MAGAZIN
€ 4,50 | 05/2018 Mit DVD für € 5,99 erhältlich

Raytracing-Comeback S. 24

Ausgabe 211
PC Games Hardware
www.pcgameshardware.de ▪ www.pcghx.de



Grafikkarten-Killer 5K

Geforce vs. Radeon


S. 26

Große Überraschungen bei den Praxistests

Test: 6 Dual-GPU-Gespanne

Benchmark-Analyse: 100 Fps in Ultra HD sind möglich S. 10

Die perfekte CPU für Sie

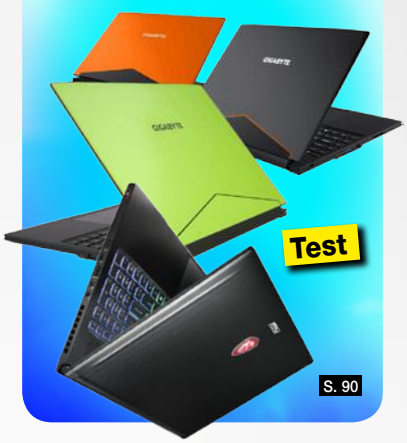
Auf 25 Seiten: Kaufberatung, Benchmarks PLUS 10 Luftkühler S. 40



Luftstrom für Grafikkarten optimieren

Kühlungs-Trick erklärt: Neue Möglichkeiten dank PCI-E-Riser S. 32

Dünne Spiele-Notebooks



S. 90

€ 4,50 | Ausgabe 05/2018
Österreich € 4,90 | Schweiz sfr 7,90 | Benelux € 5,20 | Italien, Spanien, Portugal, Frankreich € 5,70 | Dänemark dkr 50,-
4 197055 104503 05







OMEN by HP

GO BEYOND LIMITS



OMEN X NOTEBOOK | DAS ERSTE OMEN OVERCLOCKING-NOTEBOOK

#DOMINATETHEGAME

Mehr OMEN: www.hp.com/go/omenbyhp

Windows

Das bislang beste Windows für PC-Gaming.

© Copyright 2018 HP Development Company, L.P. Microsoft und Windows sind eingetragene Marken bzw. Marken der Microsoft Corporation in den USA und/oder anderen Ländern. Bildschirmdarstellungen simuliert; Änderungen vorbehalten. Apps separat erhältlich, Verfügbarkeit variiert.

Logbuch #211: Action für die Hosentasche, Wirbel um GPP



Thilo Bayer
Chefredakteur
PC Games Hardware

Action für die Hosentasche: Im abgelaufenen März waren die Vorboten eines möglichen Trends spürbar, den ich sehr interessant finde. Innerhalb kürzester Zeit wurden gleich drei Mobilversionen großer Spielenamen im Actiongenre angekündigt bzw. veröffentlicht: Fortnite, PUBG und Ark: Survival Evolved. Fortnite Mobile ist aktuell noch im Betatest für iOS und nur per Einladung nutzbar, PUBG wurde bereits auf iOS und Android veröffentlicht und die Mobilversion von Ark: Survival Evolved wurde zumindest für das Frühjahr 2018 angekündigt. Jahrelang galten Spiele auf Smartphones als möglicher Hype, doch wenn man ehrlich ist, konnten sich Actionspiele nie wirklich auf Android- oder iOS-Geräten durchsetzen. Das könnte sich jetzt ändern, denn Fortnite und PUBG gehören zu den aktuell meistgespielten Titeln überhaupt und die Mobilversionen unterscheiden sich offensichtlich gar nicht so sehr von den Desktop-Varianten. Kommt jetzt doch noch der Action-Schub auf Smartphones? Und sind Sie dabei? Schreiben Sie mir Ihre Meinung an tb@pcgh.de.

Wirbel um GPP: Im März startete Nvidia sein Geforce Partner Program (GPP). Partnerprogramme sind in der IT-Branche weit verbreitet, letztendlich ergeben sich dadurch auch oft Vorteile für Endkunden. Im Fall des GPP sehen Marktbeobachter aber, dass Nvidia damit vor allem AMD schwächen könnte (mehr Infos: http://www.pcgh.de/gpp). Nvidia erklärt zwar, dass das Programm nicht exklusiv sei, Partner also weiter Produkte auch von anderen anbieten könnten. Allerdings wolle man für die Kunden volle Transparenz und das sei nur möglich, wenn „Nvidia-Brands und Partner-Brands konsistent" seien. Daraus könnte man ableiten, dass es Asus, Gigabyte oder MSI nicht erlaubt wäre, ihre jeweiligen Brands ROG, Aorus und Gaming für Geforce- UND Radeon-Grafikkarten gleichzeitig zu verwenden. Ob das wirklich so ist, konnte bis Redaktionsschluss trotz Nachfragen nicht eindeutig geklärt werden. Es bleibt abzuwarten, ob sich überhaupt jemand zu diesem heiklen Thema äußern will. So oder so fürchten Grafikkartenfans, dass die Vielfalt im Markt weiter abnimmt und nach dem Preisschock durch den GPU-Mining-Hype der nächste Problemfall ins Haus steht. Sie haben eine Meinung dazu? Schreiben Sie mir diese doch an tb@pcgh.de.

Viel Spaß mit der Ausgabe Nummer 211 wünscht Ihr



facebook

PCGH-Fan werden auf:
www.facebook.com/pcgameshardware

Sie wollen Liveeindrücke aus der Redaktion?

Jetzt PCGH bei Instagram abonnieren
https://www.instagram.com/pcgh.de/



Raff und Carsten renovieren den doch etwas in die Jahre gekommenen CPU-Parcours und benchen sprichwörtlich, bis der Die glüht.



Manuel überprüft, ob die Grafikleistung von vier besonders flachen und Rucksack-kompatiblen Ultrabooks für ein flottes, ruckelfreies Spielchen reicht.



Gehäusepapst Frank bestellt sich die Tower-Frühjahrskollektion ins Testlabor und schaut, ob die mittelgroßen Mittelklassegehäuse mehr können als nur im RGB-Licht zu leuchten.

Die Redaktion im März 2018

+++ Phil beschäftigt sich mit den Status quo 2018 zum Thema Dual-GPU **+++ Torsten** behandelt im dritten Teil seiner „Skylake"-Gate-Untersuchungen den ersten Langzeitfall **+++ Carsten** berät Sie beim Kauf eines neuen Prozessors **+++ +++ Raff** foltert Grafikkarten mittels 5K-Auflösung **+++ Alexandros** informiert Sie zum Thema Netcode und stellt voluminöse Spiele vor **+++ Stephan** misst, wie sich der GPU-Einbau per PCI-E-Riser-Kabel auf die Kühlung auswirkt **+++**

Heftinhalt



Multi-GPU-Bestandsaufnahme

In der Theorie versprechen SLI- oder Crossfire-Systeme einen satten Leistungsgewinn. Wie allerdings die Realität im praktischen Spieleeinsatz aussieht, zeigt unser Multi-GPU-Leistungstest.

SPECIAL

Multi-GPU-Systeme im Spiele-Check ... **10**
Via SLI oder Crossfire können GPUs Pärchenarbeit leisten, um in Spielen eine höhere Leistung zu erzielen – ob und wie das 2018 klappt, klären wir im großen Special.

GRAFIKKARTEN

Startseite: **22**
PCGH-Leistungsindex von 20 GPUs, Sapphire Radeon RX Vega 56 Pulse auf dem Prüfstand

Info: Raytracing **24**
Das Comeback der virtuellen Lichtstrahlen in Microsofts Direct-X-12-API

Praxis: Grafikkartenkiller 5K **26**
Kann man mit einem 5K-Monitor respektive in der Auflösung von 5.120 × 2.880 Pixeln flüssig spielen?

Praxis: Kühlere GPU dank PCI-E-Riser? **32**
Wir prüfen, ob der vertikale GPU-Einbau per Riser-Kabel für eine bessere Kühlung sorgt.

PROZESSOREN

Startseite: **38**
AMDs Ryzen 5-2400G und Ryzen 3-2200G im reinen CPU-Einsatz getestet

Test: CPU-Kühler **40**
Wer friert den Prozessor am besten ein? 10 aktuell erhältliche CPU-Kühler im Vergleichstest

Praxis: CPU-Leistung 2018 ..... **46**
PCGH erneuert den CPU-Benchmark-Parcours mit neuen Spielen und Anwendungen.

Praxis: CPU-Kaufberatung (Leseprobe) **60**
Grundlagen, die Sie beim Prozessorkauf beachten sollten – inkl. erweitertem Leistungsindex

Praxis: „Skylake-Gate", die Dritte **70**
Anpresskraft-Empfindlichkeit von LGA-1151-CPUs Teil 3: Informationen zum ersten Langzeitfall

Praxis: Geschichte des Multithreadings **76**
PCGH informiert, wie sich die simultanen CPU-Rechenkünste im Laufe der Zeit entwickelt haben.

INFRASTRUKTUR

Startseite: **80**
Digitalmixer Mackie Pro DX4 getestet, MSI MPG 27CQ: Der erste 144-Hz-WQHD-Monitor mit Software-Steuerung und Profilen

Test: Sechs neue Midi-Tower im Vergleich ... **82**
Wir holen die Gehäuse-Frühjahrskollektion ins Testlabor und vergleichen die Kühleigenschaften

Test: Spieletaugliche Ultrabooks **90**
Vier rucksacktaugliche Spiele-Notebooks mit guten GPUs treten zum Leistungsvergleich an.

Praxis: Netcode und Co. **96**
Der große Überblick: Alles über Begrifflichkeiten und Zusammenhänge zum Thema Netcode

SPIELE UND SOFTWARE

Startseite: **100**
Test: Final Fantasy XV Windows Edition, Video Games Live Level 6: Interview mit Tommy Tallarico

Praxis: Grundlagen der Computergrafik **102**
Ausführlicher Einblick in die Geschichte und in die grundlegenden Bestandteile der 3D-Grafik

Praxis: Spiele mit hohem Datenvolumen ... **108**
PCGH erläutert, warum aktuelle Spiele so viel Platz auf dem Datenträger beanspruchen.

Praxis: Installierte Spiele komprimieren **112**
Wie praktikabel ist das Schrumpfen riesiger Installationsordner mit Tools und Algorithmen?

EINKAUFSFÜHRER

PC-Konfigurationen **118**
Einkaufsführer-Startseite **119**
Grafikkarten **120**
Prozessoren & RAM **121**
Kühlung **122**
Kompakt-Waküs & Mainboards **123**
Monitore & Eingabegeräte **124**
Festplatten & SSDs **126**
Gehäuse & Netzteile **127**

SERVICE

Editorial **03**
Hardware kompakt **08**
DVD-Inhalt **06**
Lesereinsendungen **116**
Teamseite **128**
PCGH-PCs **65**
Vorschau & Impressum **130**

PCZentrum empfiehlt Windows Windows 10

pczentrum



MASSGESCHNEIDERT GAMING-LAPTOPS

KONFIGURIEREN SIE IHR SYSTEM AUF

WWW.PCZENTRUM.DE

069 5050 2555

/PCZENTRUM

@PCZENTRUM

ERHALTEN SIE BEI ONLINE-BESTELLUNG MIT DIESEM CODE EINEN RABATT VON 15€ AUF IHRE BESTELLUNG: **PGH18**

*Alle Preise inkl. gesetzlicher Mwst und Lieferung. Änderrungen vorbehalten. Alle Angebote nur solange der Vorrat reicht.
PCZ Technologies GmbH, c/o Mazars GmbH & Co. KG, Theodor-Stern-Kai 1, 60596, Frankfurt am Main.



Heft-DVD

DVD-Vollversion

- Frozen Synapse (DRM-frei)

Videos aus der PCGH-Redaktion

- 5K-Spielepraxis mit Raff
- Multi-GPU-Betrieb mit Phil
- PCGH-Retrospektive 12/2009
- Spielen am Beamer mit Manu
- Raff zeigt Sapphires Radeon RX Vega 56 Pulse

Specials

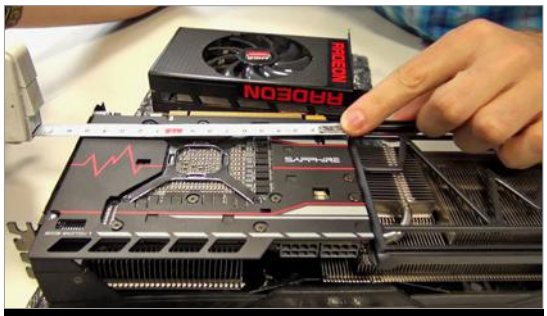
- DVD-Inlay zum Ausdrucken

Tools

- GPU-Z 2.8.0, MSI Afterburner 4.4.2 & 4.4.3 Beta4, Nvidia Inspector 1.9.7.8, PCGH-VGA-Tool 1.0.1, Sapphire Trixx 6.4.0
- AS-SSD Benchmark 2.0.6485, Cinebench R15, Fraps 3.5.99, Prime 95 29.4 Build 7, Super Pi 1.9
- Core Temp 1.11, CPU-Z 1.83, HD-Tune 2.55/5.70 Trial, Speedfan 4.52, Sysinternals Suite (02/2018)

Treiber

- Geforce 391.01 WHQL (Windows 7, 8[.1], 10 x64)
- Geforce 391.05 Hotfix (Windows 7, 8[.1], 10 x64)
- Radeon Software Adrenalin Edition 18.3.2 (Windows 7, 10 x64)



Raff fühlt der Sapphire RX Vega 56 den Pulse
Nano-Platine, Makro-Kühler – das ist die Radeon RX Vega 56 Pulse von Sapphire, die Raffael Vötter im Video ausführlich vorstellt.



Multi-GPU-Betrieb mit Phil
2 × 1 < 2. Gilt die Multi-GPU-Formel, nach welcher der Aufwand meist kleiner als der Nutzen ist, noch? Philipp Reuther findet's heraus.



Spielen am Beamer mit Manu
Anhand zweier Beamer prüft Manuel Christa, wie es um die traditionell schlechten Input-Lags bei Beamern bestellt ist.



5K-Spielepraxis mit Raff
5.120 × 2.880 Bildpunkte als Spieleauflösung? Dank DSR und VSR geht das auf handelsüblichen WQHD-Displays, wie Raff demonstriert.

Die DVD läuft nicht? Kein Problem! Schicken Sie eine E-Mail mit Ihrer genauen Anschrift (Name, Straße, PLZ, Wohnort) und der Ausgabennummer 05/2018 unter dem Betreff „PC Games Hardware: DVD-Reklamation" an computec@dpv.de.

Feedback im PCGH-Forum

Im Online-Forum von PC Games Hardware können Sie uns bequem Rückmeldung geben, welche Inhalte von Heft und DVD Ihnen gefallen haben. Dazu starten wir jeden Monat Umfragen und ein Feedback-Sammelthema. Durch Ihre Teilnahme helfen Sie uns, die Themenauswahl von PCGH besser auf die Wünsche der Leser abzustimmen – die einzige Voraussetzung ist ein kostenloser Foren-Account, der mit wenigen Mausklicks eingerichtet ist. **www.pcgh.de/feedback**

Vollversion: Frozen Synapse

- Über 50 Missionen in vier Kampagnen.
- Zufallsgenerierung in Kombination mit handgefertigtem Inhalt gewährleistet, dass kein Level und keine Karte der anderen gleicht.
- Leistungsfähiger Gefechtsgenerator.
- Von Kritikern gefeierter elektronischer Soundtrack vom Musiker nervous_test pilot.

Minimale Systemvoraussetzungen: Windows XP – 10; Prozessor mit 1,6 GHz; 0,5 GiB Arbeitsspeicher; 0,4 GiB Festspeicherplatz (gesamt); integrierte Grafik

Darüber hinaus empfohlene Systemkonfiguration: Keine; die Entwickler geben lediglich „moderne Hardware" und als Beispiel ein – halten Sie sich fest – Netbook an.

Das preisgekrönte Frozen Synapse aus dem Jahr 2011 ist ein rundenbasiertes Strategiespiel, bei dem sich zwei Spieler mit einem kleinen Team aus Soldaten mit unterschiedlicher Bewaffnung und Spezialfertigkeiten gegenüberstehen. Das Terrain, auf dem gekämpft wird, ist nicht in Stein gemeißelt, sondern wird zumeist zufallsgeneriert. Wer siegreich sein will, muss flink agieren: Beiden Spielern steht nämlich nur eine kurze Zeitspanne zur Verfügung, um ihre Spielzüge zu planen, die nach Ablauf eines Countdowns gleichzeitig ausgeführt werden. Der Erfolg von Spielzügen kann zwar zuvor simuliert werden, doch der Spielablauf unterscheidet sich dennoch sehr wohltuend von anderen Genre-Vertretern.

Installation:
Bei der auf der DVD enthaltenen Vollversion handelt es sich um eine DRM-freie Variante, die über keinerlei Kopierschutz verfügt und auch zeitlich nicht begrenzt ist. Dadurch kann aber nur die Offline-Kampagne gestartet werden.









Hardware kompakt

Was ist Wichtiges in der Technikwelt passiert? PCGH fasst kurz zusammen.



Bild: HTC

HTC Vive Pro: Neues Headset ab 5. April verfügbar

Seit dem 19. März können VR-Begeisterte das neue Headset von HTC vorbestellen. Das Vive Pro ist mit Dual-OLED-Displays ausgestattet und hat eine zusammengefasste Bildauflösung von 2.880 × 1.600 Pixel – das entspricht einer Steigerung von 78 Prozent zur Vorgängerbrille von HTC. Darüber hinaus wurden die Kopfhörer integriert und der Kopfbügel für komfortables Tragen überarbeitet. Die Vive Pro ist zum SteamVR Tracking 1.0 und 2.0 kompatibel, sodass auch weiterhin Controller und Basisstationen der ersten Vive-Generation verwendet werden können. Das reine VR-Headset kostet 879 Euro (zuzüglich Kosten für das Trackingsystem und die Controller), der Preis des Vorgängermodells wird zur Einführung der Vive Pro um 100 Euro gesenkt, sodass das Full-Vive-Kit der ersten Generation dann für 599 Euro erstanden werden kann. Ein Steam-VR-2.0-Kit folgt zum Jahresende. *(ab)*

Kommt der erste G-Sync-HDR-Monitor im Mai?

Nvidia und die Partner Asus und Acer haben vor gut einem Jahr auf der Consumer Electronics Show (CES) das Konzept um G-Sync-kompatible HDR-Monitore vorgestellt. Seitdem haben beide Hersteller den Veröffentlichungstermin für die Bildschirme mit der neuen Technologie nach hinten verschieben müssen. Acer wollte noch in diesem Monat das erste Modell vorstellen und Asus rechnet jetzt im Mai mit der Veröffentlichung des PG27UQ. Der Hersteller hat zudem den anvisierten Preis von 1.999 auf 2.499 Euro nach oben korrigiert. Die neuen Monitore sollen neben HDR mit Helligkeitsspitzenwerten von bis zu 1.000 cd/m² auch über eine UHD-Auflösung und eine Bildwiederholfrequenz von 144 Hz verfügen. Die auf Monitore spezialisierte Seite tftcentral.co.uk rechnet dennoch frühestens im Q3 mit den Geräten. *(ab)*

Neu in China: DDR4-RAM

Der chinesische Halbleiterhersteller Xi'an UnIC Semiconductors hat es laut dem japanischen Magazin PC Watch geschafft, DDR4-RAM zu entwickeln und diesen auch seit einigen Monaten in der Serienfertigung herzustellen. Dabei soll es sich um 4-GBit-Dies handeln, die Geschwindigkeiten von bis zu DDR4-2133 mit CL15-15-15 bei 1,2 Volt erreichen können. Bisher wurden solche Riegel in Südkorea und den USA hergestellt, genauer gesagt bei Samsung, SK Hynix und Micron. Die Firma Xi'an UnIC Semiconductors hat bereits Erfahrungen mit unterschiedlichen DDR-RAM-Standards und gehört zur Tsinghua Holding, die vom chinesischen Staat subventioniert wird. Dies könnte auch der Grund sein, warum die neuen (und wahrscheinlich günstigen) RAM-Riegel nicht in den weltweiten Handel kommen, sondern bisher nur in China zu haben sind. *(sw)*

Nvidia: Gerüchte zu Turing

Glaubt man den jüngsten Gerüchten, soll der Codename Turing bei Nvidia tatsächlich für die kommende Generation an Geforce-Spieler-Grafikkarten stehen, wohingegen Ampere den Volta-Nachfolger für den HPC-Markt darstelle. Die neuen Geforces seien erst für den Sommer anvisiert, womöglich auch weil AMDs Druck auf Nvidia mit Vega geringer ausfällt als erwartet. Laut anderer Quelle könnte der Preis erheblich ansteigen. Der Codename Turing trat erstmals Mitte Februar in Erscheinung. Reuters.com ließ diesen beiläufig fallen und sprach trotz der Assoziation von Turing zu Kryptografie explizit von einem „GPU-Gaming-Chip". Die Website www.tomshardware.de möchte von Quellen aus dem Server-Bereich, der Industrie und Entwicklung in Erfahrung gebracht haben, dass es sich bei Turing tatsächlich um den Pascal-Nachfolger für Spieler handle. Ampere dagegen ziele auf den HPC-Bereich ab und beerbe bereits Volta, der allerdings nur in Form der GV100-GPU erschien und keine komplette Serie darstellt.

Tomshardware bekräftigt, dass Interessenten zur GDC und GTC nicht allzu viele Informationen zu neuen Spieler-Grafikkarten erwarten sollten. Generell scheine sich die Veröffentlichung neuer Geforce-Modelle weiter nach hinten verschoben zu haben. Übermittle Nvidia den Boardpartnern jetzt die Spezifikationen, könne im Mai die Produktion beginnen. Andere Quellen sollen jedoch davon ausgehen, dass die Serienfertigung von Turing-basierten Grafikkarten erst Mitte Juni beginnen werde. Das hieße, dass eine konkrete Ankündigung selbst im Rahmen der Computex Anfang Juni knapp wäre. Die Webseite spricht von einem „kolportierten Geforce-Launch im Juli 2018". Custom-Designs könnte es folglich zur Gamescom 2018 Ende August geben. Die Webseite tweaktown.com hält derweil an ihrer Narrative fest, dass Nvidia die GTX-20-Serie (der Name ist nicht bestätigt) auf der GTC 2018 veröffentlichen werde, spricht allerdings vom Mai und nicht vom März – angesetzt war die Konferenz vom 26. bis 29. März. Nicht gerade glaubwürdig klingt das Gerücht, dass Nvidia die Geforce GTX 2080 bei 1.499 US-Dollar einpreisen könnte. Selbst in Anbetracht der Mining-Lage und Speicherknappheit erscheint uns das als übertrieben. *(mm)*

Microsoft mit Windows-Updates gegen Spectre V2

Das Warten auf UEFI-Updates gegen bestimmte Sicherheitslücken hat ein Ende, zumindest für einige Nutzer eines Intel-PCs. Statt wie bisher auf ein BIOS-Update des Mainboard-Herstellers warten zu müssen, kann der Microcode auch über ein Update für Windows aktualisiert werden. Microsoft hift damit Nutzern von Intel-Prozessoren dabei, ihre CPUs mit dem neuesten Microcode gegen die Sicherheitslücke Spectre in der Version V2 (Branch Target Injection) auszustatten. Der neue Microcode wird einfach beim Windows-Start geladen.

Bis Redaktionsschluss hat Microsoft über das optionale Windows-Update KB4090007 neben Skylake und Skylake X auch CPUs der Kaby-Lake- und Coffee-Lake-Serien mit einem Update gegen Spectre Variante 2 versorgt. Das Update gilt für Windows 10 Version 1709 (Fall Creators Update); für altere Versionen von Windows 10 (Version 1607 und Version 1703) gibt es eigene Patches. Die Mainboard-Hersteller sind weiter nur zögerlich dabei, UEFI-Updates zu veröffentlichen – vor allem Asrock muss man lobend erwähnen. Intel selbst spricht davon, seinen Partnern Patches für „100 Prozent der CPUs der letzten fünf Jahre“ zur Verfügung gestellt zu haben. Mehr Infos zum Thema Windows-Updates gegen Spectre V2 finden Sie unter www.pcgh.de/SpectreV2. *(tb)*



Bild: Walden Kirsch/Intel

Intel Hades Canyon: Hier sehen Sie das Mainboard zu Intels neuer NUC-Serie mit Core-i7-CPU der achten Generation und Radeon RX Vega M.

Gebühr auf CD- und DVD-Rohlinge beschlossen

Nach jahrelangem Streit haben sich der Informationskreis Aufnahmemedien (IM) und die Zentralstelle für private Überspielungsrechte (ZPÜ) auf eine Vergütungspauschale bei CD- und DVD-Rohlingen für die Jahre 2008 bis 2017 geeinigt. Außerdem wurde ein Vertrag ab 2018 abgeschlossen. Demzufolge müssen die Rohlinghersteller, die ihre Produkte in Deutschland vertreiben, 1,25 Cent pro einfach beschreibbarem CD-Rohling bezahlen und 2,5 Cent für wiederbeschreibbare Medien. Bei DVDs orientieren sich die Preise nach der Kapazität des Rohlings und liegen zwischen 2,5 und 10 Cent pro Stück. Die Abgabe ist gesetzlich geregelt und wurde mit der Urheberrechtsreform 2008 eingeführt. Nur die Höhe war nicht gesetzlich festgelegt und musste lange verhandelt werden. *(al)*





Doppelt beschwingt?

Via Nvidias SLI und AMDs Crossfire können mehrere Grafikkarten verbunden werden und so in Spielen eine höhere Leistung erzielen. Wir testen die aktuelle Multi-GPU-Performance.

Es klingt verheißungsvoll, dass man mit einer zweiten Grafikkarte potenziell die Performance verbessern kann – insbesondere in Anbetracht einiger aktueller Spiele, die sehr hohe Ansprüche an die Hardware stellen. Final Fantasy 15, Ghost Recon Wildlands oder Assassin's Creed Origins lassen spätestens in Ultra HD selbst eine übertaktete GTX 1080 Ti schwitzen. Bei den zurzeit völlig abgehobenen Grafikkartenpreisen mag es eventuell außerdem attraktiv erscheinen, statt einer neuen, überteuerten Grafikkarte der schon vorhandenen, älteren GPU eine zweite, möglicherweise günstige zur Seite zu stellen – und so hohe Kosten zu umgehen.

Multi-GPU ist nicht einfach

Leider ist der Betrieb von mehreren GPUs nicht ganz unkompliziert und kommt mit einer ganzen Reihe Probleme daher. Da wäre an erster Stelle die deutlich erhöhte Leistungsaufnahme zu nennen. Das Netzteil muss potent genug ausfallen, um auch kräftige Spannungsspitzen wegstecken zu können, außerdem muss die Abwärme reduziert werden. Das Mainboard soll zudem kompatibel und die PCIe-Steckplätze müssen so auf dem Board arrangiert sein, dass die Grafikkarten auch mit dicken Kühlkörpern noch ausreichend Platz haben. Ist Letzteres nicht der Fall, könnte es Ihnen so ergehen wie uns in dem auf der Heft-DVD befindlichen Video: Die beiden RX 580 standen sich im Crossfire-Betrieb zu nah, die hintere Karte überhitzte trotz offenem Aufbau.

Mit neuem Board, Intel-Achtkerner samt 40 PCI-E-Lanes, 1.600-Watt-Netzteil und einer Reihe aktueller sowie älterer GPUs beleuchten wir die Leistung in vier Spielen. *(pr)*



Video auf Heft-DVD

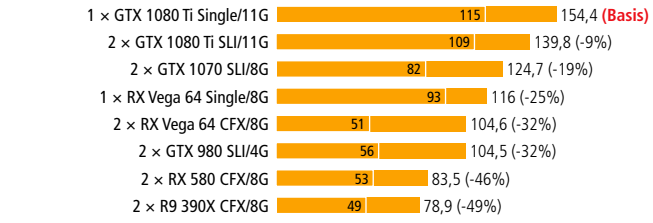
Im Video zeigen wir einige MGPU-befeuerte Spiele und Auffälligkeiten. Außerdem dokumentieren wir unfreiwillig, dass ein aufgrund zu enger PCI-E-Slots für MGPU ungeeignetes Mainboard (trotz CFX und SLI-Logo) zu Überhitzung und Abstürzen führt.

Star Wars Battlefront 2 (2017)



Battlefront 2 – MGPU-Benchmarks in Full HD

1.920 × 1.080, Ultra-Preset – „Naboom!“

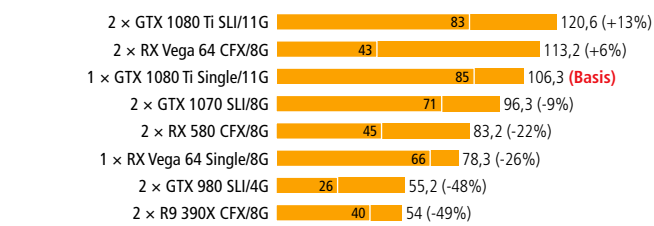


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Battlefront 2 – MGPU-Benchmarks in WQHD

2.560 × 1.440, Ultra-Preset – „Naboom!“

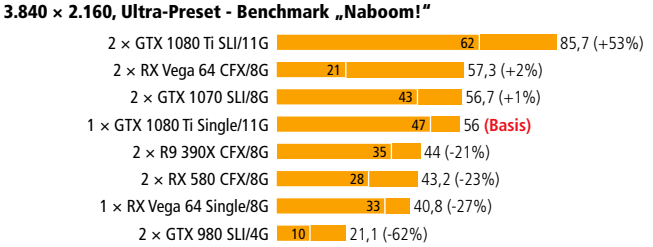


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Battlefront 2 – MGPU-Benchmarks in Ultra HD

3.840 × 2.160, Ultra-Preset - Benchmark „Naboom!“



System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Das technisch sehr fortschrittliche Star Wars Battlefront 2 ist das mit einigem Abstand aktuellste Spiel in diesem Test – mit gutem Grund, denn häufig dauert es eine ganze Weile, bis neue Titel zufriedenstellend mit mehreren GPUs zusammenarbeiten. Im Normalfall benötigt es eine ganze Reihe Patches und Grafikkarten-Treiber, bis SLI oder Crossfire so genutzt werden können, dass sich auch tatsächlich eine spürbare Leistungsteigerung einstellt. Wir haben selbstredend eine Vielzahl neuerer Titel auf ihre mGPU-Fähigkeiten untersucht, doch ein großer Teil davon ist offenbar noch nicht so weit. Das neue Call of Duty WW2 stürzt noch während des Ladevorgangs ab, Final Fantasy 15 und Assassin's Creed Origins skalieren negativ bis schlecht über mehrere GPUs, weder PUBG noch Fortnite noch irgendeiner der von uns getesteten aktuellen Indie-Titel auf Unity-Engine-Basis funktionieren im Grafikkartenverbund.

Wir haben Star Wars Battlefront 2 außerdem ausgewählt, weil es über eine Vielzahl moderner Effekte verfügt, darunter einige, die potenziell Probleme für MGPU verursachen könnten, etwa die temporale Kantenglättung, Screen-Space-Reflections oder komplexe Partikeleffekte. Des Weiteren ist Battlefront 2 sehr speicherhungrig, außerdem benötigt das Spiel viel CPU-Leistung für das Streaming. In unserem letzten Artikel zum Thema in Ausgabe 03/2016 haben wir zudem positive Erfahrungen mit dem Vorgänger machen können. Und positive Ergebnisse lassen sich auch in Star Wars Battlefront 2 erzielen, allerdings mit Einschränkungen.

Problemfälle CPU & RAM

Eine wichtige Aufgabe des Prozessors ist es, die Grafikkarte mit Daten zu versorgen. Unter anderem müssen Vertex-Daten und Texturen vom Systemspeicher in den Grafikkarten-RAM gestreamt werden. Dazu muss die CPU der Grafikkarte befehlen, was sie auf den Schirm zu zeichnen hat. Sowohl die Daten als auch die Renderanweisungen müssen beim Betrieb von zwei GPUs an beide Grafikkarten geschickt werden – zusätzliche Arbeit für den Prozessor. Außerdem wird der Grafikkartenspeicher doppelt belegt, weil jede Grafikkarte auf die gleichen Daten zugreifen muss. Haben Sie also zwei GPUs mit jeweils vier GiByte Speicher im Multi-GPU-Betrieb, haben Sie zwar 2 × 4 GiByte Grafikkartenspeicher, können jedoch nur 4 davon effektiv nutzen.

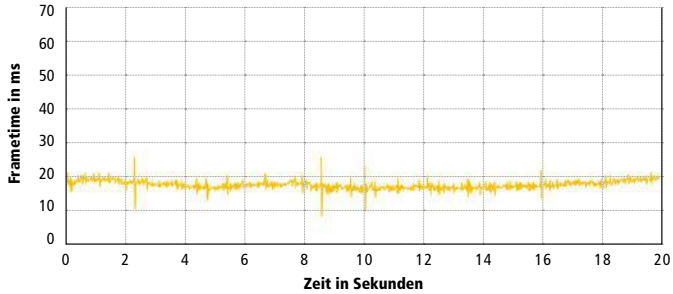
All dies wirkt sich in SW Battlefront 2 recht stark aus. Der hohe Streaming-Aufwand für die CPU sorgt dafür, dass die MGPU-Gespanne in niedrigen Auflösungen von den leichter auszulastenden Single-GPUs überholt werden. Einige Effekte zeigen Grafikfehler, darunter die temporale Kantenglättung. Hier und dort sind außerdem Artefakte bei den Screen-Space-Reflections zu beobachten, Radeons haben zudem größere Probleme mit den verschatteten Rauchpartikeln. Diese flackern nicht nur, sondern sorgen offenbar für kräftige Ruckler, die außerdem aufgrund von Speichermangel auftreten. Gut ist im Grunde einzig die Performance des GTX-1080-Ti-Gespanns in Ultra HD, auch die beiden GTX 1070 können überzeugen, doch ist das Spielgefühl mit einer einzelnen GTX 1080 Ti besser.

Leistungsaufnahme in Relation zur Leistung (UHD)

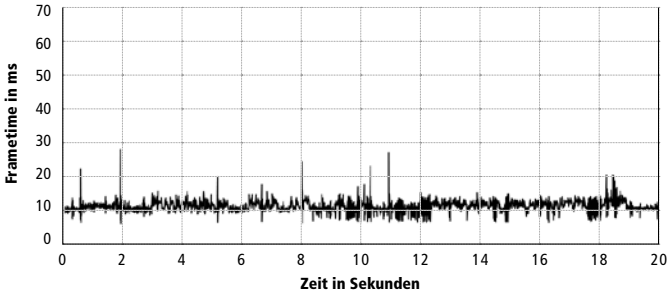
Grafikkarte(n)	Max. Verbrauch (gesamt)	Watt pro Fps	Watt pro Fps, P99
2 × GTX 1080 Ti	680 Watt	7,93 Watt/Fps	10,97 Watt/Fps
2 × Vega 64	780 Watt	13,61 Watt/Fps	37,14 Watt/Fps
2 × GTX 1070	390 Watt	6,88 Watt/Fps	9,07 Watt/Fps
2 × RX 580	600 Watt	13,89 Watt/Fps	21,43 Watt/Fps
2 × GTX 980	320 Watt	15,17 Watt/Fps	32 Watt/Fps
2 × R9 390X	780 Watt	17,73 Watt/Fps	22,3 Watt/Fps
1 × GTX 1080 Ti	410 Watt	7,32 Watt/Fps	8,72 Watt/Fps
1 × RX Vega 64	440 Watt	10,78 Watt/Fps	13,33 Watt/Fps

Battlefront 2 - Single-GPU versus MGPU – GTX 1080 Ti, Ultra HD

GTX 1080 Ti Single/11G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Naboom!“



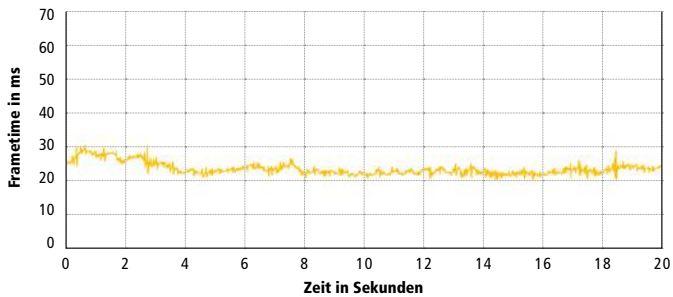
GTX 1080 Ti SLI/11G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Naboom!“



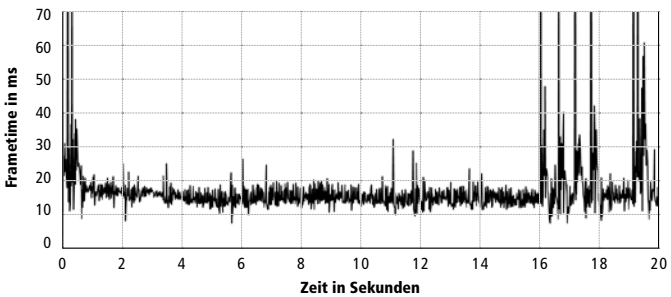
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL

Battlefront 2 – Single-GPU versus MGPU – RX Vega 64, Ultra HD

RX Vega 64 Single/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Naboom!“



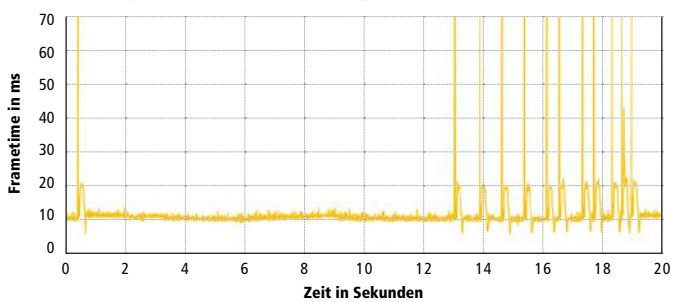
RX Vega 64 CFX/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Naboom!“



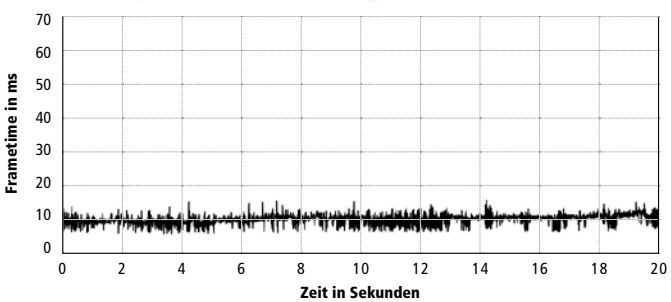
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Radeon Software 18.3.2

Battlefront 2 – Multi-GPU-Performance – RX 580 und GTX 1070 in WQHD

RX 580 CFX/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Naboom!“



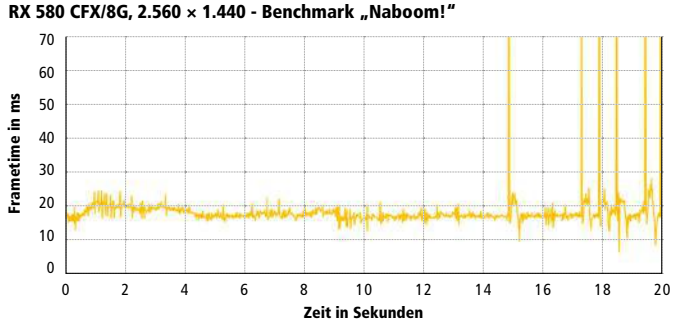
GTX 1070 SLI/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Naboom!“



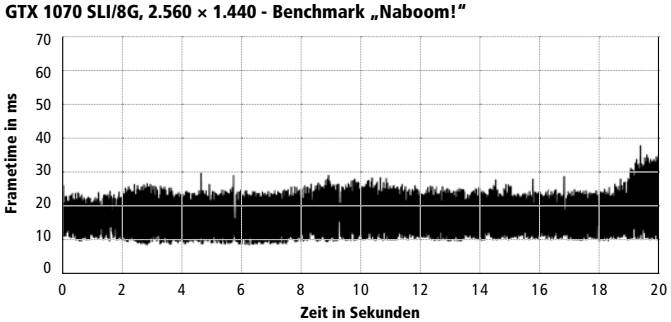
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Battlefront 2 – Multi-GPU-Performance – R9 390X und GTX 980 in WQHD

RX 580 CFX/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Naboom!“



GTX 1070 SLI/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Naboom!“



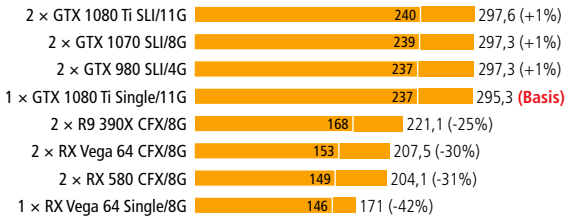
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Overwatch



Overwatch – MGPU-Benchmarks in Full HD

1.920 × 1.080, Epic-Details, SMAA hoch – „Dorado“

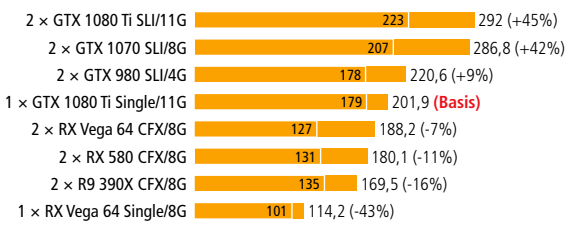


System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Overwatch – MGPU-Benchmarks in WQHD

2.560 × 1.440, Epic-Details, SMAA hoch – „Dorado“

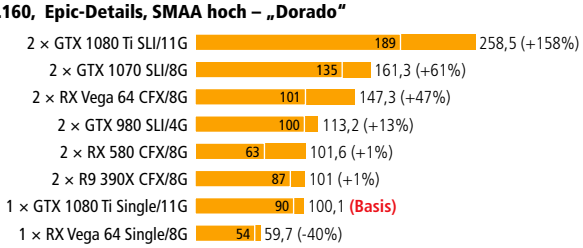


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Overwatch – MGPU-Benchmarks in Ultra HD

3.840 × 2.160, Epic-Details, SMAA hoch – „Dorado“



System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Blizzards MOBA-Helden-Shooter Overwatch ist ein dankbarer Titel für MGPU-Tests und liefert die besten Ergebnisse in diesem Test. Allerdings ebenfalls mit gewissen Einschränkungen. Die erste ist die potenziell sehr gute Performance, insbesondere die Nvidia-Grafikkarten erreichen hohe Bildraten. Im Grunde ist dies natürlich nichts Schlechtes, doch kollidieren wir dadurch häufig mit dem maximalen, auf 300 Fps festgelegten Framelimit. In Full HD ist daher eine GTX 1080 Ti praktisch genauso schnell wie ein GTX-980-SLI-Gespann, das wiederum so schnell ist wie zwei GTX 1070 oder zwei GTX 1080 Ti – jede der genannten Konfigurationen gerät in Full HD in die Begrenzung bei 300 Fps. Und sogar WQHD ist nicht ausreichend, um die SLI-Gespanne von GTX 1070 und GTX 1080 Ti durchgehend unterhalb 300 Fps zu drücken. Tatsächlich erreichen zwei per SLI verbundene GTX 1080 Ti gar in Ultra HD noch teilweise 300 Fps. Wie Sie in unserem Video begutachten können, wäre die Leistung gar in 8K noch ausreichend, um die Bildraten über 60 Fps zu halten.

Hyperskalierung

Overwatch stellt generell recht überschaubare Anforderungen an die Hardware. Die hübsche, wenn auch nicht übermäßig detaillierte Comic-Grafik überfordert auch schwächere GPUs nicht, da nur wenig Grafikspeicher benötigt wird. Die verhältnismäßig kleinen Levels verlangen der CPU nur wenig Streaming-Aufwand ab, dazu skaliert Overwatch gut mit Mehrkernarchitekturen und erzielt schon mit schwächeren CPUs das 300-Fps-Limit nahezu durchgängig. Overwatch nutzt optional auch einige etwas aufwendigere Effekte; auf der von uns getesteten „epischen“ Detailstufe sind unter anderem Screen-Space-Reflections, eine relativ hochauflösende Umgebungsverdeckung sowie die höchstqualitative SMAA-Kantenglättung aktiv.

Oder auch nicht, beziehungsweise nicht korrekt, denn wenn wir CFX oder SLI in Overwatch aktivieren, fallen einige Effekte durch Abwesenheit, Flackern oder nur sporadische Applikation auf. So setzt die Kantenglättung zumindest teilweise aus, die Umgebungsverdeckung arbeitet offenbar nicht immer wie angedacht, was besonders bei feinen Strukturen wie Vegetation ins Auge springt. Einige Schatten werden nicht korrekt angezeigt, einige Reflexionen funktionieren augenscheinlich ebenfalls nicht, stattdessen zeigen sich die standardmäßigen Cube-Map-Spiegelungen.

Durch das Wegfallen oder zumindest die nicht immer korrekte Darstellung dieser Effekte im Multi-GPU-Betrieb wird offenbar Leistung frei, denn wie Sie in unseren Ultra-HD-Benchmarks erkennen können, skalieren sowohl Vega- als auch GTX-1080-Ti-Gespann überproportional. Mit zwei GTX 1080 Ti bekommen Sie die 2,6-fache Leistung einer einzelnen Karte. Das dies nicht ganz stimmen kann, sollte einleuchten. Und somit sind auch die sehr beeindruckenden Performances der R9 390X oder GTX 980 zu erklären, die sich mit der potentesten Nvidia-Single-GPU anlegen können. Doch leider ist Overwatch in der Multi-GPU-Realität auch etwas unschöner als mit einer Single-GPU.

Leistungsaufnahme in Relation zur Leistung (UHD)

Grafikkarte(n)	Max. Verbrauch (gesamt)	Watt pro Fps	Watt pro Fps, P99
2 × GTX 1080 Ti	670 Watt	2,59 Watt/Fps	3,55 Watt/Fps
2 × Vega 64	760 Watt	5,16 Watt/Fps	7,53 Watt/Fps
2 × GTX 1070	400 Watt	2,48 Watt/Fps	2,96 Watt/Fps
2 × RX 580	550 Watt	5,41 Watt/Fps	8,73 Watt/Fps
2 × GTX 980	460 Watt	4,06 Watt/Fps	4,6 Watt/Fps
2 × R9 390X	720 Watt	7,13 Watt/Fps	8,28 Watt/Fps
1 × GTX 1080 Ti	410 Watt	4,06 Watt/Fps	4,56 Watt/Fps
1 × RX Vega 64	430 Watt	7,2 Watt/Fps	7,96 Watt/Fps

PCGH-Notebooks

Von TUXEDO gibt es jetzt vier Gaming-Notebooks als PCGH-Edition.

