

Benjamin Benz

# Wahnsinnige Geschwindigkeit

## Doppelprozessor-Workstations für besondere Aufgaben

**Wenn für die Produktion von 4K-Videos, die Konstruktion von Maschinenteilen oder wissenschaftliche Simulationen Unmengen an Rechenpower und Speicher gefragt sind, schlägt die Stunde der Workstations. Drei Testkandidaten zeigen, welch großen Performance-Sprung diese dank Intels neuen Haswell-EP-Prozessoren, DDR4-Speicher und SSDs gemacht haben.**

Jenseits von Smartphones, Notebooks und Spiele-PCs liegt eine Welt, in der man CPU-Kerne im Dutzend und Arbeitsspeicher hundertgigabyteweise zählt, SSDs stapelweise zusammengeschaltet werden und der Kunde darauf bestehen darf, dass der Service-Techniker am nächsten Tag auf der Matte steht. Workstations richten sich an professionelle Entwickler, Designer und Ingenieure, bei denen sowohl die schiere Geschwindigkeit als auch Zuverlässigkeit und Support zählen. Dazu gehört unter anderem, dass Hersteller bestimmter Profi-Anwendungen nur dann vollen Support leisten, wenn ihre Software auf zertifizierten Geräten läuft.

Technisch geht die Workstation-Liga dort los, wo Oberklasse-PCs gerade noch so hinkommen, also bei einer CPU mit vier bis acht Kernen und maximal vier Speicherkanälen. Spannender wird es allerdings in dem Bereich, aus dem unsere drei Testkandidaten stammen: Sie haben allesamt zwei CPU-Fassungen für Intels aktuelle Haswell-EP-Chips. Die gibt es mit 4 bis 18 Kernen plus Hyper-Threading. Zusammen bringen sie es auf bis

zu 72 Threads, 80 PCIe-3.0-Lanes und 8 Speicherkanäle für theoretisch bis zu 3 TByte RAM. Ebenfalls mit an Bord sind Profigrafikkarten aus Nvidias Quadro-Familie, PCIe-SSDs respektive SAS-Controller für RAID-Verbünde aus acht SSDs sowie Fernwartungsfunktionen und Tuning-Tools, die die Hardware im laufenden Betrieb an die Software und deren Macken anpasst.

Einstiegskonfigurationen gibt es in den Shops der großen Hersteller bereits für etwas über 2000 Euro. Doch das sind wenig sinnvolle Lockangebote – etwa weil nur in einem der beiden Sockel eine CPU steckt. Mit zwei nicht allzu fetten CPUs, 32 GByte RAM, je einer SSD und Platte sowie einer Profigrafikkarte der gehobenen Mittelklasse landet man schnell im Bereich zwischen fünf- und zehntausend Euro. Ein voll aufgebrezeltes System kostet dann aber locker so viel wie ein opulent ausgestatteter VW Golf. Unsere drei Testkandidaten liegen mit Preisen von 6000 bis 16 200 Euro zwischen diesen Extremen, bieten jedoch schon den ein oder anderen Leckerbissen.

Das Grundgerüst für alle Dual-Socket-Workstations liefert Intel: Jede der zwei CPU-Fassungen vom Typ LGA2011 v3 nimmt Xeons der Baureihe E5 v3 (alias Haswell-EP) auf.

Der Chipsatz C612 ist eng verwandt mit dem von Gaming-PCs bekannten X99. In ihren Grundkonfigurationen nutzen bis auf HP alle Hersteller die SATA-6G-Ports des Chipsatzes – zumindest für langsamere Festplatten oder SSDs. Schnellere Storage-Systeme hängt man indes nicht an den Chipsatz, sondern per PCI Express direkt an die CPUs.

Als Arbeitsspeicher kommt nur DDR4 mit der Speicherschutztechnik ECC auf Registered-Modulen in Frage. Jede CPU hat vier Speicherkanäle, die wiederum je einen oder zwei DIMM-Slots versorgen – von der Server-Option, drei Slots an einen Kanal zu hängen, macht keine der getesteten Workstations Gebrauch. Aber auch so kann man mit Standard-Modulen bereits 256 GByte stecken. Noch mehr geht mit LR-DIMMs.

