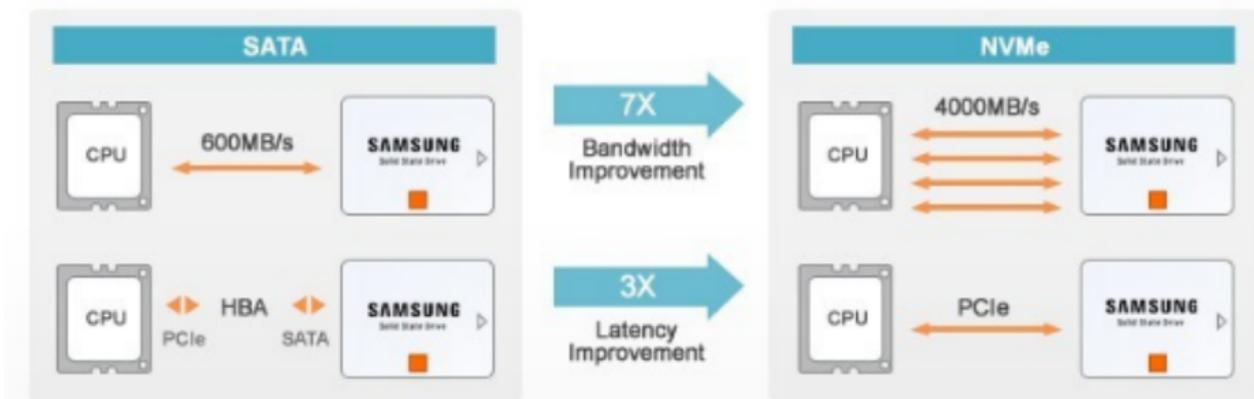


Abbildung: NVM Express im Vergleich

Speicher	Geschwindigkeit
Festplatte	100 MB/s
SSD (AHCI) mit SATA-Anschluss	500-600 MB/s
SSD (AHCI) mit PCIe-Anschluss	1000 MB/s (1 Lane)
SSD (NVME) mit PCIe-Anschluss	4000 MB/s (4 Lanes)

# Aktuelle Dateisysteme

- Aktuelle Dateisysteme sind für HDDs und SSDs ausgelegt
  - -> nicht für nicht flüchtigen Hauptspeicher
  - Zu großer Overhead um das ganze Potenzial auszunutzen
  - Dateisysteme die für RAM ausgelegt sind bieten keine Konsistenz
- 3D-XPoint Dimms sind zu langsam als alleiniger Hauptspeicher
  - -> DRAM muss weiterhin verwendet werden ( 2 Hauptspeicher )

# Nova

- Nova entwickelt um hybride Speichersysteme zu unterstützen
- Minimiert unnötigen Overhead
- Aufgabenverteilung
- Schafft Konsistenz
- Operationen werden in Pakete geschickt statt nur atomar

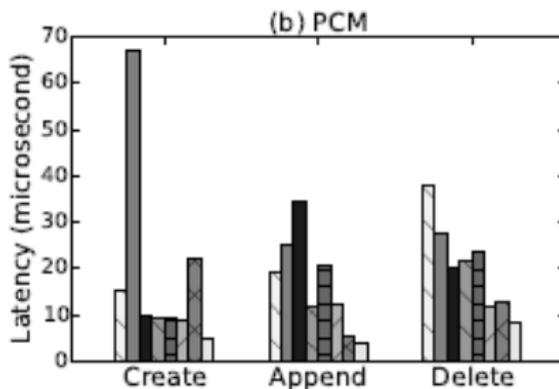


Abbildung: Phase Change Memory mit Nova

## 3D XPoint im Vergleich

Es wird eine Optane SSD mit einer SSD verglichen mit NAND Technologie

- Im live Test schaffte die Optane eine Geschwindigkeit von 1,6 GByte die Sekunde
- Die SSD mit NAND benötigte 4 mal so lange

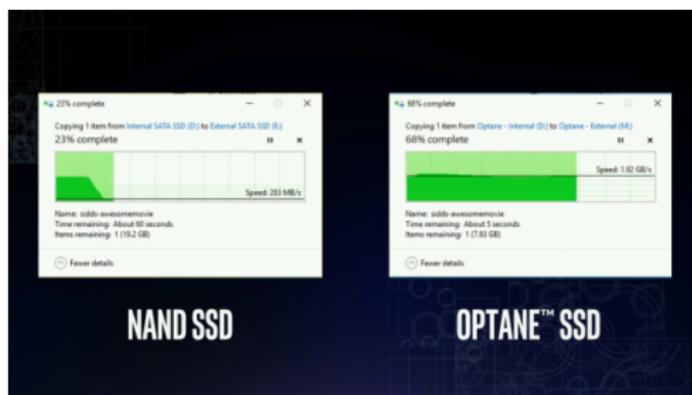


Abbildung: Optane im Vergleich

- Die 3D-XPoint Architektur soll wesentlich Haltbarer sein als Flash-Speicher
- Die Adressierung geschieht in Bytes, nicht in Blöcken
- Räumlich gesehen kleinere Chips, welche bei gleichen Platzverbrauch 10 mal so viel Speicherkapazität anbieten wie DRAM
- geringere Latenz
- Kann extrem viele Input-/Output Operationen bearbeiten