TUXEDO hat sich auf Computer mit Linux als Betriebssystem spezialisiert und ist unser neuer Partner für PCGH-Gaming-Laptops. Dabei gibt es die PCGH-Geräte wahlweise mit Xubuntu 16.04 oder für einen Aufpreis von 100 Euro zusätzlich mit Windows 10 Home. Beim Bootvorgang können Sie dann kinderleicht auswählen, welches Betriebssystem gerade geladen werden soll. Wer noch nicht viel Erfahrung mit Linux hat, muss sich keine Sorgen machen, alle Treiber wurden von TUXEDO installiert und auch alle Sondertasten funktionieren unter Linux einwandfrei. Die neuen Notebooks XUX708 Mk1 und Mk2 setzen schon auf die neuen Intel-Prozessoren Core i5-8600K und Core i7-8700K. Wie Sie sehen, werden Desktop-CPUs verwendet und entsprechend schnell sind die Geräte dann auch. Trotzdem messen wir im 2D-Betrieb eine Akkulaufzeit von über drei Stunden. Alle PCGH-Produkte gibt es ohne Aufpreis mit drei Jahren Garantie. Mehr Infos: www.pcgh.de/pcgh-laptops. *(dw)*

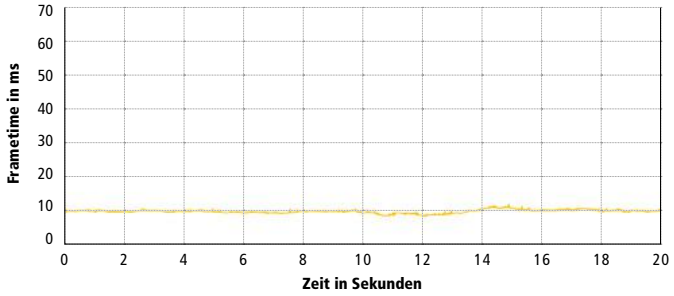


Produkt	TUXEDO Book XC1708 PCGH-Edition	TUXEDO Book XC1507 V2 PCGH-Edition	TUXEDO Book XUX708 Mk1 PCGH-Edition	TUXEDO Book XUX708 Mk2 PCGH-Edition
Hersteller/Bezugsquelle	TUXEDO (www.pcgh.de/tuxedo)	TUXEDO (www.pcgh.de/tuxedo)	TUXEDO (www.pcgh.de/tuxedo)	TUXEDO (www.pcgh.de/tuxedo)
Erweiterte Informationen	www.pcgh.de/XC1708	www.pcgh.de/XC1507	www.pcgh.de/XUX708-1	www.pcgh.de/XUX708-2
Ausstattung				
Prozessor	Intel Core i7-7700HQ (2,8 bis 3,8 GHz, 4 Kerne/8 Threads)	Intel Core i7-7700HQ (2,8 bis 3,8 GHz, 4 Kerne/8 Threads)	Intel Core i5-8600K (3,6 bis 4,3 GHz, 6 Kerne/6 Threads)	Intel Core i7-8700K (3,7 bis 4,7 GHz, 6 Kerne/12 Threads)
Grafikeinheit	Nvidia Geforce GTX 1060 (6 GB)	Nvidia Geforce GTX 1060 (6 GB)	Nvidia Geforce GTX 1060 (6 GB)	Nvidia Geforce GTX 1080 (8 GB)
LCD	17 Zoll Full HD Non-Glare IPS (1.920 x 1.080 Pixel, G-Sync)	15,6 Zoll Full HD Non-Glare IPS, G-Sync (1.920 x 1.080 Pixel)	17 Zoll Full HD Non-Glare IPS (1.920 x 1.080 Pixel, G-Sync)	17 Zoll Full HD Non-Glare IPS (1.920 x 1.080 Pixel, G-Sync)
SSD-Laufwerk (M.2)	250 GByte (Samsung 960 Evo, NVMe)	250 GByte (Samsung 960 Evo, NVMe)	250 GByte (Samsung 960 Evo, NVMe)	250 GByte (Samsung 960 Evo, NVMe)
HDD-Laufwerk	1.000 GByte (Seagate, 5.400 U/min)	1.000 GByte (Seagate, 5.400 U/min)	1.000 GByte (Seagate, 5.400 U/min)	1.000 GByte (Seagate, 5.400 U/min)
Speicher	16 GB DDR4-2400 (Kingston HyperX)	16 GB DDR4-2400 (Kingston HyperX)	16 GB DDR4-2400 (Kingston HyperX)	16 GB DDR4-2400 (Kingston HyperX)
Akku/Gewicht	66 Wattstunden/3,1 kg	82 Wattstunden/2,5 kg	82 Wattstunden/3,8 kg	82 Wattstunden/3,8 kg
Kommunikation	GBit-Lan (RJ-45), WLAN 802.11ac, Bluetooth, 6-in-1-Kartenleser, 2.0 MP-Webcam	GBit-Lan (RJ-45), WLAN 802.11ac, Bluetooth, 9-in-1-Kartenleser, 2.0 MP-Webcam	GBit-Lan (RJ-45), WLAN 802.11ac, Bluetooth, 9-in-1-Kartenleser, 2.0 MP-Webcam	GBit-Lan (RJ-45), WLAN 802.11ac, Bluetooth, 9-in-1-Kartenleser, 2.0 MP-Webcam
Sound	Sound Blaster X Pro Gaming 720	Sound Blaster X-Fi MB5	Sound Blaster X-Fi MB5	Sound Blaster X-Fi MB5
Anschlüsse	4 x USB 3.0, 1 x USB 3.1 (Typ C), HDMI, 2 x Mini-Displayport, 3 x Klinke (1 x Kopfhörer, 1 x Mikrofon in, 1 x S/PDIF)	3 x USB 3.0, 2 x USB 3.1 (Typ C), HDMI, 2 x Mini-Displayport, 3 x Klinke (1 x Kopfhörer, 1 x Mikrofon in, 1 x S/PDIF)	4 x USB 3.0, 2 x USB 3.1 (Typ C), HDMI, 2 x Mini-Displayport, 4 x Klinke (1 x Kopfhörer, 1 x Mikrofon in, 1 x Line-out, 1 x Line-in)	4 x USB 3.0, 2 x USB 3.1 (Typ C), HDMI, 2 x Mini-Displayport, 4 x Klinke (1 x Kopfhörer, 1 x Mikrofon in, 1 x Line-out, 1 x Line-in)
Abmessungen (B x T x H)	418,5 x 287 x 24,9 mm	385 x 271 x 25 mm	418 x 295,3 x 39,9 mm	418 x 295,3 x 39,9 mm
Leistung**				
Lautstärke 2D (0,5 m)	0,6 Sone/27 dB(A)	0,5 Sone/26 dB(A)	0,5 Sone/25 dB(A)	0,4 Sone/24 dB(A)
Lautstärke 3D (0,5 m)	3,6 Sone/43 dB(A)	4,4 Sone/45 dB(A)	5,6 Sone/50 dB(A)	5,4 Sone/49 dB(A)
Leistungsaufnahme 2D/3D	19 Watt/131 Watt	24 Watt/145 Watt	34 Watt/156 Watt	37 Watt/235 Watt
3D Mark (Fire Strike)	2.699 Punkte	2.675 Punkte	2.994 Punkte	5.061 Punkte
The Witcher 3/Stalker/AvP	41 Fps/121 Fps/140 Fps	37 Fps/114 Fps/126 Fps	45 Fps/149 Fps/146 Fps	78 Fps/220 Fps/213 Fps
Cinebench R11.5 x64 (CPU)	8,11 Punkte	8,12 Punkte	11,81 Punkte	15,44 Punkte
Akkulaufzeit 2D	204 Minuten (3:24 Stunden)	91 Minuten (1:31 Stunden)	216 Minuten (3:36 Stunden)	189 Minuten (3:09 Stunden)
PREIS mit Xubuntu*	**€1.679,-** (inkl. Tuxedo Xubuntu 16.04)	**€1.749,-** (inkl. Tuxedo Xubuntu 16.04)	**€2.569,-** (inkl. Tuxedo Xubuntu 16.04)	**€2.959,-** (inkl. Tuxedo Xubuntu 16.04)
PREIS mit Windows und Xubuntu*	**€1.779,-** (inkl. Windows 10 Home und Tuxedo Xubuntu 16.04)	**€1.849,-** (inkl. Windows 10 Home und Tuxedo Xubuntu 16.04)	**€2.669,-** (inkl. Windows 10 Home und Tuxedo Xubuntu 16.04)	**€3.059,-** (inkl. Windows 10 Home und Tuxedo Xubuntu 16.04)
	⊕ Dünnes Gaming-Notebook ⊕ Sehr gute Ausstattung, G-Sync ⊖ Lärmpegel unter 3D	⊕ Leichtes Gaming-Notebook ⊕ Sehr gute Ausstattung, G-Sync ⊖ Kurze Akkulaufzeit	⊕ 6-Kern-Prozessor (Desktop-CPU) ⊕ Geforce GTX 1060 und G-Sync ⊖ Lärmpegel unter 3D	⊕ Sehr hohe Leistung dank GTX 1080 ⊕ Desktop-CPU, G-Sync ⊖ Lärmpegel unter 3D

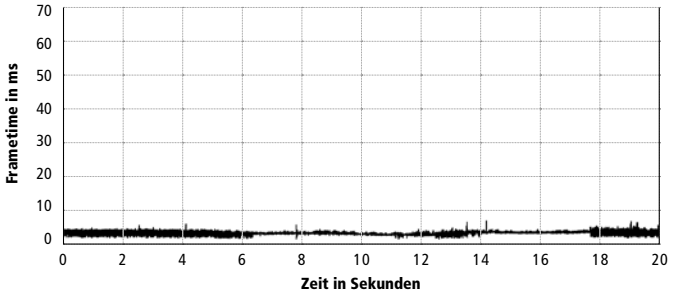
* Preiserfassung und Produktdaten vom 15.03.2018, unter www.pcgh.de/tuxedo finden Sie stets den aktuellen Preis. ** Verringerte Leistung im Akkubetrieb

Overwatch – Single GPU versus MGPU – GTX 1080 Ti, Ultra HD

GTX 1080 Ti Single/11G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



GTX 1080 Ti SLI/11G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



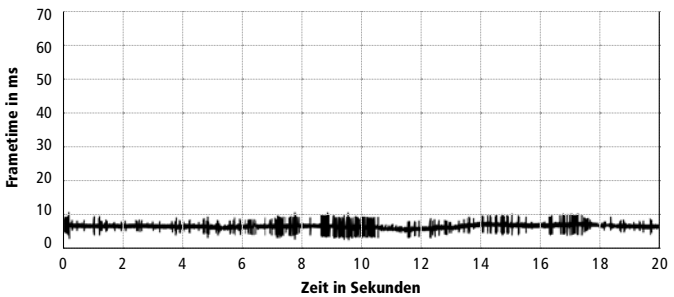
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL

Overwatch – Single GPU versus MGPU – RX Vega 64, Ultra HD

RX Vega 64 Single/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



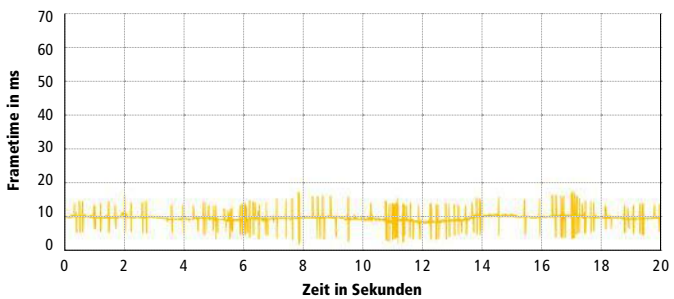
RX Vega 64 CFX/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



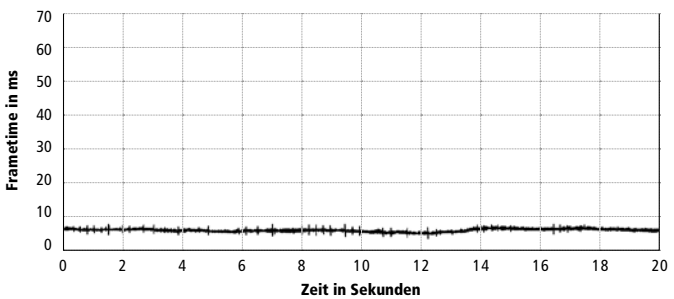
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Radeon Software 18.3.2

Overwatch – Multi-GPU-Performance – RX 580 und GTX 1070 in Ultra HD

RX 580 CFX/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



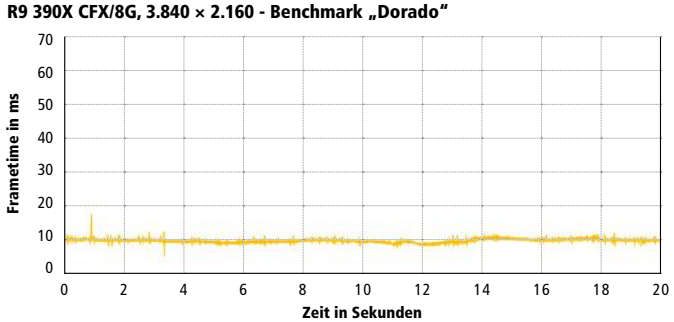
GTX 1070 SLI/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



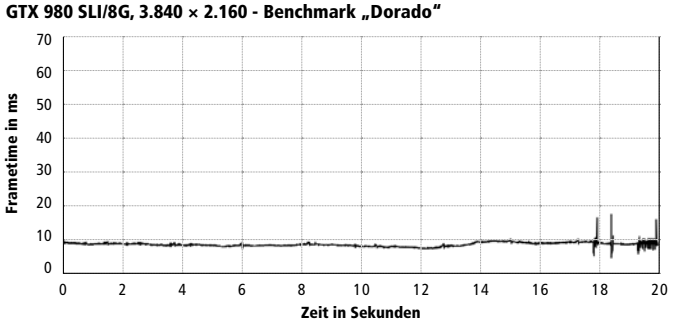
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Overwatch – Multi-GPU-Performance – R9 390X und GTX 980 in Ultra HD

R9 390X CFX/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



GTX 980 SLI/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Dorado“



System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Rise of the Tomb Raider

Auch Rise of the Tomb Raider ist ein sehr brauchbares Demonstrationsobjekt für positive Multi-GPU-Eindrücke. Das Spiel um die fesche Archäologin erschien bereits Anfang 2016 für den PC und ist, was Treiber und Patches betrifft, entsprechend ausgereift. Außerdem stellt Rise of the Tomb Raider hohe Ansprüche an die Hardware, die zusätzliche Leistung eines SLI- oder CFX-Gespanns könnte tatsächlich gewinnbringend genutzt werden. Denn selbst eine GTX 1080 Ti erreicht in Ultra HD nur knapp 50 Fps in unserem anspruchsvollen Benchmark, eine RX Vega 64 ist bemüht, 35 Fps zu überschreiten.

Des Weiteren verfügt Rise of the Tomb Raider über einen funktionalen und CPU-entlastenden DX12-Pfad. Unter diesem verschiebt sich das Prozessorlimit in höhere Fps-Gefilde, was zumindest tendenziell erlaubt, die zusätzliche Leistung einer zweiten GPU tatsächlich auch umzusetzen. Unsere Tests ergeben unter Direct X 12 eine durchaus deutlich bessere mGPU-Performance als unter Direct X 11, weshalb wir diese API für unsere Messungen gewählt haben. Leider ist Rise of the Tomb Raider mit diesem Performance-Bild unter DX12 nicht etwa die Norm. Denn obwohl Multi-GPU-Systeme unter dieser API potenziell besser angesprochen und ausgenutzt werden könnten, kann man sich auf eine befriedigende Leistung zumindest aktuell nicht verlassen. Andere Spiele, die wir heranzogen, funktionierten unter Direct X 12 entweder gar nicht (The Division), aufgrund außerordentlich schlechter Frameverteilung extrem unbefriedigend (Battlefront 2) oder skalierten negativ (Total War Warhammer).

Gut, aber noch immer etwas problematisch

Prinzipiell verträgt sich Rise of the Tomb Raider sehr gut mit Multi-GPU-Gespannen. Die Engine nutzt – abgesehen von der Bewegungsunschärfe – praktisch keine temporalen Effekte, die für Probleme sorgen könnten, die hohe Grafiklast verhilft zu einer guten Auslastung und Skalierung. Es bleibt allerdings anzumerken, dass Rise of the Tomb Raider sehr hohe Ansprüche an den Grafikspeicher stellt, wenn die maximale Texturqualität wie in unseren Tests zum Einsatz kommt. Tatsächlich reichen nicht einmal 8 GiByte vollständig aus, Nebeneffekte sind unter anderem kleinere Ruckler oder – bei MGPU-Konfigurationen häufiger zu beobachten – Mikrostuttering mit schnell aufeinanderfolgenden Frametime-Fluktuationen. Trotz DX12 und übertaktetem Intel-Achtkerner ist auch die CPU-Performance ein beachtenswerter Faktor, der die im Bestfall erreichbaren maximalen Bildraten auf etwa 160, die minimalen auf rund 100 Fps drückt.

Trotz alledem ist die Performance sowohl mit AMD- als auch Nvidia-Gespannen positiv zu werten. Wir raten dazu, zumindest bei Grafikkarten mit nur 4 GiByte Speicher die Texturdetails zu reduzieren; ein (hohes) Framelimit verhilft der CPU zu etwas mehr Atemfreiheit und kann die gröberen Ruckler minimieren. So flüssig wie mit einer ähnlich potenten Single-GPU fühlt sich Rise of the Tomb Raider mit einem Multi-GPU-Setup indes nicht an.

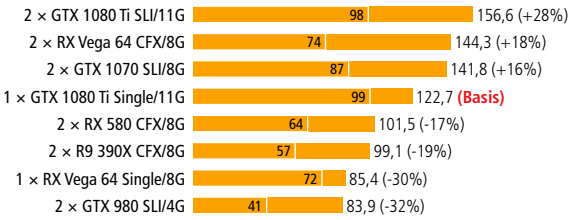
Leistungsaufnahme in Relation zur Leistung (UHD)

Grafikkarte(n)	Max. Verbrauch (gesamt)	Watt pro Fps	Watt pro Fps, P99
2 × GTX 1080 Ti	680 Watt	7,49 Watt/Fps	12,14 Watt/Fps
2 × Vega 64	770 Watt	12,38 Watt/Fps	20,81 Watt/Fps
2 × GTX 1070	410 Watt	7,78 Watt/Fps	15,19 Watt/Fps
2 × RX 580	580 Watt	12,69 Watt/Fps	18,13 Watt/Fps
2 × GTX 980	350 Watt	38,89 Watt/Fps	116,67 Watt/Fps
2 × R9 390X	750 Watt	17,94 Watt/Fps	41,67 Watt/Fps
1 × GTX 1080 Ti	410 Watt	8,52 Watt/Fps	9,76 Watt/Fps
1 × RX Vega 64	440 Watt	12,5 Watt/Fps	14,67 Watt/Fps



RotTR – MGPU-Benchmarks in Full HD

1.920 × 1.080, maxed ohne VXAO, SMAA – „Geo Valley"

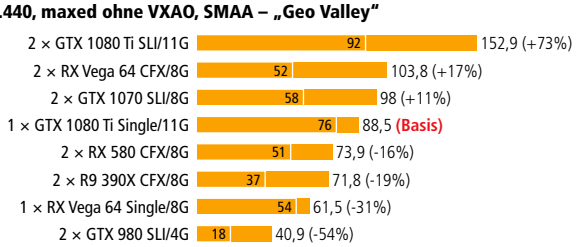


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

RotTR – MGPU-Benchmarks in WQHD

2.560 × 1.440, maxed ohne VXAO, SMAA – „Geo Valley"

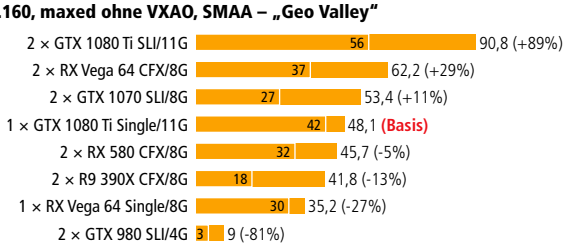


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

RotTR – MGPU-Benchmarks in Ultra HD

3.840 × 2.160, maxed ohne VXAO, SMAA – „Geo Valley"

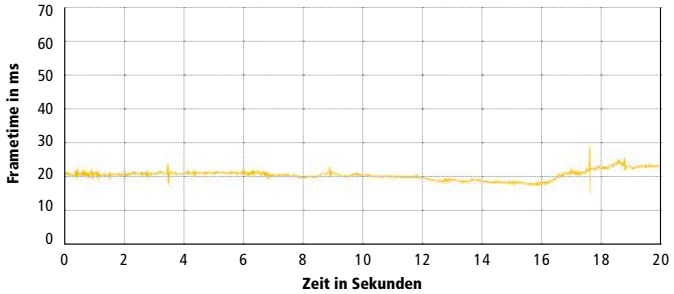


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

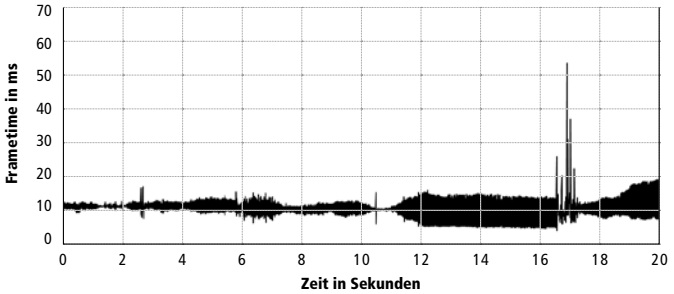
P99 Ø Fps
▶ Besser

Rise of the Tomb Raider – Single GPU versus MGPU – GTX 1080 Ti, Ultra HD (DX12)

GTX 1080 Ti Single/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Geo Valley"



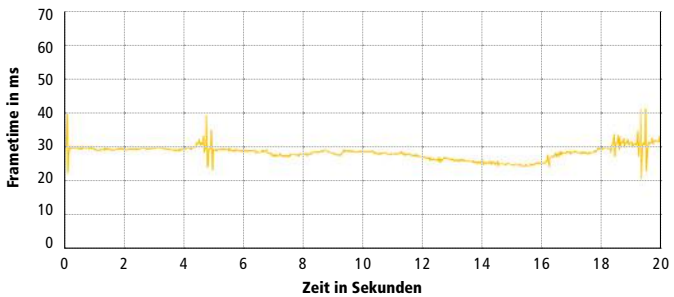
GTX 1080 Ti SLI/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Geo Valley"



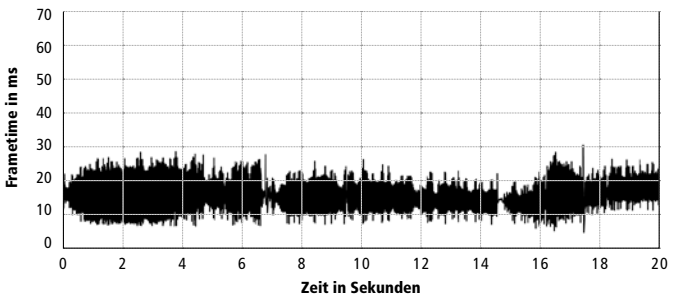
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL

Rise of the Tomb Raider – Single GPU versus MGPU – RX Vega 64, Ultra HD (DX12)

RX Vega 64 Single/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Geo Valley"



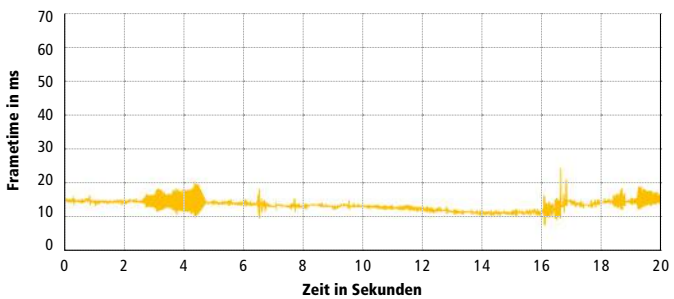
RX Vega 64 CFX/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Geo Valley"



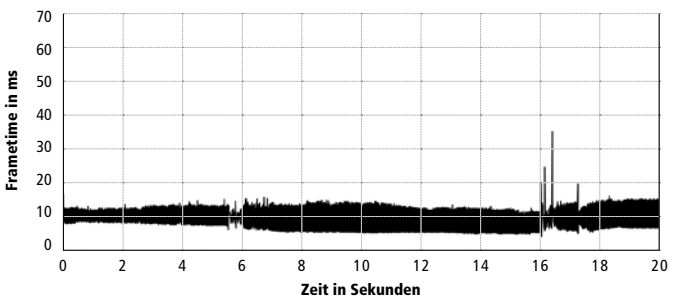
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Radeon Software 18.3.2

Rise of the Tomb Raider – Multi-GPU-Performance – RX 580 und GTX 1070 in WQHD (DX12)

RX 580 CFX/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Geo Valley"



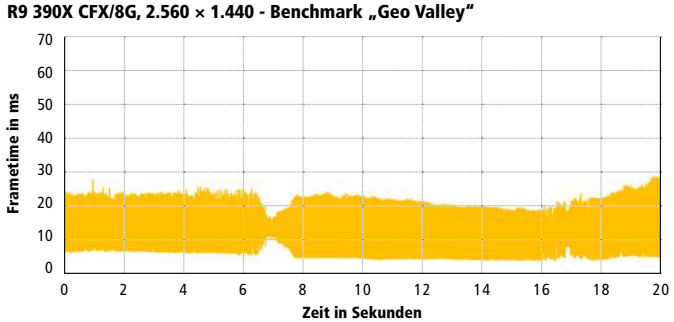
GTX 1070 SLI/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Geo Valley"



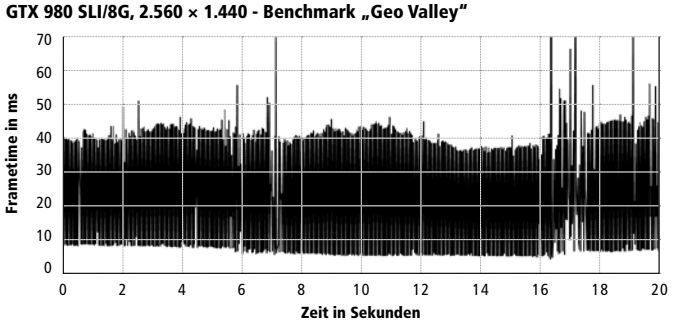
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Rise of the Tomb Raider – Multi-GPU-Performance – R9 390X und GTX 980 in WQHD (DX12)

R9 390X CFX/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Geo Valley"



GTX 980 SLI/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Geo Valley"



System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Project Cars 2

Als letztes Testobjekt haben wir Project Cars 2 auserkoren. Die schicke Rennsimulation setzt auf bewährte Technik und nutzt analog zu Rise of the Tomb Raider nur wenige für Multi-GPU eventuell problembehaftete temporale Effekte. Des Weiteren wird Project Cars schon seit dem Erstling gerne für Präsentationen genutzt, bei denen dicke PCs mit zwei, drei oder gar vier Grafikkarten zum Einsatz kommen. Im Normalfall läuft das Spiel dann auf mindestens einem, nicht selten jedoch mehreren Ultra-HD-Displays. Die zusätzliche Grafikpower kann in einem solchen Fall zweckdienlich genutzt werden, bei niedrigen Auflösungen kann hingegen eine schon früh limitierende CPU einen Problemfall darstellen – insbesondere bei Regenrennen. Multi-GPU-spezifische Fehldarstellungen beschränken sich unserer Beobachtung nach auf kleinere Unsauberkeiten wie hier und dort flackernde Pfützen, Reflexionen und Schatten.

Wie in unseren regulären Grafikkartenbenchmarks kommen wir der hohen CPU-Last bei maximierten Details in unserem sehr anspruchsvollen Schlechtwetter-Benchmark mit einer Kombination aus Multi- und Supersampling bei. Dabei steht natürlich zur Debatte, wie sinnvoll eine solche Wahl in der Praxis ist. Doch Project Cars 2 setzt auch auf sehr feine, flimmeranfällige Inhalte, welche für die optionalen Post-Processing-Antialiasing-Verfahren konventioneller Natur (SMAA, FXAA ohne temporale Komponente) kaum effektiv zu glätten sind. Neben den hochdetaillierten Fahrzeugen neigen auch andere Elemente wie filigrane Schatten, Maschendrahtzaun, die Gras- und generelle Vegetationsdarstellung sowie fein aufgelöste Texturen und Shader in Bewegung zu fiesem Flimmern. Zumindest eine geringe Stufe MSAA ist daher auch für Ultra HD sehr ratsam.

Trotzdem macht die Kantenglättung, oder spezifischer: die hohe interne Renderauflösung in Kombination mit Multisampling, einen gewissen Unterschied, denn durch diese Maßnahmen gehen wir zwar dem sehr früh einsetzenden CPU-Limit etwas aus dem Weg – das GTX 1080-Ti-Gespann gerät indes trotz dieser Maßnahmen und noch in UHD in teilweise prozessorlimitierende Gefilde –, doch erhöhen wir damit auch den Speicherbedarf. Dies hat in unseren Benchmarks allerdings nur geringfügige Auswirkungen, einzig die GTX 980 mit 4 GiByte bekommt in höheren Auflösungen leichte Probleme, erzielt indes selbst in Ultra HD samt Multi- und Supersampling verhältnismäßig hohe Bildraten. Für die restlichen GPUs stellt die maximale Belegung des Grafikspeichers von knapp 5 GiByte kein Problem dar.

Etwas unschön: Die Radeon RX Vega 64 verweigerte im Crossfire-Betrieb gar den Dienst und stürzte während des Ladens reproduzierbar bei 68 Prozent Balkenanzeige ab. Weder ein Wechsel des zu nutzenden CFX-Profils noch ältere Treiber änderten etwas an diesem Umstand. Die restlichen AMD-Gespanne liefern eine durchaus gute Leistung, allerdings fallen die P99-Perzentile aufgrund von mehr oder minder feinen Ruckler schlechter aus als bei Nvidia-Gespannen.

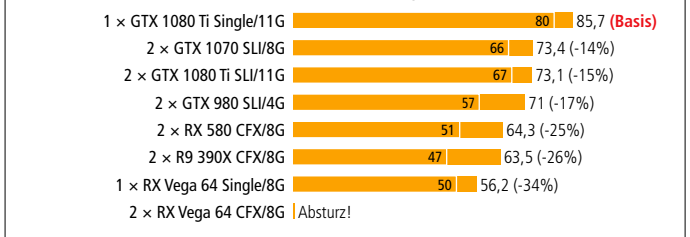
Leistungsaufnahme in Relation zur Leistung (UHD)

Grafikkarte(n)	Max. Verbrauch (gesamt)	Watt pro Fps	Watt pro Fps, P99
2 × GTX 1080 Ti	680 Watt	9,88 Watt/Fps	12,83 Watt/Fps
2 × Vega 64	n.v.	n.v.	n.v.
2 × GTX 1070	390 Watt	8,74 Watt/Fps	13,93 Watt/Fps
2 × RX 580	600 Watt	17,91 Watt/Fps	33,33 Watt/Fps
2 × GTX 980	470 Watt	13,58 Watt/Fps	19,58 Watt/Fps
2 × R9 390X	750 Watt	23,8 Watt/Fps	41,67 Watt/Fps
1 × GTX 1080 Ti	400 Watt	9,22 Watt/Fps	10 Watt/Fps
1 × RX Vega 64	440 Watt	15,77 Watt/Fps	16,92 Watt/Fps



Project Cars 2 – MGPU-Benchmarks in Full HD

1.920 × 1.080, maximierte Details, MSAA niedrig, SSAA an – „Le Mans"

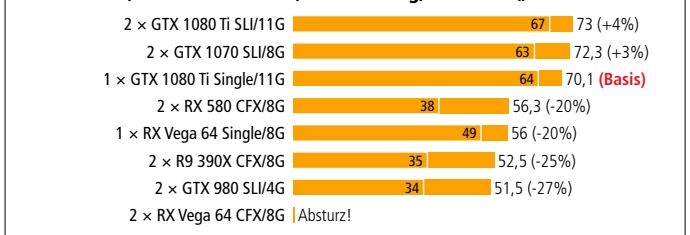


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Project Cars 2 – MGPU-Benchmarks in WQHD

2.560 × 1.440, maximierte Details, MSAA niedrig, SSAA an – „Le Mans"

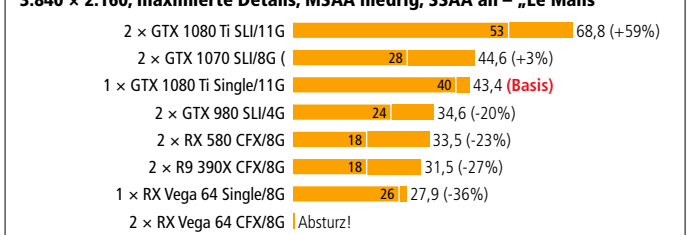


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Project Cars 2 – MGPU-Benchmarks in Ultra HD

3.840 × 2.160, maximierte Details, MSAA niedrig, SSAA an – „Le Mans"

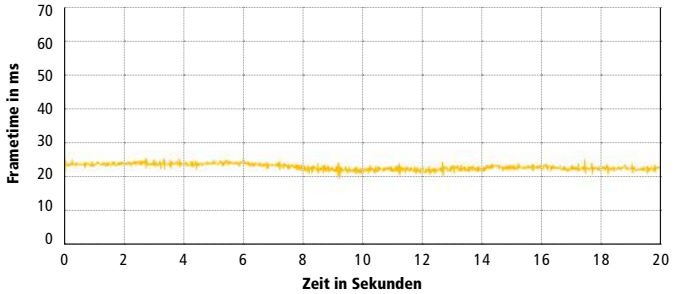


System: Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2 **Bemerkungen:** Min-Fps entsprechen den P99-Perzentilen.

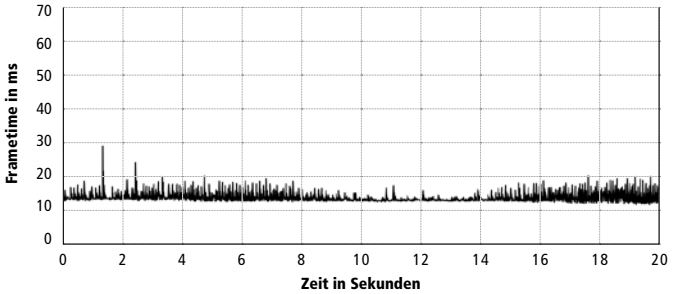
P99 Ø Fps
▶ Besser

Project Cars 2 – Single GPU versus MGPU – GTX 1080 Ti, Ultra HD

GTX 1080 Ti Single/11G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Le Mans“



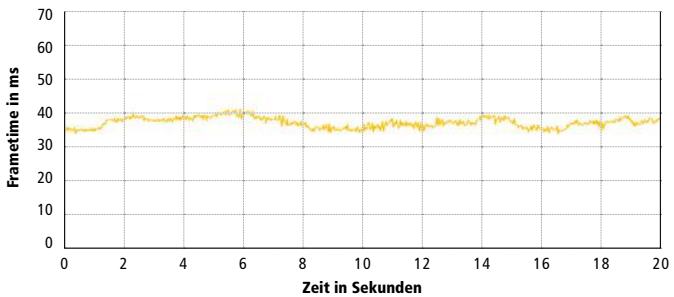
GTX 1080 Ti SLI/11G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Le Mans“



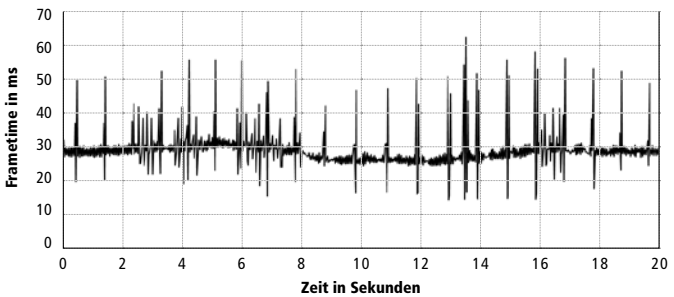
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL

Project Cars 2 – Single GPU versus MGPU – RX 580, Ultra HD

RX 580 Single/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Le Mans“



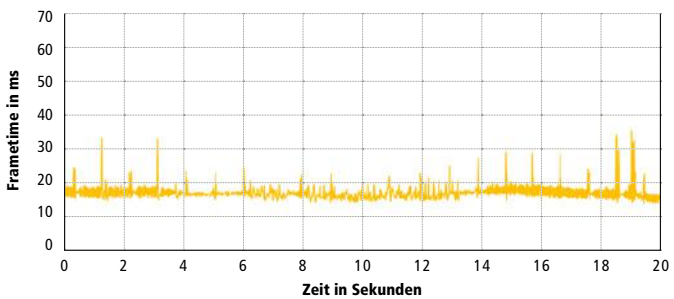
RX 580 CFX/8G, 3.840 × 2.160 - Benchmark „Le Mans“



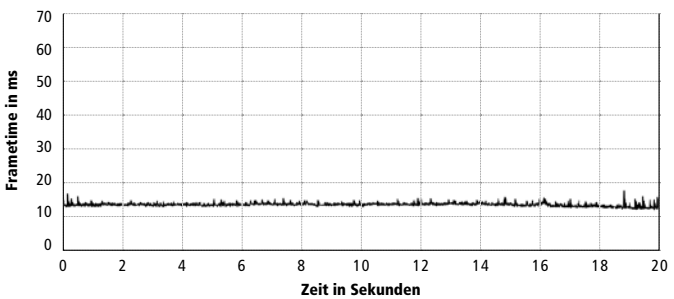
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Radeon Software 18.3.2

Project Cars 2 – Multi-GPU-Performance – RX 580 und GTX 1070 in WQHD

RX 580 CFX/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Le Mans“



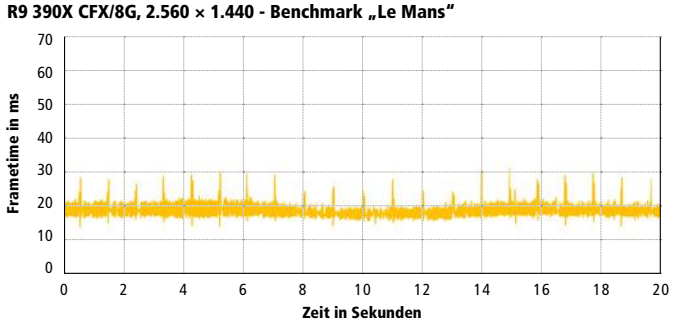
GTX 1070 SLI/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Le Mans“



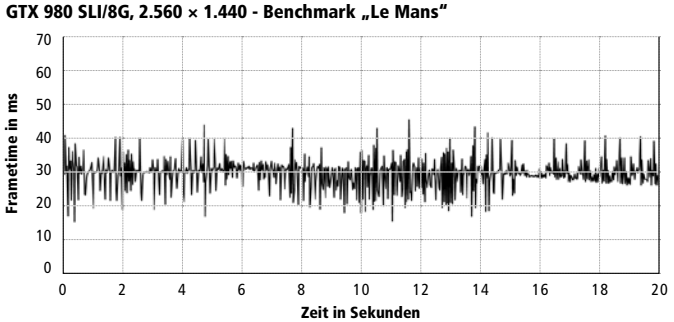
System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Project Cars 2 – Multi-GPU-Performance – R9 390X und GTX 980 in WQHD

R9 390X CFX/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Le Mans“



GTX 980 SLI/8G, 2.560 × 1.440 - Benchmark „Le Mans“



System: Intel Core i7-6900K (8C/16T) @ 4,0 GHz, 40 PCI-E-Lanes, EVGA X99 FTW K, 4 × 8 GiByte DDR4-3000 RAM; SLI & CFX mit 2 × PCI-E x16; Geforce 391.01 WHQL, Radeon Software 18.3.2

Sharkoon

1337 RGB

ILLUMINATED GAMING MOUSE MAT



RGB
colors

Textile
Gaming Mat



- Textile Gaming Mouse Mat mit RGB-Beleuchtung
- Unterschiedliche Beleuchtungsmodi
- Integrierte Mauskabelführung
- Geringe Höhe von nur 3 mm
- Präzise, rutschfeste Unterseite
- Ideale Abmessungen von 359 x 279 x 3 mm

VIDEO

www.sharkoon.de

Grafikkarten



Thilo Bayer
Chefredakteur
E-Mail: tb@pcgh.de

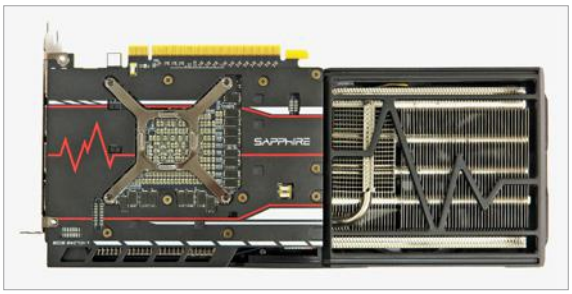
Kommentar

Paralleles Spielen an PC und Notebook: ein Erfahrungsbericht

Seit Sommer 2014 habe ich ein grundsätzlich spieletaugliches Notebook (MSI GT70-2PD-8H11B mit i7-4800MQ und GTX 870M), seit März 2016 einen Spiele-PC mit i5-6600K und neuerdings Asus ROG Strix GTX 1070 Ti. Eigentlich habe ich das MSI-Notebook damals schon mit dem Hintergrund gekauft, darauf auch mal zocken zu können, aber am Ende habe ich damit doch eher nur gearbeitet. Bis Anfang des Jahres, als es richtig kalt wurde. Der Spiele-PC steht nämlich auf dem mehr schlecht als recht isolierten Dachboden, das Notebook im mollig warmen Wohnzimmer im Erdgeschoss. Grund genug, einmal auszuprobieren, ob meine aktuellen Lieblingsspiele Battle Brothers und Path of Exile nicht doch auf dem leicht angestaubten Spiele-Notebook laufen. Und siehe da, gerade Battle Brothers überzeugt. Die Ladezeiten sind natürlich andere als auf dem Desktop-PC, nämlich messbar höher, aber im Gegenzug warme Füße zu haben, ist den kleinen Nachteil allemal wert. Also muss das doch eigentlich auch bei Path of Exile gehen. Oder nicht? Kleiner Spoiler: Es geht, aber nur mit Schmerzen. Am schlimmsten sind die ständigen Updates auf zwei Rechnern. Path of Exile hat ein recht merkwürdiges Updatesystem, da brauchen auch kleine Patches (und die gibt es bei einem Onlinespiel wie PoE leider oft) sehr viel Zeit. Und ohne die neueste Version startet das Spiel nicht. Relativ übel sind auch die Ladezeiten, auf die kleine 128-GB-SSD des Notebooks passen keine großen Spiele. Während PoE auf dem Desktop-PC in Sekunden durchstartet, dauert das Ganze auf dem Notebook auch mal 20-30 Sekunden. Das dynamische Absenken der Spielauflösung bei zu wenig Leistung ist ebenfalls gewöhnungsbedürftig. Und last but not least drehen die Notebooklüfter ganz schön auf, wenn im Spiel richtig Action ist. Eine Dauerlösung ist das also eher nicht. Wird Zeit, dass der Frühling kommt.

RX Vega 56: Am Puls der Zeit

Mit der Radeon RX Vega 56 Pulse strebt Sapphire eine Mittelstellung im magischen Dreieck „Leistung – Lautheit – Verbrauch" an.