Aber Achtung: Der Arbeitsspeicher wird schnell teurer als alle anderen Komponenten zusammen. Bereits 512 GByte (16 × 32 GByte) schlagen mit über 10 000 Euro zu Buche – falls man sie günstig beim Versandhändler ergattert und so zwar die saftigen Aufpreise der Workstation-Hersteller umgeht, aber auch gegen Zertifizierungs- und Garantiebedingungen verstößt. Die für einen Ausbau auf insgesamt 1 TByte nötigen

64-GB-Byte-Riegel (LRDIMM) preist Hynix zwar schon auf der Webseite an, Preise stehen aber noch nicht fest. Von 128-GB-Byte-Modulen gibt es bislang nur vage Ankündigungen.

### Theoretische Leistungsexplosion

Mit dem Umstieg von Ivy Bridge auf Haswell kommen auch die Workstations in den Genuss von AVX2: Waren selbst für den schnellsten Vorgänger theoretisch nicht mehr als 230 GFlops drin, sind es nun bis zu 547 GFlops. Dazu tragen zwei Dinge bei. Erstens steigt die maximale Kernanzahl von 12 auf 18 und zweitens verdauen die AVX2-Einheiten nun 16 statt zuvor 8 Gleitkommaoperationen pro Taktzyklus und Kern.

In der Praxis ist das allerdings nicht ganz so einfach zu erreichen. Erstens fallen nur bei wenigen Algorithmen die Gleitkommaoperationen in genau der richtigen Form und Reihenfolge an, um die Rechenwerke kontinuierlich zu füttern. Zweitens muss man die Software mit speziellen Compilern sowie Bibliotheken übersetzen und dabei Abstriche bei der Kompatibilität zu älteren Systemen akzeptieren.

Herauszufinden, welcher Xeon zu einer bestimmten Aufgabe am besten passt, ist schwer: Es gilt die richtige Balance aus Kernzahl (4 bis 18) und Taktfrequenz (3,7 bis 2,3 GHz) zu finden, denn: Je mehr Kerne, desto langsamer laufen sie. Dafür protzen die größten Chips wiederum mit bis zu 45 MByte L3-Cache, während die kleinen nur 10 MByte haben. Auch beim thermischen Budget – das ebenfalls in die maximal erreichbare Performance einfließt – hat sich Intel ausgetobt: Vom 55-Watt-Stromsparspar (8 Kerne, 1,8 GHz) bis zum 160-Watt-Heizer (10 Kerne, 3,1 GHz) ist alles dabei. Der 18-Kerner hat beispielsweise 145 Watt TDP und damit nur etwas mehr als einer der Quad-Cores (140 Watt). Unterdessen gibt es 12-Kerner sowohl mit 65 als auch mit 135 Watt, aber natürlich ganz verschiedenen Taktfrequenzen und Preisen. Die reichen übrigens von 200 bis 4000 Euro – wohl gemerkt pro CPU und ohne Hersteller-Aufschlag.

Letztlich hilft nur eine genaue Analyse der Software, die auf einer solchen Workstation laufen soll: Viele Kerne lohnen nur, wenn die Software in der Lage ist, ihre Arbeit auf viele Dutzend Threads zu verteilen. Bei zwei CPUs und Hyper-Threading wollen nämlich bis zu 72 virtuelle Kerne gleichzeitig gefüttert werden. Beherrscht die Software das noch immer nicht – wie es etwa bei Photoshop und den wichtigsten CAD-Anwendungen der Fall ist –, investiert man besser in hohe Taktfrequenz als in viele Kerne.

### Dell Precision Tower 7810

Die „Precision Tower 7810 Workstation“ richtet sich an alle, die viel CPU-Power, aber weder Unmengen an RAM noch Festplattenplatz brauchen: Sie hat nur 8 statt 16 DIMM-Slots und relativ wenige Einbauschächte. Der

maximale RAM-Ausbau bleibt der großen Schwester 7910 vorbehalten, die es sowohl im Tower-Gehäuse als auch zum Einbau im 19"-Rack gibt. Weiterer Unterschied: Die 7910 nimmt mehr Laufwerke auf, ist aber auch größer, schwerer und teurer. Der Platz in unserem Testgerät reichte aber problemlos für eine sinnvolle Grundausstattung, sprich eine flotte SSD fürs Betriebssystem und eine magnetische Festplatte als Datenhalde. Damit bleibt noch ein 5,25"-Schacht zum Aufrüsten frei. Intels Fernwartungstechnik AMT ist bei Dell optional.