3D XPoint im Vergleich

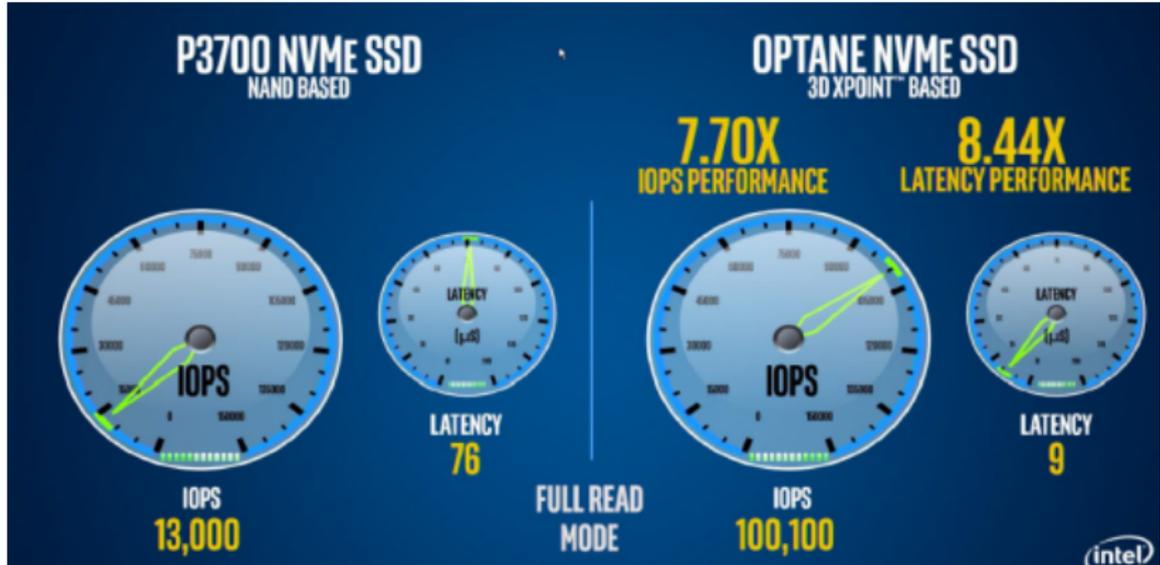


Abbildung: Optane im Vergleich

# Zusammenfassung

- 3D-XPoint wird seinen Platz als Speicher finden
- Nutzen bei großen Servern und Heimrechnern
- Intel's und Micron's Zahlen sind unrealistisch
- Löst nicht DRAM und/oder NAND ab

# Literatur

- Abbildung Timeline:  
<https://c.mobilegeeks.de/wp-content/uploads/2015/07/Intel-3DXPOINTSpeicher-Geschichte-Kopie.jpg>
- Abbildung Plakat bei Intels Präsentation:  
<http://www.hardwareluxx.de/images/stories/newsbilder/aschilling/2015/octane-2.jpg>
- Abbildung Einordnen von 3D-XPoint:  
<http://hexus.net/media/uploaded/2015/8/916315ad-33b7-40ea-9e10-74171bc47e08.jpg>
- Abbildung Aufbau 3D-XPoint:  
<https://newsroom.intel.com/news-releases/intel-and-micron-produce-breakthrough-memory-technology/>

- Abbildung Latenz Vergleich:  
<http://www.golem.de/news/3d-xpoint-intels-optane-ssds-sollen-2016-erscheinen-1606-121454.html>
- Abbildung Aufbau von Phase-Change-Memory:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Phase-change\\_random\\_access\\_memory](https://de.wikipedia.org/wiki/Phase-change_random_access_memory)
- Abbildung Jeder Die schafft 128Gb zu speichern:  
<https://newsroom.intel.com/press-kits/introducing-intel-optane-technologybringing-3d-xpoint-memory-to-storage-and-memory-products/>
- Abbildung Schematischer Aufbau NVMe:  
[https://www.thomaskrenn.com/de/wiki/NVMe\\_Grundlagen](https://www.thomaskrenn.com/de/wiki/NVMe_Grundlagen)

- Abbildung PCIe-Slot:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/PCI\\_Express](https://de.wikipedia.org/wiki/PCI_Express)
- Abbildung PCIe-Versionen:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/PCI\\_Express](https://de.wikipedia.org/wiki/PCI_Express)
- Abbildung NVM Express im Vergleich:  
<http://www.giga.de/extra/ssd/specials/nvme-ssdwas-ist-das-und-wie-schnell-ist-sie-einfach-erklart/>
- Abbildung Phase Change Memory mit Nova:  
<http://cseweb.ucsd.edu/swanson/papers/FAST2016NOVA.pdf>
- Abbildung Optane im Vergleich:  
<http://www.hardwareluxx.de/index.php/news/hardware/festplatten/3d-intel-zeigt-benchmarks-der-optane-ssd-mit-3d-xpoint-speichertechnik.html>