Zwei Monate sind vergangen, seit wir in der PCGH 03/2018 eine Handvoll Vega-Grafikkarten auf den Prüfstand schickten. Seitdem hat sich die Liefersituation kaum verbessert, bei Redaktionsschluss Mitte März waren jedoch einige Modelle zwischen 700 und 900 Euro verfügbar – darunter ein ganz neues: die Radeon RX Vega 56 Pulse. Unter dieser Flagge segeln beim Hersteller Sapphire die moderaten Karten, während das Nitro-Anhängsel besonders mächtige, hochgezüchtete Versionen kennzeichnet. Im Falle der Vega-10-GPU handelt es sich um einen Hitzkopf, bei dem die Holzhammermethode „Hohes Powerlimit -> hoher Boost" eine ungesunde Bilanz hervorbringt. Nicht so bei der RX Vega 56 Pulse. Bei diesem Modell handelt es sich um eine Vernunftkarte, welche die letzten paar Prozente an möglicher Zusatzleistung zum Wohle der Energieeffizienz und Laufruhe opfert – mit Erfolg, wie sich im Kurztest zeigt. Die Pulse verfügt Vega-typisch über zwei Firmwares, welche sich mithilfe eines Schalters wechseln lassen. Das werkseitig aktive „Boost"-BIOS gestattet GPU und Speicher einen Maximalverbrauch von 180 Watt; das sekundäre „Efficiency"-BIOS begnügt sich gar mit dem Vega-56-Referenzwert von 165 Watt. In beiden Fällen ist die maximale Lüfterdrehzahl bei 1.650 U/Min abgeriegelt. Diese Einstellungen führen zusammen mit dem kräftigen 2,5-Slot-Kühler zu einer guten Mischung aus Lautheit, Temperatur und Leistungsaufnahme bei einer luftgekühlten Vega-Karte – mehr als 60 °C bei 2,4 Sone bekamen wir nicht zu Gesicht. Power-bedingt fällt der Boost dabei nicht so hoch aus wie bei den 260-W-Boliden von Asus und Powercolor, hier steht's rund 1.350 zu 1.450 MHz. Auf der Heft-DVD finden Sie ein Video, in dem wir uns die Pulse genauer ansehen. *(rv)*

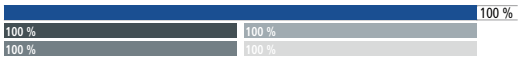


GPU-Leistungsindex: Top 20

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**
■ Gesamtindex ■ FHD ■ WQHD ■ UHD ■ Anwendungen | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Nvidia Titan V

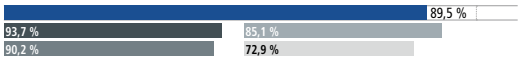
Takt: 1,42+/0,85 GHz
RAM: 12 GiB HBM2
Preis: Ca. 3.100 € (±0 €)
PLV: 28,5 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	97	173	126	93	68	52	125	195	165	94	91	125	205	135	73	179	111	108	71	181	
1440p	78	138	98	59	56	44	102	124	142	75	61	92	149	96	50	130	74	85	70	140	
2160p	48	90	61	29	38	30	59	60	71	49	29	53	79	49	25	72	38	54	40	96	39,5

Nvidia Titan Xp (CE)

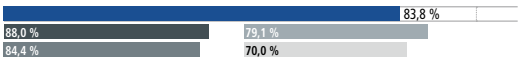
Takt: 1,56+/5,7 GHz
RAM: 12 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 1.140 € (±0 €)
PLV: 69,6 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	93	163	113	70	66	53	113	168	166	90	73	124	205	109	66	170	102	99	73	194	
1440p	73	127	86	47	58	46	83	106	121	70	43	88	138	74	43	115	67	76	57	137	
2160p	44	80	51	22	39	30	46	52	57	44	17	48	72	38	20	59	35	46	33	82	28,8

Geforce GTX 1080 Ti

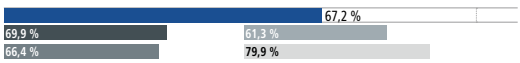
Takt: 1,65+/5,5 GHz
RAM: 11 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 880 € (+50 €)
PLV: 84,2 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	88	151	106	70	66	53	108	158	162	83	67	114	192	97	61	153	95	93	72	185	
1440p	69	119	82	43	54	44	78	98	110	67	39	80	129	68	39	105	63	71	54	130	
2160p	42	75	49	21	36	29	43	49	52	41	15	44	67	35	18	54	33	43	31	76	27,6

Radeon RX Vega 64 LCE

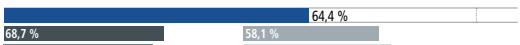
Takt: 1,53+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 1.000 € (+10 €)
PLV: 59,4 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	70	120	108	58	52	49	83	118	138	62	45	88	129	76	39	126	71	66	53	192	
1440p	55	94	75	36	42	37	61	74	86	50	29	64	88	54	24	86	46	51	39	130	
2160p	33	60	41	17	28	22	33	37	40	30	14	36	46	25	12	44	24	31	22	69	31,6

Geforce GTX 1080

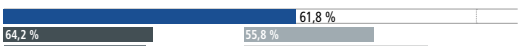
Takt: 1,63+/5,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 670 € (+10 €)
PLV: 85,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	73	113	81	52	55	45	86	120	138	66	47	88	143	74	46	119	70	71	56	150	
1440p	54	87	61	32	44	36	61	75	84	50	27	60	95	49	28	78	46	54	41	103	
2160p	31	54	36	15	28	22	33	36	38	31	11	33	49	25	13	40	24	32	23	51	24,9

Radeon RX Vega 64 Air

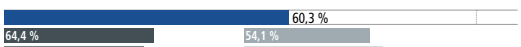
Takt: 1,34+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 880 € (+20 €)
PLV: 62,1 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	64	108	100	54	48	46	78	108	129	56	40	80	120	70	34	115	66	61	47	177	
1440p	50	85	70	34	40	35	56	69	79	44	27	57	81	50	21	78	43	47	34	113	
2160p	28	53	38	16	27	20	30	34	37	28	13	32	43	24	11	40	22	29	19	60	31,2

Geforce GTX 1070 Ti

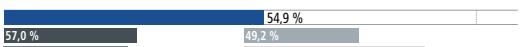
Takt: 1,72+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 600 € (+20 €)
PLV: 89,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	68	109	77	49	51	43	82	110	128	64	45	82	131	67	42	113	66	61	55	141	
1440p	51	84	58	30	40	34	58	69	79	49	27	56	86	45	27	76	40	50	39	96	
2160p	28	51	34	14	26	20	31	33	37	29	11	30	44	22	12	38	21	29	22	48	23,6

Radeon RX Vega 56

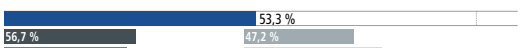
Takt: 1,21+/0,8 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 740 € (+60 €)
PLV: 65,7 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	61	92	87	46	44	42	71	94	110	51	37	70	105	62	30	105	58	54	43	152	
1440p	45	72	60	29	35	32	50	59	68	39	24	50	72	43	18	69	37	41	30	101	
2160p	27	45	33	14	23	18	27	29	32	25	12	28	38	21	9	36	19	25	17	55	30,6

Geforce GTX 1070

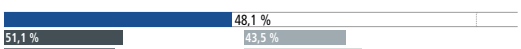
Takt: 1,60+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 550 € (+10 €)
PLV: 85,7 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	62	95	67	43	46	40	72	96	114	53	41	71	116	59	36	98	55	56	48	122	
1440p	46	73	50	26	37	32	51	60	70	42	24	49	77	39	23	65	37	42	34	82	
2160p	26	45	29	12	23	19	28	29	32	25	10	26	39	19	11	32	19	25	18	39	23,3

Geforce GTX 980 Ti

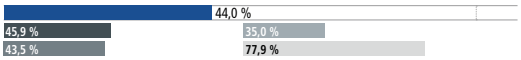
Takt: 1,04+/3,5 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 600 € (+120 €)
PLV: 71,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	56	79	64	40	41	34	72	88	107	47	39	64	104	54	36	86	54	51	45	82	
1440p	41	62	48	25	30	27	52	55	65	34	23	45	72	37	23	57	35	39	32	47	
2160p	24	39	27	12	20	17	28	26	30	21	10	24	37	19	10	28	18	23	17	31	20,0

Radeon R9 Fury X

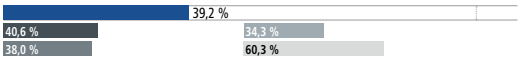
Takt: 1,05/0,5 GHz
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	44	76	74	40	30	34	63	89	101	43	37	55	95	58	28	78	53	42	33	52	
1440p	33	50	54	26	24	27	46	57	65	33	20	42	68	43	18	53	35	34	25	41	
2160p	14	35	30	7	14	11	26	27	32	22	5	16	38	19	2	14	18	22	14	22	30,8

Radeon RX 580/8G

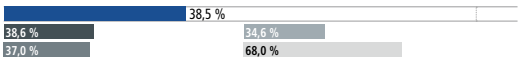
Takt: 1,34/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 420 € (+10 €)
PLV: 82,5 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	43	64	57	33	33	29	52	68	81	37	30	51	80	45	21	72	41	36	28	111	
1440p	32	51	40	20	27	22	36	42	50	29	19	37	54	31	13	48	26	28	20	74	
2160p	18	32	22	10	17	12	19	20	23	18	9	20	28	15	6	24	13	17	12	38	23,8

Radeon R9 390X

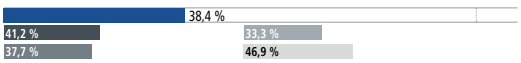
Takt: 1,05/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	36	61	62	32	29	29	53	66	83	35	29	48	82	42	22	66	43	31	21	98	
1440p	28	49	44	21	24	23	38	41	51	29	17	35	57	31	13	45	28	25	17	67	
2160p	18	32	24	10	16	14	21	19	24	18	8	21	31	14	6	24	15	17	10	31	26,9

Geforce GTX 1060/6G

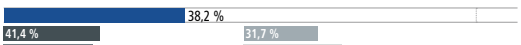
Takt: 1,70+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 340 € (±0 €)
PLV: 100,0 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	49	67	49	30	36	32	56	69	81	45	29	50	81	42	27	71	40	39	34	65	
1440p	34	49	36	18	28	24	40	43	49	34	17	35	55	28	16	46	26	29	24	54	
2160p	19	30	20	8	17	14	22	20	22	19	7	17	28	13	7	22	13	17	13	27	18,5

Geforce GTX 980

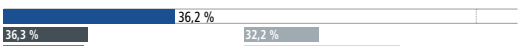
Takt: 1,17+/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 490 € (+10 €)
PLV: 68,9 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	34	56	58	30	28	28	50	62	77	32	28	45	78	41	19	65	40	29	20	90	
1440p	35	54	39	20	25	23	40	45	54	30	19	31	60	30	18	46	28	32	26	35	
2160p	15	33	23	4	15	14	21	21	24	18	8	16	30	14	2	18	15	19	14	20	16,7

Radeon R9 390

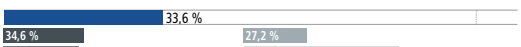
Takt: 1,0/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	32	46	47	28	28	28	50	62	77	32	28	45	78	41	19	65	40	29	20	41	
1440p	26	45	41	19	23	22	36	38	48	27	17	33	54	30	12	43	26	23	16	62	
2160p	16	29	22	10	16	13	20	18	23	16	8	19	29	13	6	23	14	15	10	30	26,5

Radeon R9 290X

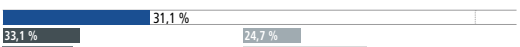
Takt: 0,98+/2,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	34	58	59	31	25	28	50	60	77	33	27	46	76	40	19	57	34	29	24	52	
1440p	26	39	42	19	20	22	37	38	48	26	15	34	53	30	12	36	26	24	16	32	
2160p	14	27	23	4	13	13	20	13	22	16	5	19	29	13	2	8	13	16	9	19	26,3

Radeon RX 570/4G

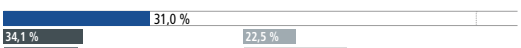
Takt: 1,25/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 350 € (+20 €)
PLV: 78,7 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	37	46	47	28	25	25	47	61	68	34	25	43	72	41	16	57	34	29	24	52	
1440p	27	37	33	13	20	19	32	38	41	24	15	32	48	28	9	38	22	22	17	35	
2160p	12	25	18	5	12	10	16	16	19	15	5	13	25	14	1	16	12	14	10	15	21,0

Geforce GTX 780 Ti

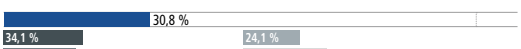
Takt: 0,95+/3,5 GHz
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	39	57	51	24	23	27	46	60	72	30	26	42	79	35	26	48	39	32	32	38	
1440p	24	44	37	14	19	21	33	37	44	23	15	29	53	25	16	34	24	26	22	26	
2160p	10	26	21	3	8	6	18	11	21	14	4	14	27	13	1	13	7	16	10	11	17,4

Geforce GTX 970

Takt: 1,14+/3,5 GHz
RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5
Preis: Ca. 350 € (±0 €)
PLV: 77,9 %



	AC:O	CWW2	DiRT4	ELEX	GRWL	GTA5	HELL	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF2	SS4	TW3	TWW2	W2NC	CAP1
1080p	44	49	38	27	28	26	48	59	72	32	25	37	75	36	23	55	35	34	30	51	
1440p	31	42	32	12	21	20	33	36	43	25	13	27	49	24	14	35	22	26	21	24	
2160p	15	26	17	3	9	9	14	17	19	14	5	14	25	11	2	14	11	15	11	17	14,2

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (LLC: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiB Corsair DDR4-3000 (1T); Windows 10 (v1709, x64); anisotroper Filter auf Standard („Qualität"); Vsync aus. Klammer: Preisentwicklung ggü. Vormonat
Spiele-/Anwendungsnamen: AC:O: Assassin's Creed Origins, CWW 2: Call of Duty WW 2, Dirt 4, Elex, GRWL: Ghost Recon Wildlands, GTA5: Grand Theft Auto 5, HELL: Hellblade, OW: Overwatch, Prey, PC2: Project Cars 2, QBRK: Quantum Break, ROTTR: Rise of the Tomb Raider, SW2: Shadow Warrior 2, SE4: Sniper Elite 4, SF3: Spellforce 3, SWBF2: Star Wars Battlefront 2, SS4: Sudden Strike 4, TW3: The Witcher 3, TWW2: Total War Warhammer 2, W2NC: Wolfenstein 2, CAP1: Capture One 11. Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps, außer CAP1, hier Megapixel/s. **Die Anwendungsleistung fließt mit 1/21 Gewicht (~4,76 %) in den Gesamtindex (blauer Balken) ein.**



Bild: Remedy

Raytracing-Comeback

Im Rahmen der GDC hat Microsoft angekündigt, Direct X 12 um eine Raytracing-API zu erweitern. Nvidia ist mit RTX direkter Bestandteil der Direct-X-Raytracing-API (DXR), AMD will nachziehen.

Raytracing gilt als großer Sprung bei der Grafikdarstellung, scheiterte bei Echtzeitanwendungen wie Videospielen bislang aber an der benötigten Rechenleistung. Anders als bei Polygonen, wo Entwickler die Attribute jedes Dreiecks bestimmen müssen, um einer realistischen Darstellung möglichst nahe zu kommen, ermöglichen die virtuellen Lichtstrahlen prinzipbedingt eine nahezu fotorealistische Grafik. Beim Raytracing werden aus der Sicht der Kamera im virtuellen Raum Lichtstrahlen („Rays“) berechnet, die beliebig häufig an Oberflächen abprallen und so durch das Nachverfolgen („Tracing“) die Oberflächen zeichnen. Vor allem die Beleuchtung samt Verschattung lässt sich so hübsch rendern.

Selbst High-End-Grafikkarten waren bislang aber nicht schnell genug, um komplexe Szenen mittels Raytracing in 33,33 ms (30 Fps) oder schneller darzustellen. Als Resultat sind die Bilder mehr oder weniger stark grießelig – an den Stellen, an denen zum Monitor-Refresh noch kein Lichtstrahl angekommen ist, sind die Pixel schlicht schwarz. In den bisher gezeigten Demos musste man sekundenlang stehen bleiben, bis die Bilder fertig berechnet wurden. Bedenkt man, dass nur ein Bruchteil der Spieler eine High-End-GPU besitzt, war Raytracing bislang kein großes Thema bei Entwicklerstudios.

RTX als Teil von DXR

Nvidia glaubt, dass jetzt die Zeit gekommen ist, in der Grafikkarten stark genug sind, um Raytracing massentauglich zu machen. Zusammen mit Microsoft stellt der Chiphersteller RTX vor, das als Back-End zu Microsofts neuer Direct-X-Raytracing-API, kurz DXR, dient. Schon in den vergangenen Jahren ging es auf Nvidias GTC-Hausmessen immer wieder um Raytracing, allerdings vor allem im Zusammenhang mit der Filmproduktion. Dort wird die Render-Technik schon lange für Spezialeffekte beziehungsweise ganze Animationsfilme eingesetzt, da nahezu beliebig viel Zeit zum Rendern vorhanden ist, um das optisch schönste Resultat zu erzielen. RTX nennt Nvidia seine Features, um die Berechnung von Raytracing zu beschleunigen, und die Bündelung von Interfaces. RTX ist Teil von Microsofts DXR, das Spieleentwickler nutzen können, um das Rendern über Raytracing in Direct-X-12-Titeln zu ermöglichen. Nvidia möchte ein Gameworks-Modul anbieten, das DXR auf einem „High-Level“ offenlegt. In diesem Modul ist ein „Denoiser“ enthalten, der über eine künstliche Intelligenz die oben genannten schwarzen Pixel vervollständigen kann, ohne dass tatsächlich ein Lichtstrahl dort eintrifft. Das kann helfen, um die Zeitfenster (33,33 ms bei 30 Fps, 16,66 ms bei 60 Fps usw.) beim Rendern zu erreichen.

Den Anfang werden „Raytraced Area Shadows“ und spiegelnde Oberflächen („Glossy Reflections“) machen. Eine entsprechende Umgebungsverdeckung („Ambient Occlusion“) soll im Sommer fol-



Bild: Nvidia

Nvidia RTX: Im ersten Schritt kommen Ray Traced Shadows. Nvidia möchte sehr bald ein Gameworks-Modul anbieten, das DXR auf einem „High-Level" offenlegt.

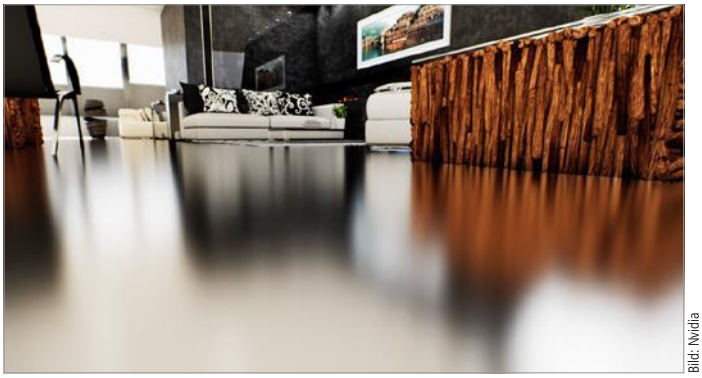


Bild: Nvidia

Nvidia RTX: Ray Traced Reflections mit spiegelnden Oberflächen bilden zusammen mit „Area Shadows" den Anfang bei Nvidias RTX-Features.



Bild: Nvidia

Nvidia RTX: Eine Ray Traced Umgebungsverdeckung („Ambient Occlusion") soll erst im Sommer folgen. Zuerst sollen Schatten und spiegelnde Oberflächen kommen.



Bild: Remedy

Remedy (Max Payne, Quantum Break) ist mit seiner Northlight-Engine einer der Technologiepartner von Nvidia und Microsoft für die Direct-X-Raytracing-API.

gen. RTX soll somit zunächst eine möglichst realistische Verschattung zusammen mit Reflexionen ermöglichen, die besser aussehen als zum Beispiel zurzeit genutzte Screen Space Reflections. Der Rest wird weiterhin klassisch über Polygone rasterisiert, um Leistung zu sparen. In allen drei Fällen ist keine 100-prozentige Genauigkeit erforderlich, um hübsch auszusehen, womit der Denoiser besonders effektiv wird. Schatten müssen nicht pixelgenau dargestellt werden. Wichtig ist aber, dass Raytracing von Haus aus das ermöglicht, was Nvidia zum Beispiel mit PCSS (Percentage-Closer Soft Shadows) simulieren möchte und viel Leistung kostet: Je weiter ein Schatten vom erzeugenden Objekt entfernt ist, desto verschwommener wird er wie im echten Leben dargestellt.

RTX in Volta und kommenden Architekturen

Der Denoiser läuft auf der Volta-HPC-GPU GV100 über die Tensor-Kerne. Ob diese künftig auch in Spieler-GPUs enthalten sein werden, ist fraglich, aber denkbar. Nvidia setzt große Hoffnungen in Raytracing und vergleicht die Verbreitung mit der Einführung von Pixel-Shadern. In irgendeiner Form werden auch die kommenden Geforce-Grafikkarten Raytracing auf Hardware-Ebene beschleunigen. Grundsätzlich könne jede Grafikkarte mit Direct-X-12-Compute-Fähigkeiten via Direct-Compute-Shader DXR nutzen, also auch AMDs Radeons, auf Volta sei die API jedoch „viel, viel schneller" – nicht allzu konkret sprach man immerhin von „ganzzahligen Faktoren".

DICE, Epic Games und weitere Studios im Boot

Nvidia hat nicht nur mit Microsoft, sondern auch mit einigen großen Entwicklerstudios zusammengearbeitet, um vorab Zugriff auf RTX als Teil von DXR zu gewähren. DICE hat die API in die Frostbite-Engine integriert, die bei quasi allen neuen EA-Spielen zum Einsatz kommt. Epic Games ist mit der Unreal Engine 4 dabei und Unity Technologies mit der Unity-5-Engine. Allegorithmic integriert sie in seine Middleware. Remedy Entertainment (zuletzt Quantum Break) und 4A Games (Metro-Serie) wollen das Raytracing in konkrete Spiele integrieren. Nvidia erwartet noch dieses Jahr das erste Spiel mit einer DXR-Integration. Sehr wahrscheinlich handelt es sich dabei um Metro: Exodus von 4A Games, das dementsprechend Direct X 12 unterstützen müsste.

Und was ist mit AMD?

AMD verschickte zu DXR folgende Stellungnahme: „AMD arbeitet zusammen mit Microsoft daran, die Zukunft von Direct X 12 und Raytracing zu bestimmen, zu verbessern und mitzugestalten. (...) Wir freuen uns darauf, mit Spielentwicklern ihre Ideen und ihr Feedback zur PC-basierten Raytracing-Technologie (...) zu diskutieren." AMD soll bald einen Radeon-Treiber veröffentlichen, der eine grundsätzliche Unterstützung für DXR mitbringt. Wie es um spezielle Hardware-Funktionen bestellt ist, bleibt offen. *(mm/tb)*



Bild: Remedy

Laut Remedy ist die Raytracing-Technologie in der Demo im Forschungszustand und „weit davon entfernt, in einem Computerspiel eingesetzt zu werden".



5K, der letzte

Was kommt nach 4K? 5K, ist doch klar. Die Auflösung von 5.120 × 2.880 Pixel stellt enorme Anforderungen an die Grafikkarte. Wir prüfen, ob und wie man mit einem 5K-Monitor spielen kann.

Die Menschheit neigt zu Extremen. Das wird nicht nur beim Blick auf die Geschichte deutlich, sondern auch bei unserem Lieblingshobby, dem PC-Gaming. Nehmen wir das Thema, welches Sie gerade aufgeschlagen haben: Ultrahochauflösende Displays üben auf Enthusiasten und Grafiker einen großen Reiz aus, sind aber bei der großen Masse kein Thema. Wirft man einen Blick auf die monatlich veröffentlichte Hard- und Software-Umfrage der Plattform Steam, gewinnt man gar den Eindruck, dass die Zeit dort stehen geblieben ist: Full High Definition und diverse Auflösungen darunter beanspruchen fast 95 Prozent des Kuchens. Die fortschrittliche PCGH-Leserschaft hat hingegen verstanden, dass die Grafik eines jeden Spiels von höher auflösender Darstellung profitiert und kehrt Full HD immer mehr den Rücken. Mitte März spielten rund 40 Prozent der Umfrageteilnehmer in 1080p, 30 Prozent in WQHD alias 1440p, fast zehn Prozent in Ultra HD und nochmals sieben Prozent in Ultrawide-Quad-HD. Darüber hinaus schrumpft der Nutzeranteil gegen Null.

5K-Übersicht

Aber warum ist das so, obwohl jeder zusätzliche Bildpunkt zu einem hübscheren Bild führt? Das Hauptargument gegen noch höhere Auflösungen ist der Leistungshunger, da jedes Picture Element (Pixel) von der Grafikkarte berechnet werden muss. WQHD hat sich als derzeit optimaler Kompromiss aus „sieht gut aus“ und „läuft gut“ herauskristallisiert, weshalb wir dem Thema 1440p bei 144 Hertz in der vergangenen Ausgabe einen großen Vergleichstest widmeten. So schön WQHD auch ist, im Vergleich mit 5K ist es ziemlich grobkörnig. 5K steht für 5.120 × 2.880 Pixel, ergo doppelt so viel pro Achse und viermal so viel pro Flächeneinheit. Doch erst der Vergleich mit Ultra HD alias 4K zeigt den gigantischen Sprung auf: 5K entspricht 78 Prozent mehr Bildpunkten und erreicht somit extreme Pixeldichten von üblicherweise 217 ppi (pixel per inch) auf 27 Zoll.

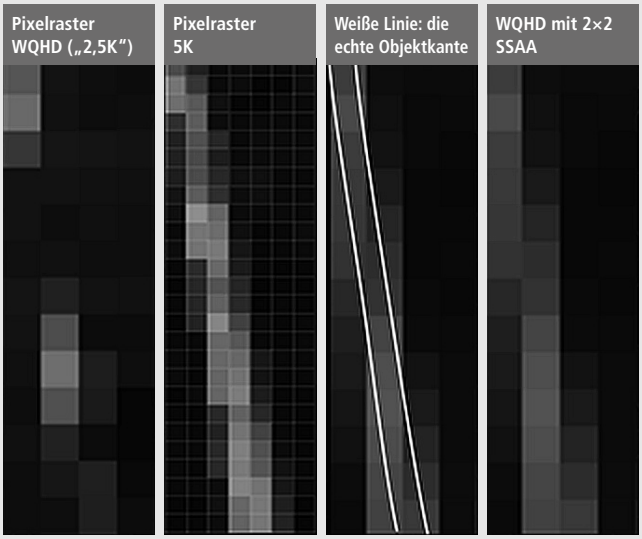
Tatsächlich konnten „Feinseher“ schon Ende 2014 entsprechende



Schrei

Kleine Pixel sind gute Pixel

Egal, auf welchen Monitor Sie schauen, die dargestellten Bilder bestehen aus mehr oder minder grobkörnigen Bildelementen – Picture Elements, kurz Pixel. In den meisten Fällen handelt es sich um kleine Quadrate, welche in ihrer Gesamtheit die Auflösung des Monitors ergeben. Je mehr Pixel pro Flächeneinheit, desto feiner das Bild. Eine höhere Auflösung stellt sicher, dass auch pixelfeine Objekte vollständig dargestellt werden. Das gilt auch, wenn ein Bild intern hochauflösend berechnet und anschließend auf die native Auflösung heruntergerechnet wird.



Video auf Heft-DVD



Im Begleitvideo zu diesem Artikel zeigt Ihnen Raffael Vötter, wie Sie 5K auf einem handelsüblichen WQHD-Bildschirm verwenden, warum das lohnenswert ist und dass dafür keine sündteure Titan V notwendig ist – eine Geforce GTX 980 Ti tut's in unserem Beispiel.

Monitore kaufen. Seit dem Dell UP2715K, welchen wir vor drei Jahren begutachteten, fristet 5K jedoch ein Nischendasein – das könnte sich nun ändern. Die Display-Spezialisten von Iiyama haben mit dem Prolite XB2779QQS im Januar das erste 5K-LCD für deutlich unter 1.000 Euro angekündigt. Bei Redaktionsschluss war das entspiegelte 27-Zoll-Gerät schon für rund 750 Euro lieferbar und wildert damit im Revier ordentlicher UHD-Panels. Zwar handelt es sich nicht um einen expliziten Gaming-Monitor, der erschwingliche Preis und die vollständige Abwesenheit von Alternativen machen den Prolite jedoch attraktiv. Die anderen im PCGH-Preisvergleich aufgeführten 5K-LCDs kosten weit vierstellige Summen und richten sich mit ihrer hohen Farbtreue an Grafiker. Wissenswert für Interessenten ist auch, dass der Iiyama XB2779QQS auf den aktuellen Displayport-Standard 1.4 setzt und daher seine 5K-Auflösung bei 60 Hertz Bildwiederholrate mit einem einzelnen Kabel stemmen kann – bei älteren Displays waren dafür zwei DP1.2-Stränge notwendig.

Gaming-Eignungstest

Spielen mit satten 14,7 Megapixeln pro Frame: Ob das geht? Um diese Frage zu beantworten, haben wir zehn aktuelle PC-Spiele mit unterschiedlichen Grafikkarten in 5K getestet. Da die kurzfristige Beschaffung eines XB2779QQS-Musters leider fehlschlug, entschlossen wir uns, aus der Not eine Tugend zu machen. Wie treue PCGH-Leser wissen, beherrschen aktuelle Grafikkarten von AMD und Nvidia die Kunst, intern mit höheren Auflösungen zu arbeiten, als sie der Monitor ausgeben kann. Die feinen Bilder werden dabei vor der Ausgabe interpoliert (downsampled) und erreichen das LCD mit sehenswerter Vollbildglättung.

Die landläufig nach ihrer Funktionsweise als „Downsampling" bezeichneten Funktionen hören auf die Namen Dynamic Super Resolution (DSR; Nvidia) und Virtual Super Resolution (VSR; AMD) und erlauben 5K-Pixelmengen auf gängigen Bildschirmen – nur eben nicht mit nativer Darstellung. Die Befürchtung, dass 5K mittels DSR/VSR etwas völlig anderes ist als 5K an einem entsprechenden Display, können wir entkräften: Der Vorgang des Zusammenrechnens kostet gemäß vorheriger Benchmarks nur wenige (einstellige) Prozente an Leistung. Natives 5K läuft ergo minimal besser, da hier der Zwischenschritt des Downsamplings wegfällt. Unsere Benchmarks mittels DSR/VSR an einem WQHD-LCD haben jedoch den Vorteil, dass sie für einen größeren Leseranteil Relevanz haben – die meisten können 5K am eigenen Rechner ausprobieren – und somit eine solide Vorschau auf die zu erwartende Leistung geben. Die Voraussetzungen für VSR und DSR erläutern wir am Ende dieses Artikels.

Probanden und Settings

Da 5K enorme Anforderungen an die Grafikkarte stellt, müssen Kompromisse eingegangen werden. Wir haben die Messreihen, welche bei der PC Games Hardware üblicherweise aus maximalen Details mit Referenzkarten bestehen, daher deutlich ergänzt, mit dem Ziel, praxisnähere Szenarien und bessere Bildraten zu erhalten. Das fängt bei der Grafikkartenauswahl an: Zum Einsatz kommen werkseitig übertaktete Modelle, wie sie ein Großteil unserer Leser verwendet. Dabei handelt es sich um typische, moderat boostende Modelle, wie wir sie auch bei den Spiele-Techniktests verwenden. Aufgrund der hohen Einstiegshürde verzichten wir dabei auf die Mittelklasse und eröffnen den Wettkampf bei der Leistungsklasse der Geforce GTX 980 Ti, in der sich grob auch die GTX 1070 und Radeon RX Vega 56 befinden. Zu diesen handelsüblichen Grafikkarten gesellen sich zwei Ausnahmen, welche das Ende der Fahnenstange aufzeigen: Wir übertakten je eine Geforce GTX 1080 Ti und eine Radeon RX Vega 64 ans absolute Limit und sehen uns an, ob diese Topsprinter der Herausforderung deutlich besser gewachsen sind, oder ob es einen Tropfen auf den heißen Stein bedeutet. Um welche Testkarten es sich im Detail handelt, erfahren Sie in der Tabelle auf der Folgeseite. Spannend wird sein, wie sich die theoretischen Leistungsunterschiede durch die Übertaktung und zwischen den GPU-Architekturen in der 5K-Praxis auswirken.

Der Parcours besteht aus zehn aktuellen Spielen, von denen sich acht im PCGH-Leistungsindex Grafikkarten befinden. Hinzu kommen die technisch fortschrittlichsten Spiele des laufenden Jahres, Kingdom Come Deliverance und Final Fantasy 15. Die Messungen erfolgen zweigeteilt: Einmal mit maximalen und einmal mit reduzierten Details. Bei Letzteren peilen wir kein festes Fps-Ziel an, sondern ziehen schlichtweg so lange an den Presets und/oder Reglern, bis die Bildrate signifikant gegenüber den maximalen Details zulegt.

Auswertung

Die aufschlussreichen Ergebnisse befinden sich direkt unter diesem Text. Studieren Sie die Daten in Ruhe – die Auswertung erfolgt auf der nächsten Doppelseite.

5K mit maximalen Spieldetails: Eine große Herausforderung

CoDWW2, max. Details außer Sun shadow maps cachen – „Burning Orchard“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	49	56,6 (+86 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	43	49,8 (+64 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	36	41,4 (+36 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	32	37,3 (+23 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	29	33,8 (+11 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	27	30,4 **(Basis)**
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	25	28,8 (-5 %)

Wolfenstein 2, max. Details – „Manhattan“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	48	53,8 (+249 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	43	48,7 (+216 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	24	36,5 (+137 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	23	32,3 (+110 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	23	31,2 (+103 %)
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	20	23,6 (+53 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	13	15,4 **(Basis)**

GTA 5, max. Det. (Schatten „am weichsten“), FXAA – „Grapeseed“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	31	35,1 (+72 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	29	32,4 (+59 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	26	28,2 (+38 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	23	25,4 (+25 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	22	24,4 (+20 %)
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	19	21,1 (+3 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	18	20,4 **(Basis)**

Prey, maximale Details – „Arboretum“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	28	32,9 (+73 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	26	30,2 (+59 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	22	25,2 (+33 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	20	22,8 (+20 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	18	20,5 (+8 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	16	19,0 **(Basis)**
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	16	18,2 (-4 %)

The Witcher 3, max. Details inkl. Gameworks – „Skellige 2018“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	27	32,1 (+86 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	23	28,5 (+65 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	21	23,9 (+38 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	18	19,9 (+15 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	17	18,4 (+6 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	16	17,3 **(Basis)**
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	15	16,0 (-8 %)

Rise of the Tomb Raider, max. Details mit SMAA – „Geo Valley“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	25	32,1 (+159 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	23	28,7 (+131 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	21	24,4 (+97 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	19	21,5 (+73 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	17	19,9 (+60 %)
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	13	15,9 (+28 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	10	12,4 **(Basis)**

Assassin's Creed Origins, Extrem-Preset – „Kanopos“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	28	31,3 (+124 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	25	28,3 (+102 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	19	23,6 (+69 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	15	19,9 (+42 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	14	18,6 (+33 %)
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	16	16,7 (+19 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	12	14,0 **(Basis)**

Final Fantasy XV, max. Details – „Cruisin' seaside“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	22	27,7 (+85 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	19	25,1 (+67 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	16	21,6 (+44 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	15	18,5 (+23 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	15	16,9 (+13 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	13	15,0 **(Basis)**
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	12	14,7 (-2 %)

Hellblade, maximale Details – „Valravn“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	23	24,2 (+73 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	21	22,0 (+57 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	18	18,8 (+34 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	15	16,2 (+16 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	14	14,9 (+6 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	13	14,0 **(Basis)**
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	12	13,0 (-7 %)

Kingdom Come Deliverance, Ultra-Preset – „Talmberg“

	P99	Ø Fps
Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	10	19,6 (+80 %)
Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	9	17,8 (+63 %)
Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	7	15,5 (+42 %)
Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	7	13,5 (+24 %)
Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	6	12,6 (+16 %)
Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)	5	10,9 **(Basis)**
Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	5	10,3 (-6 %)

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Win 10 x64 (FCU 1709), GF 391.01, RS 18.3.1. 5K mittels DSR/VSR auf WQHD-Display (DSR-Faktor 1,78×, 33 % Gauß)
Bemerkungen: 5.120 × 2.880 Pixel nebst maximaler Spieldetails ist nur mit Leidensfähigkeit spielbar – sieben der zehn getesteten Spiele laufen selbst mit High-End-Grafikleistung unter der 30-Fps-Marke.

P99 Ø Fps
▶ Besser

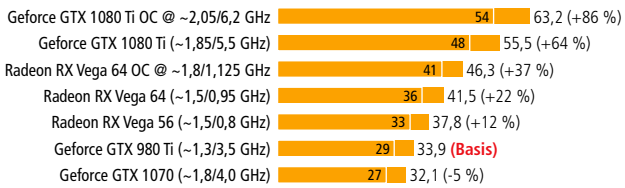
Spezifikation: Die Testkarten in der Theorie

Zum Test verwendete Grafikkarte	MSI GTX 1080 Ti Lightning Z	Gigabyte GTX 1080 Ti Xtreme Edition	AMD RX Vega 64 Liquid Cooled Edition	Powercolor RX Vega 64 Red Devil	Asus RX Vega 56 Strix O8G	EVGA GTX 1070 SC2 Gaming	Palit GTX 980 Ti Super Jetstream
Name in den Benchmarks	Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,05/6,2 GHz	Geforce GTX 1080 Ti (~1,85/5,5 GHz)	Radeon RX Vega 64 OC @ ~1,8/1,125 GHz	Radeon RX Vega 64 (~1,5/0,95 GHz)	Radeon RX Vega 56 (~1,5/0,8 GHz)	Geforce GTX 1070 (~1,8/4,0 GHz)	Geforce GTX 980 Ti (~1,3/3,5 GHz)
ALUs/TMUs/ROPs	3.584/224/96	3.584/224/96	4.096/256/64	4.096/256/64	3.584/224/64	1.920/120/64	2.816/176/96
Mittlerer GPU-Boost (MHz)	2.050	1.850	1.800	1.500	1.500	1.800	1.300
Rechenleistung SP (TFLOPS)	14,7	13,3	14,7	12,3	10,8	6,9	7,3
Durchsatz Pixel/Texel (Mrd./s)	183,7/459,2	165,8/414,4	115,2/460,8	96,0/384,0	96,0/336,0	86,4/216,0	114,4/228,8
Speicher-Interface (Bit)	352	352	2.048	2.048	2.048	256	384
Speichergeschwindigkeit (GT/s)	12,4	11,0	2,25	1,89	1,6	8,0	7,0
Speicherübertragung (GB/s)	546,5	484,7	576,0	483,8	409,6	256,4	336,6
Speichermenge (MiB)	11.264	11.264	8.192	8.192	8.192	8.192	6.144

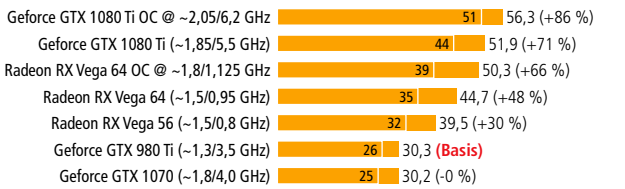
Bemerkungen: Der Boost schwankt bei allen Karten von Spiel zu Spiel um bis zu fünf Prozent, angegeben ist der Mittelwert nach der Aufheizperiode.

5K mit reduzierten Spieldetails: Eine überraschend flüssige Angelegenheit

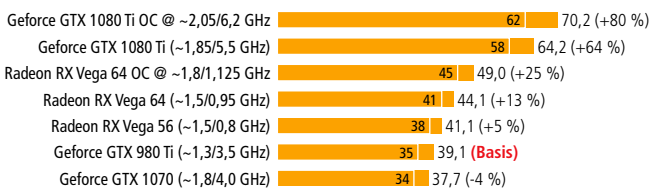
CoDWW2, Einstellungen auf „hoch" – „Burning Orchard"



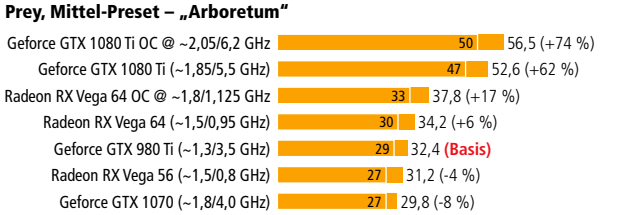
Wolfenstein 2, Hoch-Preset – „Manhattan"



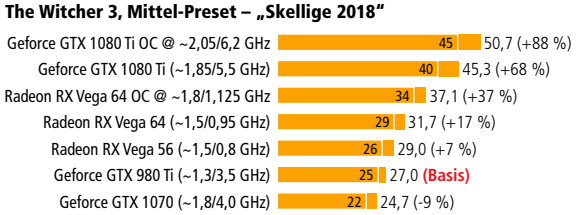
GTA 5, Einstellungen auf „hoch", FXAA – „Grapeseed"



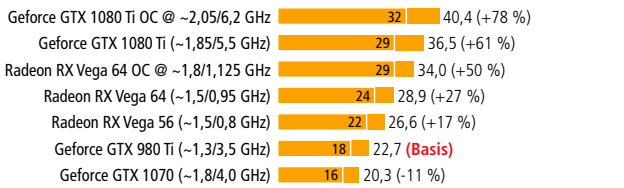
Prey, Mittel-Preset – „Arboretum"



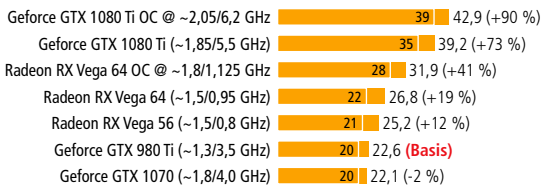
The Witcher 3, Mittel-Preset – „Skellige 2018"



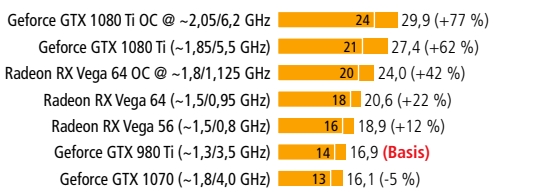
Rise of the Tomb Raider, Hoch-Preset mit SMAA – „Geo Valley"



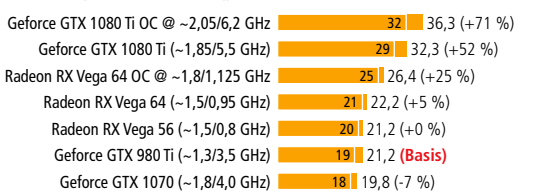
Assassin's Creed Origins, Mittel-Preset – „Kanopos"



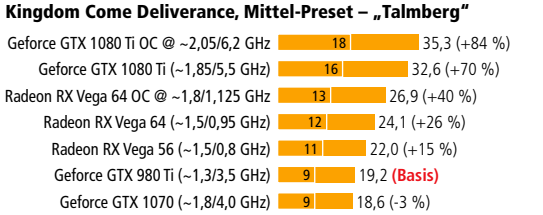
Final Fantasy XV, Mittel-Preset – „Cruisin' seaside"



Hellblade, Mittel-Preset – „Valravn"



Kingdom Come Deliverance, Mittel-Preset – „Talmberg"



System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Win 10 x64 (FCU 1709), GF 391.01, RS 18.3.1. 5K mittels DSR/VSR auf WQHD-Display (DSR-Faktor 1,78×, 33 % Gauß)
Bemerkungen: Der Verzicht auf ein paar Grafikdetails katapultiert die Bildraten in unerwartet hohe Sphären. Wer mit 30 bis 40 Fps zufrieden ist, benötigt keine Tausend-Euro-Grafikkarte.

P99 Ø Fps
▶ Besser

5.120 × 2.880 führt gegenüber 3.840 × 2.160 Pixel zu circa 50 bis 70 Prozent geringeren Bildraten. Das ist nicht verwunderlich, denn was die Charakteristik des Workloads angeht, entspricht 5K einer extremen Variante von 4K: Es gilt, sehr viele Pixel zu zeichnen und die korrelierenden Daten sowohl zu kopieren als auch zu speichern. Fähigkeiten wie Tessellation rücken in den Hintergrund, da sich die Polygonzahlen nicht verändern, sofern man von kleinen Posten wie einem auflösungsabhängigen Level-of-Detail-System (LoD) absieht. Viele Pixel führen zu guter Auslastung der Rechenwerke, da stets genug Arbeit parallel ansteht. Die sehr hohe, vor allem die Shader-Einheiten (ALUs) betreffende Last führt dazu, dass alle Probanden konsequent von ihrem Powerlimit ausgebremst werden. Mit anderen Worten: Die Boosts in 5K fallen gegenüber 4K etwas geringer aus und scheinbar stabile, manuell übertaktete Grafikkarten können deswegen instabil werden. Dabei gibt es eine Ausnahme: Sobald die Kapazität des Grafikspeichers zum Limitfaktor wird, sinkt die Auslastung innerhalb der GPU und der Boost steigt an – die Frametimes fallen aufgrund der Datenauslagerung jedoch katastrophal aus.

Sehen wir uns zunächst die Ergebnisse mit maximalen Details an. Die Geforce GTX 1080 Ti kann sich erwartungsgemäß an die Spitze des Testfelds setzen, bereits mit dem werkseitigen Boost im Bereich um 1,85 GHz rangiert sie stets vor der maximal übertakteten Radeon RX Vega 64. Bei diesem Duell ist keine Änderung der Machtverhältnisse zu beobachten, kein Modell macht gegenüber der Platzierung im PCGH-Leistungsindex nennenswert Boden gut oder verliert ihn.

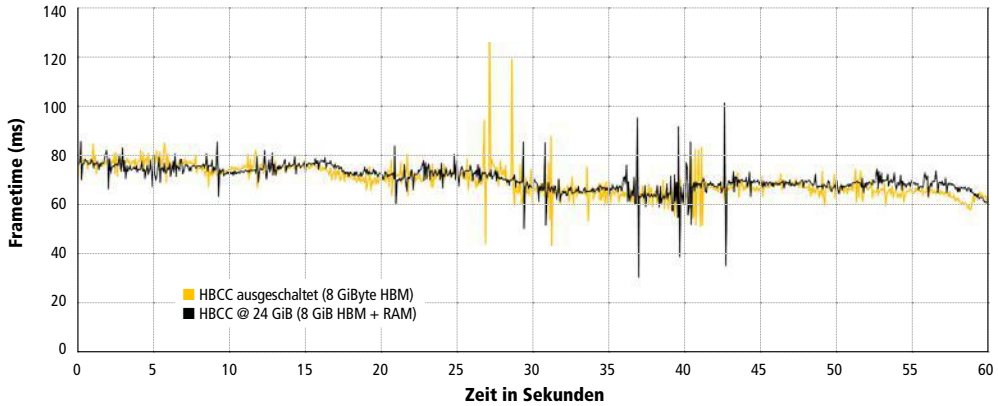
Ebenfalls erwartungsgemäß ist die weitgehend lineare Skalierung der Leistung nach Übertaktung beider Grafikkarten. Da wir nicht nur die Taktraten, sondern auch die Powerlimits auf das jeweilige Maximum setzen und dabei für gute Kühlung sorgen, wird das Taktplus direkt in bessere Bildraten umgemünzt. In 5K hilft jedes Megahertz, allerdings lässt sich kein Modell so weit übertakten, dass sich ein spielbarkeitsentscheidender Unterschied jenseits von 15 bis 20 Prozent ergibt.

Interessant ist das Duell zwischen GTX 980 Ti und GTX 1070. Erstere ist prozentual etwas stärker übertaktet und kann dem neueren Modell daher gut Paroli bieten, flüssig läuft jedoch keines der getesteten Spiele. Die GTX 1070 kann ihren Trumpf – 8 anstelle von 6 GiByte Speicher – dreimal ausspielen: Sowohl Wolfenstein 2 als auch Rise of the Tomb Raider und Assassin's Creed Origins brechen auf der Maxwell-Ti deutlich ein.

Mit reduzierten Details wird immer noch eine hohe Pixellast erzeugt, allerdings mit einem gewichtigen Unterschied: Der Verzicht auf die maximale Texturauflösung entlastet 8- und vor allem 6-GiB-Grafikkarten. So rangiert die GTX 980 Ti hier immer vor der GTX 1070. Auch die RX Vega 64 kann sich etwas besser in Szene setzen: In Wolfenstein 2 kann es die übertaktete Version beinahe mit der GTX 1080 Ti aufnehmen, während mit maximalen Details die Speicherkapazität bremsend wirkte. Insgesamt ist es erstaunlich, wie gut die Spiele mit moderatem Detailverzicht laufen – hätten Sie's gedacht? *(rv)*

Vega High Bandwidth Cache: Kein Ersatz für echten Grafikspeicher

Final Fantasy 15, maximale Details (ohne Nvidia-Effekte), Hi-Res-Assets aktiv, 5K – „Swampside"



System: Sapphire Radeon RX Vega 56 Pulse, Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64 (FCU 1709), RS 18.3.2
Bemerkungen: Das Vega-exklusive Feature HBCC erlaubt eine effiziente(re) Nutzung des System-RAM als Grafikspeichererweiterung. Final Fantasy 15 adressiert in unserem Beispiel bis zu 10,5 GiByte Speicher, das Spielgefühl verbessert sich gegenüber konventioneller RAM-Nutzung jedoch nicht (Bildrate im Mittel: <15 Fps).

Lieferbare 5K-Monitore: Übersicht

Monitor	Prolite XB2779QQS-S1	P-line 275P4VYKEB	Z27q J3G14AT
			
Hersteller	Iiyama	Philips	HP
Preis	Ca. € 760,-	Ca. € 1.270,-	Ca. € 1.870,-
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1754062	www.pcgh.de/preis/1321659	www.pcgh.de/preis/1214687
Kategorisierung	Privatanwender	Profi/Bildbearbeitung	Profi/Bildbearbeitung
Bildschirmdiagonale	27 Zoll	27 Zoll	27 Zoll
Anschlüsse für 5K@60Hz	1 × Displayport 1.4	2 × Displayport 1.2	2 × Displayport 1.2
Native Auflösung/Pixeldichte	5.120 × 2.880/217 ppi	5.120 × 2.880/217 ppi	5.120 × 2.880/217 ppi
Panel-Typ/Coating	IPS/matt	IPS (PLS)/spiegelnd	IPS (PLS)/matt
Maße B×H×T (inkl. Standfuß)	65 × 57 × 23 cm	64 × 58 × 27 cm	64 × 55 × 22 cm
Bildwiederholrate	60 Hertz	60 Hertz	60 Hertz
Farbtiefe	6 Bit + A-FRC	10 Bit	10 Bit
Max. Helligkeit lt. Hersteller	440 cd/m²	300 cd/m²	300 cd/m²
Bemerkungen: Nur der relativ neue Iiyama Prolite eignet sich für Spielernaturen.			

Fazit

5K: Hübsch, aber anspruchsvoll

5.120 × 2.880, 5K oder 14,7 Megapixel pro Bild: Die ehrfurchtgebietende Auflösung ist durchaus nutzbar, wenn man gewillt ist, auf ein paar Grafikdetails zu verzichten. Wer die native Darstellung anstrebt, sollte sich das Iiyama-LCD links genauer ansehen, alle anderen können mittels VSR und DSR in 5K (oder mehr) hineinschnuppern.

5K-Auflösung auf einem normalen Display: So einfach geht's

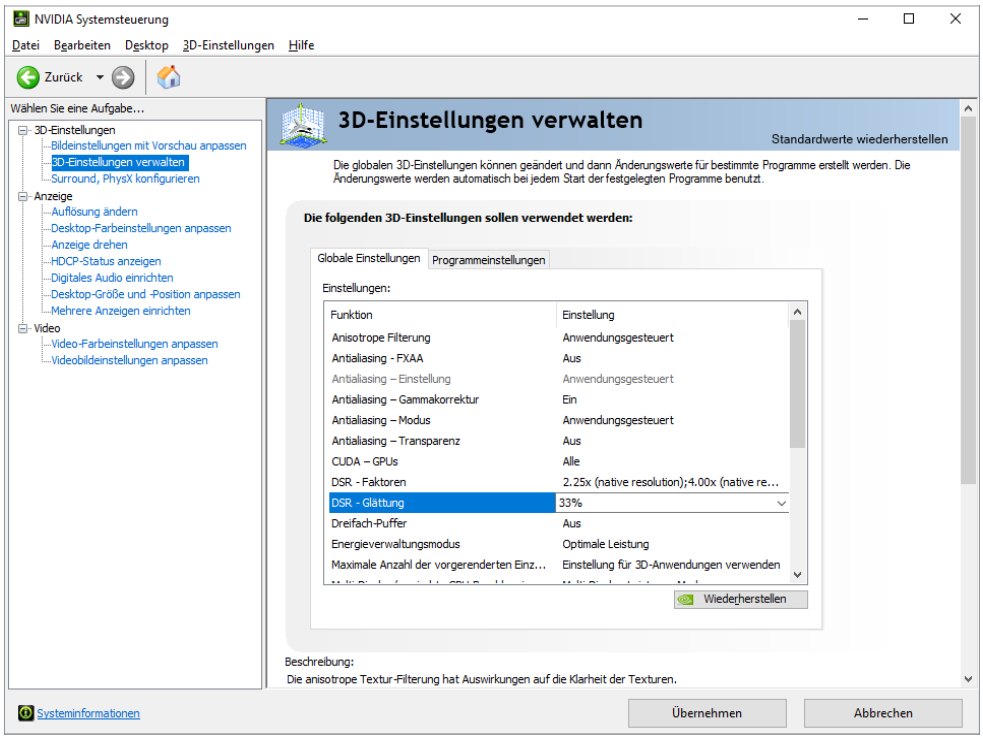
Es gibt Lösungen für Nutzer eines niedrig auflösenden Bildschirms: Virtual Super Resolution (VSR) und Dynamic Super Resolution (DSR).