In der Performance-Tabelle kommt die Precision auf niedrigere Werte als die Konkurrenz, das liegt aber nur an den vergleichsweise günstigen Zehnkern-CPU's. Absolut betrachtet sind auch ihre Resultate beeindruckend. So schluckt sie dank der etwas schlichteren Ausstattung sowohl im Leerlauf als auch unter Vollast bis zu 35 Prozent weniger als die Konkurrenz. Bei der Lärmentwicklung landet Dell im Mittelfeld: 0,7 Sone im Leerlauf würde für ein Gesamt-Gut reichen, die 2,1 Sone unter Vollast führen jedoch zu Abzügen.

Dell verwehrt den CPUs die höheren Turbo-Stufen und lässt so bis zu 15 Prozent Performance liegen. Besonders deutlich zeigt das der Single-Thread-Wert des 3D-Rendern-Benchmarks Cinebench (siehe Tabelle auf S. 98). Der Effekt tritt aber auch bei allen anderen Szenarien auf, die nur wenige Kerne beschäftigen. Dann nämlich dürfen die CPUs nicht auf die von Intel vorgesehene 3,0, sondern nur auf 2,6 GHz aufdrehen. Daran ändert auch das Tuning-Tool Dell Performance Optimizer nichts, das laut Dell sogar einzelne Kerne abschalten kann, um Single-Thread-Software zu beschleunigen. Auch auf wiederholte Nachfrage konnte Dell bis zum Redaktionsschluss nicht erklären, warum die Precision 7810 Intels Standardlösung für solche Fälle verschmäht.

Beim mechanischen Aufbau versucht sich Dell zwar an einem werkzeuglosen Konzept, setzt es aber weder so konsequent noch so

elegant um wie HP: Während sich das Netzteil bequem mit nur einem Handgriff entfernen lässt, kommt man an die Gehäuseventilatoren nur sehr umständlich heran. Zum Tausch eines CPU-Lüfters muss man sogar den CPU-Kühler demontieren. Immerhin beschreibt das „Owners Manual“ alle nötigen Schritte sehr ausführlich.

### HP Z840

Wie schon beim Vorgänger Z820 erinnert auch das Innere der Z840 eher an den Motorraum eines edlen Sportwagens als an einen PC: Hinter der stabilen Seitenwand aus gebürstetem Aluminium erwarten einen Blenden und Lufttunnel, aber erst einmal keine PC-Komponenten. Doch an die kommt man mit wenigen Handgriffen völlig ohne Werkzeug heran. So aufgeräumte Systeme baut sonst nur Apple. Allerdings hat HP trotz des hohen Aufwands mit diversen Formteilen und Speziallüftern die Chance vertan, ein wirklich leises System zu konstruieren: Bereits im Leerlauf liegt der Geräuschpegel bei 1,3 Sone, unter Last klettert er auf 2,4 Sone.

Auch bei der Bootzeit (120 Sekunden) und der elektrischen Leistungsaufnahme hat der Marktführer HP das Nachsehen. Beim Nichtstun schluckt die Z840 mit 124 Watt mehr als die Konkurrenten. Die 515 Watt unter Vollast gehen in Anbetracht der Grafikkarte und der beiden 14-Kerner unterdessen völlig in Ordnung. Das Verhalten der CPUs in Benchmarks gibt uns Rätsel auf: Während sie im Cinebench – der kein AVX2 nutzt – mit 3423 Punkten schneller rechnen als je ein PC in unserem Labor zuvor, bleiben sie im Linpack mit AVX2 weit hinter den schwächeren Workstation-Konkurrenten zurück. Seltsamerweise sprechen allerdings die Ausgaben des Taskmanagers und mehrerer Diagnose-Tools sowie die elektrische Leistungsaufnahme dafür, dass alle Kerne mit Volldampf rechnen. Für die Praxis haben die Linpack-Resultate jedoch derzeit wenig Relevanz, weil es

**Die wichtigsten Komponenten macht Dell ohne Werkzeug erreichbar. Steht allerdings ein Lüftertausch an, wird es kompliziert.**



Für Wartungsarbeiten an der Z840 von HP braucht man keinen Schraubendreher, sondern muss die Komponenten nur herausziehen.



abseits von Benchmarks noch herzlich wenig AVX2-Software gibt.