Vor einigen Jahren war Downsampling, die Verwendung hoher (interner) Auflösungen auf normalen LCDs, ein bastelintensives Hobby für Enthusiasten – PCGH berichtete mehrfach darüber. AMD und Nvidia haben auf ihre besten Kunden gehört und zwischenzeitlich einfach nutzbare Funktionen in ihre Grafiktreiber gepackt, um in jedem Spiel in den Genuss einer höheren Auflösung zu kommen, als sie das Display darstellen kann: VSR und DSR.

Während der Ansatz derselbe ist, unterscheidet sich die jeweilige Umsetzung. Nvidia pocht auf Kompatibilität: Der Treiber bietet Multiplikatoren der nativen Bildschirmauflösung an, die aufgrund der Shader-basierten Herunterskalierung bei beinahe jeder Hardware-Konstellation funktionieren. AMDs Downsampling spannt den Videoprozessor der Radeon-Chips ein und ist infolgedessen auf dessen Fertigkeiten angewiesen. Die Folge ist zwar ein hochwertiger zusammengemischtes Bild, allerdings auch eine limitierte Auflösungswahl. Abhängig von LCD und GPU stehen andere Maximalstufen zur Verfügung. So können Nutzer eines WQHD- und UHD-Bildschirms beispielsweise bis zu 5K einstellen, FHD-Verwender aber höchstens UHD. Das gilt jedoch nur für die aktuellen GPU-Reihen Vega und Polaris; ältere Chips wie Fiji (R9 Fury/Nano) und Hawaii (R9 200/300) erlauben nicht einmal UHD auf gängigen LCDs.

Die Aktivierung ist bei beiden GPU-Schmieden kinderleicht. AMD-Nutzer klicken in den Radeon Settings unter „Anzeige" auf „Virtual Super Resolution" und können wenige Sekunden später auf dem Desktop und in Spielen zusätzliche (höhere) Auflösungen verwenden. Ähnlich sieht es bei Nvidia aus, wobei Sie unter „3D-Einstellungen verwalten" – „DSR – Faktoren" zunächst die gewünschten Auflösungsmultiplikatoren auswählen müssen. Sinnvoll, das heißt mit ordentlicher Bildqualität, sind aus PCGH-Sicht nur die Optionen 2,25× und 4,0×, wobei jede Pixelachse 1,5× respektive 2,0× so fein aufgelöst wird. Haben Sie die Faktoren angewendet, können Sie unter „DSR – Glättung" noch die Stärke des beim Herunterrechnen genutzten Gaußfilters bestimmen. 33 Prozent sind voreingestellt, aber relativ unscharf. Wir raten zu 0 % bei Faktor 4 und 25 Prozent bei Faktor 2,25.

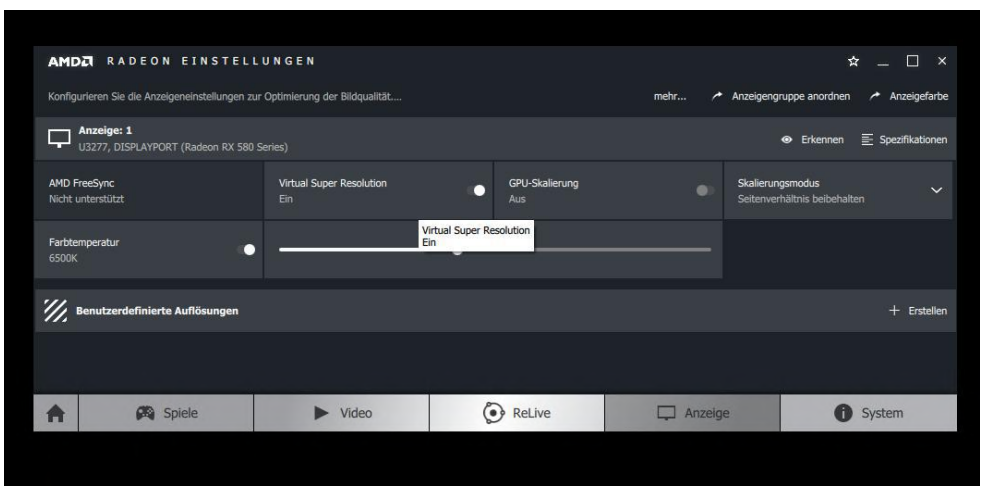
Nicht immer sind DSR und VSR notwendig, um in den Genuss hoher Auflösungen zu kommen, denn viele Spiele bieten mittlerweile Ingame-Downsampling.



DSR: Native Bildschirmauflösung × Faktor = Interne Auflösung

Auflösung	Faktor 1,20×	Faktor 1,50×	Faktor 1,78×	Faktor 2,00×	Faktor 2,25×	Faktor 3,00×	Faktor 4,00×
1.680 × 1.050	1.840 × 1.150	2.058 × 1.286	2.241 × 1.401	2.376 × 1.485	2.520 × 1.575	2.910 × 1.819	3.360 × 2.100
1.920 × 1.080	2.103 × 1.183	2.351 × 1.323	2.560 × 1.440	2.715 × 1.527	2.880 × 1.620	3.325 × 1.871	3.840 × 2.160
1.920 × 1.200	2.103 × 1.315	2.352 × 1.470	2.560 × 1.600	2.715 × 1.697	2.880 × 1.800	3.325 × 2.078	3.840 × 2.400
2.048 × 1.152	2.243 × 1.262	2.508 × 1.411	2.732 × 1.537	2.896 × 1.629	3.072 × 1.728	3.547 × 1.995	4.096 × 2.304
2.560 × 1.080	2.804 × 1.183	3.135 × 1.323	3.415 × 1.441	3.620 × 1.527	3.840 × 1.620	4.434 × 1.871	5.120 × 2.160
2.560 × 1.440	2.804 × 1.577	3.135 × 1.764	3.415 × 1.921	3.620 × 2.036	3.840 × 2.160	4.434 × 2.494	5.120 × 2.880
3.440 × 1.440	3.768 × 1.577	4.213 × 1.764	4.589 × 1.921	4.865 × 2.036	5.160 × 2.160	5.958 × 2.494	6.880 × 2.880
3.840 × 2.160	4.206 × 2.366	4.703 × 2.645	5.120 × 2.880	5.431 × 3.055	5.760 × 3.240	6.651 × 3.741	7.680 × 4.320
5.120 × 2.880	5.609 × 3.155	6.271 × 3.527	6.831 × 3.842	7.241 × 4.073	7.680 × 4.320	8.868 × 4.988	10.240 × 5.760

Bemerkungen: Krumme Faktoren führen zu einem grieseligen Bild. Bei 2×2 (4×) kann auf die „DSR-Glättung" verzichtet werden.





Kühl dank Rotation?

Dank PCI-Express-Riser müssen Grafikkarten nicht mehr länger direkt auf das Mainboard gesteckt werden. Wir prüfen, ob das eine bessere Kühlung ermöglicht.



Unter den neu veröffentlichten Gehäusen befinden sich momentan viele Modelle mit einer durchsichtigen Seitenscheibe aus Glas. Immer häufiger statten die Hersteller diese mit einer zusätzlichen Montagemöglichkeit für eine Grafikkarte aus. Dabei wird die Platine nicht in dem Steckplatz auf dem Mainboard, sondern um 90 Grad gedreht hinter der Glasscheibe montiert. Möglich machen es PCI-Express-Riser-Kabel, die üblicherweise zusätzlich zum Gehäuse erworben werden müssen.

Riser-Rotation

Diese alternativen Montageplätze sind zur Präsentation der Grafikkarte gedacht, haben aber nicht nur einen optischen Effekt: Zum einen kann die Anbindung via PCI-Express-Riser die Stabilität und Geschwindigkeit verringern. Billigmodelle sind teilweise gar nicht für den Betrieb schneller Grafikkarten geeignet und können dazu führen, dass die angeschlossene Hardware nicht einmal erkannt wird. Doch selbst hochwertige, gut abgeschirmte Modelle können die Leistung etwas verringern. Wir bemerkten bei Verwendung des Fractal Design Flex VRC-25 in unserem Test mit Unigine Superposition einen Rückgang von 53 auf 51 Fps, also rund 4 Prozent.

Das ist aber nur eine Seite der Medaille, denn zum anderen ermöglicht eine Montage via Riser auch neue Kühlkonzepte – und damit auch die Möglichkeit, den kleinen Leistungsverlust wettzumachen und die Lautstärke zu reduzieren. Bei der klassischen Montage sitzen CPU-Kühler und Grafikkarte sehr nah beisammen, weshalb viele Mainboard-Hersteller bereits einen zusätzlichen Slot Abstand zwischen dem Prozessorsockel und dem ersten PCI-Express-×16-Steckplatz lassen. Das reduziert zwar die Kollisionsgefahr, doch mit der von der Grafikkarte aufsteigenden Abwärme muss der Prozessorkühler immer noch klarkommen. Auf den folgenden Seiten prüfen wir, welche Vor- und Nachteile die beiden Montagemöglichkeiten bieten und wie gut sie mit zusätzlichen Ventilatoren und unterschiedlichen Belüftungskonzepten harmonieren.



Auf der Rückseite der Grafikkarte befestigen wir zwei Temperaturfühler. Das PCI-E-Riser-Kabel von Fractal Design kostet 40 Euro und muss separat erworben werden.

Slot versus Riser

Unser Testsystem bildet ein Gigabyte Aorus Z270X-Gaming 9, auf dem ein Core i7-7700K mit leichter Übertaktung auf 4,6 GHz bei 1,25 Volt sowie eine Evga Geforce GTX 980 Ti mit einer auf 1.405/3.902 MHz fixierten Taktrate betrieben werden. Die Grafikkarte erzeugt eine hohe Abwärme, weist ein typisches Custom-Design mit zwei Axiallüftern auf und belegt zwei Slots. Das Mainboard zählt zu den wenigen Modellen, das einen PCI-Express-×16-Steckplatz an der oberen Position bietet. Das ermöglicht es uns, sowohl bei der Grafikkarten-Montage via Riser als auch im Slot einen Noctua NF-A9 PWM als zusätzlichen Lüfter an der Rückseite zu verbauen (siehe Bild). Sitzt die Grafikkarte eine Position weiter unten, passt maximal ein 80-mm- anstelle eines 92-mm-Lüfters.

Zusätzlich basteln wir uns ein Seitenteil aus Pappkarton, das eine Öffnung für einen 140-mm-Lüfter bietet. Bisher gibt es leider kein Gehäuse, das ohne Modifikation sowohl die Montage via PCI-E-Riser als auch die Montage eines Lüfters im Seitenteil ermöglicht, auch nicht das von uns genutzte Fractal Design Define R6 Black TG mit Glasfenster. Für Bastelwillige dürfte eine Variante des Define R6 mit geschlossener Seitenwand aus Metall die beste Ausgangsbasis darstellen, um eine vergleichbare Kühlung zu realisieren. Die drei vormontierten Gehäuselüfter im 140-mm-Format betreiben wir in allen Tests mit 850 bis 900 U/min, den Noiseblocker-Ventilator gleicher Größe an der Pappseitenwand ebenfalls. Auch den 140-mm-Lüfter am Prozessorkühler EKL Alpenföhn Brocken 3 lassen wir 850 bis 900 Mal pro Minute rotieren. Den zusätzlichen 92-mm-Lüfter an der Rückseite fixieren wir auf 1.600 bis 1.650 U/min. So konfiguriert lässt sich die Grafikkarte ab rund 40 % Lüfterdrehzahl aus dem PC heraushören und ist ab 45 % subjektiv maßgeblich für die Lautstärke. Ein wenig anders sieht das aus, wenn der Noctua-Lüfter ein- statt ausblasend montiert wird. Die Gehäusestreben zur Befestigung von Erweiterungskarten erhöhen die Lautstärke, sodass in diesem Fall die Grafikkarte erst ab 45 % herauszuhören ist und ab 50 % die subjektive Lautstärke klar erhöht.



Für einige Messungen verwenden wir einen einblasenden 140-mm-Lüfter auf Höhe der PCI-Express-Slots. Dazu haben wir ein Seitenteil aus Pappkarton gebastelt.



Ein Slot-Lüfter lässt sich mit Gummibändern befestigen. Der Kabelsalat ist optional – wir haben für erleichtertes Testen eine interne Lüftersteuerung extern angeschlossen.

Luftstrom: Vorne rein, hinten raus

Im Auslieferungszustand blasen zwei 140-mm-Lüfter an der Vorderseite kühle Luft in den Innenraum, ein 140-mm-Ventilator an der Rückseite befördert die erwärmte Luft hinaus. Das „Vorne rein, hinten raus"-Prinzip ist die seit vielen Jahren übliche Methode, um die Hardware im Gehäuse zu belüften.

Backplate wärmer mit Riser

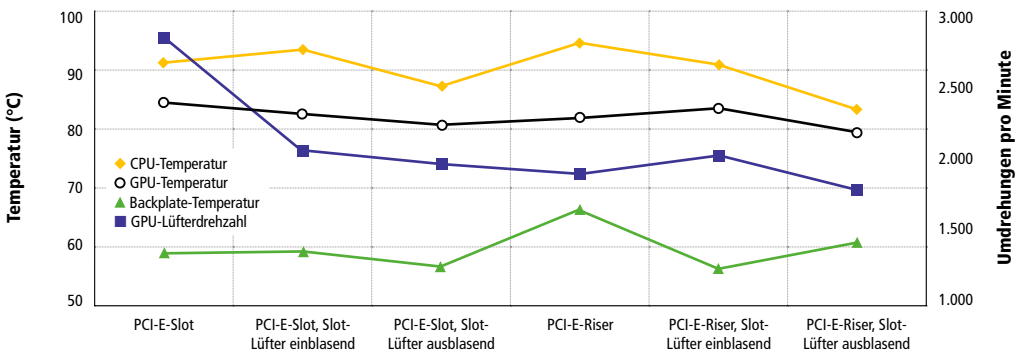
Da wir mit Prime95 und Unigine Superposition zwei fordernde Programme für Prozessor und Grafikkarte gleichzeitig ausführen, verwundert es nicht, dass beide übertakteten Komponenten recht heiß werden: Mit Standardbelüftung ermitteln wir 91,3 °C Kerntemperatur, die auf dem Mainboard montierte GTX 980 Ti erreicht eine Chiptemperatur von 84,6 °C, die temperaturgeregelten Axiallüfter erzeugen bei 2.830 U/min (79 %) ein aufdringliches Rauschen. Bereits eine einfache Umpositionierung der Karte mittels PCI-E-Riser sorgt für eine deutlich reduzierte Lautstärke: Die GPU erreicht nur noch 81,8 °C bei 1.900 U/min (65 %). Ideal ist diese Lösung allerdings nicht, da wir mit 94,6 °C respektive 66,5 °C – so viel sei bereits verraten – die höchsten Werte aller Kühlvarianten für die CPU-Kerne und die Grafikkartenrückseite ermitteln. Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass die hinter dem Brocken 3 ausströmende Luft durch das Fehlen der Grafikkarte nicht mehr in dem Raum zwischen Kühlblock und Hecklüfter gehalten wird und teilweise nach unten hin entweicht. Die stärkere Erwärmung der Rückseite der Grafikkarte dürfte durch das Ausbleiben des Luftstroms zu erklären sein, welchen der Ventilator am Brocken 3 erzeugt.

Eine gute Möglichkeit, diesen Wegfall zu kompensieren, besteht darin, die Slot-Blenden zu entfernen und einen zusätzlichen Lüfter an der Gehäuserückseite zu befestigen. Saugt der Ventilator kühle Luft ins Gehäuse, bewirkt das eine Abkühlung der Rückseite um 10 Kelvin. Obwohl gerade die im PCI-Express-Steckplatz montierte Grafikkarte von dieser Frischluftzufuhr allgemein profitiert, ist diese Ausrichtung des Noctua-Lüfters trotzdem nur die zweitbeste Wahl. Die niedrigsten Temperaturen und die geringste Lautstärke ermitteln wir, wenn der zusätzliche Lüfter am Heck ausblasend montiert wird. Damit unterbinden wir nicht nur unerwünschte Verwirbelungsgeräusche, welche durch das Ansaugen der Luft durch die Schlitze für die Anschlussbleche von Erweiterungskarten entstehen, sondern erzielen eine deutliche Abkühlung an jedem Messpunkt: Gegenüber dem Ausgangszustand ohne Zusatzlüfter läuft die CPU bei konventioneller Grafikkarten-Montage um 4 Kelvin kühler, mit Riser beträgt der Vorteil sogar 11 Kelvin. Die GPU bleibt in beiden Fällen zwar nur rund 4 Kelvin kühler, allerdings bei teilweise deutlich verringertem Lüfterlärm. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Zusatzlüfter nicht in die Gegenrichtung verbauter Gehäuselüfter blasen sollte und dass das „Vorne rein, hinten raus"-Prinzip durch eine simple Maßnahme verbessert werden kann.

Visualisierter Luftstrom und Ergebnisse (normiert auf 25 °C Raumtemperatur)



Temperaturentwicklung und Lüfterdrehzahl (Prime95 v26.6 Small FFTs und Unigine Superposition – max. Details, 720p)



Grafikkarte & Slot-Lüfter: Ausrichtung	CPU-Temperatur	GPU-Temperatur	Backplate-Temperatur	GPU-Lüfterdrehzahl
PCI-E-Slot	91,3 °C	84,6 °C	59,1 °C	2.830 U/min (79 %)
PCI-E-Slot, Slot-Lüfter einblasend	93,6 °C	82,6 °C	59,3 °C	2.060 U/min (68 %)
PCI-E-Slot, Slot-Lüfter ausblasend	87,3 °C	80,6 °C	56,8 °C	1.960 U/min (65 %)
PCI-E-Riser	94,6 °C	81,8 °C	66,5 °C	1.900 U/min (63 %)
PCI-E-Riser, Slot-Lüfter einblasend	91,0 °C	83,5 °C	56,2 °C	2.030 U/min (67 %)
PCI-E-Riser, Slot-Lüfter ausblasend	83,4 °C	79,4 °C	60,8 °C	1.790 U/min (59 %)

System: i7-7700K @ 4,6 GHz/1,25 Volt, Gigabyte Aorus Z270X-Gaming 9, 2 × 8 GiByte DDR4-2666, Evga GTX 980 Ti Classified @ 1.405/3.902 MHz, Brocken 3 @ 850-900 U/min, Dynamic X2 GP-140 @ 850-900 U/min (2 × Front/1 × Heck), NF-A9 PWM @ 1.600-1.650 U/min (Slot); Windows 10 x64

Luftstrom: Vorne rein, seitlich rein, hinten raus

Bei vergangenen Praxistests zur Gehäusebelüftung hat sich ein Lüfter im Seitenteil bereits oft als effektive Möglichkeit erwiesen, um die Grafikkarte besser zu kühlen. Wir setzen auf eine einblasende Ausrichtung, da diese üblicherweise deutlich bessere Ergebnisse bewirkt als die ausblasende Variante, bei der die Lüfter der Grafikkarte und der Ventilator im Seitenteil in entgegengesetzte Richtungen arbeiten – was bei allen Kühlkonzepten vermieden werden sollte. Der NB-Blacksilent Pro PK-2 läuft wie die Gehäuse- und der CPU-Lüfter mit 850 bis 900 U/min.

Keine Standardlösung

Da das Gehäuse nicht für diese Belüftungsoption vorbereitet ist, nutzen wir für den Test eine Bastellösung aus Pappkarton mit einem runden Ausschnitt für die einströmende Luft und Löchern zur Montage des Ventilators. Diese Lösung ist schnell realisiert und kostengünstig, aber weder besonders schön noch stabil. Ebenfalls nicht optimal ist, dass zumindest ein Lüfter mit 25-mm-Standardrahmen übersteht. An der Innenseite lässt er sich nicht installieren, da er sonst direkt gegen die via Riser angeschlossene Grafikkarte gepresst wird. Soweit wir wissen, sind Sie aktuell gezwungen, entweder ein Gehäuse um eine Montagemöglichkeit der Grafikkarte via PCI-E-Riser oder einen Lüfterplatz im Seitenteil zu erweitern. Beides zusammen bietet kein Hersteller an.

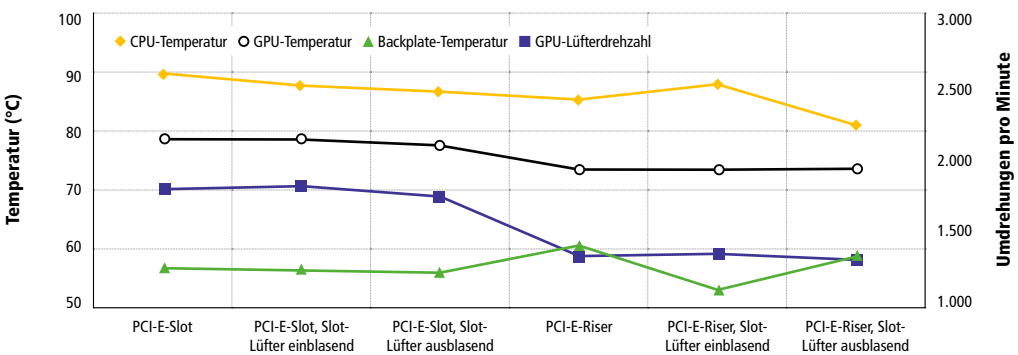
Der Vorteil von seitlich einströmender Frischluft ist sehr groß: Wo sich die Grafikkarte im Slot und via Riser angebunden zuvor noch auf 84,6 respektive 81,8 °C erwärmte, messen wir nun 78,6 sowie 73,6 °C. Der reine Temperaturunterschied ist umso beachtlicher, wenn man berücksichtigt, dass die Lüfter der Evga-Karte in diesen Szenarien noch 2.830 bzw. 1.900 U/min erreichten und nun mit 1.810 bzw. 1.360 U/min wesentlich langsamer rotieren. Trotz der Öffnung in der Seitenwand und des zusätzlichen 140-mm-Lüfters ist der gesamte PC nicht etwa lauter, sondern leiser geworden.

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass die via Riser montierte Grafikkarte deutlich stärker von einem Lüfter im Seitenteil profitiert als direkt auf das Mainboard gesteckt. Ein zusätzlicher 92-mm-Lüfter an der Rückseite hat kaum einen Einfluss auf die GPU-Temperatur, aber er unterstützt (in ausblasender Richtung) den CPU-Kühler, was für ca. 3 bis 4 Kelvin niedrigere Kerntemperaturen sorgt. Auch mit Lüfter im Seitenteil erwärmt sich die Rückseite der Grafikkarte ein wenig stärker, wenn sie via Riser angebunden ist. Die Differenz ist aber geringer als mit der Standard-Gehäusebelüftung und lässt sich durch den Slot-Lüfter weiter verringern. In einblasender Richtung messen wir mit 53,2 °C sogar den niedrigsten Wert an der Backplate, dieses Kunststück gelingt aber nur auf Kosten der CPU-Kühlung. Ein ausblasender Zusatzlüfter überzeugt uns eher, zumal hier Störgeräusche an den Slot-Streben ausbleiben.

Visualisierter Luftstrom und Ergebnisse (normiert auf 25 °C Raumtemperatur)



Temperaturentwicklung und Lüfterdrehzahl (Prime95 v26.6 Small FFTs und Unigine Superposition – max. Details, 720p)



Grafikkarte & Slot-Lüfter: Ausrichtung	CPU-Temperatur	GPU-Temperatur	Backplate-Temperatur	GPU-Lüfterdrehzahl
PCI-E-Slot	89,8 °C	78,6 °C	56,9 °C	1.810 U/min (60 %)
PCI-E-Slot, Slot-Lüfter einblasend	87,8 °C	78,6 °C	56,5 °C	1.830 U/min (60 %)
PCI-E-Slot, Slot-Lüfter ausblasend	86,8 °C	77,6 °C	56,1 °C	1.760 U/min (58 %)
PCI-E-Riser	85,4 °C	73,6 °C	60,7 °C	1.360 U/min (44 %)
PCI-E-Riser, Slot-Lüfter einblasend	88,0 °C	73,5 °C	53,2 °C	1.370 U/min (45 %)
PCI-E-Riser, Slot-Lüfter ausblasend	81,1 °C	73,6 °C	58,7 °C	1.330 U/min (44 %)

System: i7-7700K @ 4,6 GHz/1,25 Volt, Gigabyte Aorus Z270X-Gaming 9, 2 × 8 GiByte DDR4-2666, Evga GTX 980 Ti Classified @ 1.405/3.902 MHz, Brocken 3 @ 850-900 U/min, Dynamic X2 GP-140 @ 850-900 U/min (2 × Front/1 × Heck), NF-A9 PWM @ 1.600-1.650 U/min (Slot), NB-Blacksilent Pro PK-2 @ 850-900 U/min (Seite); Win 10 x64

Luftstrom: Hinten rein, seitlich rein, vorne raus (Tür geöffnet)

In den vorherigen Messreihen hat sich gezeigt, dass ein einblasender Slot-Lüfter zur Kühlung der Grafikkartenrückseite prinzipiell interessant ist, aber aufgrund der in der Gegenrichtung arbeitenden 140-mm-Lüfter an Vorder- und Rückseite sowie am CPU-Kühler zu höheren Kerntemperaturen führen kann. Daher wagen wir abschließend einen Versuch mit einem Kühlkonzept, bei dem Frischluft an der Rückseite eingezogen und durch das Gehäuse zur Vorderseite hinausbefördert wird. CPU-Kühler und Grafikkarte sitzen auf diese Weise so nah an den Frischluftquellen wie nur irgendwie möglich.

Potenzielle Stolpersteine

Da das Gehäuse nicht für einen umgedrehten Luftstrom gedacht ist, stellt die Fronttür eine Blockade dar, welche die Praxistauglichkeit dieses Kühlkonzepts einschränkt. Im Direktvergleich ohne Slot-Lüfter zwischen offener und geschlossener Fronttür haben wir rund 5 Kelvin höhere Kerntemperaturen und rund 2 Kelvin höhere GPU- und Backplate-Temperaturen gemessen. Daher haben wir alle weiteren hier aufgeführten Tests mit geöffneter Fronttür durchgeführt. Auch bei türlosen Gehäusen sollten Sie darauf achten, dass die Luft auf direktem Weg entweichen kann. Eine Lochblechfront dürfte zu besseren Ergebnissen führen als eine geschlossene (Glas-)Vorderseite mit kleinen seitlichen Öffnungen, die nur zum Ansaugen gedacht sind. Eine weitere Schwierigkeit sind die bereits auf den vorherigen Seiten erwähnten Verwirbelungsgeräusche, wenn ein Lüfter ansaugend hinter den Streben für Erweiterungskarten verbaut wird. Dies lässt sich zwar durch das Verringern der Lüfterdrehzahl beheben – die subjektive Lautstärke des Noctua NF-A9 PWM ist einblasend bei ca. 1.300 U/min so hoch wie mit 1.600 bis 1.650 U/min ausblasend –, sollte aber zumindest bedacht werden.

Der Lohn der Mühe sind die insgesamt niedrigsten Temperaturwerte, die wir für Prozessor, GPU und die Rückseite der Grafikkarte ermittelt haben. Das für die PC-Lautstärke maßgebliche Kühlsystem der Grafikkarte agiert noch einmal etwas laufruhiger als beim „Vorne rein, hinten raus"-Prinzip mit zusätzlichem Lüfter im Seitenteil. Hier erneut die Werte für das Konzept „Vorne rein, hinten raus" mit Grafikkarte im Slot bzw. PCI-E-Riser:

- CPU: 91,3/94,6 °C
- GPU: 84,6/81,8 °C
- Backplate: 59,1/66,5 °C
- GPU-Lüfter: 2.830/1.900 U/min

Im Vergleich mit dem effektivsten Kühlkonzept („Hinten rein, vorne raus", einblasender Slot- und Seitenlüfter) ergeben sich folgende Verbesserungen:

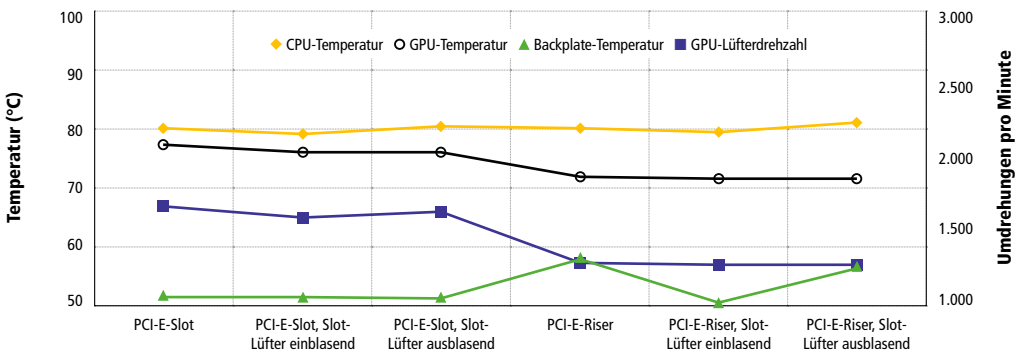
- CPU: -12,0/-15,3 Kelvin
- GPU: -8,3/-10,3 Kelvin
- Backplate: -7,9/-15,9 Kelvin
- GPU-Lüfter: -1.230/-630 U/min

Diese großen Unterschiede lassen genug Spielraum, um einen kleinen durch einen PCI-E-Riser verursachten Leistungsrückgang mittels Overclocking auszugleichen. *(sw)*

Visualisierter Luftstrom und Ergebnisse (normiert auf 25 °C Raumtemperatur)



Temperaturentwicklung und Lüfterdrehzahl (Prime95 v26.6 Small FFTs und Unigine Superposition – max. Details, 720p)



Grafikkarte & Slot-Lüfter: Ausrichtung	CPU-Temperatur	GPU-Temperatur	Backplate-Temperatur	GPU-Lüfterdrehzahl
PCI-E-Slot	80,1 °C	77,4 °C	51,5 °C	1.680 U/min (55 %)
PCI-E-Slot, Slot-Lüfter einblasend	79,3 °C	76,3 °C	51,2 °C	1.600 U/min (53 %)
PCI-E-Slot, Slot-Lüfter ausblasend	80,6 °C	76,3 °C	51,6 °C	1.650 U/min (54 %)
PCI-E-Riser	80,0 °C	71,8 °C	58,4 °C	1.300 U/min (43 %)
PCI-E-Riser, Slot-Lüfter einblasend	79,3 °C	71,5 °C	50,6 °C	1.270 U/min (42 %)
PCI-E-Riser, Slot-Lüfter ausblasend	81,1 °C	71,6 °C	56,9 °C	1.280 U/min (42 %)

System: i7-7700K @ 4,6 GHz/1,25 Volt, Gigabyte Aorus Z270X-Gaming 9, 2 × 8 GiByte DDR4-2666, Evga GTX 980 Ti Classified @ 1.405/3.902 MHz, Brocken 3 @ 850-900 U/min, Dynamic X2 GP-140 @ 850-900 U/min (2 × Front/1 × Heck), NF-A9 PWM @ 1.600-1.650 U/min (Slot), NB-Blacksilent Pro PK-2 @ 850-900 U/min (Seite); Win 10 x64

VIDEO GAMES LIVE™

DIE BESTEN VIDEO SPIEL SOUNDTRACKS ALLER ZEITEN

LIVE INTERPRETIERT DURCH ORCHESTER & CHOR!



COSPLAY CONTEST

DIE SIEGER ERHALTEN EXKLUSIVES GOODIE PACKAGE

MUSIK VON:

ZELDA, MARIO, FINAL FANTASY, THE WITCHER, ASSASSINS CREED UVM.

02.11.18 FRANKFURT – JAHRHUNDERTHALLE // 03.11.18 BERLIN – TEMPODROM

04.11.18 MÖNCHENGLADBACH – REDBOX // 05.11.18 HAMBURG – MEHR THEATER

TICKETS UNTER: WWW.ADTICKET.DE

WWW.VIDEOGAMESLIVE.COM

ARTS & ENTERTAINMENT PRODUCTIONS · CMG Computec Media Group · klassik radio · RBK ENTERTAINMENT · kultunews · ADticket · myCostumes.de Worbla - Crafting - Wigs - Cosplay

Prozessoren

AMD- und Intel-Prozessoren, Prozessorkühler, Wärmeleitpasten

www.pcgameshardware.de/cpu



Raffael Vötter
Fachbereich Kernigkeit
E-Mail: rv@pcgh.de

Kommentar

Theorie vs. Praxis: Ich falle vom Glauben ab. Zumindest ein bisschen.

Wie Sie auf den folgenden Seiten sehen werden, haben wir ofenfrische Benchmarks für Sie erstellt. Auf der März-Agenda stand, rechtzeitig vor dem Launch des heißerwarteten Ryzen-2000-ohne-G, ein neuer CPU-Parcours, analog zur Frischzellenkur bei den Grafikkarten (siehe PCGH 02/2018). Selbstverständlich eignet sich nicht jeder Wald-und-Wiesen-Test oder GPU-Killer für Prozessortests, sondern es galt, eine Schnittmenge aus „Wird viel gespielt", „Fordert den Rechner" und „Ist technisch fortgeschritten" zu finden. Da PC Games Hardware jedes grafisch vielversprechende Spiel zeitnah testet, kennen wir die Kernskalierung alias Multithreading der Kandidaten relativ gut. Oft bieten wir ihnen bei besagten Tests auch CPU-Kernskalierungen, welche in vielen Fällen gut aussehen – allerdings optimieren die dabei verwendeten Laborbedingungen die Ergebnisse leicht: Ergibt die übliche Skalierung bei fixierten 3 GHz noch ein messbares Plus von 6 auf 8 Kerne, kann das bei wankelmütigen 3,5-3,7 GHz, wie sie echte CPUs verwenden, bereits anders aussehen. So kommt es, dass wir optimistisch an die Tests herangingen, am Ende aber doch wieder moderat „bekernte" Chips mit starker Pro-MHz-Leistung gewannen. 2018 sind es immerhin die Sechs- und nicht mehr die Vierkerner, welche regieren. Die Moral von der Geschicht: So gut, wie erhofft, steht es um das Multithreading moderner PC-Spiele nicht. Wir sprechen uns 2019 nochmal.

Leistungsindex

Sie vermissen den CPU-Leistungsindex? Er ist in aktueller Form auch Bestandteil (S. 64 u. 66) der Sonderheft-Leseprobe ab Seite 60.

AMD Raven Ridge als CPU

Im letzten Test vor dem neuen Parcours muss AMDs Raven-Ridge-APU zeigen, was sie im reinen CPU-Einsatz taugt.

Ryzen 2000 steht vor der Tür und mit R3-1200 und R5-1400 sind die ersten beiden Modelle bereits durch ihre Nachfolger R5-2400G und R3-2200G abgelöst worden. Speziell Ersterer ist mit einem Einstandspreis von unter 100 Euro ein interessanter Kandidat, selbst wenn man die integrierte Vega-Grafik nicht nutzen und ihn mit einer Grafikkarte für Spiele paaren will.

In der vorigen Ausgabe hatten wir unser Augenmerk noch auf die Spieleleistung der integrierten Vega-GPU von AMDs Ryzen 5-2400G und dem kleineren R3-2200G gerichtet und waren zu einem ziemlich positiven Urteil gekommen. In ihrer Eigenschaft als CPU müssen sich die beiden Neuankömmlinge allerdings mit härteren Gegnern herumschlagen als mit Intels schwächlicher UHD Graphics 630. Der R3-2200G tritt preislich gegen den Core i3-8100 in einem fairen Duell an. Beide liegen preislich keine 10 Euro auseinander und takten mit mindestens 3,6 GHz auf ihren jeweils vier Kernen, die ohne SMT auskommen müssen. Auch wenn der R3 in der Leistungsbetrachtung rund 13 Prozent hinter dem i3 liegt, sind saubere 60 Durchschnitts-Fps in keinem Shooter oder Rennspiel unseres Parcours ein Problem. Zudem lässt sich der R3-2200G ab einem günstigen B350-Board übertakten. Bei Intels i3 müssen Sie derzeit zwar ein OC-Board kaufen, weil es bisher nur den Z370-PCH für 8000er-CPUs gibt, dürfen den Takt aber nicht ändern. Dafür braucht's eine K-CPUs. Der Ryzen 5-2400G schlägt seinen Vorgänger, den R5-1400 sowie die teureren i3-7350K und i5-7400. Er muss sich dem i5-7500 nur hauchdünn beugen. Der Hauptgegner ist jedoch der aktuelle Core i5-8400, dessen sechs Kernen er im reinen CPU-Einsatz nicht gewachsen ist. Der 2400G lohnt sich nur als APU. *(cs)*



Prozessor	AMD Ryzen 5-2400G	AMD Ryzen 3-2200G
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1758261	www.pcgh.de/preis/1758349
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 145 €/„knapp befriedigend" (3-)	Ca. 95 €/„voll befriedigend" (3+)
Für Mainboards mit Sockel …	AM4 (Sockel 1331)	AM4 (Sockel 1331)
Codename	Raven Ridge	Raven Ridge
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	4 (8), wie Speicher-/Kerntakt	4 (4), wie Speicher-/Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,6 GHz (3,9 GHz)	3,5 GHz (3,7 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/64 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	512 KiByte/4 MiByte	512 KiByte/4 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	4,94 Mrd., 14 nm+, ca. 210 mm²	4,94 Mrd., 14 nm+, ca. 210 mm²
Ausstattung (20 % der Endnote)	**1,32**	**1,42**
Grafikeinheit	RX Vega 11 (11 CUs, 1,25 GHz)	Vega 8 (8 CUs, 1,1 GHz)
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	8× PCI-Express 3.0 (+4 für I/O-Hub)	8× PCI-Express 3.0 (+4 für I/O-Hub)
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**2,40**	**2,48**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 63,75)	Ja (bis 63,75)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschwindigkeit*/**)	2× DDR4-2933 SR/-2667 DR	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR
TDP laut Hersteller**	65 Watt	65 Watt
Systemverbrauch Leerlauf abzüglich Grafikkarte	29 Watt	29 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	206/273/278 Watt	200/242/224 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschnitt)**	241 Watt	223 Watt
Systemverbrauch Anwendungen (Durchschnitt)**	143 Watt	121 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**2,90**	**3,18**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	65,0 %	59,4 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsnote)	38,5 %	30,4 %
FAZIT	⊕ Schnellste integrierte Grafik ⊕ Gute Allround-Leistung ⊖ Etwas zu teuer	⊕ Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis ⊕ Sehr schnelle integrierte Grafik ⊖ Nur vier SMT-lose Kerne
	Wertung: **2,48**	Wertung: **2,69**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

ANZEIGE

JETZT NEU

PCGH-Sonderheft 01/2018 jetzt am Kiosk für nur € 6,99. Im Webshop erhalten Abonnenten das Heft sogar versandkostenfrei. Erhältlich auch als Digitalversion (PDF oder App) für nur € 5,99.

www.pcgh.de/sohe



QR-Code scannen und hinsurfen!

Jetzt am Kiosk erhältlich oder einfach online bestellen unter: www.pcgh.de/sohe

Auch erhältlich als ePaper bei:

Hardware | iKiosk | Kiosk | PresseKatalog Online-Kiosk

Kühlung für 2018

Der Winter ist zu Ende und der letzte große PCGH-Kühlertest liegt über ein Jahr zurück – höchste Zeit, die Neuerscheinungen der letzten Monate und bislang nicht berücksichtigte Perlen zu testen.

Innovationen im Bereich CPU-Luftkühlung sind selten. Seit über einem Jahrzehnt hat sich am grundsätzlichen Aufbau der Produkte nichts mehr geändert. Das einst ungezügelte Größenwachstum ist längst an den Platzgrenzen des ATX-Standards angelangt und zumindest bis zum Erscheinen von Skylake X und Threadripper im letzten Jahr stagnierte auch der Kühlleistungs-Bedarf von Spieler-CPUs auf oder unter dem von Pentium 4 und Pentium D bereits 2005 erreichten Niveau. Dennoch oder möglicherweise gerade deswegen ist der Kühlermarkt alles andere als statisch – zwar gehören einige Spitzenprodukte über Jahre zu den Top-Sellern, aber ständig versuchen neue Modelle Marktanteile von Konkurrenz-Marken an sich zu reißen.

Neuer Trend: RGB-LED

Das beliebteste neue Feature der letzten Monate ist bereits von Eingabegeräten, Mainboards und Lüftern bekannt: Die Beleuchtung mit in Farbe, sowie je nach System auch in Intensität und Effekten, frei konfigurierbaren RGB-LED-Elementen. Viele Hersteller greifen hierbei das 12V-R-G-B-Format auf, das insbesondere seit der Einführung von AMDs beleuchteten AM4-Wraith-Kühlern zum Quasi-Standard für Header auf Spieler-Mainboards geworden ist. Die Kühler sind dabei trotz unterschiedlicher Namen meist zu Asus' „Aura", „Asrock RGB LED", Gigabytes „RGB Fusion" und MSIs „Mystic Light" kompatibel – auch wenn beispielsweise auf der Verpackung von MSIs erstem eigenen Kühler, dem Twin Frozr XL, natürlich nur ein Standard genannt wird. Ergänzt werden die immer verbreiteteren Beleuchtungen oft mit lackierten Lamellen oder zumindest aber einem optisch ansprechenden Top-Cover. Obwohl unser Testfeld eher günstige Produkte fokussiert, sieht man beim Blick ins Gehäuse nur selten nackte Lamellen und auch unvernickelte Heatpipes werden rarer.

Alte Testmethoden

Ob hinter den optischen Innovationen auch zumindest evolutionäre Fortschritte bei der Kühlleistung stecken, untersuchen wir auf unserer bewährten Testplattform. Ein mit 150 Watt TDP spezifizierter und dank Core Damage voll ausgelasteter Achtkern-Xeon aus der Sandy-Bridge-E-Generation soll von den Probanden auf Betriebstemperatur gehalten werden – und das möglichst leise, denn wir messen bei 100, 75 und 50 Prozent der maximalen Serienlüfter-Drehzahl nicht nur die Kühlleistung, sondern auch die damit einhergehende Lautheit. Für eine siebte, den direkten Vergleich erleichternde Messung regeln wir die Serienlüfter auf einheitlich 1,0 Sone und prüfen so, welcher Kühler am effizientesten arbeitet respektive bei identischem Aufwand die beste Temperatur liefert.

Runderneuertes Messgerät

An dieser Stelle ein Hinweis: Das PCGH-Sone-Messgerät wurde im ersten Quartal 2018 generalüberholt und bislang konnten wir nur eine kleine Anzahl alter Testmuster mit der neuen Kalibrierung überprüfen. Hierbei deutet sich an, dass einige ältere Messungen bis zu 0,2 Sone nach oben abweichen. Die



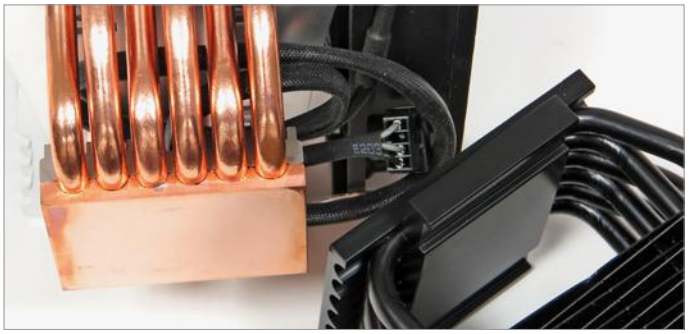
Vergleichbarkeit von Lautheits- und 1,0-Sone-Messungen dieses Tests mit anderen PCGH-Ausgaben ist möglicherweise eingeschränkt. Davon nicht betroffen sind unsere Messungen mit Referenzlüfter. Für diese nutzen wir seit langem Be Quiet Silent Wings 2 mit für jede Größenklasse eindeutig festgelegter Drehzahl.

Neue Anpresskraft-Grenzen

Wie ab Seite 70 dargestellt, haben wir außerdem die Belastungsgrenzwerte für Sockel-1151-Prozessoren angepasst. Als Sockel-1151-kompatibel vertriebene Kühler werde jetzt bereits bei mehr als 400 N Anpresskraft Abzüge in der Eigenschaftennote bestraft. Die Noten im Einkaufsführer am Ende des Heftes werden aus produktionstechnischen Gründen erst nächste Ausgabe an diese Neuerung angepasst, große Verschiebungen werden aufgrund der unveränderten Kompatibilität zu allen anderen Plattformen aber nicht erwartet.

EKL Matterhorn Pure: Der Überraschungssieger in allen Kategorien. Platz 1 unseres Tests geht an einen Außenseiter. Der bereits seit 2012 verkaufte EKL Alpenföhn Matterhorn Pure nimmt nur an diesem Vergleich teil, weil er seit Sommer letzten Jahres unser Standard-Kühler für Mainboard-Tests ist – und für diese Position hat er sich seinerseits nur durch die leicht handhabare Halterung und Verfügbarkeit einer technisch beinahe identischen Ausführung für Threadripper-TR4-Plattformen qualifiziert.

Aufmerksamkeit verdient aber eindeutig auch die Kühlleistung des kompakten 120-mm-Designs. Mit großzügigen sechs Heatpipes und einem intelligenten, seitlich geschlossenen Lamellendesign liefert er sich im Test mit Referenzlüfter ein Kopf-an-Kopf-Rennen mit den besten bislang getesteten, zum Teil deutlich voluminöseren 120-mm-Kühlern. Mit seinem Serienlüfter zieht er dann problemlos an diesen vorbei und düpiert in der 1,0-Sone-Wertung sogar ausgewachsene Dual-140-mm-Tower. Diese Einschätzung mag vom neu kalibrierten Sone-Messgerät profitieren, aber auch im direkten Vergleich mit den Teilnehmern dieses Tests setzt sich der Matterhorn Pure so deutlich ab, dass wir zunächst einen Messfehler in Betracht zogen. Kontrollmessungen bestätigen aber: Die EKL-



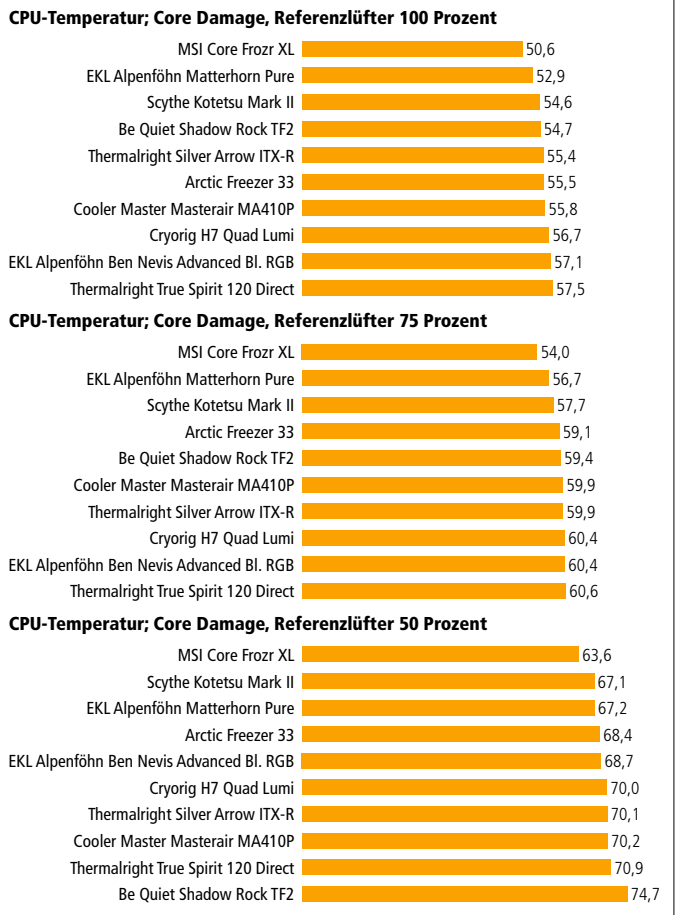
EKLs Matterhorn gehört zu den wenigen Kühlern, die mit einer vergrößerten Bodenplatte (Vordergrund) und angepasster Halterung auch für AMDs TR4 erhältlich sind.



Lüfter und -halterung des Silver Arrow ITX-R nutzen horizontal einen anderen Lochabstand als vertikal. Standard-Lüfter lassen sich somit kaum montieren.



Kühlleistung mit Referenzlüfter



System: Xeon E5-2687W (150 W TDP), 3,4 GHz/1,068 V; GA X79-UD7; EKL Permafrost; offener Aufbau, frontaler Lüfter 180 mm 330 U/min **Bemerkungen:** Lautheit 100%/ 75%/ 50% 0,6/0,2/0,1 Sone (140 mm), 1,7/0,6/0,1 Sone (2× 120 mm) 1,1/0,3/0,1 Sone (120 mm)

Grad Celsius
◀ Besser

Entwickler haben einfach saubere Arbeit abgeliefert. Aus Anwendersicht nicht ganz so lobenswert ist die EKL-Finanzabteilung, denn in der „Pure"-Version verzichtet der Matterhorn nicht nur auf eine Vernickelung von Heatpipes und Bodenplatte, sondern auch auf Standards wie ein zweites Paar Lüfterklammern. Zum Glück fällt der Preis genauso knapp wie die Ausstattung aus.

Scythe Kotetsu Mark II: 120-mm-Preis-Leistungsattacke auf Samtpfoten. Fast so günstig wie der Matterhorn Pure ist Scythes neues 120-mm-Mittelklasse-Angebot, im Gegensatz zur Konkurrenz fokussiert der Kotetsu aber klar den Silent-Markt. So klar, dass er zu leise für unsere 1,0-Sone-Messung ist – seine Effizienz beweist er dennoch mit akzeptablen 53 °C CPU-Temperatur bereits bei 0,9 Sone. In der extra schwach belüfteten Messung mit auf 50 Prozent gedrosselteM Referenz-Lüfter schlägt er sogar den Matterhorn Pure knapp und die Serienbelüftung skaliert ebenfalls gut mit niedrigen Drehzahlen. Schön: Der vom Mugen 5 übernommene Lüfter steht diesem Silent-Potenzial nicht im Wege; das von älteren Scythe-Produkten bekannte starke Lager-Klackern ist hier kaum zu hören. Einziger Kritikpunkt am Kotetsu II neben dem nach oben begrenzten Drehzahlspektrum bleibt damit die ebenfalls spartanische, aber dem Preis angemessene Ausstattung.

Thermalright Silver Arrow ITX-R: Wenig kompaktes Designer-Monster. In der PCGH-Ausgabe 05/2016 spotteten wir über Thermalright. Der Silver Arrow „ITX" passte auf kaum ein ITX-Mainboard und hatte beinahe den Platzbedarf eines kompletten ITX-Gehäuses. Mit dem „ITX-R" gibt es jetzt eine weiter geschrumpfte 120-mm-Ausgabe. 155 mm Breite bei symmetrischem Aufbau erfordern zwar weiterhin ein Mainboard mit großem Abstand zwischen CPU-Sockel und Grafikkarte, in der Höhe ist der neue Silver Arrow aber zu kleinen Gaming-Gehäusen kompatibel. Trotz des ruhig arbeitenden Lüfters passt auch seine Kühlleistung eher zu High-End-CPUs denn zu sparsamen Mikro-PCs. Das überrascht trotz des Materialeinsatzes, denn andere Dual-Tower-Konstruktionen ziehen meist erst mit einem zweiten Lüfter Nutzen aus ihren zusätzlichen Lammellen. Der Silver Arrow ITX-R überzeugt dagegen auch im Serienzustand mit nur einem zentralen Lüfter. Dies ist bitter nötig, denn das rechteckige Halterungsformat erschwert eine Lüfternachrüstung deutlich und lässt in Anbetracht des hohen Preises den Wunsch nach einem zweiten Lüfter ab Werk aufkommen. Stattdessen bekommt man einen extravagant gestylten, hochwertig verarbeiteten Kühlkörper mit optisch ansprechender dunkler Vernickelung (Handschuhe zur Vermeidung von Fingerabdrücken liegen bei). An dieser Stelle ein Hinweis zur Anpresskraft: Der Silver Arrow ITX-R wurde Anfangs mit 11 mm hohen Sockel-1151-Abstandshaltern ausgeliefert (Maß inklusive angeklebter Isolierung). Diese Version verursacht gefährliche 600 N Anpresskraft. In der aktuellen Fassung mit 12-mm-Abstandshaltern sind es akzeptable 300 N, Käufer des Originals können den Support unter info@thermalright.de kontaktieren.

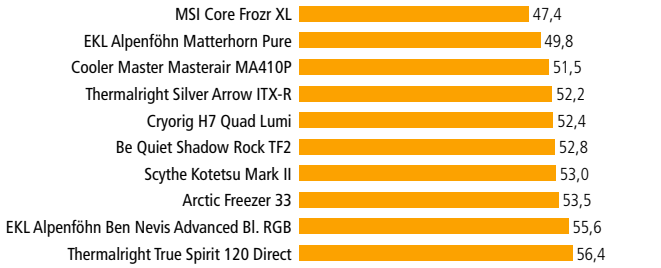


Ohne Lightshow geht es heutzutage nicht mehr. Von links nach rechts Cooler Master (Lüfter), MSI (Top Cover), Cryorig (LED-Leiste unter dem Kühler) und EKL (Lüfter) mit frei regelbarer RGB-Beleuchtung. Bei Cryorig leuchtet in Betrieb zudem der Lüfter weiß.

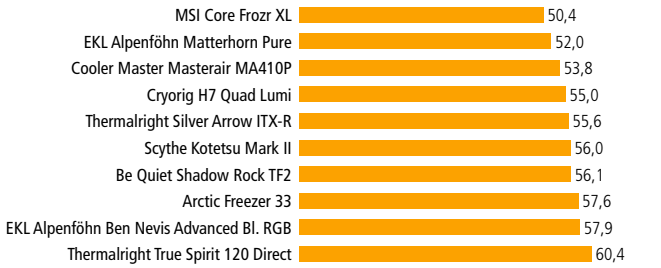
Cooler Master Masterair MA410P: Neuer Lüfter, bewährtes Produkt. Verschiedene (Namens-)Variationen von Cooler Masters 400er-Serie bedienen seit Jahren die 120-mm-Mittelklasse und auch der MA410P

Serien-Kühlleistung: MSI ganz vorn

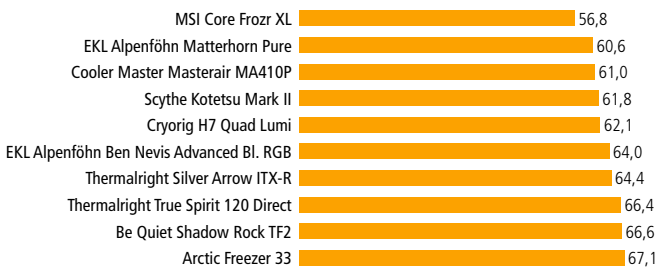
CPU-Temperatur; Core Damage, Serienlüfter 100 Prozent



CPU-Temperatur; Core Damage, Serienlüfter 75 Prozent



CPU-Temperatur; Core Damage, Serienlüfter 50 Prozent

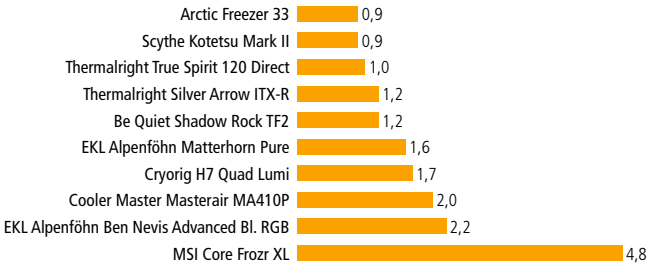


System: Xeon E5-2687W (150 W TDP), Gigabyte X79-UD7; Win 7 x64 SP1; EKL Permafrost; offener Aufbau, frontaler Lüfter 180 mm 330 U/min **Bemerkungen:** Neben der Kühlergröße spiegelt sich vor allem die Lüfterdrehzahl in den Leistungsergebnissen

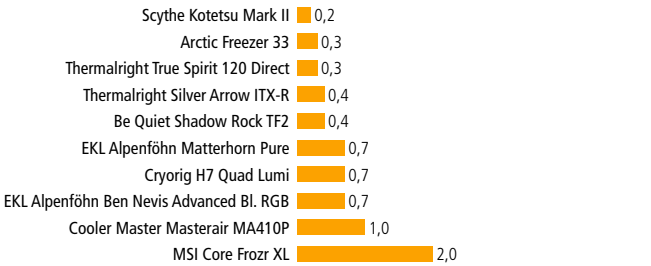
Grad Celsius
◀ Besser

Serien-Lautheit: MSI ganz hinten

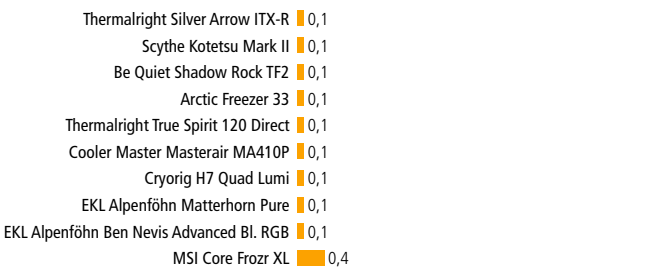
Lüfterlautheit in 50 cm Entfernung, Serienlüfter 100 Prozent



Lüfterlautheit in 50 cm Entfernung, Serienlüfter 75 Prozent



Lüfterlautheit in 50 cm Entfernung, Serienlüfter 50 Prozent



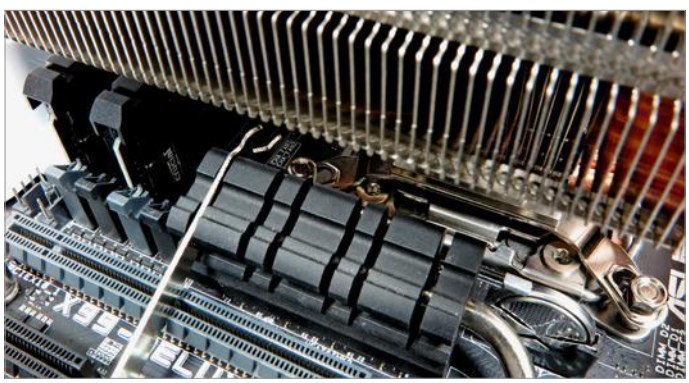
System: Kühler freistehend, Lüfterregelung mit Zalman ZM-MFC3; Messung frontal **Bemerkungen:** Die Lautheitsmessung trennt effiziente Kühler von solchen, die ein hohes Leistungspotential nur mit übermäßig lauten Lüftern vortäuschen.

Sone
◀ Besser

ist ein vollwertiges Kind dieser Familie. Typisch sind die ungewöhnliche, aber auf Intel-Sockeln leicht montierbare Kreuz-Halterung (mit spezifikationskonformer Sockel-1151-Anpresskraft!), eine universell kompatible Lüfterhalterung und der schlanke Kühlkörper mit angemessener Kühlleistung. Ein neuer Lüfter erweitert die Drehzahl- und damit Leistungsspannweite beim MA410P nach oben, ohne das Silent-Potenzial einzuschränken, bereichert den Kühler aber vor allem um eine RGB-Beleuchtung. Löblich: Für Besitzer von Mainboards ohne passenden Header legt Cooler Master einen einfachen LED-Controller bei, dafür kostet der MA410P aber auch rund fünf Euro mehr als andere Kühler seiner Klasse.

Cryorig H7 Quad Lumi: Premium-Leuchtelement mit Kühlfunktion. Nicht 5, sondern eher 15 Euro Aufpreis zahlt man traditionell für den Premium-Anspruch von Cryorig. Das macht sich aber auch bei der aufwendigen Verpackung und vor allem den hochwertig verarbeiteten Kühlern bemerkbar – selbst verglichen mit anderen Premium-Marken fällt die Wertigkeit positiv auf. Eher Mittelklasse ist dagegen die Kühleffizienz, seine ansehnliche Spitzenleistung erzielt der H7 nur dank des kräftigen Lüfters. Eigentlich will der Kühler aber lieber gesehen denn gehört werden: Eine kräftige RGB-LED-Leiste leuchtet von der unteren Lamelle her das Mainboard aus, weitere LEDs finden sich am Lüfter. Inkonsequenterweise sind letztere aber weder in Farbe noch Intensität regelbar.

MSI Core Frozr XL: Designer-Erstlingswerk mit viel Materialeinsatz. MSI bietet Mainboards, Grafikkarten, Peripherie und zahlreiche weitere PC-Komponenten an – bis vor kurzem aber keine Kühllösungen. Die Frozr-Serie ändert dies und der Core Frozr XL macht seinem Namen alle Ehre: Kein anderer Luftkühler hat je in einem PCGH-Test so niedrige Temperaturen erreicht. Allerdings war abseits von Kompaktwasserkühlungen auch nur ein weiterer Kühler 4,8 Sone laut. Der 1,0-Sone-Test beweist aber, dass MSIs Erstlingswerk vor allem viel zu laut abgestimmt wurde. Trotz der laut Referenzlüfter-Messungen gegebenen Optimierung für hohe Drehzahlen, ist der Core Frozr XL nämlich stark gedrosselt durchaus alltagstauglich. Einen nicht unerheblichen Teil des gehobenen Preises investiert MSI allerdings nicht



Auch mit dem beiliegenden angewinkelten Maulschlüssel sind die Muttern der Shadow-Rock-TF2-Sockel-2011-/-2066-Halterung auf einigen Boards unerreichbar.

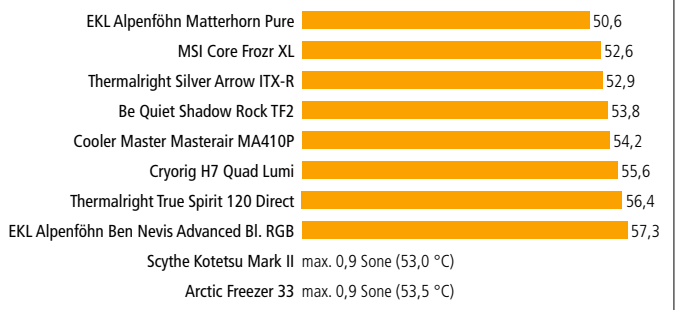
Performance, sondern in die aufwendige, RGB-beleuchtete Plastikverkleidung und Lüfterhalterung im Carbon-Look, sodass der Core Frozr XL objektiv hinter anderen 2×-120-mm-Kühlern zurück bleibt.

Be Quiet Shadow Rock TF2: Trotz Top-Down-Defizit gelungener Kühler. In Kühler-Vergleichen (PCGH 04/2016) und Praxisartikeln (PCGH 03/2018) haben wir die Nachteile von Kühlern mit liegendem Lüfter gegenüber Tower-Konstruktionen angesprochen. Auch der Shadow Rock TF2 leidet unter eingeschränkter Warmluftabfuhr hinter respektive unter dem Kühlkörper, nutzt aber auch die Stärken des Konzeptes. So tritt er trotz der mit Abstand geringsten Höhe im Test als einziger Teilnehmer mit einem 140-mm-Lüfter an und erzielt, gemessen an seiner eher leisen Abstimmung, durchaus konkurrenzfähige Temperaturen. Das macht ihn preisbereinigt zu keinem überlegenen Angebot, aber zu einer attraktiven Alternative für flache PCs. Ausgenommen sind Systeme mit Sockel 2011(-v3) und 2066, denn die bei anderen Sockeln und Kühlern schon umständliche Be-Quiet-Halterung lässt sich in Kombination mit dem ausladenden Shadow-Rock-Kühlkörper auf einigen Enthusiast-Platinen schlicht gar nicht montieren.

Thermalright True Spirit 120 Direct: (Zu) klein und (zu) minimalistisch. Thermalrights „Direct"-Kühler verzichten auf eine Bodenplatte; verglichen mit anderen Marken sind die freiliegenden Heatpipes sogar geradezu uneben – was laut Hersteller beabsichtigt und der Kühlleistung zuträglich sei. Die 140-mm-Modelle Macho Direct und insbesondere True Spirit 140 Direct bestätigten dies in PCGH-Tests (04/2016 respektive 01/2017) und haben dank geringer Einsparungen bei Ausstattung und Haptik, aber niedrigeren Preisen ihre normalen Geschwister quasi überflüssig gemacht. Auf den True Spirit 120 Direct können wir dieses Lob aber nicht übertragen: Zwar arbeitet sein Lüfter angenehm leise und die kompakten Abmessungen beugen Platzproblemen vor, andere Hersteller bieten in dieser Klasse aber bessere Temperaturen bei geringerer Lautheit.

1,0-Sone-Messung: Matterhorn überrascht

CPU-Temperatur; Core Damage, Serienlüfter bei 1,0 Sone



System: Xeon E5-2687W (150 W TDP), offener Aufbau, frontaler Lüfter **Bemerkungen:** Dem normalgroßen 120-mm-Matterhorn-Pure traut man keine herausragende Kühlleistung zu, zwei Kontrollmessungen bestätigen das Ergebnis aber auf die Nachkommastelle genau.

Grad Celsius
◀ Besser

CPU-KÜHLER

Auszug aus Testtabelle mit 62 Wertungskriterien











Produkt	Matterhorn Pure	Kotetsu Mark II	Silver Arrow ITX-R	Masterair MA410P	H7 Quad Lumi
Hersteller	EKL Alpenföhn (www.alpenfoehn.de)	Scythe (www.scythe-eu.com)	Thermalright (www.thermalright.de)	Cooler Master (www.coolermaster.com)	Cryorig (www.cryorig.com)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 33,-/Note 1-	Ca. € 31,-/Note 1-	Ca. € 75,-/Note 4+	Ca. € 37,-/Note 2	Ca. € 50,-/Note 3+
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/782372	www.pcgh.de/preis/1743093	www.pcgh.de/preis/1620104	www.pcgh.de/preis/1719521	www.pcgh.de/preis/1665891
Ausstattung (20%)	**2,37**	**2,43**	**2,37**	**2,49**	**1,95**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/Entkopplung	1× 120 mm/4 Pin (Y-Kabel integriert)/ja	1× 120 mm/4 Pin/ja	1× 120 mm (abweichende Rahmenform)/4 Pin/ja	1× 120 mm/4 Pin/ja	1× 120 mm/4 Pin/ja
Montierbare Lüfter*	1× 120 mm	1× 120 mm	2× Thermalright-Spezialmaß (entspricht vertikal 120-mm-, aber horizontal 92-mm-Lüfter)	2× 120 mm	2× 120 mm
Lüfterdrehzahl min. – max. (PWM)	440 – 1.500 U/min	290 – 1.220 U/min	330 – 1.260 U/min	610 – 1.980 U/min	330 – 1.490 U/min
Ausführung Boden	Kupferbodenplatte	Kupferbodenplatte, vernickelt	Kupferbodenplatte, vernickelt	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Kupferbodenplatte, vernickelt
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Tütchen/keine/keine	Tütchen/keine/keine	Spritze (Chill Factor 3)/keine/Montage-Handschuhe	Tütchen/keine/RGB-beleuchteter Lüfter; RGB-Steuerung (Molex)	Spritze/keine/RGB-Unterbodenbeleuchtung (USB) und weiß beleuchteter Lüfter
Eigenschaften (20%)	**2,12**	**2,05**	**2,87**	**2,08**	**2,89**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)
Sockelunterstützung Intel	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066/1366	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066
Anpresskraft Sockel 1151	180 N	400 N (Intel-Vorgabe: Maximal 222 N)	280 N (Intel-Vorgabe: Maximal 222 N)	220 N	450 N (Intel-Vorgabe: Maximal 222 N. PCGH rät von LGA-1151-Einsatz ab)
Maße (B × H × T); Gewicht mit Lüfter(n)	140 × 157 × 100 mm; 800 g	139 × 154 × 83 mm; 620 g	154 × 148 × 105 mm; 770 g	129 × 160 × 80 mm; 600 g	122 × 147 × 98 mm; 710 g
Montageaufwand (AMD/115X/2066)	Mittel/mittel/gering	Mittel/gering/gering	Mittel/mittel/mittel	Hoch/mittel/gering	Mittel/mittel/gering
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2066)	Ja/ja/nein	Nein/ja/nein	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein	Ja/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2066)	Möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich
Leistung (60%)	**1,95**	**2,48**	**2,38**	**2,66**	**2,75**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	49,8/52,0/60,6 °C	53,0/56,0/61,8 °C	52,2/55,6/64,4 °C	51,5/53,8/61,0 °C	52,4/55,0/62,1 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	1,6/0,7/0,1 Sone	0,9/0,2/0,1 Sone	1,2/0,4/0,1 Sone	2,0/1,0/0,1 Sone	1,7/0,7/0,1 Sone
Schalldruckpegel Serienlüfter (100/75/50 %)	32,7/26,4/18,6 dB(A)	28,7/21,2/16,0 dB(A)	30,7/23,1/15,8 dB(A)	35,8/30,0/18,2 dB(A)	34,1/27,8/18,4 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	50,6 °C (1.350 U/min)	Nicht möglich (maximal 0,9 Sone)	52,9 °C (1.070 U/min)	54,2 °C (1.500 U/min)	55,6 °C (1.260 U/min)
CPU-Temp., Referenzlüfter (100/75/50 %)	52,9/56,7/67,2 °C (1× 120 mm)	54,6/57,7/67,1 °C (1× 120 mm)	55,4/59,9/70,1 °C (1× 120 mm)	55,8/59,9/70,2 °C (1× 120 mm)	56,7/60,4/70,0 °C (1× 120 mm)
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)
Schalldruckpegel Referenzlüft. (100/75/50 %)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)
FAZIT	⊕ Hohe Kühlleistung ⊕ Akzeptable Lautheit ⊕ Fairer Preis	⊕ Geringe Lautheit ⊕ Hohe Effizienz ⊕ Fairer Preis	⊕ Extravagantes Design ⊕ Hohe Effizienz ⊖ Beschränkte Lüfterkompatibilität	⊕ Gute Kühlleistung ⊕ Weiter Regelbereich ⊖ Eher einfache Haptik	⊕ Aufwendige Beleuchtung... ⊖ ...aber nur teilweise regelbar ⊖ Hohe LGA1151-Anpresskraft
	Wertung: **2,07**	Wertung: **2,38**	Wertung: **2,48**	Wertung: **2,51**	Wertung: **2,62**

*Lüfter mit größentypischen Rahmen. Ggf. weitere Formate mit atypischen Rahmen möglich

Arctic Freezer 33: Durchdachter Minimalist. Arctic schlägt den True Spirit 120 Direct sogar in beiden Leistungsaspekten klar und ist obendrein 10 Euro billiger – „billig" beschreibt allerdings auch den kaum existenten Lieferumfang, die optischen Schmankerl (keine) und sogar die Sockel-Kompatibilität des Freezer 33. Aber muss ein Kühler mehr können, als leise arbeitend akzeptable Temperaturen zu erreichen? Der Nachfolger des Freezer i32 erbt dessen Stärken, bietet aber eine 1151-sichere Halterung und ist erneut ein echter Spar-Tipp. Leider ebenfalls geblieben sind die extrem steil ansteigende PWM-Kurve des Nebengeräusch-anfälligen Lüfters – wir raten zu analoger Regelung.

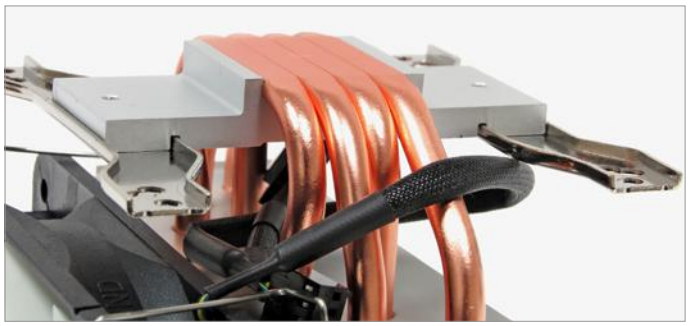
EKL Alpenföhn Ben Nevis Advanced Black RGB: Größer, bunter, besser? Der EKL Ben Nevis gehört zu den beliebtesten Kühlern der unter-120-mm-Klasse und der „Advanced" kopiert das Erfolgsrezept samt leicht handhabbarer Halterung und trichterförmigem Lüfter (jetzt 130-auf-120-mm). Bei der zusätzlich lackierten und RGB beleuchteten „Black"-Ausführung steigt aber auch der Preis deutlich, während die Kühleffizienz gerade bei hohen Drehzahlen am hinteren Ende der 120-mm-Klasse angesiedelt ist. *(tv)*

Fazit

Design ist nicht nur Optik

Unser Schwerpunkt auf 120-mm-Kühler zeigt deutlich: Nicht alles was glänzt und blinkt liefert auch glänzende Leistungen ab. Zwischen 25 und 40 Euro herrscht ein erbitterter Kampf am Markt und und einige Produkte sparen an der falschen Stelle, während andere perfekt optimiert wurden. Das Alter spielt dabei kaum eine Rolle.





Freiliegende Heatpipes werden von den meisten Herstellern zu einem ebenen Kühlerboden umgeformt (Arctic, unten), nur Thermalright setzt auf deutliche Wölbungen.

CPU-KÜHLER

Auszug aus Testtabelle mit 62 Wertungskriterien











Produkt	Core Frozr XL	Shadow Rock TF2	True Spirit 120 Direct	Freezer 33	Ben Nevis Adv. Bl. RGB
Hersteller	MSI (www.msi.com)	Be Quiet (www.bequiet.de)	Thermalright (www.thermalright.de)	Arctic (www.arctic.ac)	EKL Alpenföhn (www.alpenfoehn.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 85,-/Note 4-	Ca. € 45,-/Note 2-	Ca. € 34,-/Note 2	Ca. € 24,-/Note 1-	Ca. € 35,-/Note 2
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1656926	www.pcgh.de/preis/1629017	www.pcgh.de/preis/1676633	www.pcgh.de/preis/1589294	www.pcgh.de/preis/1719494
Ausstattung (20%)	**1,92**	**3,06**	**2,88**	**3,08**	**2,94**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/Entkopplung	2× 120 mm/4 Pin/ja	1× 135 mm (abweichende Rahmenform)/4 Pin/nein	1× 120 mm/4 Pin/ja	1× 120 mm/4 Pin (Y-Kabel integriert)/ja	1× 130 mm (rückseitig 120 mm)/4 Pin/ja
Montierbare Lüfter*	2× 120 oder 140 mm	1× 120 mm (nur 15 mm Dicke)	2× 120 mm	2× 120 mm	1× 120 mm
Lüfterdrehzahl min. – max. (PWM)	480 – 1.820 U/min	330 – 1.370 U/min	660 – 1.320 U/min	510 – 1.330 U/min	700 – 1.620 U/min
Ausführung Boden	Kupferbodenplatte, vernickelt	Kupferbodenplatte, vernickelt	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Heatpipe Direct Touch (HDT)	Heatpipe Direct Touch (HDT)
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Spritze/keine/RGB-beleuchtetes Top-Cover (USB); Y-Kabel	Voraufgetragen/keine/keine	Tütchen/keine/keine	Tütchen (MX4)/keine/keine	Spritze/keine/RGB-beleuchteter Lüfter; RGB-4fach-Verteiler; RGB-Steuerung (Molex)
Eigenschaften (20%)	**2,69**	**3,33**	**2,27**	**2,51**	**1,85**
Sockelunterstützung AMD	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	AM4	AM4/AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)
Sockelunterstützung Intel	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066/1366/775	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066	1150/1151/1155/1156/2011/2011-v3/2066
Anpresskraft Sockel 1151	350 N (Intel-Vorgabe: Maximal 222 N)	310 N (Intel-Vorgabe: Maximal 222 N)	360 N (Intel-Vorgabe: Maximal 222 N)	300 N (Intel-Vorgabe: Maximal 222 N)	130 N
Maße (B × H × T); Gewicht mit Lüfter(n)	150 × 170 × 130 mm; 1.320 g	137 × 112 × 167 mm; 730 g	129 × 143 × 70 mm; 470 g	124 × 151 × 73 mm; 680 g	129 × 161 × 74 mm; 630 g
Montageaufwand (AMD/115X/2066)	Hoch/hoch/mittel	Hoch/hoch/hoch	Mittel/mittel/mittel	Gering/hoch/gering	Minimal/gering/minimal
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2066)	Ja/ja/nein	Ja/ja/ja	Ja/ja/nein	Nein/ja/nein	Nein/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2066)	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich
Leistung (60%)	**2,94**	**2,47**	**2,91**	**2,78**	**3,14**
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	47,4/50,4/56,8 °C	52,8/56,1/66,6 °C	56,4/60,4/66,4 °C	53,5/57,6/67,1 °C	55,6/57,9/64,0 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	4,8/2,0/0,4 Sone	1,2/0,4/0,1 Sone	1,0/0,3/0,1 Sone	0,9/0,3/0,1 Sone	2,2/0,7/0,1 Sone
Schalldruckpegel Serienlüfter (100/75/50 %)	46,1/36,7/24,3 dB(A)	31,7/23,1/16,3 dB(A)	29,3/22,2/16,7 dB(A)	28,6/21,7/16,5 dB(A)	36,2/27,8/18,6 dB(A)
CPU-Temp., Serienlüfter bei 1.0 Sone	52,6 °C (1.100 U/min)	53,8 °C (1.280 U/min)	56,4 °C (1.280 U/min)	Nicht möglich (maximal 0,9 Sone)	57,3 °C (1.280 U/min)
CPU-Temp., Referenzlüfter (100/75/50 %)	50,6/54,0/63,6 °C (2× 120 mm)	54,7/59,4/74,7 °C (1× 140 mm)	57,5/60,6/70,9 °C (1× 120 mm)	55,5/59,1/68,4 °C (1× 120 mm)	57,1/60,4/68,7 °C (1× 120 mm)
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	1,7/0,6/0,1 Sone (2× 120 mm)	0,6/0,2/0,1 Sone (1× 140 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)	1,1/0,3/0,1 Sone (1× 120 mm)
Schalldruckpegel Referenzlüft. (100/75/50 %)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2× 120 mm)	24,7/19,3/17,2 dB(A) (1× 140 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)	28,5/21,1/17,0 dB(A) (1× 120 mm)
FAZIT	⊕ Sehr hohe Kühlleistung ⊖ Sehr hohe Lautheit ⊖ Teuer	⊕ Geringe Bauhöhe ⊕ Angemessene Leistung ⊖ Tower-Kühler sind effizienter	⊕ Geringe Lautheit ⊖ Mäßige Kühlleistung ⊖ Geringe Effizienz	⊕ Geringe Lautheit ⊖ Anleitung nur online ⊖ PWM-Betrieb zickig	⊕ Leichte Montage ⊖ Mäßige Kühlleistung ⊖ Geringe Effizienz
	Wertung: **2,68**	Wertung: **2,76**	Wertung: **2,78**	Wertung: **2,79**	Wertung: **2,84**

*Lüfter mit größentypischen Rahmen. Ggf. weitere Formate mit atypischen Rahmen möglich



CPU-Benchmarks 2018

Der PCGH-Testparcours bedarf einer Überholung. Wir haben zwölf aktuelle und verbreitete CPUs durch eine Vorauswahl an Benchmarks gejagt und bieten für sechs Modelle Frametime-Vergleiche.

Der in die Jahre gekommene CPU-Parcours stand einmal mehr zur Erneuerung an. Nicht nur prüfen wir neue Spieletitel und Anwendungen im Hinblick auf ihre Eignung als verlässlicher Gratmesser der CPU-Leistung. Zudem nutzen wir anstelle der althergebrachten „Minimum Fps" ab sofort das P99-Perzentil. Dieses kommt seit der zur Ausgabe 02/2018 erfolgten Parcours-Umstellung bei Grafikkarten bereits erfolgreich zum Einsatz. Außerdem werfen wir am Ende des Artikels auch einen Blick auf die Skalierung der Prozessor-Performance bei in höheren Auflösungen einsetzendem Grafiklimit.

Zu guter Letzt stand auch bei vielen neu erschienenen Spieletiteln eine bessere Kernausnutzung im Pflichtenheft – allein schon deshalb, weil die zugrunde liegenden Engines auch auf mehrkerniger Konsolen-Hardware gut performen sollten. Es wurde also Zeit, die beliebtesten Prozessorleistung erneut und mit aktuellen Aufgaben zu überprüfen. Unser Fokus liegt dabei verstärkt auf dem Einsatz als Spiele-Motor, die Anwendungsperformance stellen wir dagegen etwas zurück.

Achtung, Baustelle!

Wir haben aus der Auswahl aktueller und viel gespielter Titel bereits einige herausgepickt, die vielversprechend erschienen. Bei manchen zeigte sich jedoch, dass eine auf den ersten Blick als CPU-limitiert erscheinende, niedrige Bildrate sich durch moderne Architekturen, schnelleren Speicher, mehr Kerne und zum Teil sogar dem Allheilmittel mehr Takt nicht im erwarteten Maße steigerte. Ein Engine-Limit, also eine Überforderung der internen Programmabläufe, liegt hier im Bereich des Möglichen.

Andere Titel wiederum – atypischerweise sind darunter auch Anwendungen – verlieren gar Leistung durch Simultaneous Mul-



tithreading. Dagegen sind Probleme wie auch die aktuelle Version 18.03 des Packers 7-Zip sie noch zeigt, echte Lappalien: Im Gegensatz zum integrierten Benchmark-Tool macht das Programm im realen Pack-Einsatz bei 32 Threads Schluss, mehr lassen sich nicht zuweisen.

Zudem kommt die Update-Welle zur Absicherung gegen Angriffe über die Vektoren „Meltdown" (Intel) und „Spectre" (Intel & AMD) gerade erst ins Rollen. Nur für die aktuellen Intel-Systeme stehen bereits flächendeckend aktualisierte, gehärtete UEFI-Versionen zur Verfügung und auch die entsprechenden, optionalen Windows-Updates sind aktuell noch für längst nicht alle Systeme verfügbar. Wir testen daher die Intel-Prozessoren mit Absicherung gegen Meltdown, da dieses rein über die aktuelle Windows-10-Version möglich und durchgeführt ist. Spectre-Updates schalten wir aus Gründen der Vergleichbarkeit noch ab, bis für alle beteiligten entsprechend aktualisierte UEFI- oder Windows-10-Patch-Versionen bereitstehen.

Aus diesem Grunde bitten wir Sie, die in diesem Artikel gezeigte Auswahl einstweilen als vorläufig zu betrachten und sehen derzeit auch noch von einer Anpassung der Wertungen ab. Wenn Sie Anregungen oder Tipps haben, welche Spiele oder Anwendungen Sie von uns getestet sehen wollen – immer her damit and redaktion@pcgh.de!

Bedenken Sie dabei aber bitte, dass die Tests einerseits sehr reproduzierbar sein sollten und sich möglichst über die Parcours-Laufzeit

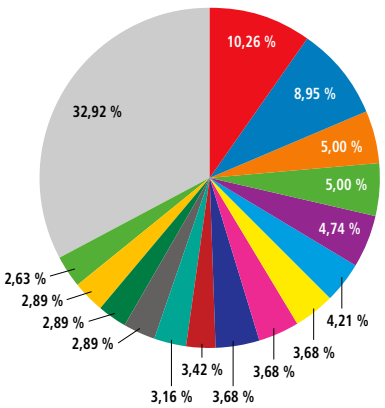
Artikel auf Heft-DVD



Benches, aber richtig?

Auf dem Datenträger der DVD-Heftversion finden Sie den Artikel „Frametimes und Perzentile" aus der PCGH 12/2017. Dort erläutern wir haarklein die Vor- und Nachteile des P99-Perzentils gegenüber klassischen Min-Fps und mehr – lesenswert!

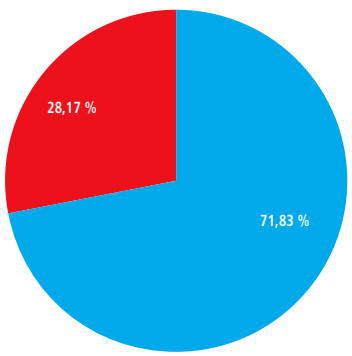
Top 15: Diese CPUs nutzen die PCGH-Leser



- Intel Core i7-47x0/4770K/4790K 10,26%
- Intel Core i7-6700/-6700K ... 8,95%
- AMD Ryzen 5-1600 ..... 5,00%
- Core i7-8700K 5,00%
- Intel Core i7-2600(K)/-2700(K) 4,74%
- AMD Ryzen 7-1700X 4,21%
- AMD Ryzen 7-1700 ..... 3,68%
- Intel Core i7-7700/-7700K ... 3,68%
- Intel Core i7-3770K 3,68%
- AMD Ryzen 7-1800X 3,42%
- AMD Ryzen 5-1600X 3,16%
- Intel Core i7-5930K/-5820K ... 2,89%
- Intel Core i5-4670K/4690K ... 2,89%
- Intel Core i5-3570K 2,89%
- AMD FX-9xx0/8xx0[E] 2,63%
- Sonstige 32,92%

Umfrage mit 380 Teilnehmern auf www.pcgh.de.

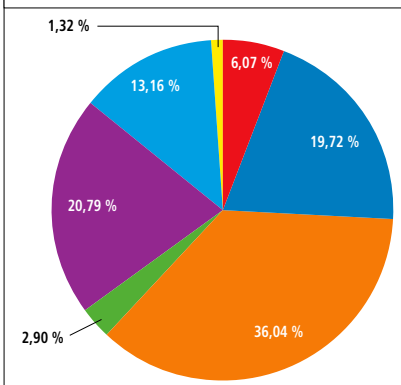
AMD vs. Intel: CPU-Verteilung in der Community



- Intel 71,83%
- AMD 28,17%

Umfrage mit 380 Teilnehmern auf www.pcgh.de.

Kerne & SMT: CPU-Verteilung in der Community



- Sonstige 6,07%
- 4 Kerne ohne SMT 19,72%
- 4 Kerne mit SMT 36,04%
- 6 Kerne ohne SMT 2,90%
- 6 Kerne mit SMT 20,79%
- 8 Kerne mit SMT 13,16%
- Mehr als 8 Kerne mit SMT ... 1,32%

Umfrage mit 380 Teilnehmern auf www.pcgh.de.

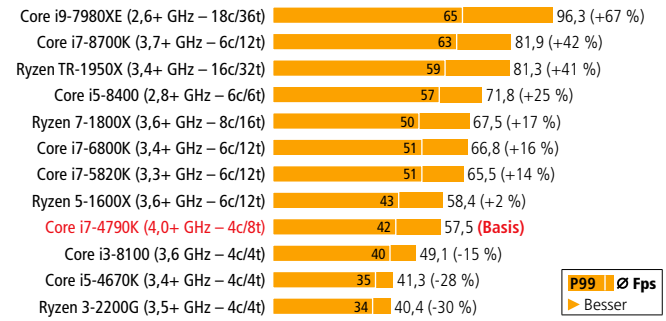
Assassin's Creed Origins – „Alexandria"



- **Engine:** Neueste Version von Anvil Next (Ubisoft In-house; Direct X 11)
- **Besonderheiten:** Exzellentes Multithreading; hohe CPU-Last in Städten
- **Einstellungen:** Max, außer AA/Post-Proc./Volumetrische- und Screen-Space-Effekte
- **Benchmarkszene:** Alexandria, CPU-Worstcase (in der Wildnis deutlich höhere Fps)

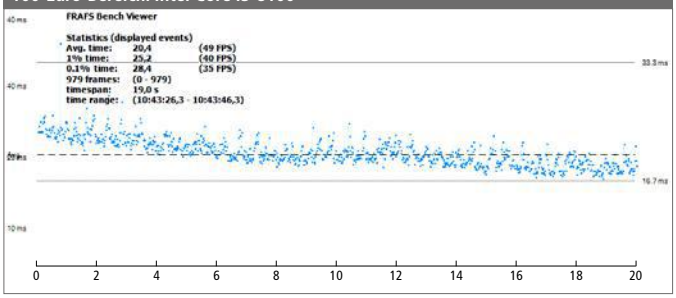
Das im Oktober 2017 erschienene Assassin's Creed Origins begeistert Tausende von Spielern und wird stetig mit neuen Inhalten versorgt. Technisch macht dem Spiel kein anderer Titel etwas vor, nicht nur ist die Grafik ansehnlich, auch zieht die Open-World-Szenerie großen Nutzen aus modernen Multicore-Prozessoren. Das ist auch bitter nötig, um die detailliert nachempfundenen Städte wie Alexandria flüssig darzustellen – hier ist die Grafikkartenleistung nebensächlich. Unsere Benchmarkszene besteht aus einem fordernden Sprint durch besagte Stadt – für GPU-Tests nutzen wir das Umland.

Assassin's Creed Origins (Uplay, v1.41) – „Alexandria"

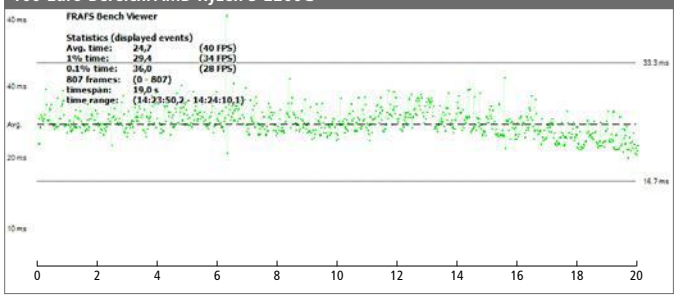


Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-Fps – das Motto „Weniger ist besser" gilt! In der linken Spalte, blau akzentuiert, rechnen Intel-CPUs und rechts daneben der preislich jeweils vergleichbarste AMD-Prozessor, grün hervorgehoben. Die Verläufe zeigen jeweils den ersten Durchlauf der Testsequenz. In AC Origins haben die Intel-Chips sowohl mess- als auch fühlbare Vorteile, das Spiel läuft besser.

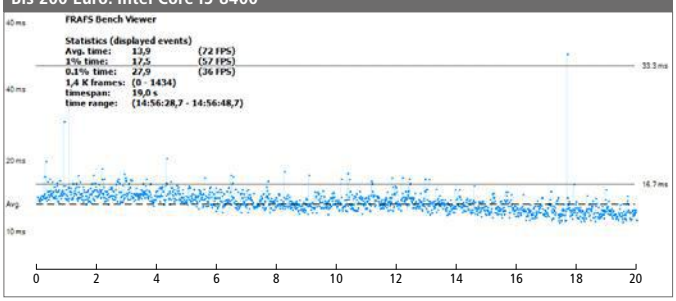
100-Euro-Bereich: Intel Core i3-8100



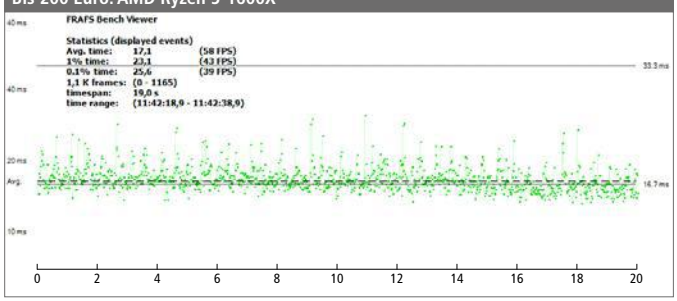
100-Euro-Bereich: AMD Ryzen 3-2200G



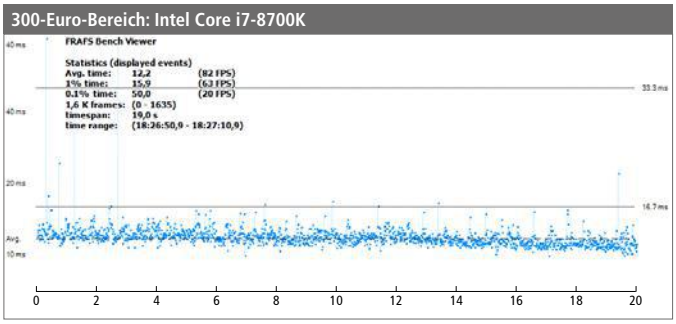
Bis 200 Euro: Intel Core i5-8400



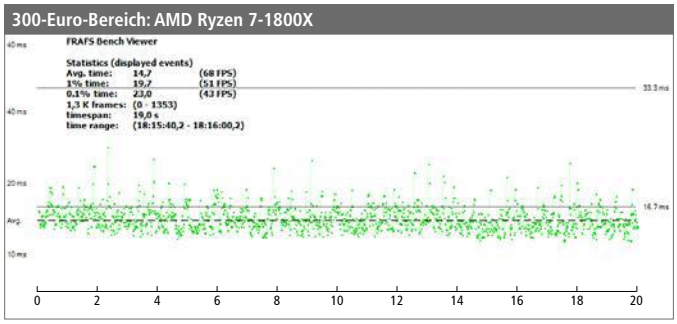
Bis 200 Euro: AMD Ryzen 5-1600X



300-Euro-Bereich: Intel Core i7-8700K



300-Euro-Bereich: AMD Ryzen 7-1800X



System: MSI GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz (GF 391.01), 8 GiByte Dual-Rank-RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler Spezifikation der CPU: DDR4-2667 für i9-7980XE, i7-8700K, i5-8400 und Ryzen 3-2200G; DDR4-2400 für TR-1950X, R7-1800X, R5-1600X und i7-6800K, DDR4-2133 für i7-5820K, DDR3-1600 für i7-4790K und i5-4690K); Windows 10 x64 (1709), Spectre-Fix deaktiviert.

von mindestens einem Jahr nicht grundlegend ändern dürfen. Starwars Battlefront II etwa wurde kurz vor Fertigstellung der Tests aktualisiert und um ein nicht per Konsolenkommando umgehbares Framelock bei 200 Fps „bereichert", was nicht nur die Average-Fps sondern auch die Frametimes deutlich beeinflusste – die (nun nutzlosen) Werte haben wir daher aus diesem Artikel gestrichen.

Auch Adobe Lightroom CC etwa soll demnächst eine bessere SMT-Unterstützung bekommen – Cloud sei Dank könnte man sich dagegen nicht wehren und müsste alle CPUs erneut testen – nicht alle jedoch haben dauerhaft einen Platz im Testlaborfundus der Redaktion.

Langeweile im CPU-Bereich?

Intel, Intel und nochmals Intel. Das war über die vergangenen Jahre die ebenso klare wie langweilige Ansage, wenn es um Prozessoren für Spieler ging. Mit der im vorigen Jahr auf den Markt gebrachten Ryzen-Modellpalette nahm AMD Intel jedoch in vielen Bereichen die Butter vom Brot und brachte frischen Wind in den Markt. Sechskern-CPUs wurden zu Mainstream-Preisen verkauft, Achtkern-Modelle erstmals erschwinglich und die für PC-Spieler als Einsteiger-Modelle gehandelten Quadcores gab es für 100 anstelle von 170 Euro. Kein Wunder also, dass rund ein Viertel der Umfrageteilnehmer im PCGH-Forum bereits auf eine AMD-Ryzen-CPU setzen – die FX-Architektur spielt auch dort kaum noch eine Rolle.

Nach wie vor den Löwenanteil stellen jedoch Intel-Modelle, nicht zuletzt, weil Intel unter dem Druck von AMD nachgezogen und seine Mid-Range-Klasse für den Sockel 1151 in den Preisklassen von 100, 200 und 300 Euro um zwei Kerne aufgestockt hat. Auch Prozessoren älteren Datums, etwa der Haswell-Reihe, sind noch weit verbreitet, da es gerade bei Vierkernern jenseits der 4-GHz-Marke, speziell mit Simultaneous Multithreading (SMT), bis vor kurzem kaum einen Grund oder ein auch preislich attraktives Aufrüst-Ziel gab.