Das Betriebssystem installiert HP auf eine m.2-SSD mit 256 GByte Kapazität, die über eine PCIe-Erweiterungskarte direkt an vier der PCIe-3.0-Lanes einer CPU hängt. Fast 1,3 GByte pro Sekunde lesend und immerhin 853 MByte/s beim Schreiben danken es. Zum Vergleich: Die SATA-SSD in der Dell-Maschine schafft gerade einmal halb so viel, der viel teurere RAID-Verbund der Animate-X3 etwa das Dreifache. Die Festplatte hängt HP an einen SAS-Controller, der direkt auf der Hauptplatine sitzt.

### XI-Machines Animate-X3 Ultra

Den wenig individuellen Konfigurationen der beiden etablierten Hersteller tritt die kleine Firma XI-Machines mit einem speziell auf die Bedürfnisse von Videobearbeitung und Compositing zugeschnittenen System entgegen. Anders als Dell und HP muss XI-Machines dafür auf Komponenten von der Stange zurückgreifen, kombiniert diese aber raffiniert: Das Kühlsystem besteht aus insgesamt zehn ziemlich großen, dafür aber langsam drehenden und damit leisen Lüftern. Alleine hinter der Front verstecken sich drei 14-cm-Ventilatoren. Der Lohn dieser Tüftelarbeit sind sehr gute 0,4 Sone im Leerlauf und 1,6 Sone, wenn die beiden Zwölfkerner Vollgas geben und 400 Watt umsetzen.

Lediglich bei Grafikklast treibt der Standard-Lüfter auf der Quadro-Grafikkarte den Geräuschpegel auf mehr als 2 Sone.

Noch mehr beeindruckt hat uns allerdings das Storage-System: Das Betriebssystem residiert auf einer SATA-SSD und ein RAID 1 aus zwei 2-TByte-Festplatten beherbergt Daten sicher. Nutzer, die mit 4K-Videomaterial jonglieren und es in Echtzeit bearbeiten wollen, sollten es jedoch auf den RAID-5-Verbund aus acht SSDs legen. Der hängt an einem RAID-Host-Adapter von LSI, der wiederum über acht PCIe-3.0-Lanes die Daten direkt an die CPU schickt – mit eindrucksvollen 3,4 GByte/s. Die Kapazität dieses Verbunds reicht mit knapp 1,6 TByte auch für größere 4K-Projekte, treibt den Systempreis aber um 3350 Euro nach oben. Einen Pufferakku für den Schreib-Cache des RAID-Adapters lässt XI weg.

Mit Kunden, die solche Datenmengen in Echtzeit bearbeiten und unterbrechungsfrei

streamen wollen, begründet der Hersteller eine Windows-Konfiguration, die den Kollegen aus den Ressorts Windows und Sicherheit die Haare zu Berge stehen lässt: Die Benutzerkontensteuerung UAC ist ebenso deaktiviert wie Updates für Windows und den installierten Acrobat-Reader. Ein Virenschutz fehlt komplett. Immerhin liegt auf dem Desktop ein PDF-Dokument, das auf diesen risikoreichen Sonderweg hinweist.

### Welche für was und wen?

Auch wenn uns an jeder der drei Workstations das ein oder andere Detail negativ aufgefallen ist, so stammen doch alle aus der Rubrik: Jammern auf extrem hohem Niveau. Alle drei Maschinen sind sehr ordentlich aufgebaut, liefern zuverlässig und schlagen bei der Performance selbst den dicksten PC oder Mac Pro mit links. Auch die Benchmark-Ergebnisse und Ausstattungslisten sollte man nicht überinterpretieren, denn sie hängen von der zum Test eingesandten Konfiguration ab: Würde man die hier langsamste, aber günstigste Dell Precision mit zwei 18-Kernern bestellen, wäre sie schneller und vermutlich teurer als die anderen beiden. Andersherum können auch Dell und HP mehrere SSDs zu einem RAID-Ver-

bund koppeln und so der Animate X3 Ultra Konkurrenz machen.

Von welchem Hersteller man ein solches Monster letztlich kauft, hängt ohnehin von wesentlich mehr Faktoren ab, als unsere Tabelle abzubilden vermag. Neben den Zertifizierungen für bestimmte Software-Pakete können auch Garantie- und Service-Optionen ausschlaggebend sein. Spätestens wenn das eigene Geschäft von der Verfügbarkeit einer Workstation abhängt, kommt es darauf an, dass im Problemfall der Techniker binnen Stunden vor Ort ist und die benötigten Ersatzteile mitbringt, statt sie erst zu bestellen.




Auch bei der Entscheidung, welche Hardware-Konfiguration eine bestimmte Aufgabe sowohl schnell als auch wirtschaftlich erledigt, mag eine professionelle und persönliche Beratung wichtiger sein als die Anzahl der Erweiterungsschächte oder DIMM-Slots. Kleine Hersteller wie XI-Machines können dabei mit ganz anderen Pfunden wuchern als Dell und HP. Die einen konzentrieren sich auf die Bedürfnisse kleiner Kunden, während die anderen große Entwicklungsabteilungen und ein weltweites Vertriebs- und Supportnetz unterhalten. Obwohl alle drei Anbieter auf ihren Webseiten Beispielkonfigurationen anpreisen und man diese bei Dell sogar in Maßen online konfigurieren kann, führt vor dem Kauf kaum ein Weg am persönlichen Gespräch mit dem Hersteller oder dessen Vertriebspartner vorbei.

Wer gegenüber seinem Chef rechtfertigen kann, dass sich die Investition in eine moderne Dual-Socket-Workstation rentiert, darf sich bei allen dreien daran erfreuen, wie Dutzende von Threads in Windeseile parallel 3D-Szenen rendern oder Daten mit „wahnsinniger“ Geschwindigkeit auf ein SSD-RAID schaufeln. Sollte es eine HP Z840 werden, macht deren Designer-Gehäuse auch optisch Eindruck, während die Animate X3 Ultra von XI-Machines dank niedriger Lärmentwicklung gerade nicht auffällt und die Precision 7810 von Dell vergleichsweise wenig Strom braucht. (bbe)



Obwohl XI-Machines Komponenten von der Stange verwendet, ist die Workstation aufgeräumt und leise.