CPU- vs. GPU-Limit

Realistischerweise hängt die Performance in vielen Spielen in erster Linie an der Grafikkarte. Der Prozessor muss jedoch ein entsprechendes Fundament liefern können, um auch flotte Grafikkarten auszulasten. Ein CPU-Limit ist variabel und lässt sich prinzipiell daran erahnen, dass die Fps-Rate mit steigender Auflösung oder rein die Grafikkarte belastenden Details wie Kantenglättung, Umgebungsverdeckung nicht signifikant sinkt.

Natürlich hängt die Limitierung auch von der vorhandenen Grafikleistung ab. Eine Geforce GTX 750 Ti etwa macht viel eher „dicht" als eine RX Vega 64. Wir testen daher mit einer der schnellsten aktuell verfügbaren Modelle, einer übertakteten GTX 1080 Ti in Form der MSI Lighting Z und senken zusätzlich die Auflösung auf 1.280 × 720 Pixel (16:9), sodass eine Begrenzung durch die Grafikleistung sehr unwahrscheinlich wird – schließlich wollen wir die CPU-Performance ermitteln. Zwar wären 1080p praxisnäher, das GPU-Limit rückte jedoch ebenfalls dichter heran und wer weiß, wie schnell Prozessoren über die Lebensdauer des Parcours noch werden. Die 1080p-Auflösung befindet sich außerdem ebenfalls auf dem absteigenden Ast. Laut PCGH-Community-Umfrage nutzen bereits rund 31 % der Teilnehmer 2.560 × 1.440 Bildpunkte und 1080p liegt mit 38 % nur noch knapp vorn. Für einen großen Teil wäre also auch „Full HD" nicht mehr praxisnah. Wir prüfen und illustrieren jedoch weiterhin die Auflösungsabhängigkeit bis hin zu UHD.

Benchmark-Preview

Auf der vorigen und den folgenden Seiten finden Sie eine Auswahl der in Frage kommenden Spiele-Tests inklusive Frametime-Gegenüberstellungen von sechs AMD- und Intel-Prozessoren um 100, bis 200 und um 300 Euro – beliebten Mainstream-Modellen also.

Ein Gehäuse.
Unbegrenzte Möglichkeiten!



DARK BASE 900

Unzählige Möglichkeiten einen PC zu konfigurieren und eine Gehäuse-Serie, die all das möglich macht: Dark Base 900. Maximale Flexibilität für deine individuellen Anforderungen und - typisch be quiet! - einer der leisesten Tower der Welt!

- Mainboard-Tray und HDD-Tray mit erweiterten Einbaumöglichkeiten
- Drei nahezu unhörbar leise be quiet! SilentWings® 3 PWM Lüfter
- Intelligente Luftstromführung mit geräuschreduzierenden Auslässen
- Vier Bereiche für Wasserkühlungsradiatoren bis zu 420mm
- Dark Base Pro 900 mit LED-Beleuchtung, Seitenfenster aus getöntem Temperglas und kabelloser Ladestation für Qi-fähige Endgeräte

Für mehr Informationen besuchen Sie **bequiet.com**.

Erhältlich bei: alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de · computeruniverse.net conrad.de · hiq24.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt.de

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER
*GfK Panelmarkt, 2007-2018

be quiet!®

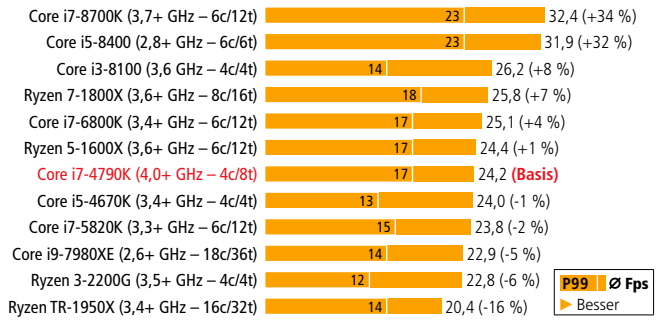
Cities Skylines – „Manhattan Nights“



- **Engine:** Unity, ein vielseitiger und verbreiteter Unterbau (Direct X 11)
- **Besonderheiten:** Aufwendige Simulation einer lebendigen Stadt
- **Einstellungen:** Max. außer AA/AF/CC/FG/DoF; max. Simulationsgeschwindigkeit
- **Benchmarkszene:** New-York-Map aus Steam-Workshop; sehr CPU-lastig

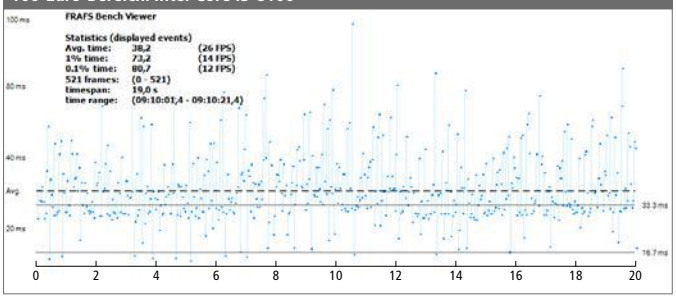
Das 2015 erschienene Cities Skylines ist zwar nicht mehr taufrisch, jedoch ein viel gespielter Dauerbrenner – 4,5 Millionen Käufer laut steamspy.com können nicht irren. Diesen Erfolg hat das Spiel vor allem dem umfangreichen Workshop-Support zu verdanken, denn hier finden sich unzählige von Nutzern erstellte Karten, Mods und Objekte. Für unseren Benchmark bedienen wir uns ebenfalls im Steam Workshop, und zwar bei der großen Map „Manhattan New York“, welche wir mit nächtlicher Beleuchtung testen. Es handelt sich um keinen Worstcase, der CPU-Hunger ist dennoch enorm.

Cities Skylines (Steam, v1.9.2-f1) – „Manhattan Nights“

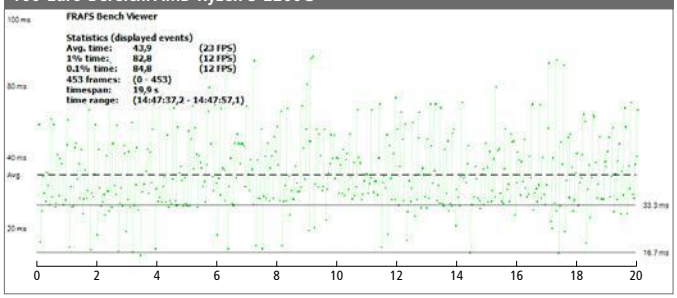


Frametime-Analyse: Beachten Sie bei den Verlaufsgrafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-Fps – das Motto „Weniger ist besser“ gilt! In der linken Spalte, blau akzentuiert, rechnen Intel-CPUs und rechts daneben der preislich jeweils vergleichbarste AMD-Prozessor, grün hervorgehoben. Die Verläufe zeigen jeweils den ersten Durchlauf der Testsequenz. Cities Skylines liegt den Core-i-Chips gut – SMT führt jedoch tendenziell zu Fps-Regression anstelle eines Zuwachses.

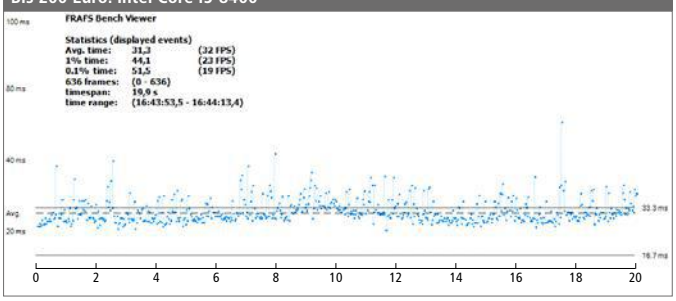
100-Euro-Bereich: Intel Core i3-8100



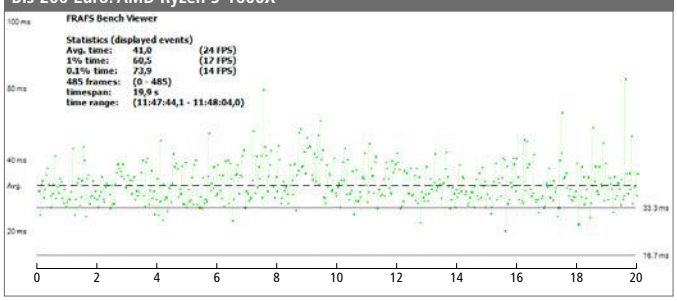
100-Euro-Bereich: AMD Ryzen 3-2200G



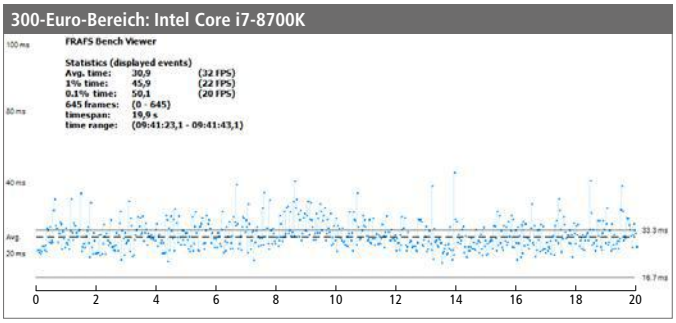
Bis 200 Euro: Intel Core i5-8400



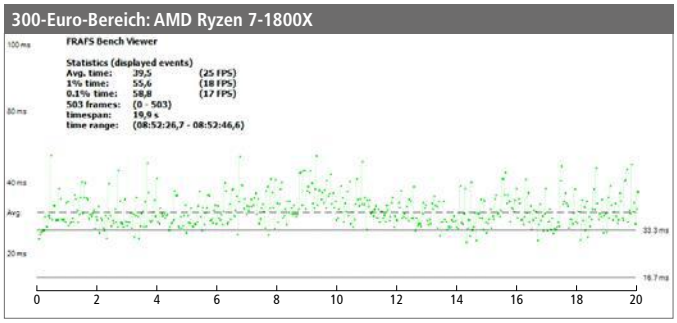
Bis 200 Euro: AMD Ryzen 5-1600X



300-Euro-Bereich: Intel Core i7-8700K



300-Euro-Bereich: AMD Ryzen 7-1800X



System: MSI GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz (GF 391.01), 8 GiByte Dual-Rank-RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler Spezifikation der CPU: DDR4-2667 für i9-7980XE, i7-8700K, i5-8400 und Ryzen 3-2200G; DDR4-2400 für TR-1950X, R7-1800X, R5-1600X und i7-6800K, DDR4-2133 für i7-5820K, DDR3-1600 für i7-4790K und i5-4690K); Windows 10 x64 (1709), Spectre-Fix deaktiviert.

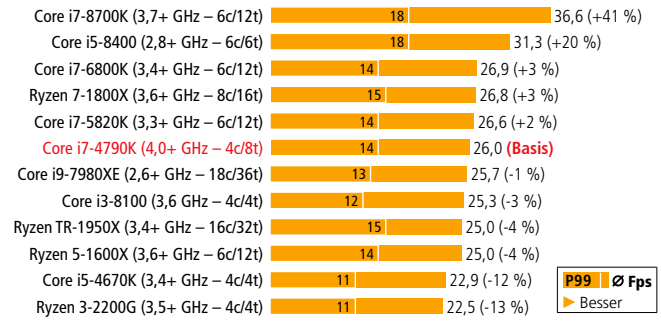
Kingdom Come Deliverance – „Rattay Nights"



- **Engine:** Stark modifizierte Cryengine (Direct X 11)
- **Besonderheiten:** In Städten aufgrund der NPCs/KI extrem CPU-lastig
- **Einstellungen:** Maximal inklusive Sichtweite, kein AA/AF/Post-Processing
- **Benchmarkszene:** Rattay nach Sperrstunde, CPU-Worstcase

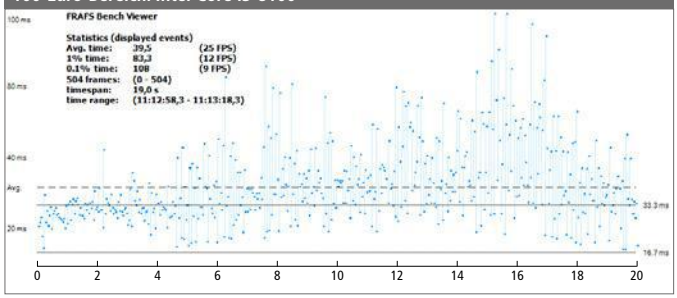
Kingdom Come Deliverance stellt das virtuelle Böhmen, dessen Burgen und Dörfer sowie deren umliegende Flora und Fauna mithilfe der Cryengine dar. Dafür flossen umfangreiche Änderungen ein, um das Mittelalter möglichst glaubhaft zu simulieren. Das gelingt zweifellos, stellt aufgrund der komplexen (KI-)Berechnungen jedoch hohe Anforderungen an den Hauptprozessor. Wir testen ein Worstcase-Szenario: Die Stadt Rattay bei Nacht und Fackelschein. Dabei zeigt sich, dass Takt besonders wichtig ist; das Multithreading ist schwächer als beim Engine-Urvater Crysis 3.

Kingdom Come Deliverance (GoG, v1.3.3) – „Rattay Nights"

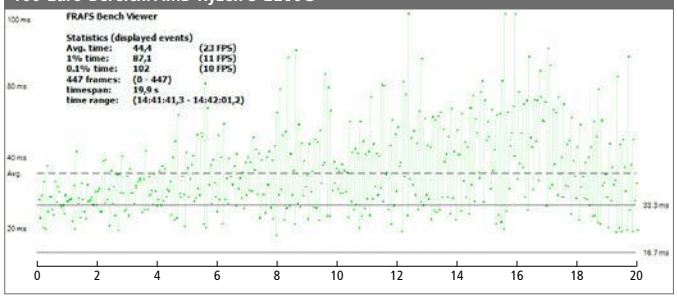


Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-Fps – das Motto „Weniger ist besser" gilt! In der linken Spalte, blau akzentuiert, rechnen Intel-CPUs und rechts daneben der preislich jeweils vergleichbarste AMD-Prozessor, grün hervorgehoben. Die Frametimes in KCD verdienen sich das Prädikat „katastrophal", auf den meisten CPUs zuckelt die Stadt nur zäh über den Bildschirm. Der i7-8700K dominiert zumindest bei den Durchschnitts-Fps.

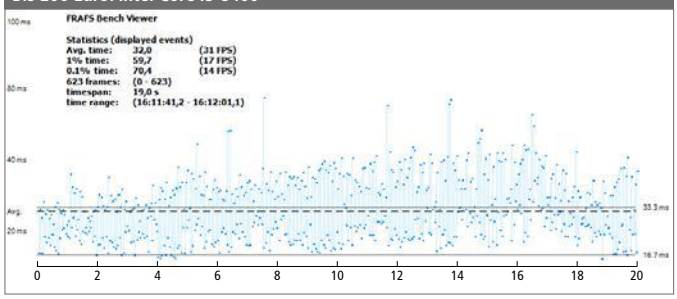
100-Euro-Bereich: Intel Core i3-8100



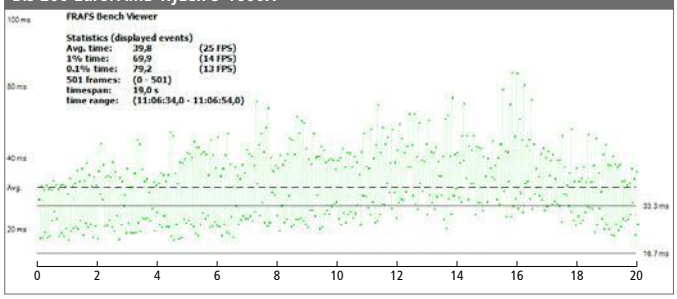
100-Euro-Bereich: AMD Ryzen 3-2200G



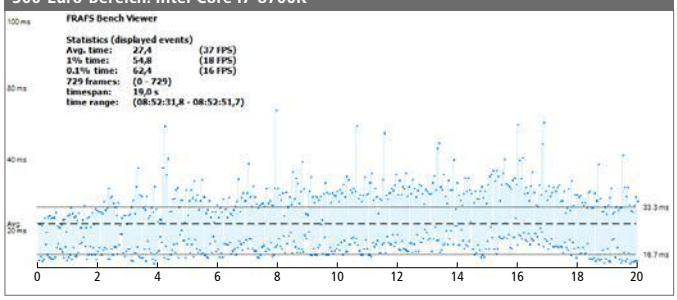
Bis 200 Euro: Intel Core i5-8400



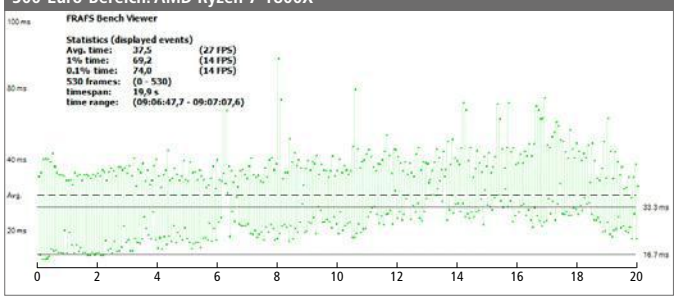
Bis 200 Euro: AMD Ryzen 5-1600X



300-Euro-Bereich: Intel Core i7-8700K



300-Euro-Bereich: AMD Ryzen 7-1800X



System: MSI GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz (GF 391.01), 8 GiByte Dual-Rank-RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler Spezifikation der CPU: DDR4-2667 für i9-7980XE, i7-8700K, i5-8400 und Ryzen 3-2200G; DDR4-2400 für TR-1950X, R7-1800X, R5-1600X und i7-6800K, DDR4-2133 für i7-5820K, DDR3-1600 für i7-4790K und i5-4690K); Windows 10 x64 (1709), Spectre-Fix deaktiviert.

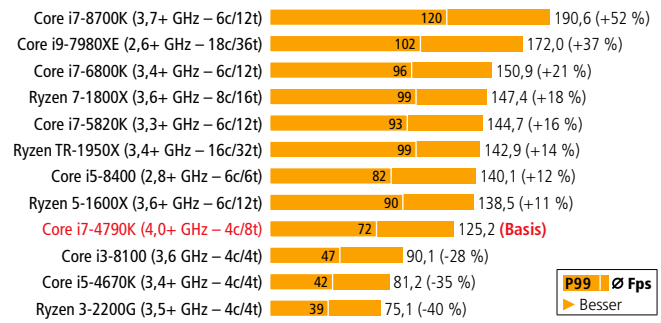
Crysis 3 – „Fields“



- **Engine:** Urversion der Cryengine 3 (Direct X 11)
- **Besonderheiten:** Zeigt seit 2013, wie gutes CPU-Multithreading aussieht
- **Einstellungen:** Maximal, außer AA/AF/Post-Processing
- **Benchmarkszene:** „Fields“; dank des Grases ein gut skalierender Multithread-Test

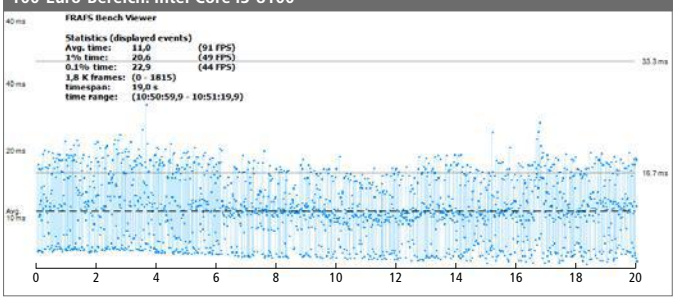
Falls Sie sich fragen, was Crysis 3 (Jahrgang 2013) in einem Benchmark-Artikel des Jahres 2018 soll, sind Sie nicht allein. Mit Prey und Kingdom Come Deliverance haben wir zwei aktuelle Spiele mit der zugrunde liegenden und an die Erfordernisse angepassten Cryengine ebenfalls im Parcours. Paradoxerweise skaliert Crysis 3 an der bewährten, grasbewachsenen „Fields“-Szene jedoch besser mit Prozessorkernen und -threads als besagte Titel, weshalb wir es einstweilen mittesten und Ihnen zum Vergleich anbieten – unzählige weitere Werte liefern vergangene PCGH-Ausgaben.

Crysis 3 (Origin, v1.2.1) – „Fields“

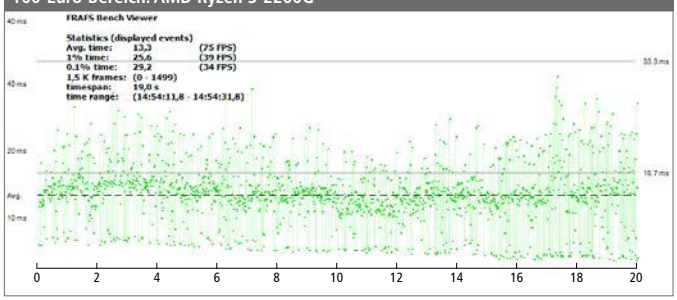


Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-Fps – das Motto „Weniger ist besser“ gilt! Crysis 3 gehörte zu den ersten Spielen, die auf einem Sechskern-Prozessor fühlbar geschmeidiger laufen als auf einem Quadcore. Das zeigen die Verläufe deutlich: Mit vier Kernen/Threads ist die Frametime-Varianz sehr groß, mit sechs Kernen fühlt sich das Spiel wesentlich flüssiger an. Die AMD-Chips ab sechs Cores erzielen die besten Frametimes.

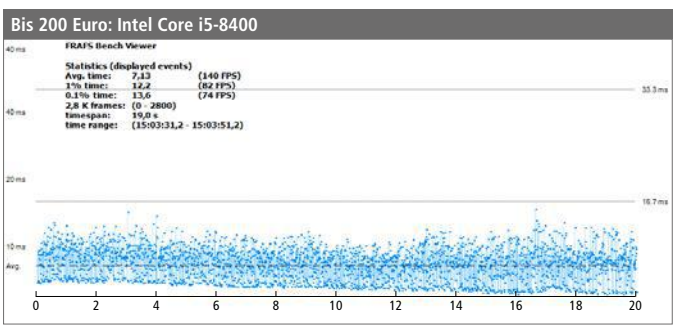
100-Euro-Bereich: Intel Core i3-8100



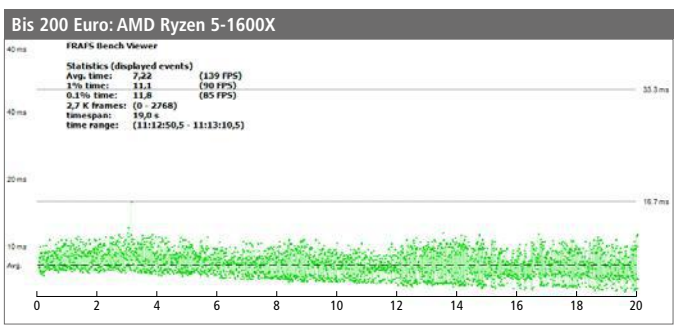
100-Euro-Bereich: AMD Ryzen 3-2200G



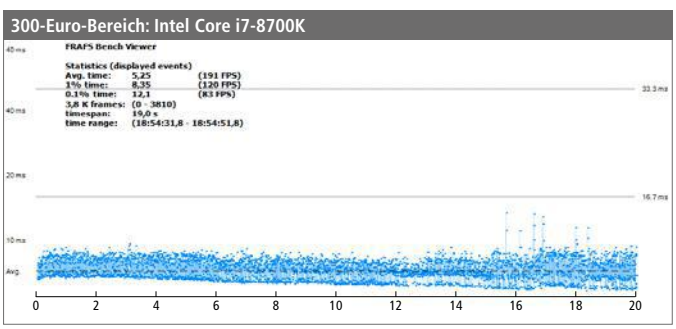
Bis 200 Euro: Intel Core i5-8400



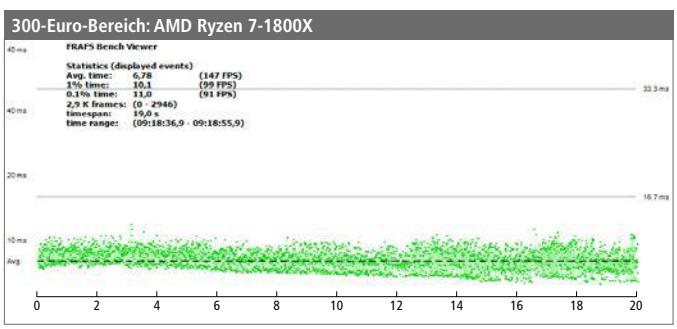
Bis 200 Euro: AMD Ryzen 5-1600X



300-Euro-Bereich: Intel Core i7-8700K



300-Euro-Bereich: AMD Ryzen 7-1800X



System: MSI GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz (GF 391.01), 8 GiByte Dual-Rank-RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler Spezifikation der CPU: DDR4-2667 für i9-7980XE, i7-8700K, i5-8400 und Ryzen 3-2200G; DDR4-2400 für TR-1950X, R7-1800X, R5-1600X und i7-6800K, DDR4-2133 für i7-5820K, DDR3-1600 für i7-4790K und i5-4690K); Windows 10 x64 (1709), Spectre-Fix deaktiviert.

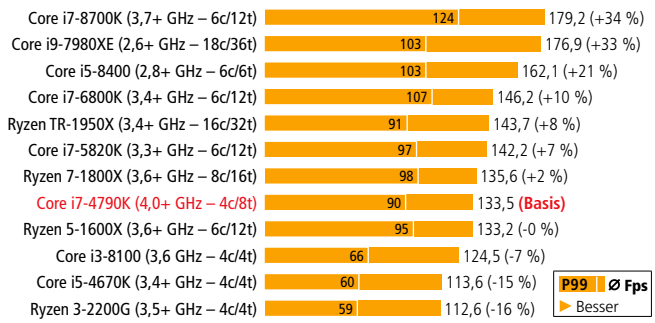
Prey – „Arboretum"



- **Engine:** Modifizierte Cryengine (Direct X 11)
- **Besonderheiten:** Gute Bildraten auf jedem PC, lt. AMD mit Ryzen-Optimierungen
- **Einstellungen:** Maximal außer AA/AF (2×)/Reflektionen/SSDO
- **Benchmarkszene:** Analog zu Grafikkarten im Areal „Arboretum"

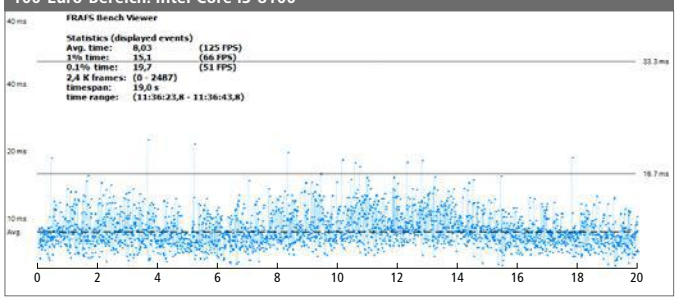
Prey sollte eigentlich die Nachfolge von Crysis 3 im PCGH-Prozessor-Parcours antreten, da es zu den beliebtesten Spielen des Jahres 2017 gehört, ein moderner Vertreter der Cryengine ist und in vorangegangenen Skalierungstests gut auf zusätzliche Prozessorkerne und -threads ansprach. Im Vergleich mit Crysis 3 fallen die Ergebnisse jedoch ernüchternd aus – der alte Code skaliert besser als der neue und von den Ryzen-Optimierungen, die der Entwickler nennt, ist nichts zu sehen. Wir testen CPUs in Prey mit derselben Szene wie Grafikkarten; die Bildraten sind stets sehr flüssig.

Prey (Steam, v1.05) – „Arboretum"

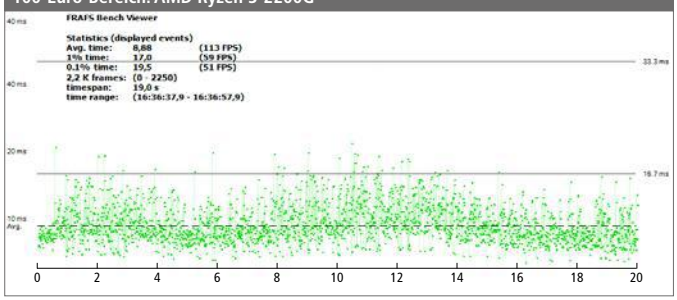


Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-Fps – das Motto „Weniger ist besser" gilt! Man könnte sagen, dass Prey auf jedem Taschenrechner läuft. Wer jedoch beispielsweise mit konstanten 120 Fps spielen möchte, benötigt dann doch einen sehr starken Prozessor. Ein Blick auf die Frametimes der günstigeren Chips zeigt, dass die Ryzens etwas weniger „fusseln" als die Intel-CPUs.

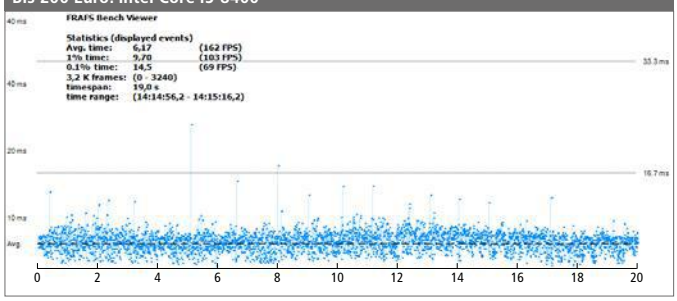
100-Euro-Bereich: Intel Core i3-8100



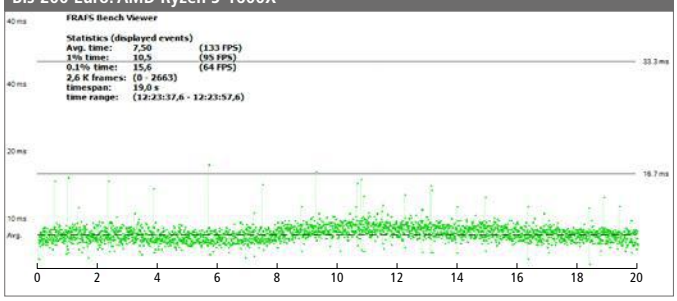
100-Euro-Bereich: AMD Ryzen 3-2200G



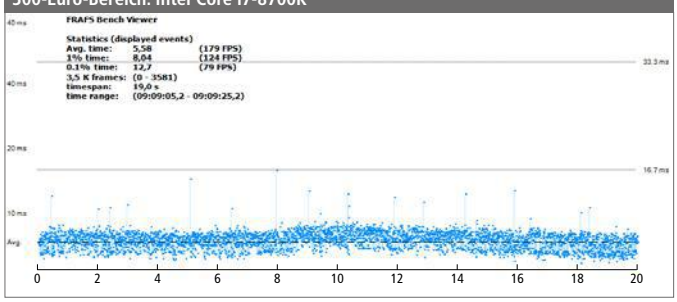
Bis 200 Euro: Intel Core i5-8400



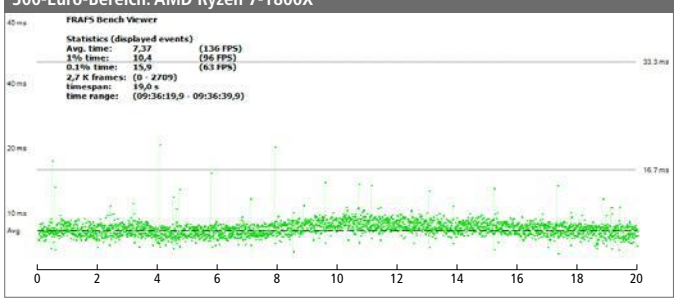
Bis 200 Euro: AMD Ryzen 5-1600X



300-Euro-Bereich: Intel Core i7-8700K



300-Euro-Bereich: AMD Ryzen 7-1800X



System: MSI GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz (GF 391.01), 8 GiByte Dual-Rank-RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler Spezifikation der CPU: DDR4-2667 für i9-7980XE, i7-8700K, i5-8400 und Ryzen 3-2200G; DDR4-2400 für TR-1950X, R7-1800X, R5-1600X und i7-6800K, DDR4-2133 für i7-5820K, DDR3-1600 für i7-4790K und i5-4690K); Windows 10 x64 (1709), Spectre-Fix deaktiviert.

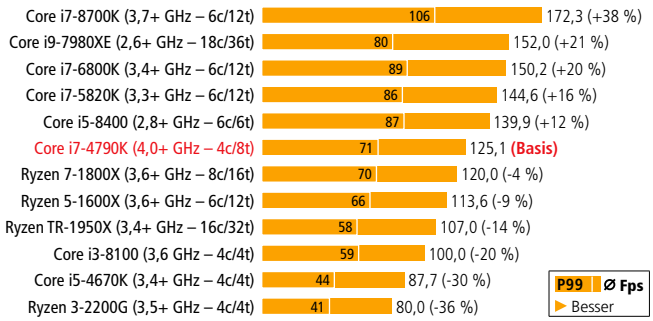
Rise of the Tomb Raider – „Geo Valley"



- **Engine:** Eigenentwicklung des federführenden Studios Crystal Dynamics
- **Besonderheiten:** Direct X 12 steigert tatsächlich die Bildrate ggü. Direct X 11.
- **Einstellungen:** Max., außer AA/AF, Tiefenschärfe, Pure Hair, Umgebungsverdeckung und Tessellation. Post-Processing (alle Checkboxen im Grafik-Tab) aus.

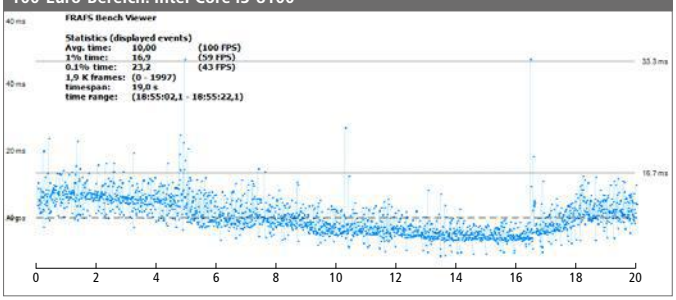
Lara Croft muss man einfach lieben – natürlich virtuell, denn ihr aktuelles PC-Abenteuer ist dank zahlreicher Patches selbst unter Direct X 12 ausgereift. Rise of the Tomb Raider haben wir Ihnen bereits früher auf einigen Prozessoren präsentiert, nun ist das Spiel fester Bestandteil des CPU-Parcours. An der Testszene im Geothermalen Tal („Geo Valley"), welche zu den hardwareforderndsten Stellen im Spiel gehört, haben wir nichts verändert – es handelt sich um dieselbe Szene wie bei den Grafikkarten, allerdings mit jeweils anderen Detaileinstellungen. Die Threadskalierung kann sich sehen lassen.

Rise of the Tomb Raider (DX12; Steam, v1.0 813.4) – „Geo Valley"

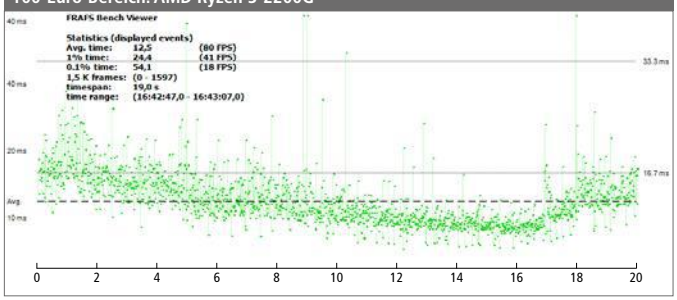


Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-Fps – das Motto „Weniger ist besser" gilt! ROTTR stellt im weitläufigen Geothermalen Tal hohe Ansprüche an den Prozessor und nimmt dabei zumindest im Bereich zwischen 4 und 8 jeden Prozessorkern dankend an. Im Duell der drei Preisklassen siegt Intel immer. Die Ruckler bei Sekunde 5 und 17 fallen wegen der ansonsten glatteren Verläufe bei den Sechs- und Achtkernern am deutlichsten auf.

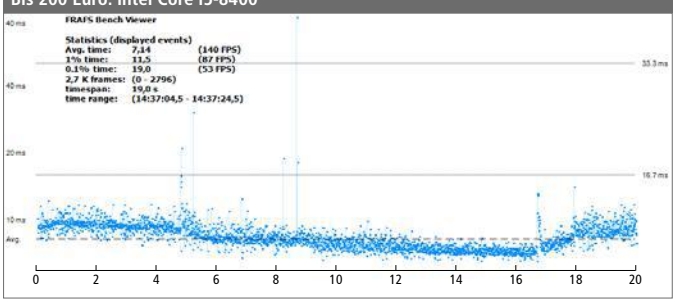
100-Euro-Bereich: Intel Core i3-8100



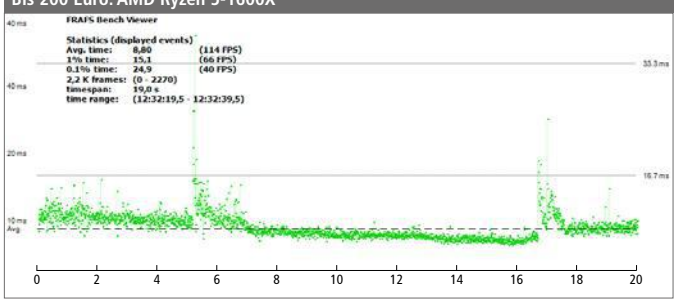
100-Euro-Bereich: AMD Ryzen 3-2200G



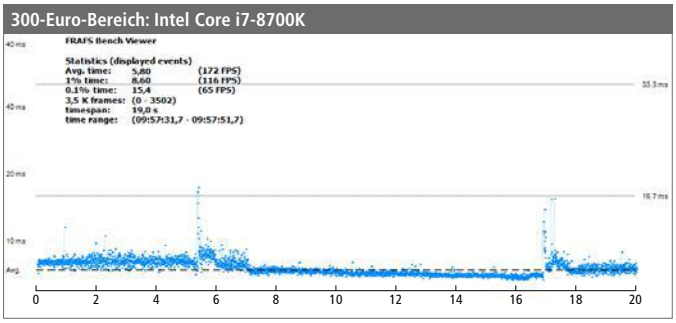
Bis 200 Euro: Intel Core i5-8400



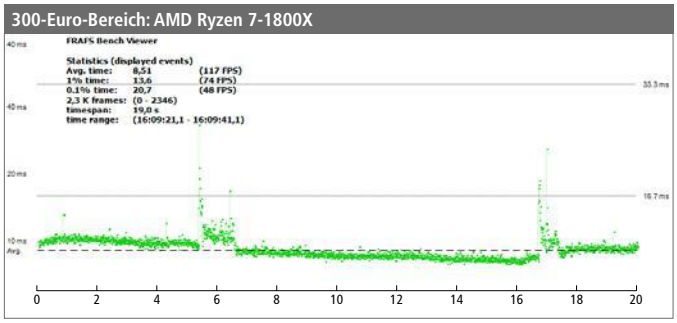
Bis 200 Euro: AMD Ryzen 5-1600X



300-Euro-Bereich: Intel Core i7-8700K



300-Euro-Bereich: AMD Ryzen 7-1800X



System: MSI GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz (GF 391.01), 8 GiByte Dual-Rank-RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler Spezifikation der CPU: DDR4-2667 für i9-7980XE, i7-8700K, i5-8400 und Ryzen 3-2200G; DDR4-2400 für TR-1950X, R7-1800X, R5-1600X und i7-6800K, DDR4-2133 für i7-5820K, DDR3-1600 für i7-4790K und i5-4690K); Windows 10 x64 (1709), Spectre-Fix deaktiviert.

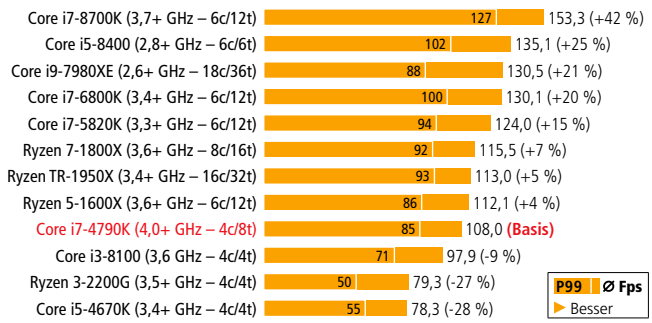
The Witcher 3 – „Hierarch Square"



- **Engine:** Red Engine 3 (In-house-Motor von CD Projekt; Direct X 11)
- **Besonderheiten:** Trotz des Alters von drei Jahren starkes CPU-Multithreading
- **Einstellungen:** Maximal, außer AA/AF, Hairworks aus, keinerlei Post-Processing
- **Benchmarkszene:** Wie gehabt am „Hierarch Square" in der Stadt Novigrad

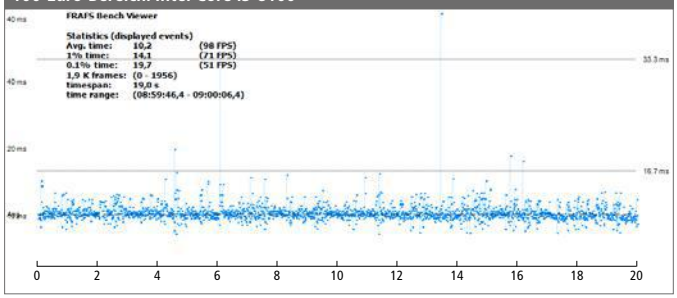
Der Hexer begleitet uns nun schon ins dritte Benchmark-Jahr, sowohl Grafikkarten als auch Prozessoren testen wir mit Geralts Hilfe. Während wir Grafikkarten-Messungen auf dem fordernden Skellige-Archipel durchführen, finden Prozessor-Benchmarks bei der PCGH seit jeher in Novigrad statt. Im CPU-Parcours 2018 nehmen wir an der Szene selbst keine Änderungen vor, wie gehabt gehen wir am Platz des Hierarchen 20 Sekunden lang auf den Scheiterhaufen zu, vorbei an zahlreichen Charakteren. The Witcher 3 skaliert stark von 4 auf 6 Kerne, darüber hinaus wird die Luft jedoch dünner.

The Witcher 3 GOTY (GoG, v1.31) – „Hierarch Square"

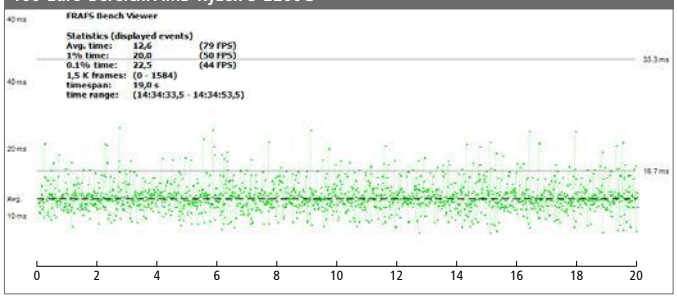


Frametime-Analyse: Beachten Sie bei allen folgenden Grafiken, dass hier – im Gegensatz zu Perzentilen oder Durchschnitts-Fps – das Motto „Weniger ist besser" gilt! Der Hexer ist ein Kernfreund: Mit nur vieren werden zwar grundsätzlich hohe Bildraten erreicht, die Bildberechnungszeiten schwanken jedoch sowohl auf AMD als auch Intel stark. Ab sechs Kernen bleiben die großen Spikes aus. Ryzen 5-1600X und R7-1800X unterliegen zwar bei der absoluten Bildrate, erzeugen aber die glattesten Frametimes.

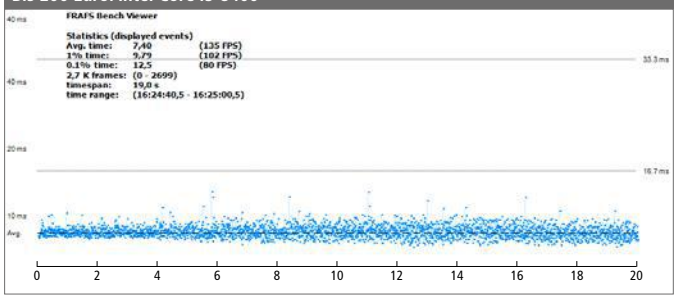
100-Euro-Bereich: Intel Core i3-8100



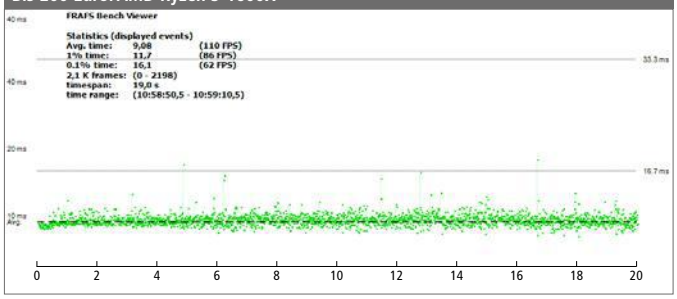
100-Euro-Bereich: AMD Ryzen 3-2200G



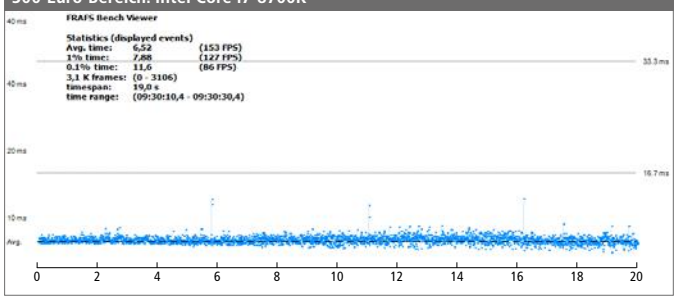
Bis 200 Euro: Intel Core i5-8400



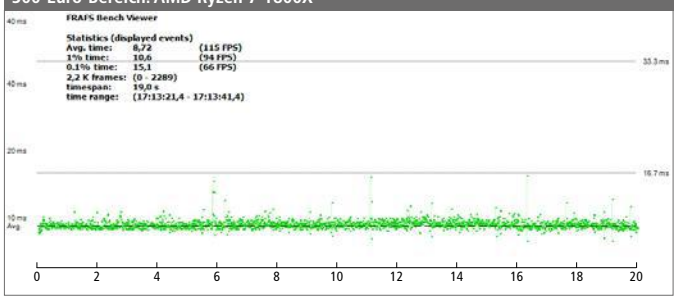
Bis 200 Euro: AMD Ryzen 5-1600X



300-Euro-Bereich: Intel Core i7-8700K



300-Euro-Bereich: AMD Ryzen 7-1800X

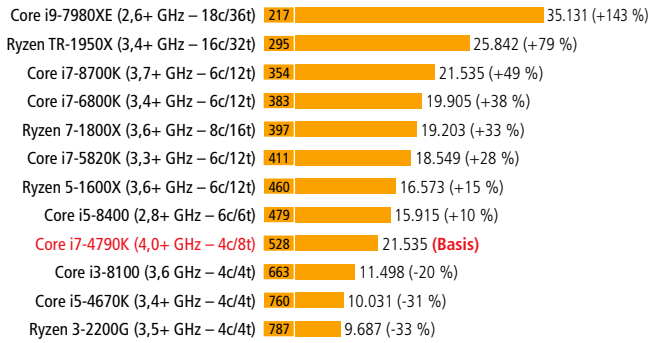


System: MSI GTX 1080 Ti Lightning Z @ ~2,0/6,0 GHz (GF 391.01), 8 GiByte Dual-Rank-RAM pro Speicherkanal (Geschwindigkeit jeweils laut maximaler Spezifikation der CPU: DDR4-2667 für i9-7980XE, i7-8700K, i5-8400 und Ryzen 3-2200G; DDR4-2400 für TR-1950X, R7-1800X, R5-1600X und i7-6800K, DDR4-2133 für i7-5820K, DDR3-1600 für i7-4790K und i5-4690K); Windows 10 x64 (1709), Spectre-Fix deaktiviert.

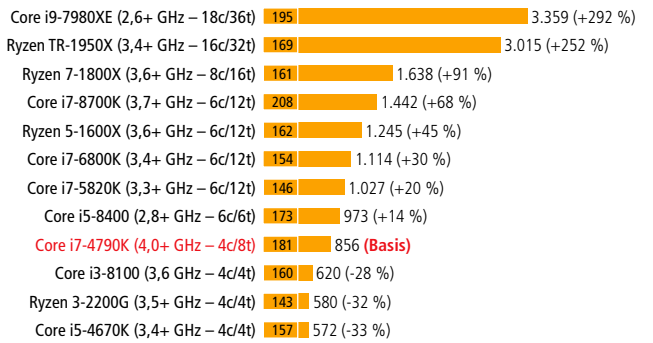
Anwendungsleistung und Auswertung

CPU-Leistung in Real-World-Anwendungen

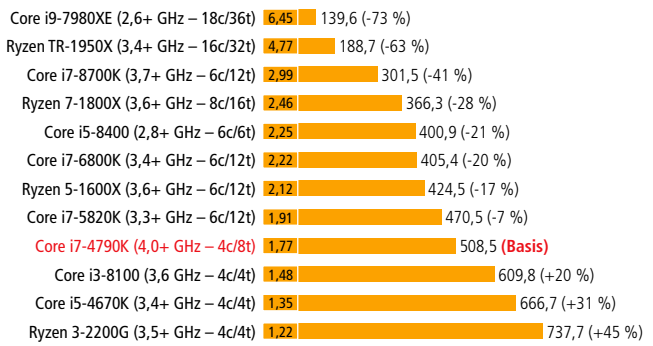
7-Zip 18.03 (Cities Skylines, 7,26 GiB); Wert im Balken: Sek., außerhalb: KiB/s



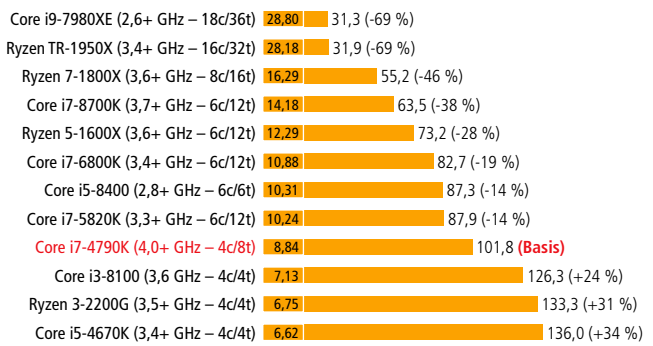
Cinebench R15 (Punkte, Wert im Balken: Singlethread, außerhalb: Multithread)



Handbrake Nightly – Apple 4K60 (HEVC, Wert im Balken: Fps, außerhalb: Sek.)



Handbrake Nightly – YT 1080p60 (H.264, Wert im Balken: Fps, außerhalb: Sek.)



System: 8 GiB RAM pro Speicherkanal, Windows 10 x64 (1709) **Bemerkungen:** In Anwendungen schneiden AMD-Prozessoren traditionell besser ab als in Spielen. Der HEVC/H.265-Codec liegt den Ryzens jedoch vergleichsweise schlechter als der H.264.

Pkte./KiB/s ▶ Besser
Sek. ◀ Besser

Trotz des „G“ in PCGH soll auch die Anwendungsleistung der Prozessoren nicht zu kurz kommen. Unseren in die Jahre gekommenen Anwendungs-Parcours haben wir entschlackt und auf Hochglanz poliert. Zum Abschluss analysieren wir den Zwischenstand der Benchmark-Ergebnisse.

Vier Anwendungen

Was macht der typische PC-Spieler, wenn nicht gerade eine action- oder spannungsgeladene Fullscreen-Direct-3D-Anwendung seine Aufmerksamkeit fesselt? Und was von diesen Dingen fordert tatsächlich die CPU? Diese Frage haben wir uns bei der Auswahl der Anwendungs-Benchmarks gestellt und sind beim Video-Transcoding, bei der Bildbearbeitung und beim Komprimieren von Daten gelandet. Ergänzt wird die Auswahl durch den Cinebench R15, welcher stellvertretend für die zu erwartenden Ergebnisse beim 3D-Rendering wie dem zugrundeliegenden Cinema 4D von Maxon steht und sich auch auf das kostenlose Blender übertragen lässt.

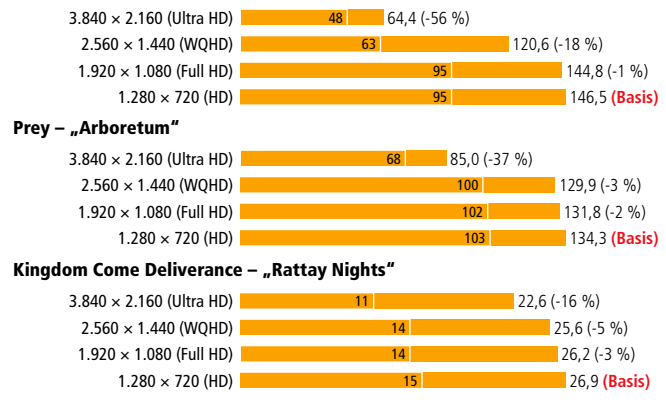
Das Komprimieren von Daten übernimmt nach wie vor 7-Zip, welches trotz kleiner Diskrepanzen zwischen integriertem Benchmark und dem von uns präferierten, realen Packen, das Mittel der Wahl für Mehrkern-Komprimierer darstellt. Wir lassen den (separat gesicherten) Spiele-Ordner von Cities Skylines mit den bewährten Einstellungen verkleinern: LZMA2-Verfahren, 48 MB Wörterbuch, Wortgröße 64 und 50 % zusätzliche Threads zu den von der CPU bereitgestellten. Wir lassen auch die Dateinamen per AES256 mit dem immer allseits beliebten Passwort „123456“ verschlüsseln.

Beim Video-Transcoding bedienen wir uns Handbrake in der Nightly-Variante vom 14.3.2018, da die offizielle Version 1.07 bereits ein Jahr auf dem Buckel hat. Wir verwenden mit „Apple 2160p60 4K HEVC Surround“ und „Vimeo Youtube HQ 1080p60“ zwei Presets dieses Programms. Ersteres kodiert mittels des aktuellen H.265-Codecs, Letzteres setzt noch auf den weniger effizienten Vorgänger H.264. Wir lesen die erreichten Fps aus den Log-Dateien aus. Als Vorlage nutzen wir die 140-Mbps-Version des 30-sekündigen Quallen-Clip der Website jell.yfish.us – mit seiner hohen Datenrate inklusive HEVC-Encoding und 10 Bit Farbtiefe entspricht er in etwa der Datenrate und den maximalen Anforderungen etwa UHD-Blu-rays.

In Sachen Bildbearbeitung hatten wir eigentlich das auch bei den GPU-Tests zum Einsatz kommende Capture One 11 mit denselben Settings und Bilddaten ins Auge gefasst. Netterweise lastet es während der Umwandlung der Raw-Dateien sogar alle 36 Threads des Core i9-7980XE zu 100 Prozent aus und empfahl sich so als Ablösung für unsere Lightroom-Version 5 aus der Prä-Cloud-Generation. In Sachen CPU handelt es sich jedoch um einen Papiertiger. SMT bremst und die Skalierung findet eher über den Takt als über die Kerne statt. So erreicht etwa ein Threadripper 1950X mit 16 Kernen und 32 Threads mit 1.510 Sekunden für die aufwendigen Operationen an den 200 Raw-Dateien ein deutlich schlechteres Ergebnis als der achtkernige Ryzen 7-1800X, der 138 Sekunden schneller fertig ist. Schalten wir zusätzlich SMT ab, verbessert sich das Ergebnis um weitere 2,5 Minuten.

Ähnlich ergeht es den Intel-CPUs: Der sündteure i9-7980XE ist erst nach knapp 31 Minuten fertig, während schon der i5-8400 mit sechs Kernen aber ohne SMT nach nichtmal 20 Minuten die Zielflagge sieht. Der i7-8700K ist noch etwas flotter, legt mit deaktiviertem SMT aber ebenfalls zu und setzt mit dann 1.050 Sekunden fast genau seinen prozetualen Taktvorteil gegenüber dem i5-8400 in Leistung um. Das ist umso kurioser, als die Open-CL-Beschleunigung des Programms via Grafikkarte erstklassig funktioniert. Und dort wird die Arbeit ja ebenfalls auf etliche Kerne verteilt. Wir haben uns bis zur Klärung dieser Probleme entschieden, Capture One für CPUs einstweilen auf Eis zu legen und sehen uns derweil noch einmal Lightroom CC an, welches bald ein Update für besseren SMT-Support erhalten soll.

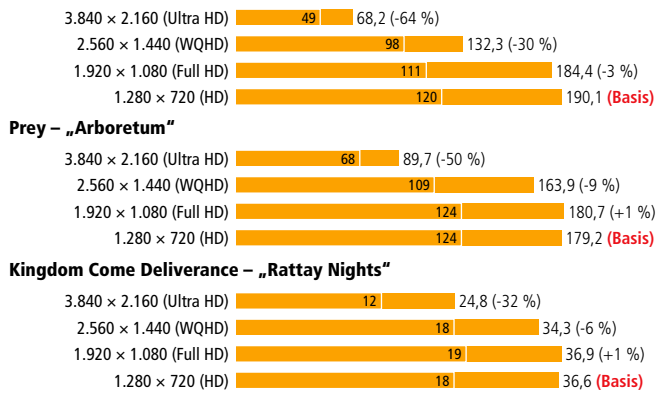
Auflösungsskalierung: Ryzen 7-1800X



System: Ryzen 7-1800X, Asus Crosshair VI Hero, 2 × 8 GiB DDR4-2400 DR; Windows 10 x64 (1709), MSI GTX 1080 Ti OC @ 2,0e/6,0m (GF 391.01) **Bemerkungen:** Auf dem Ryzen ist Crysis 3 in hoher Auflösung am grafiklastigsten, gefolgt von Prey und Kingdom Come.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Auflösungsskalierung: Core i7-8700K



System: Core i7-8700K, Asus ROG Maximus X Hero, 2 × 8 GiB DDR4-2667 DR; Windows 10 x64 (1709), MSI GTX 1080 Ti OC @ 2,0e/6,0m (GF 391.01) **Bemerkungen:** Beim Core i7-8700K liefert die CPU mehr Leistung, verliert im Grafiklimit also auch stärker.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Auswertung und Fazit

Ehrlich gesagt hatten wir uns von der Parcours-Erneuerung etwas mehr erhofft. Und zwar mehr Kernskalierung. Über 11 Jahre nach den ersten Quadcore-Prozessoren und ziemlich genau acht Jahren nach den ersten Sechskernern im Mainstream-Markt wird von einigen, aber längst nicht allen modernen Spielen diese Kernzahl gewinnbringend genutzt. Immerhin sind die Preise für Sechskern-Prozessoren inklusive SMT nicht zuletzt dank AMD inzwischen auf ein erträgliches Maß gefallen, auch wenn die Recheneinheiten in vielen Spielen nicht ausgelastet werden.

Nach wie vor ist der Fps-Zuwachs oberhalb von sechs Kernen die Ausnahme, Acht- oder Mehrkerner sind eine Investition in die Zukunft der PC-Spiele, die Ihnen zudem etwas Optimismus abnötigt. So liegt der alte Spiele-Champ Core i7-8700K auch in fast allen Titeln, die wir für den neuen Parcours bisher getestet haben, mehr oder weniger deutlich in Führung. Eine große Ausnahme bildet dabei Assassin's Creed Origins, welches sogar mit mehr als acht Kernen noch deutlich zulegen kann. Sogar die in vielen Spielen gar nicht mal so gut abschneidenden Threadripper und Skylake X kommen hier auf einen grünen Zweig. Mehr noch: Bei Assassin's Creed Origins sind die Fps-Zuwächse kein purer Luxus wie beim ebenfalls gut skalierenden Crysis 3, sondern sorgen für stabile Fps-Raten im 60er-Bereich auch beim P99-Perzentil. Das zeigt, dass eine gute Mehrkernnutzung auch in Spielen immerhin möglich ist, im Mainstream angekommen ist sie trotz neuer Engine-Generationen jedoch noch nicht.

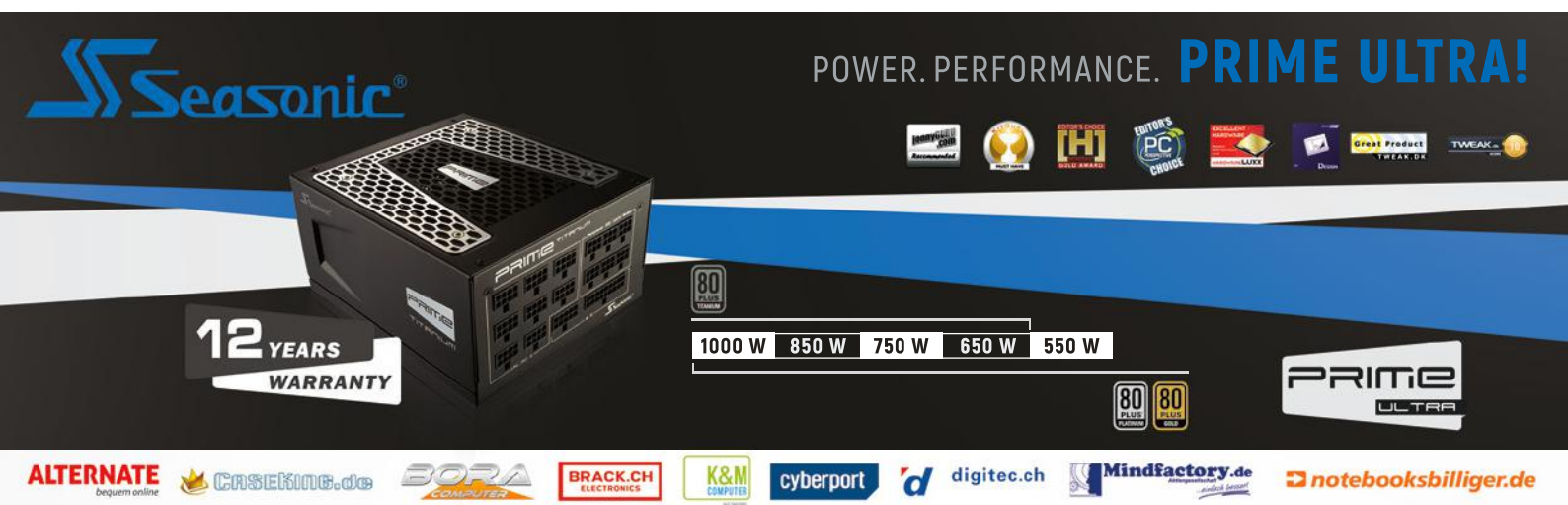
Was ein möglichst geschmeidiges Gameplay angeht, liegt AMDs Ryzen R5-1600X laut unseren Analysen in der 200-Euro-Klasse leicht vor dem i5-8400. Vielleicht ist es der höhere Takt, vielleicht auch die Reserven durch SMT. Die Duelle in den beiden anderen Preisklassen entscheiden Intels Core i3-8100 und der i7-8700K jeweils für sich, auch wenn es einzelne Ausnahmen wie The Witcher 3 gibt.

In vielen Anwendungen hingegen skaliert die Leistung wesentlich besser mit der Anzahl der CPU-Kerne. Wer seinen Prozessor nicht nur zum Spielen nutzt, der kann sich durch die zusätzliche Investition in mehr Kerne einiges an Wartezeiten ersparen und, geschäftlich genutzt, seine Produktivität steigern. Doch auch hier gibt es nach wie vor Ausreißer, sodass Sie vorher abwägen sollten, ob die von Ihnen häufig genutzten Programme von Kernen, Takt oder anderen Merkmalen wie mehr Arbeitsspeicher profitieren. Eine weitere Parallele zu unserem vorherigen Parcous ist, dass die AMD-CPUs im Anwendungsbereich relativ gesehen besser abschneiden. Beim 3D-Rendering mit Cinema 4D (CB R15) oder Video-Transcoding im H.264-Codec schlagen sie die Intel-Angebote in derselben Preisklasse. Inwieweit sich die Einschränkungen der Spectre-Verwundbarkeit auf die Leistung auswirken, werden wir hoffentlich in der kommenden Ausgabe klären können. *(cs/rv)*

Fazit

CPU-Benchmarks 2018

Alles beim Alten? Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass sich nicht viel getan hat. Doch mit Assassin's Creed Origins zeigt zumindest ein Spieletitel, wie gute Mehrkernskalierung heute geht. Ein anderer, Star Wars Battlefront 2, hingegen nutzt ebenfalls viele Kerne, disqualifiziert sich wegen des neu eingeführten 200-Fps-Framelocks, welches die schnellsten CPUs knacken würden, jedoch für den Einsatz als Benchmark. Wir bleiben für Sie auf der Suche!





LIVESTREAM DER PREISVERLEIHUNG AM 10. APRIL 2018:
WWW.DEUTSCHER-COMPUTERSPIELPREIS.DE



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

game
Verband der deutschen
Games-Branche

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft und Medien, Energie
und Technologie

unterstützt von

STIFTUNG
DIGITALE
SPIELE
KULTUR

LESEPROBE
PCGH-Sonderheft seit 28.03.18 im Handel



CPUs von 2 bis 18 Kernen

Die Anschaffung eines Prozessors wird immer mehr eine mittel- bis langfristige Investition. Grund genug für PCGH, die Grundlagen bei CPUs zu beleuchten.

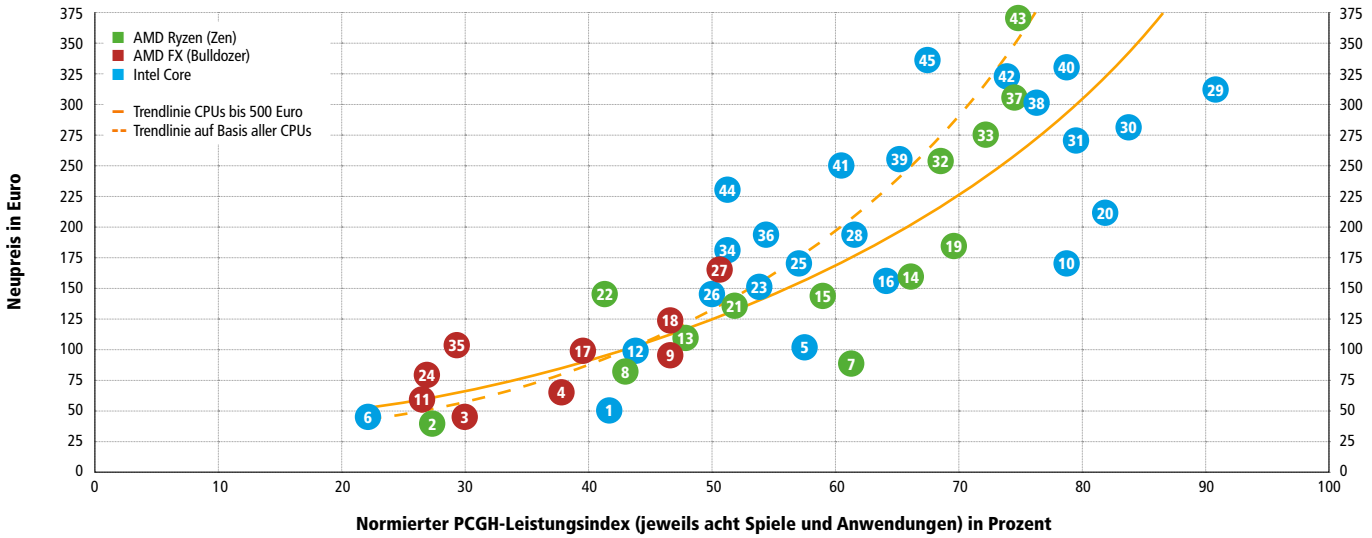
CPU-Preise sind niedrig wie lange nicht, doch die aktuellen Portfolios von AMD und Intel beinhalten viele empfehlenswerte Modelle, sodass die Auswahl dennoch schwerfällt. In diesem Artikel geben wir nicht nur Empfehlungen, sondern erläutern zunächst Hintergründe, damit Sie den für Sie optimalen Prozessor ausfindig machen können.

Der Motor des Spiele-PCs

Auf der CPU laufen die grundlegenden Berechnungen, welche die 3D-Grafikkarte erst mit Daten versorgen. Ist der Prozessor zu langsam, kann die Grafikkarte daher noch so flott sein, Ihr PC wird nie aus dem Fps-Tal herauskommen. Sie können das positiv betrachten, da Sie die Auflösung und grafiklastige 3D-Optionen wie Ambient Occlusion oder Schatteneinstellung ohne merkliche Fps-Einbußen erhöhen können. Realistisch betrachtet wird jedoch Ihre teure Grafikkarte von einer zu langsamen CPU gebremst.

In besonders anspruchsvollen Szenen oder während des Nachladens von Leveldaten in einer offenen Spielwelt ist die Performance mit einem flotten Prozessor oft merklich besser. Das zeigen die für ein flüssiges Spielgefühl wichtigen P99-Perzentile, welche in neueren Tests die altbekannten Minimum-Fps abgelöst haben. Dieser Zustand wird auch als CPU-Limit bezeichnet und wirkt umso stärker, je weiter sich die Leistungsschere zwischen langsamem Prozessor und schneller Grafikkarte öffnet. Genau aus diesem Grund testen wir die CPU-Leistung in der vergleichsweise niedrigen Auflösung von 1.280 × 720 Pixeln in Kombination mit einer flotten, übertakteten EVGA Geforce GTX 980 Ti. Denn wir wollen nicht, dass die Prozessorleistung über Gebühr vom 3D-Beschleuniger gebremst wird. Solche in Full-HD-Auflösung oder höher gewonnenen Werte wären spätestens mit Erscheinen einer neuen Grafikkartengeneration überholt und damit quasi unbrauchbar. Behalten Sie diesen Umstand auf jeden Fall im Hinterkopf, sofern Sie Ihre CPU ausschließlich anhand der von der Grafikkarte maßgeblich beeinflussten Spiele-Performance auswählen! Bei Anwendungen sehen die Kriterien meist anders aus. Hier beeinflusst die Grafikkarte das Geschehen weniger stark und viele moderne Programme profitieren in einem größeren Maße von zusätzlichen CPU-Kernen, während Spiele meist immer noch besser mit dem Takt als mit der Anzahl der Rechenwerke skalieren. Zudem sind viele Anwendungen nicht auf Echtzeit-Performance angewiesen, sondern die CPU-Leistung bestimmt vielmehr die anfallende Wartezeit. Während diese bei geschäftlicher Nutzung natürlich gleichbedeutend mit barer Münze sein und sich die Anschaffung einer sehr teuren CPU lohnen kann, ist das im privaten Bereich eher selten der

Preis-Leistungs-Verhältnis: AMD- und Intel-Prozessoren bis 375 Euro in der Übersicht



	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leist.	Spiele-Index Preis/Leist.	Leistungs-index
1	Intel Pentium G4560	100,0%	100,0%	41,7%
2	AMD Athlon X4 845	90,8%	80,2%	27,3%
3	AMD FX-4300	85,3%	77,6%	30,0%
4	AMD FX-6300	73,7%	64,9%	37,9%
5	Intel Core i3-8100	70,2%	64,7%	57,6%
6	Intel Pentium G4400	67,5%	55,1%	22,3%
7	AMD Ryzen 3-2200G	67,2%	61,6%	50,2%
8	AMD Ryzen 3-1200	63,1%	56,3%	42,6%
9	AMD FX-8350	63,0%	51,8%	46,5%
10	Intel Core i5-8400	58,6%	52,3%	78,7%
11	AMD A8-7600	57,3%	50,6%	26,8%
12	Intel Core i3-6100	55,9%	54,7%	43,8%
13	AMD Ryzen 3-1300X	54,6%	48,2%	47,5%
14	AMD Ryzen 5-1600	54,0%	42,1%	65,9%
15	AMD Ryzen 5-1500X	52,4%	44,5%	59,1%
16	Intel Core i3-8350K	51,6%	47,7%	64,5%
17	AMD FX-6350	50,9%	44,0%	39,9%
18	AMD FX-8370	50,0%	41,1%	46,9%
19	AMD Ryzen 5-1600X	49,8%	38,5%	69,6%
20	Intel Core i5-8600K	49,0%	43,0%	82,0%
21	AMD Ryzen 5-1400	48,9%	41,6%	51,8%
22	AMD Ryzen 5-2400G	49,0%	42,0%	57,1%
23	Intel Core i5-7400	44,1%	40,7%	53,6%
24	AMD A10-7800	44,0%	38,8%	27,1%
25	Intel Core i5-7500	42,1%	38,8%	57,2%
26	Intel Core i3-7350K	41,9%	41,1%	50,2%
27	AMD FX-9590	40,1%	32,7%	50,7%
28	Intel Core i5-7600K	39,0%	35,4%	61,5%
29	Intel Core i7-8700K	38,5%	31,3%	90,9%
30	Intel Core i7-7740X	37,3%	33,5%	83,8%
31	Intel Core i7-7700K	36,9%	32,8%	79,7%
32	AMD Ryzen 7-1700	36,5%	26,3%	68,4%
33	AMD Ryzen 7-1700X	36,3%	25,8%	72,1%
34	Intel Core i5-6500	35,5%	31,9%	51,2%
35	AMD A10-7870K	35,2%	31,3%	29,3%
36	Intel Core i5-6600K	34,9%	31,1%	54,3%
37	AMD Ryzen 7-1800X	34,0%	23,9%	75,3%
38	Intel Core i7-6800K	33,1%	27,1%	76,2%
39	Intel Xeon E3-1230 v5	32,4%	28,4%	65,2%
40	Intel Core i7-7800X	31,7%	24,6%	78,7%
41	Intel Core i5-5675C	29,6%	28,6%	60,6%
42	Intel Core i7-6700K	29,3%	26,0%	74,1%
43	AMD Ryzen TR-1900X	28,2%	19,1%	74,8%
44	Intel Core i5-4670K	27,9%	25,2%	51,3%
45	Intel Core i7-4790K	25,7%	22,1%	67,4%

Basis: PCGH-Leistungsindex in Relation zum (bei Redaktionsschluss) aktuellen Marktpreis. Im Diagramm: CPUs bis 375 Euro; Trendlinien: durchgezogene Linie = im Diagramm abgebildete Prozessoren, gestrichelt = alle getesteten Prozessoren.

Fall. Hier ist und bleibt die Anwendungsleistung von Prozessoren eher eine Frage der persönlichen Geduld.

Erschwerend kommt hinzu, dass in Spielen oft nicht allzu viele Stellschrauben vorhanden sind, mit denen Sie eine schwache CPU ausgleichen können. In manchen Titeln ist es einzig die Sichtweite in der Spielwelt, welche nennenswerte Auswirkungen auf die CPU-Anforderungen hat, und die beeinflusst dann gleich auch noch die Orientierung im Level oder bringt gar handfeste Nachteile, etwa wenn Gegner später zu sehen sind. Für durchweg flotte Spiele sollten Sie also bei der CPU nicht zu knausrig sein. Bei einer Grafikkarte können Sie allein durch die Anzahl der gerenderten Pixel, also die Auflösung, oder durch die Beleuchtungsberechnungen (Ambient Occlusion etwa) den Rechenaufwand drastisch beeinflussen.

Geplante Nutzungsdauer

Über die letzten paar Jahre verlängerte sich die durchschnittliche Nutzungszeit von CPUs deutlich. Wer sich etwa zu Sandy-Bridge-Zeiten speziell für einen übertaktbaren Core i5 oder i7 entschieden hatte, kann damit auch heute, sieben Jahre später, noch so gut wie alle Spiele problemlos zocken. Neuere Spiele sind inzwischen jedoch zunehmend in der Lage, Nutzen aus zusätzlichen Recheneinheiten zu ziehen. Hinzu kommt, dass mit Direct X 12 die Ansteuerung etwa von Sechs- oder Achtkern-CPUs vereinfacht wurde, sodass Fps-Gewinne durch eine Vielzahl an Rechenwerken künftig noch steigen könnten.

In den letzten Jahren sind die CPU-Preise weitgehend stabil geblieben, ohne dass es großartige „Abverkaufsaktionen“ gegeben hätte. Wenn Sie „Vernunftkäufer“ sind, lohnt es sich daher durchaus, bei der nächsten Anschaffung über das unmittelbar nötige Maß hinaus zu denken und bei entsprechendem Budget eventuell eine Leistungsklasse höher einzuplanen. Dank AMDs konkurrenzfähiger Ryzen-Prozessoren geriet das gesamte Gefüge ins Rutschen und Vierkerner etablierten sich als 100-Euro-Einsteiger-CPUs, Sechskerner fielen unter die 200-Euro-Marke und auch Achtkern-CPUs wurden erschwinglich. Grundsätzlich hat sich der Markt quasi verschoben und in den nach wie vor bestehenden Preisklassen gibt es jetzt jeweils zwei oder vier Kerne mehr zum selben Preis.

Vorsicht vor Dualcores!

Anstatt lediglich langsamer zu laufen, verweigern bereits einige AAA-Titel glattweg den Start oder fallen durch häufige Abstürze auf, sofern eine CPU mit zwei SMT-losen Kernen zum Einsatz kommt. Zu den betroffenen Prozessoren gehören neben einigen Stromsparmodellen und älteren APUs vor allem Intels Celeron-Riege und die Pentium-

Modelle bis einschließlich der Skylake-Generation. AMDs Ryzen-3- wie FX-4000-CPUs und Intels Core-i3- sowie einige Pentium-Modelle ab der Kaby-Lake-Generation hingegen starten bislang noch alle von uns getesteten Programme. Manche, speziell Pentiums, sind für aktuelle Titel jedoch etwas schwach auf der Brust.

Takt oder Architektur

Jahrelang war allein die Frage nach der Anzahl der Megahertz entscheidend, doch heute ist die Situation komplexer. So haben AMD und Intel inzwischen voneinander vollkommen unabhängige Architekturen entwickelt, zwischen denen sich reine Taktraten nicht mehr sinnvoll vergleichen lassen. In der Regel ebenso wenig zielführend ist ein reiner Vergleich nach der Anzahl der CPU-Kerne – egal ob mit oder ohne Simultaneous Multithreading. Diese Technik zur besseren Auslastung der Recheneinheiten bieten mittlerweile beide Hersteller, sie heißt bei Intel marketingträchtig „Hyperthreading".

Schauen Sie für eine grobe Einordnung der Prozessorleistung daher lieber auf Vergleiche wie unseren CPU-Leistungsindex – wahlweise auf die jeweils mit aufgeführten Spiele- und Anwendungsindizes.

Spiele vs. Anwendungen

Während die meisten Spiele in Echtzeit laufen, also eine bestimmte Bildrate benötigen, um sich sinnvoll bedienen zu lassen, sieht das bei Anwendungen im Heimbereich anders aus. Scheiden sich bei Spielen die Geister, ob es 30, 60, 120 oder noch mehr Bilder pro Sekunde sein sollten, für die der Prozessor die Vorarbeit leisten muss, kommt es bei Anwendungen erst einmal darauf an, ob sie sich noch flüssig bedienen lassen. Wird etwa die Änderung eines Parameters in der Bildbearbeitung schnell genug umgesetzt, um Vorher-nachher-Vergleiche zu erlauben? Als Faustregel gilt, dass Anwendungen oft besser parallelisieren und so eher von der Kernzahl profitieren. Spiele hingegen sind nach wie vor meist auf eine hohe Leistung pro Kern angewiesen, da ihre Performance oft an „dem entscheidenen" Gamelogic-Thread hängt und die restlichen Kerne nur entlastend wirken.

Intel Core vs. AMD Ryzen

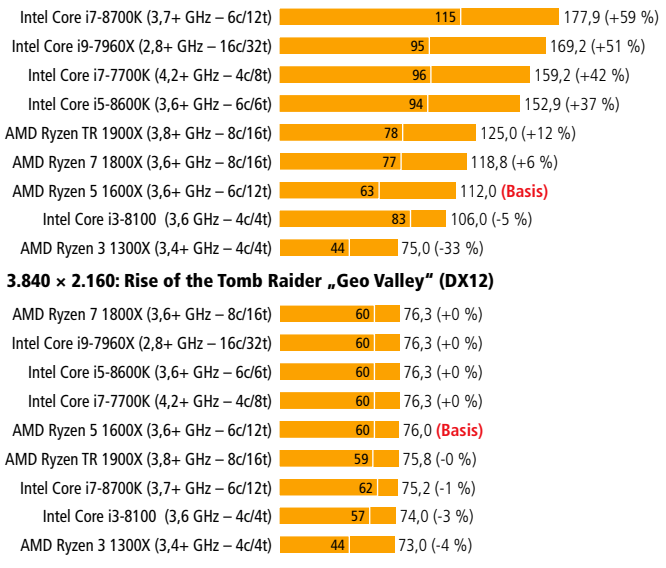
Prinzipiell können beide aktuellen Architekturen ausreichend Leistung für fast alle Anwendungsfälle inklusive Spielen liefern. Die Entscheidung hängt also vom Budget und persönlichen Vorlieben sowie den Anforderungen an die Plattform ab. AMD geht beim Ryzen generell freizügiger mit den Optionen um – so lassen sich alle bisherigen Ryzen-Modelle bei entsprechendem Mainboard übertakten, was auf Intel-Seite nur bei den K-Modellen sinnvoll möglich ist.

Aufrüstung vs. Neukauf?

AMDs aktuelle Plattform AM4 für Desktop-CPUs ist spätestens mit einem UEFI-Update auch für Ryzen-2000-Modelle tauglich, nur bei einigen OC- und Boost-Funktionen müssen Sie geringfügige Einschränkungen in Kauf nehmen. Eine Investition in AMDs veraltete Plattform AM3(+) lohnt sich nicht mehr. Bei Intel hingegen erfordert beinahe jede CPU-Generation ein neues Mainboard – Kaby Lake läuft als „Takt-Upgrade" von Skylake mit passendem UEFI allerdings noch in Boards der 100-Serie. Die aktuellen Coffee-Lake-CPUs der 8000er-Reihe jedoch erfordern Mainboards mit 300er-I/O-Hub – und von denen gibt's auch im März 2018 nur den für Übertakter gedachten Z370 zu entsprechend hohen Preisen. Als Aufrüster haben Sie es hier also schwerer, sofern Sie nicht von einem Prozessor aus innerhalb CPU-Generation upgraden.

Sprach beim Neukauf eines Spiele-PCs früher hauptsächlich ein knappes Budget für eine AMD-CPU,

CPU- vs. Grafiklimit illustriert



System: 8 GiB RAM je Speicherkanal, Nvidia Titan X (Pascal) @ 120 %PT/90 °C TT; Windows 10 x64. **Bemerkungen:** Trotz flotter Grafikkarte spielt die CPU in UHD kaum eine Rolle. Auch in 2.560 × 1.440 Pixeln staucht die Titan X das Feld bereits zusammen.

Min. Ø Fps
▶ Besser

AM4: AMDs Alleskönner

Mit den Ryzen-Prozessoren für den Sockel AM4 gelang AMD im vorigen Jahr ein großer Wurf.



Mit den Ryzen-Prozessoren für den Sockel AM4 gelang AMD im vorigen Jahr ein großer Wurf. War man mit der vorhergehenden Architektur „Bulldozer" in allen Belangen deutlich hinter Intel zurückgefallen, erreichte Ryzen Intels Core-CPUs speziell im Bereich Energieeffizienz und Anwendungsperformance beinahe und holte bei der für die Spiele-Performance wichtigen Pro-MHz-Leistung drastisch auf. Vom vierkernigen Ryzen 3 für unter 100 Euro bis hin zum Achtkerner Ryzen 7 für knapp über 300 Euro stehen in allen Bereichen potente Alternativen zu Intels Core-CPUs bereit. Ab Ryzen 5 verfügen sie zusätzlich zu ihren physischen Kernen über SMT, bieten (ab dem B350-Chip) einen freien Multiplikator für einfaches OC und reagieren mit gutem Leistungszuwachs auf Speicher-Overclocking.

Sockel 1151: Intels flotte Mittelklasse

Intel-CPUs für den Mainboard-Sockel 1151 sind eine gute Wahl, wenn Sie primär auf Spieleleistung Wert legen.



Der Sockel 1151 erlebt mit den aktuellen Core-CPUs der 8000er-Reihe gerade seinen dritten Frühling. Die Vorgänger Sky- und Kaby-Lake waren untereinander noch kompatibel, aktuelle Coffee-Lake-Modelle werden jedoch nur in Boards mit 300er-I/O-Hub unterstützt. Ab April soll es neben dem teuren Z370 für Übertakter auch günstigere Modelle geben. Sparfüchse geben sich noch mit einem aktuellen Quadcore wie dem Core i3-8100 zufrieden, welcher erstmals für i3-CPUs echte vier Kerne bietet. Längerfristig Spaß haben Sie mit einem Sechskerner: Der i5-8400 bietet ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, lässt sich im Gegensatz zum teureren und ab Werk höher taktenden i5-8600K aber nicht übertakten. Das Topmodell i7-8700K bietet neben höherem Takt und OC-Fähigkeit 12 statt 6 Threads via SMT.

ist die Sachlage heute komplexer. Während die Performance in vielen Anwendungen bereits bei den FX-Modellen noch akzeptabel war, liefern AMDs Ryzen-Prozessoren auch für Spieler reichlich Leistung. Das gilt vor allem dann, wenn Sie in hohen Auflösungen wie 2.560 × 1.440 Bildpunkten (WQHD) oder höher mit maximaler oder sehr hoher Detailstufe spielen – dort bestimmt in erster Linie die Grafikkarte die erreichbare Bildrate wie auch unser Benchmark auf der vorigen Doppelseite verdeutlicht. Sehr schnelle Intel-CPUs wie der Core i7-8700K sind beim High-Fps-Gaming jedoch nach wie vor im Vorteil, etwa wenn ein 144-Hz-Display entsprechend befeuert und ein kompetitiver Vorteil selbst auf Kosten der Grafikqualität erzielt werden soll.

Spieler greifen aktuell zu Sechskern-Prozessoren, um auch für die mittlere Zukunft gerüstet zu sein. Idealerweise unterstützen diese bereits SMT wie der Core i7-8700(K) oder der Ryzen 5-1600(X)/-2600(X).

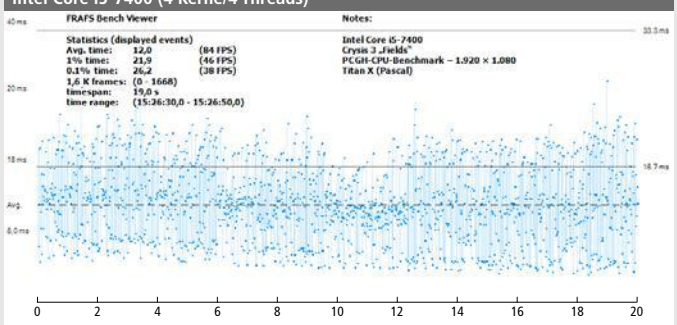
Zwackt das Budget, tut es derzeit auch noch ein Vierkerner. Durch die niedrigere Kernzahl ist SMT hier wichtiger und bringt auch vergleichsweise mehr. Jedoch ist der preisliche Abstand zwischen Ryzen 5-1500(X) oder -2400G und dem sechskernigen R5-1600 nur sehr gering. Im Preisbereich um die 100 Euro gibt es auch von AMD keine Vierkerner mit aktivem SMT, sodass hier der Core i3-8100 mit seiner höheren Pro-MHz-Leistung gegenüber dem Ryzen 3 punkten kann.

Ab April sollen auch günstige Boards für die Intel-CPU erhältlich sein, während aktuell noch teure Z370-Platinen den Systempreis in die Höhe treiben ohne einen weiteren Nutzen zu bringen, da sich nur die K-Versionen übertakten lassen.

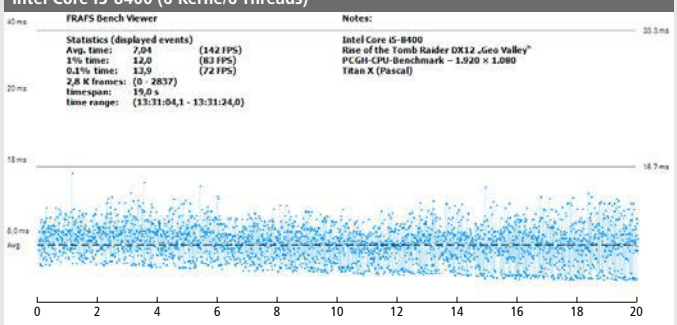
Eine Fps-Angabe sagt manchmal weniger als 1.000 Worte.

Werfen wir einen Blick auf die sogenannten „Frametimes". Dabei handelt es sich um die Berechnungszeit jedes einzelnen Bildes im Benchmark, niedrige Werte sind daher besser. Noch vorteilhafter ist es, wenn aufeinanderfolgende Bilder in ihrer Berechnungszeit möglichst wenig voneinander abweichen und in den Diagrammen folglich eine möglichst glatte Linie entsteht. Glatte Frametimes sind neben der allgemeinen Fps-Rate für die gefühlte Geschmeidigkeit sehr wichtig. Wenn etwa die Frametime zwischen zwei weit auseinanderliegenden Werten hin und her springt, nimmt man eher die „langsameren" als die „schnellen" Bilder mit wahr und das Bild ruckelt. Das erste Bild am Beispiel eine i5-7400 zeigt ein solches Verhalten. Die Durchschnitts-Fps liegen mit 84 absolut im grünen Bereich, allerdings sind auch viele Bilder im Bereich von 20 Millisekunden dabei, die nicht die 60-Fps-Marke (gestrichelte Linie bei 16,7 ms) knacken und bei schnellen Spielen schon störend auffallen können. Sechskerner ab dem i5-8400 wie auch die beiden Ryzen-Modelle grenzen die Frametime-Varianz stärker ein und bieten ein geschmeidigeres Spielgefühl. Der Vergleich mit dem Core i9-7960X zeigt, dass mehr Kerne nicht immer besser sind, abhängig von der Architektur sogar leicht schlechter abschneiden können.

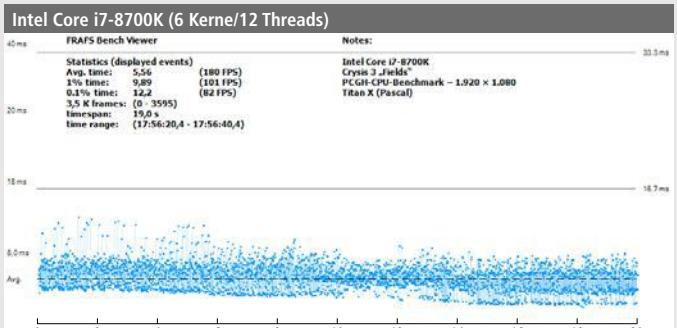
Intel Core i5-7400 (4 Kerne/4 Threads)



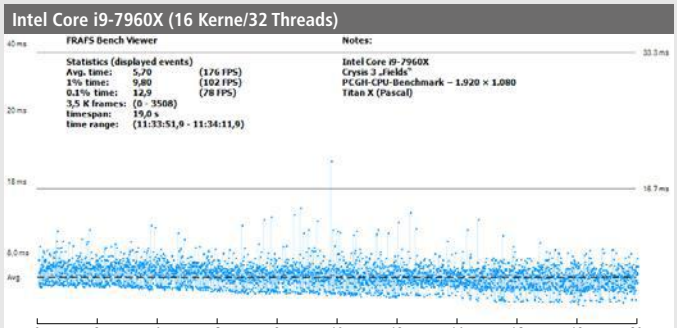
Intel Core i5-8400 (6 Kerne/6 Threads)



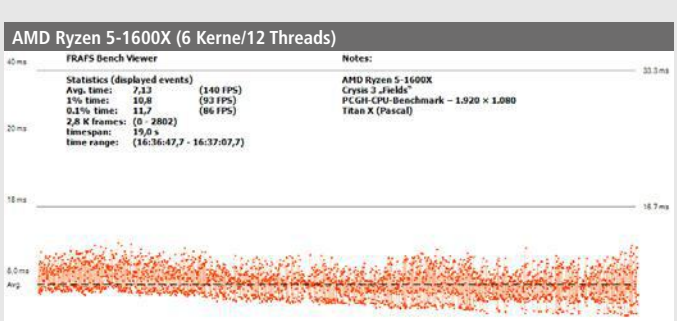
Intel Core i7-8700K (6 Kerne/12 Threads)



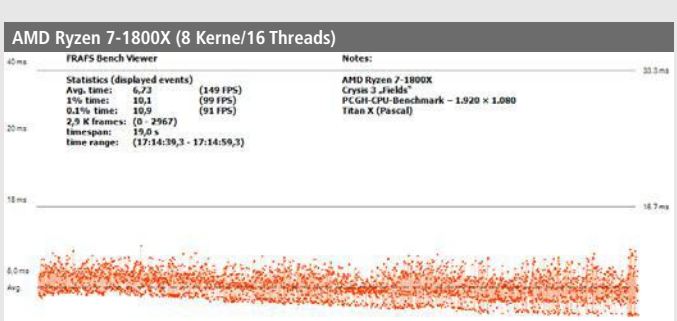
Intel Core i9-7960X (16 Kerne/32 Threads)



AMD Ryzen 5-1600X (6 Kerne/12 Threads)



AMD Ryzen 7-1800X (8 Kerne/16 Threads)



Prozessoren ab acht Kernen bringen speziell in Spielen zunehmend wenig Extra-Leistung, allerdings kosten sie speziell im Falle von AMDs Ryzen 7 auch keine Unsummen mehr, Sie machen auch mit einem solchen Modell nichts falsch. Wenn Sie des Öfteren leistungshungrige Anwendungen wie Videoschnitt oder -transcoding oder 3D-Rendering nutzen, lohnt sich der Griff zum Ryzen 7. Intels Pendant, der Core i7-7820X, kostet immer noch mehr als 500 Euro und fällt daher für die meisten Anwender aus dem Budget.

Slow-PU: Was der Bench nicht zeigt

Niedrigere Bildraten in Spielen und längere Wartezeiten bei Anwendungen zeigen nicht das gesamte Bild von Low-End-Prozessoren.

Abseits der reinen Fps-Werte gibt es noch weitere Auffälligkeiten bei langsamen CPUs. Da wären zum einen die Ladezeiten, welche stark mit der CPU-Leistung – speziell der Pro-MHz-Performance – skalieren. Zum anderen priorisieren moderne Engines bisweilen aber auch das Entpacken und In-den-Grafikspeicher-Laden (Streaming) detaillierter Pixeltapeten recht niedrig. So sehen wir auch nach einem knapp 30-sekündigen Durchlaufen der Spielwelt beim Erklettern des Bahnhofsdaches in Assassin's Creed Syndicate noch niedrig auflösenden Matsch anstelle der hübschen, detaillierten Mauertexturen.



Spielt Geld keine Rolle, bietet AMD derzeit maximal 16 Kerne in Form des rund 850 Euro teuren Ryzen Threadripper TR-1950X. Er findet auf TR4-Boards ab circa 280 Euro Platz. Bei Intel kostet dieselbe Kernzahl beim i9-7960X gleich 1.430 Euro. Dass die nötigen X299-Boards rund 100 Euro günstiger als die TR4-Modelle sind, fällt da schon fast nicht mehr auf. Das obere Ende der Fahnenstange markiert der Core i9-7980XE mit 18 Kernen für über 1.700 Euro.