## Workstations – technische Daten

Hersteller, Typ	Dell Precision Tower 7810	HP Z840	XI-Machines Animate-X3 Ultra
			
CPU / Kerne / Takt (Turbo)	2 × Xeon E5-2650 v3 / 2 × 10 + HT / 2,3 (2,6) GHz	2 × Xeon E5-2695 v3 / 2 × 14 + HT / 2,3 (2,8 bis 3,1) GHz	2 × Xeon E5-2680 v3 / 2 × 12 + HT / 2,5 (2,9 bis 3,3) GHz
CPU-Fassung / -Lüfter (Regelung) / Chipsatz	2 × LGA2011 v3 / 2 × 80 mm (✓) / C612	2 × LGA2011 v3 / 2 × 92 mm (✓) / C612	2 × LGA2011 v3 / 2 × 92 mm (✓) / C612
RAM (Typ) / -Slots (frei)	32 GByte (DDR4-2133 ECC Registered) / 8 (4)	64 GByte (DDR4-2133 ECC Registered) / 16 (8)	64 GByte (DDR4-2133 ECC Registered) / 16 (8)
Grafik (-speicher) / -lüfter	Nvidia Quadro K5200 (8 GByte) / 1 × 60 mm	Nvidia Quadro K5200 (8 GByte) / 1 × 60 mm	Nvidia Quadro K5200 (8 GByte) / 1 × 60 mm
Erweiterungsslots (nutzbar)	1 × PCI (1), 1 × PCIe x1 (0), 1 <sup>1</sup> × PCIe x4 (1), 1 × PCIe x8 <sup>1,3</sup> (1), 2 × PEG <sup>2</sup> (1), 1 × USB	1 × PCIe x1 (1), 1 × PCIe x4 <sup>3</sup> (0), 2 × PCIe x8 <sup>3</sup> (1), 2 × PEG <sup>2</sup> (1)	1 × PCIe x4 <sup>2</sup> (0), 2 × PCIe x8 <sup>3</sup> (2), 3 × PEG <sup>2</sup> (1)
Festplatte (Typ, Kapazität, Drehzahl, Cache)	WDC WD10EZEX-75M (SATA 6G, 1 TByte, 7200 min <sup>-1</sup> , 64 MByte)	Seagate ST2000DM001 (SATA 6G, 2 TByte, 7200 min <sup>-1</sup> , 64 MByte)	RAID 1 aus 2 × ST2000VN000 (SATA 6G, 2 TByte, 5900 min <sup>-1</sup> , 64 MByte)
SSD (Typ, Kapazität)	Samsung SM841N (SATA 6G, 256 GByte)	Samsung SSD XP941 (MZHPU256HCL) (PCIe, 512 GByte)	Micron M500DC (MTFDDAK240MBB) (SATA 6G, 240 GByte); RAID 5 aus 8 × Micron M500DC
optisches Laufwerk (Art) / Kartenleser	LG GTA0N (DVD-Brenner) / n. v.	LG GUB0N (DVD-Brenner) / n. v.	Pioneer DVR-221L (DVD-Brenner) / n. v.
Einbauschächte (frei)	2 × 3,5" (0), 1 × 5,25" (1), 1 × Slimline (0)	4 × 3,5" (3), 2 × 5,25" (2), 1 × Slimline (0)	12 × 3,5" (1), 2 × 5,25" (1)
Sound-/ Netzwerk-Interface (Chip, Anbindung) / TPM	HDA (onboard) / 1 GBit/s (i217, Phy) / 1.2	HDA (onboard) / je 1 × 1 GBit/s i218LM (Phy), 1 GBit/s i210 (PCIe) / 1.2	HDA (onboard) / 2 × 1 GBit/s (i210, PCIe) / n. v.
Storage-Host-Adapter (Typ / Lüfter)	n. v.	LSI SAS2308 (8 Port, PCIe 3.0 / n. v.)	LSI MegaRAID SAS9271-8i (8 Port, PCIe 3.0 / 1 × 40 mm)
Gehäuse (B × H × T [mm]) / Gehäuselüfter / Netzteil-Lüfter	Midi-Tower (174 × 418 × 470) / 3 × 80 mm / 825 Watt (2 × 60 mm)	Midi-Tower (203 × 445 × 535) / 1 × 60 mm, 3 × 65 mm radial, 2 × 80 mm, 2 × 90 mm / 1125 Watt (2 × 80 mm)	Big-Tower (220 × 585 × 625) / 4 × 140 mm, 3 × 120 mm / 860 Watt (1 × 120 mm)
Anschlüsse hinten	2 × DVI, 2 × DisplayPort, 2 × analog Audio, 3 × USB 3.0, 3 × USB 2.0, 1 × LAN, 2 × PS/2, 1 × RS-232	2 × DVI, 2 × DisplayPort, 2 × analog Audio, 4 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, 2 × LAN, 2 × PS/2, 1 × RS-232	2 × DVI, 2 × DisplayPort, 5 × analog Audio, 1 × SPDIF Out optisch, 4 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, 2 × LAN
Anschlüsse vorn, oben und seitlich	1 × USB 3.0, 3 × USB 2.0, 2 × analog Audio	4 × USB 3.0, 2 × analog Audio	2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, 2 × analog Audio
<b>Elektrische Leistungsaufnahme und Datentransfer-Messungen</b>			
Soft-Off (EuP) / Energie Sparen / Leerlauf	0,5 W / 6,1 W / 80,0 W	1,1 W (0,3 W) / 9,0 W / 124 W	1,8 W (0,2 W) / 8,9 W / 115 W
Volllast: CPU / CPU und Grafik	327 W / 425 W	391 W / 515 W	398 W / 535 W
HDD / SSD 1 / SSD 2: Lesen (Schreiben)	176 (173) / 565 (448) MByte/s / n. v.	191 (195) / 1274 (853) MByte/s / n. v.	145 (162) / 446 (348) / 3382 (2400) MByte/s
USB 2.0 / USB 3.0: Lesen (Schreiben)	41 (42) / 323 (333) MByte/s	39 (39) / 317 (322) MByte/s	39 (39) / 307 (304) MByte/s
LAN 1/2: Empfangen (Senden)	118 (117) MByte/s / n. v.	118 (117) / 118 (118) MByte/s	118 (118) / 118 (118) MByte/s
<b>Geräuschentwicklung und Audioqualität</b>			
Leerlauf / CPU- / Volllast	0,7 Sone (⊕) / 1,8 Sone (⊖) / 2,1 Sone (⊖⊖)	1,3 Sone (○) / 2,7 Sone (⊖⊖) / 2,4 Sone (⊖⊖)	0,4 Sone (⊕⊕) / 1,6 Sone (⊖) / 2,1 Sone (⊖⊖)
HDD / Brenner / gesamt	0,8 Sone (⊕) / 1,0 Sone (⊕) / ○	1,4 Sone (○) / 1,4 Sone (○) / ○	0,4 Sone (⊕⊕) / 0,4 Sone (⊕⊕) / ⊕
Wiedergabe / Aufnahme / Front	⊕ / ⊖ / ⊕	⊕ / ⊖ / ⊕⊕	⊕ / ○ / ⊕
<b>Funktionstests</b>			
AMT / USB-Ports einzeln abschaltbar / TPM	n. v. / gruppenweise / disabled	enabled / jeder einzeln / disabled	n. v. / - / n. v.
Wake on LAN: Standby / Soft-Off	✓ / -	✓ / ✓	✓ / -
USB: 5V in Soft-off / Wecken per USB-Tastatur	- / ✓	- / ✓	✓ / ✓
Booten von USB-3.0-Stick (Superspeed-Modus)	✓ (-)	✓ (-)	✓ (-)
Bootdauer bis Windows-Desktop	65 s	120 s	106 s
analog Mehrkanalton (Art) / 2. Audiostrom	n. v. (Stereo) / n. v.	n. v. (Stereo) / n. v.	✓ (7.1) / ✓
<b>Systemleistung</b>			
Cinebench R15 Rendering: Single- / Multi-Thread	118 / 2499	130 / 3423	131 / 3334
BAPCo SYSmark 2012 / Linpack / 3DMark: Fire Strike	2121 / 588 GFlops / 6784	2141 / 386 GFlops / 6738	2323 / 687 GFlops / 6794
SPECviewperf 12: catia-04 / creo-01 / energy-01	85 / 68 / 4	83 / 68 / 4	90 / 72 / 4
SPECviewperf 12: maya-04 / medical-01 / showcase-01	61 / 30 / 48	62 / 30 / 49	67 / 30 / 47
SPECviewperf 12: snx-02 / sw-03	81 / 99	82 / 99	81 / 109
<b>Lieferumfang</b>			
Tastatur / Maus / Sonstiges	✓ / ✓ / 2 × Adapter: DisplayPort-DVI	✓ / ✓ / n. v.	✓ / ✓ / 2 × Adapter: DisplayPort-DVI, 1 × DVI-VGA, Sloblech für Shutter-Brille
Betriebssystem / Updates aktuell / orig. Medium installiert im UEFI-Modus / Secure-Boot	Windows 7 Pro SP1 (64 Bit) / - / n. v.	Windows 7 Pro SP1 (64 Bit) / - / n. v.	Windows 7 Pro SP1 (64 Bit) / - / ✓
Treiber- / Recovery-CD / Handbuch	n. v. / Windows 8.1 / n. v.	n. v. / Windows 8.1 / n. v.	✓ / n. v. / nur Komponenten
Preis / Garantie	6044 € / 3 Jahre On-Site	16 197 € (UVP) / 3 Jahre	13 875 € / 3 Jahre
<sup>1</sup> mechanisch x16 ⊕⊕ sehr gut	<sup>2</sup> mechanisch x8 ⊕ gut	<sup>3</sup> PCIe 3.0 ○ zufriedenstellend	
⊖ schlecht	⊖⊖ sehr schlecht	✓ funktioniert	- funktioniert nicht
n. v. nicht vorhanden			