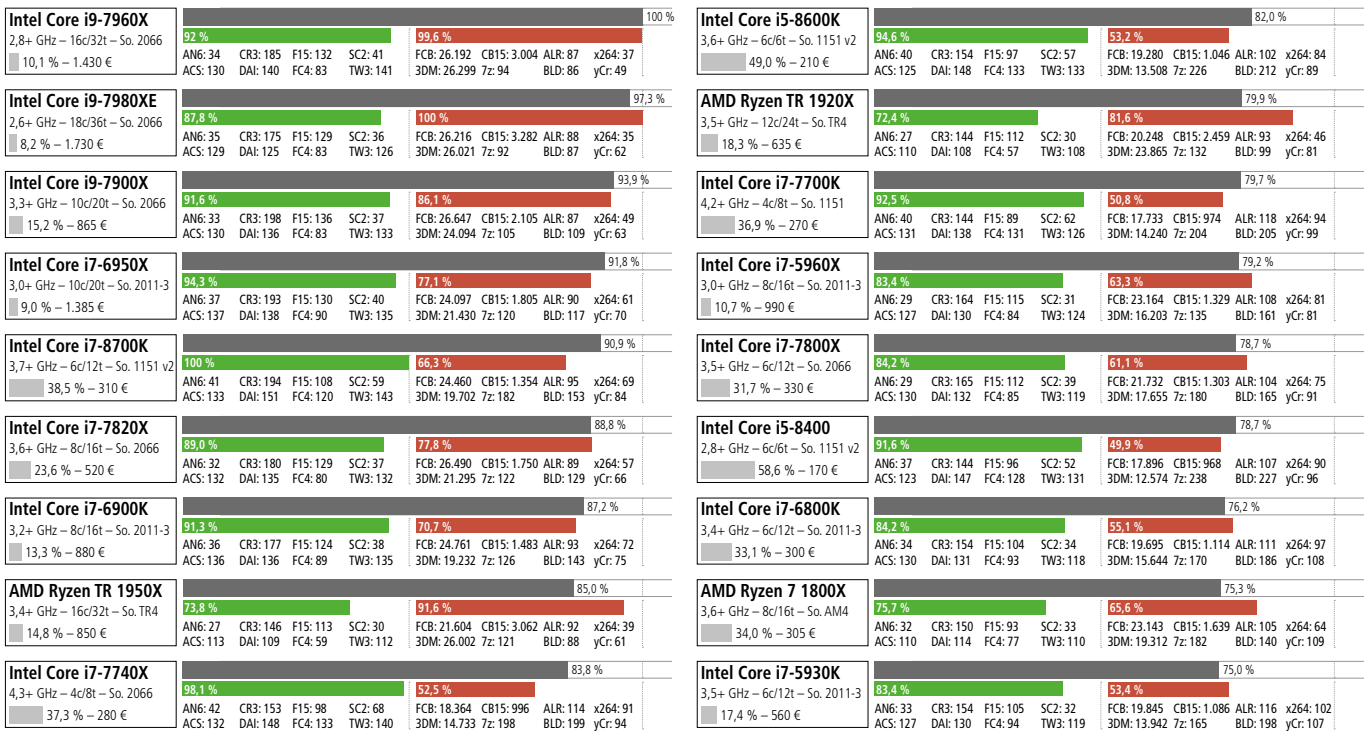
Benchmarks

Zur Übersicht bieten wir Ihnen den erweiterten Leistungsindex von 60 CPUs. Sie finden die gerundeten Einzelergebnisse in Zahlenform unterhalb der Indexbalken. Apropos: Wenn Sie sich rein für Spiele- oder Anwendungsleistung interessieren, werfen Sie einen Blick auf die grünen respektive roten Benchmark-Balken, den Preis-Leistungs-Index finden Sie ebenfalls in der Übersicht. Im Spielebereich gibt es noch immer viele Titel, die mit zwei Kernen auskommen – ein Vertreter davon ist das beliebte Starcraft 2, welches insbesondere bei Zerg Rushes CPU-limitiert ist. Klar ist jedoch auch: Stark mehrkernoptimierten Titeln gehört allein schon aufgrund der Multi-Plattform-Engines, welche auch die achtkernigen Spielkonsolen Playstation 4 und Xbox One bedienen, die Zukunft. Dank Low-Level-APIs wie Direct X 12 und Vulkan verstärkt sich dieser Trend sicherlich noch. Ein Vierkerner, am besten mit SMT, sollte daher die untere Grenze sein.

Faktor Grafikkarte

Wir können es nicht oft genug betonen (und tun es an dieser Stelle daher erneut): Die CPU stellt „nur" die Basis der Spieleleistung. Denn in fast allen modernen Spielen wird die Leistung spätestens ab der Full-HD-Auflösung von der Grafikkarte begrenzt – speziell mit Kantenglättung, Ambient Occlusion oder virtuellen Auflösungen via DSR/VSR. Spätestens ab 2.560 × 1.440 Bildpunkten bremsen diese Optionen samt 4× Multisample-Antialiasing auch Prozessoren für mehr als 1.000 Euro fast auf das Niveau eines 100-Euro-Modells wie den Ryzen 3-2200G oder Core i3-8100 herunter. *(cs)*

Leistungsindex: Prozessoren Platz 1 bis 18



ANZEIGE

Alternate/ PCGH-Oster-PC

Die PCGH-Redaktion hat zusammen mit Alternate einen Oster-PC auf die Beine gestellt. Diesen Komplett-PC gibt es mit einem ordentlichen Preisvorteil.



PC Games Hardware
Offizielles PCGH-Produkt

Infos und Preise unter: www.pcgh.de/oster-pc

Leistungsindex: Prozessoren Platz 19 bis 58

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

Preis-Leistungs-Verhältnis | Gesamtindex | Spieleindex | Anwendungsindex

Intel Core i7-5775C
3,3+ GHz – 4c/8t – So. 1150
25,6 % – 360 €
74,9 % | 90,1 % | 43,2 %
AN6: 40 CR3: 129 F15: 95 SC2: 47 FCB: 14.590 CB15: 787 ALR: 133 x264: 125
ACS: 127 DAI: 139 FC4: 128 TW3: 131 3DM: 12.278 7z: 195 BLD: 257 yCr: 139

AMD Ryzen TR 1900X
3,8+ GHz – 8c/16t – So. TR4
28,2 % – 370 €
74,8 % | 73,4 % | 67,8 %
AN6: 28 CR3: 139 F15: 108 SC2: 32 FCB: 20.914 CB15: 1.716 ALR: 95 x264: 61
ACS: 114 DAI: 108 FC4: 64 TW3: 107 3DM: 20.280 7z: 177 BLD: 133 yCr: 101

Intel Core i7-6700K
4,0+ GHz – 4c/8t – So. 1151
29,3 % – 320 €
74,1 % | 86,1 % | 47,2 %
AN6: 37 CR3: 137 F15: 80 SC2: 55 FCB: 16.191 CB15: 890 ALR: 127 x264: 102
ACS: 120 DAI: 133 FC4: 124 TW3: 119 3DM: 13.028 7z: 205 BLD: 222 yCr: 106

Intel Core i7-5820K
3,3+ GHz – 6c/12t – So. 2011-3
24,2 % – 390 €
73,0 % | 81,3 % | 51,7 %
AN6: 32 CR3: 149 F15: 102 SC2: 32 FCB: 18.880 CB15: 1.022 ALR: 119 x264: 104
ACS: 122 DAI: 129 FC4: 92 TW3: 115 3DM: 13.589 7z: 168 BLD: 203 yCr: 110

AMD Ryzen 7 1700X
3,4+ GHz – 8c/16t – So. AM4
36,3 % – 275 €
72,1 % | 72,9 % | 62,3 %
AN6: 31 CR3: 146 F15: 91 SC2: 30 FCB: 21.955 CB15: 1.557 ALR: 111 x264: 68
ACS: 106 DAI: 109 FC4: 75 TW3: 105 3DM: 18.246 7z: 189 BLD: 149 yCr: 113

Intel Core i7-4960X
3,6+ GHz – 6c/12t – So. 2011
8,7 % – 1.050 €
70,2 % | 77,4 % | 51,0 %
AN6: 31 CR3: 137 F15: 102 SC2: 25 FCB: 19.953 CB15: 1.000 ALR: 114 x264: 112
ACS: 120 DAI: 122 FC4: 84 TW3: 114 3DM: 13.914 7z: 159 BLD: 219 yCr: 207

AMD Ryzen 5 1600X
3,6+ GHz – 6c/12t – So. AM4
49,8 % – 185 €
69,6 % | 74,2 % | 54,3 %
AN6: 31 CR3: 142 F15: 89 SC2: 33 FCB: 19.066 CB15: 1.244 ALR: 111 x264: 84
ACS: 107 DAI: 113 FC4: 84 TW3: 104 3DM: 17.113 7z: 229 BLD: 181 yCr: 147

AMD Ryzen 7 1700
3,0+ GHz – 8c/16t – So. AM4
36,5 % – 255 €
68,4 % | 69,9 % | 58,0 %
AN6: 29 CR3: 137 F15: 89 SC2: 27 FCB: 20.633 CB15: 1.426 ALR: 117 x264: 73
ACS: 105 DAI: 104 FC4: 70 TW3: 102 3DM: 16.798 7z: 201 BLD: 161 yCr: 122

Intel Core i7-3960X
3,3+ GHz – 6c/12t – So. 2011
12,6 % – 700 €
67,7 % | 75,3 % | 48,2 %
AN6: 30 CR3: 131 F15: 95 SC2: 25 FCB: 19.757 CB15: 955 ALR: 129 x264: 124
ACS: 118 DAI: 118 FC4: 83 TW3: 112 3DM: 13.357 7z: 163 BLD: 235 yCr: 215

Intel Core i7-4790K
4,0+ GHz – 4c/8t – So. 1150
25,7 % – 335 €
67,4 % | 76,9 % | 45,0 %
AN6: 34 CR3: 129 F15: 71 SC2: 44 FCB: 16.360 CB15: 857 ALR: 132 x264: 122
ACS: 110 DAI: 113 FC4: 113 TW3: 105 3DM: 11.924 7z: 197 BLD: 231 yCr: 128

AMD Ryzen 5 1600
3,2+ GHz – 6c/12t – So. AM4
54,0 % – 160 €
65,9 % | 70,7 % | 50,8 %
AN6: 30 CR3: 133 F15: 87 SC2: 28 FCB: 17.821 CB15: 1.149 ALR: 118 x264: 90
ACS: 104 DAI: 106 FC4: 79 TW3: 102 3DM: 15.853 7z: 236 BLD: 196 yCr: 158

Intel Xeon E3-1230 v5
3,4+ GHz – 4c/8t – So. 1151
32,4 % – 255 €
65,2 % | 75,0 % | 42,6 %
AN6: 31 CR3: 118 F15: 75 SC2: 39 FCB: 14.518 CB15: 799 ALR: 140 x264: 114
ACS: 109 DAI: 115 FC4: 112 TW3: 105 3DM: 11.618 7z: 221 BLD: 248 yCr: 117

Intel Core i3-8350K
4,0 GHz – 4c/4t – So. 1151 v2
51,6 % – 155 €
64,5 % | 76,7 % | 38,5 %
AN6: 32 CR3: 105 F15: 72 SC2: 57 FCB: 13.054 CB15: 685 ALR: 124 x264: 125
ACS: 102 DAI: 118 FC4: 126 TW3: 101 3DM: 9.168 7z: 270 BLD: 320 yCr: 127

Intel Core i7-4770K
3,5+ GHz – 4c/8t – So. 1150
23,7 % – 340 €
63,3 % | 72,5 % | 42,0 %
AN6: 30 CR3: 119 F15: 69 SC2: 41 FCB: 15.223 CB15: 797 ALR: 142 x264: 129
ACS: 105 DAI: 107 FC4: 108 TW3: 101 3DM: 11.083 7z: 211 BLD: 247 yCr: 135

Intel Core i5-7600K
3,8+ GHz – 4c/4t – So. 1151
39,0 % – 195 €
61,5 % | 72,3 % | 37,9 %
AN6: 30 CR3: 102 F15: 68 SC2: 50 FCB: 12.716 CB15: 676 ALR: 129 x264: 126
ACS: 100 DAI: 111 FC4: 117 TW3: 95 3DM: 9.013 7z: 256 BLD: 332 yCr: 130

Intel Core i5-5675C
3,1+ GHz – 4c/4t – So. 1150
29,6 % – 250 €
60,6 % | 73,9 % | 33,3 %
AN6: 39 CR3: 95 F15: 65 SC2: 44 FCB: 11.377 CB15: 567 ALR: 140 x264: 160
ACS: 99 DAI: 108 FC4: 125 TW3: 92 3DM: 8.339 7z: 279 BLD: 387 yCr: 176

AMD Ryzen 5 1500X
3,5+ GHz – 4c/8t – So. AM4
52,4 % – 145 €
59,1 % | 66,8 % | 40,5 %
AN6: 29 CR3: 104 F15: 77 SC2: 31 FCB: 13.551 CB15: 818 ALR: 123 x264: 126
ACS: 94 DAI: 100 FC4: 94 TW3: 93 3DM: 12.185 7z: 283 BLD: 266 yCr: 209

Intel Core i7-4820K
3,7+ GHz – 4c/8t – So. 2011
21,6 % – 340 €
58,6 % | 68,8 % | 36,3 %
AN6: 30 CR3: 102 F15: 78 SC2: 25 FCB: 13.903 CB15: 664 ALR: 147 x264: 167
ACS: 105 DAI: 109 FC4: 92 TW3: 100 3DM: 9.892 7z: 227 BLD: 318 yCr: 282

Intel Core i3-8100
3,6 GHz – 4c/4t – So. 1151 v2
70,2 % – 100 €
57,6 % | 68,4 % | 34,6 %
AN6: 28 CR3: 94 F15: 66 SC2: 48 FCB: 11.681 CB15: 615 ALR: 140 x264: 139
ACS: 94 DAI: 104 FC4: 110 TW3: 90 3DM: 8.221 7z: 291 BLD: 357 yCr: 142

Intel Core i5-7500
3,4+ GHz – 4c/4t – So. 1151
42,1 % – 170 €
57,2 % | 67,9 % | 34,3 %
AN6: 29 CR3: 94 F15: 65 SC2: 44 FCB: 11.455 CB15: 610 ALR: 142 x264: 139
ACS: 94 DAI: 103 FC4: 112 TW3: 89 3DM: 8.101 7z: 285 BLD: 361 yCr: 143

AMD Ryzen 5-2400G
3,6+ GHz – 4c/8t – So. AM4
49,0 % – 150 €
57,1 % | 65,0 % | 38,5 %
AN6: 29 CR3: 100 F15: 73 SC2: 38 FCB: 14.852 CB15: 828 ALR: 141 x264: 128
ACS: 87 DAI: 93 FC4: 93 TW3: 89 3DM: 10.642 7z: 310 BLD: 271 yCr: 220

Intel Core i7-3770K
3,5+ GHz – 4c/8t – So. 1155
24,4 % – 295 €
57,1 % | 66,3 % | 36,3 %
AN6: 29 CR3: 102 F15: 69 SC2: 27 FCB: 13.908 CB15: 679 ALR: 154 x264: 163
ACS: 100 DAI: 103 FC4: 92 TW3: 95 3DM: 9.926 7z: 217 BLD: 316 yCr: 292

Intel Core i7-990X
3,5+ GHz – 6c/12t – So. 1366
8,6 % – 850 €
55,9 % | 60,8 % | 41,7 %
AN6: 28 CR3: 119 F15: 64 SC2: 17 FCB: 18.987 CB15: 822 ALR: 157 x264: 139
ACS: 95 DAI: 92 FC4: 72 TW3: 82 3DM: 12.349 7z: 232 BLD: 243 yCr: 322

Intel Core i5-6600K
3,5+ GHz – 4c/4t – So. 1151
34,9 % – 195 €
54,3 % | 63,1 % | 34,6 %
AN6: 25 CR3: 89 F15: 59 SC2: 40 FCB: 11.479 CB15: 611 ALR: 139 x264: 139
ACS: 89 DAI: 97 FC4: 106 TW3: 84 3DM: 8.106 7z: 281 BLD: 360 yCr: 142

Intel Core i5-7400
3,0+ GHz – 4c/4t – So. 1151
44,1 % – 150 €
53,6 % | 63,7 % | 32,1 %
AN6: 26 CR3: 87 F15: 61 SC2: 38 FCB: 10.594 CB15: 552 ALR: 152 x264: 150
ACS: 91 DAI: 97 FC4: 107 TW3: 84 3DM: 7.431 7z: 286 BLD: 392 yCr: 154

Intel Core i5-4690K
3,5+ GHz – 4c/4t – So. 1150
28,0 % – 235 €
52,4 % | 61,4 % | 32,7 %
AN6: 31 CR3: 90 F15: 54 SC2: 36 FCB: 12.033 CB15: 565 ALR: 150 x264: 163
ACS: 85 DAI: 85 FC4: 98 TW3: 80 3DM: 7.482 7z: 288 BLD: 368 yCr: 168

AMD Ryzen 5 1400
3,2+ GHz – 4c/8t – So. AM4
48,9 % – 135 €
51,8 % | 58,7 % | 35,3 %
AN6: 26 CR3: 93 F15: 70 SC2: 23 FCB: 12.155 CB15: 706 ALR: 148 x264: 142
ACS: 81 DAI: 89 FC4: 81 TW3: 82 3DM: 10.875 7z: 321 BLD: 303 yCr: 234

Intel Core i5-4670K
3,4+ GHz – 4c/4t – So. 1150
27,9 % – 230 €
51,3 % | 60,1 % | 31,8 %
AN6: 31 CR3: 89 F15: 53 SC2: 33 FCB: 11.739 CB15: 551 ALR: 153 x264: 166
ACS: 84 DAI: 83 FC4: 96 TW3: 80 3DM: 7.280 7z: 300 BLD: 382 yCr: 173

Intel Core i5-6500
3,2+ GHz – 4c/4t – So. 1151
35,5 % – 180 €
51,2 % | 59,9 % | 31,9 %
AN6: 25 CR3: 83 F15: 57 SC2: 35 FCB: 10.519 CB15: 561 ALR: 152 x264: 148
ACS: 89 DAI: 92 FC4: 96 TW3: 81 3DM: 7.426 7z: 293 BLD: 394 yCr: 156

AMD FX-9590
4,7+ GHz – 4m/8t – So. AM3+
40,1 % – 165 €
50,7 % | 56,0 % | 36,7 %
AN6: 25 CR3: 96 F15: 61 SC2: 20 FCB: 15.018 CB15: 727 ALR: 146 x264: 138
ACS: 81 DAI: 81 FC4: 79 TW3: 81 3DM: 8.407 7z: 208 BLD: 415 yCr: 256

Intel Core i3-7350K
4,2 GHz – 2c/4t – So. 1151
41,9 % – 145 €
50,2 % | 61,7 % | 26,9 %
AN6: 27 CR3: 78 F15: 57 SC2: 48 FCB: 8.724 CB15: 462 ALR: 196 x264: 191
ACS: 81 DAI: 90 FC4: 108 TW3: 78 3DM: 7.238 7z: 332 BLD: 417 yCr: 195

AMD Ryzen 3-2200G
3,5+ GHz – 4c/4t – So. AM4
67,2 % – 95 €
50,2 % | 59,4 % | 30,4 %
AN6: 29 CR3: 77 F15: 62 SC2: 35 FCB: 10.137 CB15: 578 ALR: 154 x264: 144
ACS: 77 DAI: 87 FC4: 98 TW3: 76 3DM: 8.178 7z: 362 BLD: 422 yCr: 241

Intel Core i7-2600K
3,4+ GHz – 4c/8t – So. 1155
23,1 % – 275 €
50,2 % | 57,9 % | 32,5 %
AN6: 27 CR3: 92 F15: 55 SC2: 22 FCB: 13.134 CB15: 619 ALR: 175 x264: 191
ACS: 85 DAI: 89 FC4: 83 TW3: 84 3DM: 8.971 7z: 253 BLD: 351 yCr: 317

Intel Core i5-3570K
3,4+ GHz – 4c/4t – So. 1155
29,5 % – 205 €
48,7 % | 57,7 % | 29,3 %
AN6: 28 CR3: 80 F15: 52 SC2: 26 FCB: 10.891 CB15: 524 ALR: 159 x264: 199
ACS: 82 DAI: 86 FC4: 97 TW3: 76 3DM: 6.953 7z: 285 BLD: 431 yCr: 348

AMD Ryzen 3 1300X
3,4+ GHz – 4c/4t – So. AM4
54,6 % – 110 €
47,5 % | 58,0 % | 30,6 %
AN6: 27 CR3: 72 F15: 57 SC2: 28 FCB: 9.654 CB15: 557 ALR: 140 x264: 149
ACS: 72 DAI: 80 FC4: 94 TW3: 71 3DM: 8.230 7z: 381 BLD: 416 yCr: 243

AMD FX-8370
4,0+ GHz – 4m/8t – So. AM3+
50,0 % – 120 €
46,9 % | 33,6 %
AN6: 23 CR3: 88 F15: 57 SC2: 14 FCB: 13.123 CB15: 649 ALR: 157 x264: 154
ACS: 77 DAI: 76 FC4: 75 TW3: 77 3DM: 7.842 7z: 219 BLD: 465 yCr: 269

AMD FX-8350
4,0+ GHz – 4m/8t – So. AM3+
63,0 % – 95 €
46,5 % | 51,6 % | 33,4 %
AN6: 22 CR3: 88 F15: 57 SC2: 14 FCB: 13.024 CB15: 641 ALR: 158 x264: 154
ACS: 76 DAI: 76 FC4: 74 TW3: 76 3DM: 7.844 7z: 220 BLD: 466 yCr: 271

Intel Core i3-6100
3,7 GHz – 2c/4t – So. 1151
55,9 % – 95 €
43,8 % | 53,9 % | 23,5 %
AN6: 23 CR3: 70 F15: 50 SC2: 40 FCB: 7.705 CB15: 405 ALR: 230 x264: 216
ACS: 71 DAI: 81 FC4: 93 TW3: 68 3DM: 6.425 7z: 384 BLD: 473 yCr: 221

AMD Ryzen 3 1200
3,1+ GHz – 4c/4t – So. AM4
63,1 % – 85 €
42,6 % | 49,6 % | 27,0 %
AN6: 25 CR3: 63 F15: 54 SC2: 21 FCB: 8.377 CB15: 487 ALR: 158 x264: 171
ACS: 66 DAI: 71 FC4: 86 TW3: 65 3DM: 7.122 7z: 404 BLD: 479 yCr: 278

Intel Pentium G4560
3,5 GHz – 2c/4t – So. 1151
100 % – 50 €
41,7 % | 51,8 % | 21,4 %
AN6: 24 CR3: 66 F15: 48 SC2: 37 FCB: 7.301 CB15: 382 ALR: 235 x264: 250
ACS: 71 DAI: 76 FC4: 87 TW3: 65 3DM: 6.022 7z: 391 BLD: 510 yCr: 622

Spiele (links): Anno 2205, Assassin's Creed Syndicate, Crysis 3, Dragon Age: Inquisition, F1 2015, Far Cry 4, Starcraft 2 LotV, Witcher 3: gerundete Durchschnitts-Fps in 1.280 × 720 (max. Details außer Post-Processing, Ambient Occlusion, AA und AF), mehr ist besser. **Anwendungen** (rechts): Fritz Chessbench, 3D Mark Firestrike Physics, Cinebench R15: Punkte (mehr ist besser), 7-Zip 15.21, Adobe Lightroom 5.7.1, Blender 2.76, x264, y-Cruncher: Sekunden (weniger ist besser). **System:** 8 GiByte je Speicherkanal, Turbo und Energiesparfeatures an; Windows 10 64 Bit, Grafikkarte: Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz.

Prozessor	Intel Core i9-7960X	Intel Core i9-7980XE	Intel Core i7-8700K	Intel Core i9-7900X	Intel Core i7-7820X
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1638801	www.pcgh.de/preis/1638806	www.pcgh.de/preis/1685281	www.pcgh.de/preis/1632795	www.pcgh.de/preis/1632796
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 1.430 €/„knapp mangelhaft" (5-)	Ca. 1.730 €/„knapp mangelhaft" (5-)	Ca. 310 €/„ausreichend" (4)	Ca. 865 €/„mangelhaft" (5)	Ca. 520 €/„voll mangelhaft" (5+)
Für Mainboards mit …	Sockel 2066	Sockel 2066	LGA 1151v2	Sockel 2066	Sockel 2066
Codename	Skylake X	Skylake X	Coffee Lake-S	Skylake X	Skylake X
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	16 (32), 2,4 GHz	18 (36), 2,4 GHz	6 (12), ab Werk bis 4,0 GHz	10 (20), 2,4 GHz	8 (16), 2,4 GHz
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	2,8 GHz (3,6-4,4 GHz)	2,6 GHz (3,4-4,4 GHz)	3,7 GHz (4,3 bis 4,7 GHz)	3,3 GHz (4,0-4,5 GHz)	3,6 GHz (4,0-4,5 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	1.024 KiByte/22,00 MiByte	1.024 KiByte/24,75 MiByte	256 KiByte/12 MiByte	1.024 KiByte/13,75 MiByte	1.024 KiByte/11,00 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	Unbekannt, 14 nm, ca. 428 mm²	Unbekannt, 14 nm, ca. 428 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, ca. 298 mm²	Unbekannt, 14 nm, ca. 298 mm²
Ausstattung (20 % der Endnote)	**2,13**	**2,13**	**1,79**	**2,13**	**2,16**
Grafikeinheit	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	UHD Gr. 630 (24 EUs, max. 1,2 GHz)	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 512F, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 512F, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 512F, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 512F, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	44× PCI-Express 3.0	44× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	44× PCI-Express 3.0	28× PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**1,76**	**1,77**	**1,44**	**1,73**	**1,73**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 83)	Ja (bis 83)	Ja (bis 83)	Ja (bis 83)	Ja (bis 83)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/)**	4× DDR4-2667 (kein ECC)	4× DDR4-2667 (kein ECC)	2× DDR4-2667 (kein ECC)	2× DDR4-2667 (kein ECC)	2× DDR4-2667 (kein ECC)
TDP laut Hersteller**	165 Watt	165 Watt	95 Watt	140 Watt	140 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	34 Watt	34 Watt	19 Watt	31 Watt	31 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	246/396/339 Watt	242/373/314 Watt	226/392/297 Watt	233/396/318 Watt	233/378/312 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	309 Watt	296 Watt	284 Watt	294 Watt	292 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	254 Watt	248 Watt	181 Watt	231 Watt	201 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**1,20**	**1,31**	**1,57**	**1,44**	**1,65**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	92,3 %	87,8 %	100 %	91,6 %	89,0 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	99,6 %	100 %	66,3 %	86,1 %	77,8 %
FAZIT	⊕ Durch höheren Takt schneller als der 18-Kerner (i9-7980XE) ⊖ Extrem teuer	⊕ Höchste Anwendungsleistung ⊖ Läuft ins TDP-Limit ⊖ Exorbitant teuer	⊕ Höchste Spiele- und hohe Anwendungsleistung ⊕ Effizient, inzwischen guter Preis	⊕ Sehr hohe Anwendungsleistung ⊕ Günstigster i9 mit 44× PCI-E-3.0 ⊖ Sehr teuer	⊕ Hohe Anwendungs-/Spiele-Perf. ⊖ Nur 28× PCI-E-3.0 ⊖ Für acht Kerne sehr teuer
	Wertung: **1,50**	Wertung: **1,56**	Wertung: **1,59**	Wertung: **1,64**	Wertung: **1,77**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Prozessor	Intel Core i5-8600K	Intel Core i7-7700K	AMD Ryzen TR 1950X	Intel Core i7-7800X	AMD Ryzen TR 1920X
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1697344	www.pcgh.de/preis/1551097	www.pcgh.de/preis/1664849	www.pcgh.de/preis/1632797	www.pcgh.de/preis/1664904
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 210 €/„knapp befriedigend" (3-)	Ca. 270 €/„ausreichend" (4)	Ca. 850 €/„mangelhaft" (5)	Ca. 330 €/„knapp ausreichend" (4-)	Ca. 635 €/„mangelhaft" (5)
Für Mainboards mit …	LGA 1151v2	LGA 1151	TR4 (Sockel 4094)	Sockel 2066	TR4 (Sockel 4094)
Codename	Coffee Lake-S	Kaby Lake-S	Threadripper	Skylake X	Threadripper
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	6 (6), ab Werk bis 4,0 GHz	4 (8), ab Werk bis 4,0 GHz	16 (32), wie Speicher-/Kerntakt	6 (12), 2,4 GHz	12 (24), wie Speicher-/Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,6 GHz (4,1 bis 4,3 GHz)	4,2 GHz (4,4 bis 4,5 GHz)	3,4 GHz (3,7-4,2 GHz)	3,5 GHz (4,0/4,0 GHz)	3,5 GHz (3,7-4,2 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/64 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/9 MiByte	256 KiByte/8 MiByte	512 KiByte/32 MiByte	1.024 KiByte/8,25 MiByte	512 KiByte/32 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	2× 4,8 Mrd., 14 nm, 2× 213 mm²	Unbekannt, 14 nm, ca. 298 mm²	2× 4,8 Mrd., 14 nm, 2× 213 mm²
Ausstattung (20 % der Endnote)	**1,79**	**1,79**	**2,05**	**2,16**	**2,05**
Grafikeinheit	UHD Gr. 630 (24 EUs, max. 1,15 GHz)	HD Graphics 630 (max. 1,15 GHz)	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3, TSX	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 512F, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	64× PCI-Express 3.0	28× PCI-Express 3.0	64× PCI-Express 3.0
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**1,53**	**1,55**	**2,29**	**1,88**	**2,37**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 83)	Ja (bis 83)	Ja (bis 63,75)	Ja (bis 83)	Ja (bis 63,75)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/)**	2× DDR4-2667 (kein ECC)	2 × DDR4-2400/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR	4× DDR4-2400	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR
TDP laut Hersteller**	95 Watt	91 Watt	180 Watt	140 Watt	180 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	19 Watt	19 Watt	52 Watt	31 Watt	52 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	225/325/280 Watt	223/320/302 Watt	241/335/305 Watt	224/345/298 Watt	238/326/296 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	267 Watt	273 Watt	286 Watt	280 Watt	279 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	158 Watt	145 Watt	255 Watt	177 Watt	246 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**1,92**	**2,01**	**1,80**	**2,05**	**2,00**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	94,6 %	92,5 %	73,8 %	84,2 %	72,4 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	53,2 %	50,8 %	91,6 %	61,1 %	81,6 %
FAZIT	⊕ Hohe Anwendungs-/Spiele-Perf. ⊕ Effizient, inzwischen guter Preis ⊖ Kein SMT	⊕ Gute Anwendungs-/Spiele-Perf. ⊕ Hohe Pro-MHz-Leistung … ⊖ … jedoch nur vier Kerne mit SMT	⊕ Hohe Spiele-/sehr hohe Anwendungsperf., optionsreiche Plattform ⊖ Sehr teuer	⊕ Hohe Spiele- und Anwendungsleistung ⊖ Nur 28× PCI-E-3.0	⊕ Hohe Anwendungs-/Spiele-Perf. ⊕ Sehr optionsreiche Plattform ⊖ Recht teuer
	Wertung: **1,81**	Wertung: **1,87**	Wertung: **1,94**	Wertung: **2,04**	Wertung: **2,08**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Prozessor	AMD Ryzen 7 1800X	Intel Core i5-8400	AMD Ryzen 7 1700X	AMD Ryzen TR 1900X	AMD Ryzen 7 1700
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1582191	www.pcgh.de/preis/1699930	www.pcgh.de/preis/1582190	www.pcgh.de/preis/1681714	www.pcgh.de/preis/1582201
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 305 €/„ausreichend" (4)	Ca. 170 €/„befriedigend" (3)	Ca. 275 €/„ausreichend" (4)	Ca. 370 €/„knapp ausreichend" (4-)	Ca. 255 €/„ausreichend" (4)
Für Mainboards mit …	AM4 (Sockel 1331)	LGA 1151v2	AM4 (Sockel 1331)	TR4 (Sockel 4094)	AM4 (Sockel 1331)
Codename	Summit Ridge	Coffee Lake-S	Summit Ridge	Threadripper	Summit Ridge
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	8 (16), wie Speicher-/Kerntakt	6 (6), ab Werk bis 4,0 GHz	8 (16), wie Speicher-/Kerntakt	8 (16), wie Speicher-/Kerntakt	8 (16), wie Speicher-/Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	3,6 GHz (3,7-4,1 GHz)	2,8 GHz (3,8 bis 4,0 GHz)	3,4 GHz (3,5-3,9 GHz)	3,8 GHz (3,9-4,2 GHz)	3,0 GHz (3,2-3,75 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/64 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	512 KiByte/16 MiByte	256 KiByte/9 MiByte	512 KiByte/16 MiByte	512 KiByte/32 MiByte	512 KiByte/16 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	4,8 Mrd., 14 nm, ca. 213 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	4,8 Mrd., 14 nm, ca. 213 mm²	2× 4,8 Mrd., 14 nm, 2× 213 mm²	4,8 Mrd., 14 nm, ca. 213 mm²
Ausstattung (20 % der Endnote)	**2,14**	**1,84**	**2,14**	**2,05**	**2,14**
Grafikeinheit	Nicht vorhanden	UHD Gr. 630 (23 EUs, max. 1,05 GHz)	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	20× PCI-Express 3.0 (+4 f. I/O-Hub)	16× PCI-Express 3.0	20× PCI-Express 3.0 (+4 f. I/O-Hub)	64× PCI-Express 3.0	20× PCI-Express 3.0 (+4 f. I/O-Hub)
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**1,79**	**2,61**	**1,78**	**2,53**	**1,77**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 63,75)	Nein	Ja (bis 63,75)	Ja (bis 63,75)	Ja (bis 63,75)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja	Stark eingeschränkt	Ja	Ja	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR	2× DDR4-2667 (kein ECC)	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR
TDP laut Hersteller**	95 Watt	65 Watt	95 Watt	180 Watt	65 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	28 Watt	19 Watt	28 Watt	51 Watt	28 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	224/326/281 Watt	208/294/277 Watt	218/315/274 Watt	250/344/317 Watt	206/296/262 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	264 Watt	255 Watt	256 Watt	289 Watt	244 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	182 Watt	135 Watt	169 Watt	238 Watt	157 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**2,18**	**2,05**	**2,31**	**2,20**	**2,46**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	75,7 %	91,6 %	72,9 %	73,4 %	69,9 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	65,6 %	49,9 %	62,3 %	67,8 %	58 %
FAZIT	⊕ Hohe Anwendungsleistung ⊕ Gute Spieleperformance ⊖ Nahe der Taktgrenze gebaut	⊕ Gute Anwendungs- und Spieleleistung, gutes PLV ⊖ Nicht OC-fähig, benötigt Z370	⊕ Gute Anwendungs- und Spieleleistung, acht Kerne plus SMT ⊕ OC auf R7-1800X-Level möglich	⊕ Sehr optionsreiche Plattform … ⊖ … die aber das einzige Kaufargument für den TR-1900X ist	⊕ Hohe Leistungsfähigkeit ⊕ OC auf R7-1800X-Level möglich ⊕ Bestes PLV der Ryzen-7-Modelle
	Wertung: **2,10**	Wertung: **2,12**	Wertung: **2,17**	Wertung: **2,24**	Wertung: **2,25**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

Prozessor	Intel Core i3-8350K	AMD Ryzen 5 1600	AMD Ryzen 5-2400G	Intel Core i3-8100	AMD Ryzen 3-2200G
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1697354	www.pcgh.de/preis/1604879	www.pcgh.de/preis/1758261	www.pcgh.de/preis/1699931	www.pcgh.de/preis/1758349
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 155 €/„knapp befriedigend" (3-)	Ca. 160 €/„befriedigend" (3)	Ca. 150 €/„knapp befriedigend" (3-)	Ca. 100 €/„knapp gut" (2-)	Ca. 95 €/„knapp gut" (2-)
Für Mainboards mit …	LGA 1151v2	AM4 (Sockel 1331)	AM4 (Sockel 1331)	LGA 1151v2	AM4 (Sockel 1331)
Codename	Coffee Lake-S	Summit Ridge	Raven Ridge	Coffee Lake-S	Raven Ridge
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	4 (4)	6 (12), wie Speicher-/Kerntakt	4 (8), wie Speicher-/Kerntakt	4 (4), bis 3,3 GHz	4 (4), wie Speicher-/Kerntakt
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	4,0 GHz (kein Turbo)	3,2 GHz (3,4-3,7 GHz)	3,6 GHz (3,9 GHz)	3,6 GHz (kein Turbo)	3,5 GHz (3,7 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/64 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/64 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/8 MiByte	512 KiByte/16 MiByte	512 KiByte/4 MiByte	256 KiByte/6 MiByte	512 KiByte/4 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	4,8 Mrd., 14 nm, ca. 213 mm²	4,94 Mrd., 14 nm+, ca. 210 mm²	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	4,94 Mrd., 14 nm+, ca. 210 mm²
Ausstattung (20 % der Endnote)	**1,84**	**2,14**	**1,32**	**1,84**	**1,42**
Grafikeinheit	UHD Gr. 630 (23 EUs, max. 1,15 GHz)	Nicht vorhanden	RX Vega 11 (11 CUs, 1,25 GHz)	UHD Gr. 630 (23 EUs, max. 1,1 GHz)	Vega 8 (8 CUs, 1,1 GHz)
Befehlssätze und Erweiterungen (Auswahl)	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3
Integrierte PCI-Express-Lanes	16× PCI-Express 3.0	20× PCI-Express 3.0 (+4 f. I/O-Hub)	8× PCI-Express 3.0 (+4 für I/O-Hub)	16× PCI-Express 3.0	8× PCI-Express 3.0 (+4 für I/O-Hub)
Eigenschaften (20 % der Endnote)	**1,67**	**1,95**	**2,40**	**2,64**	**2,48**
Offener Multiplikator*	Ja (bis 83)	Ja (bis 63,75)	Ja (bis 63,75)	Nein	Ja (bis 63,75)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja	Ja	Ja	Stark eingeschränkt	Ja
Speicherkanäle (u. max. Geschw.*/**)	2 × DDR4-2400 (kein ECC)	2× DDR4-2667 SR/-2400 DR	2× DDR4-2933 SR/-2667 DR	2 × DDR4-2400 (ECC)	2× DDR4-2933 SR/-2667 DR
TDP laut Hersteller**	91 Watt	65 Watt	65 Watt	65 Watt	65 Watt
Systemverbr. Leerlauf abzgl. Grafikkarte	17 Watt	30 Watt	29 Watt	17 Watt	29 Watt
Systemverbrauch (Anno/C3/TW3)**	201/261/245 Watt	216/303/267 Watt	206/273/278 Watt	188/245/233 Watt	200/242/224 Watt
Systemverbrauch Spiele (Durchschn.)**	242 Watt	252 Watt	241 Watt	221 Watt	223 Watt
Systemverbr. Anwendg. (Durchschn.)**	113 Watt	149 Watt	143 Watt	99 Watt	121 Watt
Leistung (60 % der Endnote)	**2,61**	**2,56**	**2,90**	**2,88**	**3,18**
Spieleindex (60 % der Leistungsnote)	76,7 %	70,7 %	65 %	68,4 %	59,4 %
Anwendungsindex (40 % der Leistungsn.)	38,5 %	50,8 %	38,5 %	34,6 %	30,4 %
FAZIT	⊕ OC-Quadcore, deutlich günstiger als Vorgänger i5-7600K ⊖ Nur vier Kerne ohne SMT	⊕ Gute Anwendungs- und Spieleleistung, sechs Kerne plus SMT ⊕ Gutes PLV im Sechskern-Bereich	⊕ Schnellste integrierte Grafik ⊕ Gute Allround-Leistung ⊖ Etwas zu teuer	⊕ Gute Spiele-Leistung ⊕ Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis ⊖ Kein OC, nur vier SMT-lose Kerne	⊕ Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis ⊕ Sehr schnelle integrierte Grafik ⊖ Nur vier SMT-lose Kerne
	Wertung: **2,27**	Wertung: **2,36**	Wertung: **2,48**	Wertung: **2,63**	Wertung: **2,69**

* Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus **Angabe dient nur der Information, gewertet wird die Effizienz über alle Spiele und Anwendungen.

PCGH im ABO

Jetzt tollen Spiele-Key sichern!

1-Jahres-Abo PCGH-DVD
62,– €
12 × PCGH + Prämie



» **Jetzt Abo online bestellen unter:** www.pcgh.de/1-jahres-abo

2-Jahres-Abo PCGH-DVD
124,– €
24 × PCGH + Prämie

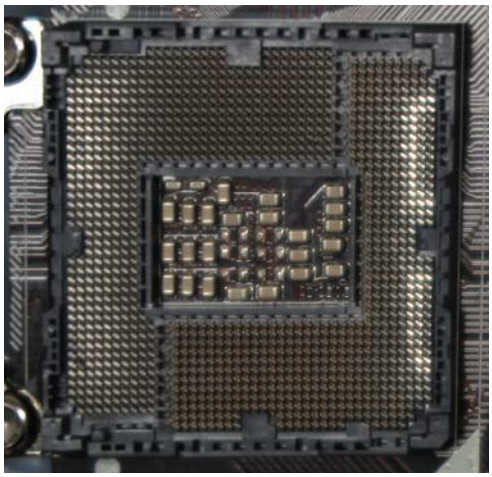


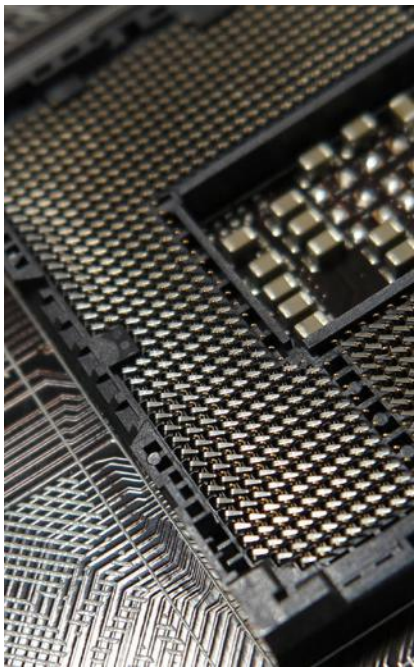
» **Jetzt Abo online bestellen unter:** www.pcgh.de/2-jahres-abo

GAMESPLANET.COM

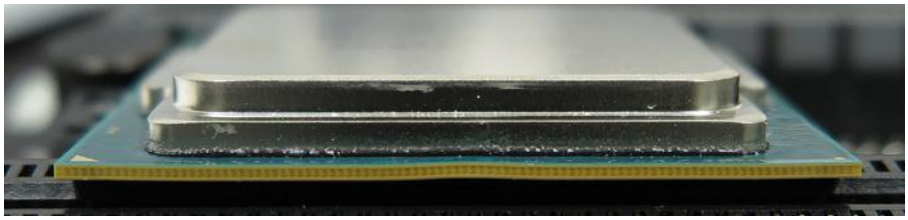
PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER







Anpresskraftschäden im Überblick: Während leichte Wellen im CPU-Substrat (unten) nur bei genauem Hinsehen auffallen, verraten sich geplättete, in diesem Fall sogar teilweise auf der Plastikeinfassung aufliegende Kontaktfedern (links) durch ihr geändertes Reflexionsverhalten (rechts und oben). Bei einem intakten Sockel 1151 spiegelt sich das Licht dagegen in allen Pins einer Sockelhälfte gleichzeitig.



„Skylakegate" – Teil 3?

Bereits zweimal beschäftigte sich PCGH, zum Teil über mehrere Artikel hinweg, mit der kurzfristigen Beschädigung aktueller Intel-Prozessoren durch Kühler. Jetzt gibt es einen ersten Langzeitfall.

Ende 2015 gab es ein böses Erwachen für einige Kühlerhersteller: Die neue Sockel-1151-Plattform wies zwar die gleichen Kühlerspezifikationen auf wie die Vorgänger 1155, 1150 und 1156, aber am CPU-Package gab es eine folgenschwere Änderung. Intel reduzierte bei Skylake die Dicke des Substrats, also der Trägerplatine zwischen dem eigentlichen Siliziumchip und dem CPU-Sockel, und verbaute im Gegenzug eine dickere Metallplatte über dem Chip. Ob thermische oder elektrische Gründe hierfür den Ausschlag gaben, ist bis heute ungeklärt. Trotz gleicher Gesamthöhe und somit gleicher nomineller Anforderungen an die CPU-Kühler änderte sich aber die Stabilität der neuen CPUs: Skylake und sein Nachfolger Kaby Lake sowie die aktuellen Coffee-Lake-Prozessoren reagieren empfindlicher auf Krafteinwirkungen als ihre Vorgänger oder die bauartbedingt besser vom Sockel gestützten AM4-Prozessoren AMDs.

Spezifikationen? Egal.

Wie der Komperativ andeutet, halten die CPUs trotzdem noch einiges aus – Intel erlaubte eine Belastung durch den Halterahmen des Sockels mit bis zu 600 N und zusätzlich noch eine kombinierte statische und dynamische Krafteinwirkung durch den Kühler von bis zu 712 N. Zusammen entspricht dies ungefähr der Gewichtskraft eines Objektes mit über 133 kg Masse! Dauerhaft sollen vom Kühler selbst aber maximal 222 N ausgeben, woran sich viele Kühlerhersteller leider bis heute nicht halten. Über die Gründe hierfür lässt sich spekulieren, Fakt ist aber, dass Ende 2015 sogar Kühler mit über 900 N Anpresskraft bei korrekter Montage verkauft wurden.

Die Skylake-Vorgänger hatten genug Stabilitätsreserven, um diese Spezifikationsüberschreitungen zu tolerieren. Beim Sockel 1151 aber verformt sich das CPU-Substrat unter den enormen Lasteinwirkungen und die CPU wird förmlich in den Sockel hineingequetscht. Nach einem externen Tipp griff PC Games Hardware im Winter 2015/2016 das Thema auf und stieß im Zuge der Berichterstattung auf zahlreiche Fälle von unbrauchbaren Mainboards und auch einigen verstorbenen CPUs. „Skylakegate" machte weltweit Schlagzeilen und zwang mehrere Kühlerhersteller zu schnellen Nachbesserungsarbeiten. Bei einer PCGH-Kontrolluntersuchung 2017 lagen aktuelle Modelle dann immerhin unter 500 N.

Egal oder doch nicht? Zeit.

Diese beiden ersten Untersuchungsrunden haben aber eins gemeinsam: Es war nur die Auswirkung kurzfristiger, sehr starker Belastungen bekannt. Niemand konnte sagen, wie sich eine langfristige, leichte Überschreitung der Spezifikationen im Dauereinsatz auswirken würde und natürlich kann dies auch nicht getestet werden.

Entsprechend große Bedeutung kommt dem ersten Fall eines nach langer Nutzungszeit verschiedenen Skylakes zu, dessen Besitzer PCGH Ende 2016 kontaktierte.

Der (Einzel-)Fall

Auslöser dieses Artikels ist ein Sockel-1151-System, dessen Intel Core i7-6700K in einem Asus Z170-A saß und von einem Be Quiet Dark Rock Pro 3 gekühlt wurde – allessamt in der PCGH-Community beliebte Komponenten von Herstellern, deren Produkte wir regelmäßig empfehlen. Laut dem Leser wurde der PC im Oktober 2015 kurz nach dem Marktstart von Skylake zusammengebaut und die nächsten zwei Jahre problemlos genutzt, aber quasi nicht bewegt. Im November 2017 fror das System dann plötzlich ein und verweigerte nach einem Neustartversuch jede weitere Aktivität. Im Ausschlussverfahren konnte der Fehler auf CPU oder Mainboard eingegrenzt werden und tatsächlich fielen dem Leser einige Tage später verdächtige Spuren am Substrat der CPU auf.

Abgesehen von der langen Nutzungsdauer und der fehlenden externen Krafteinwirkung entspricht diese Schilderung den von PCGH im Winter 2015/2016 untersuchten Fällen, einschließlich des redaktionseigenen Falltests (www.pcgh.de/skyfall). Auch hier wurde der letzte berechnete Bildschirminhalt nach Ausfall der CPU noch angezeigt, die Systeme reagierten aber auf keine Eingaben mehr und scheiterten an Reboot-Versuchen.

Eindeutiges Schadensbild

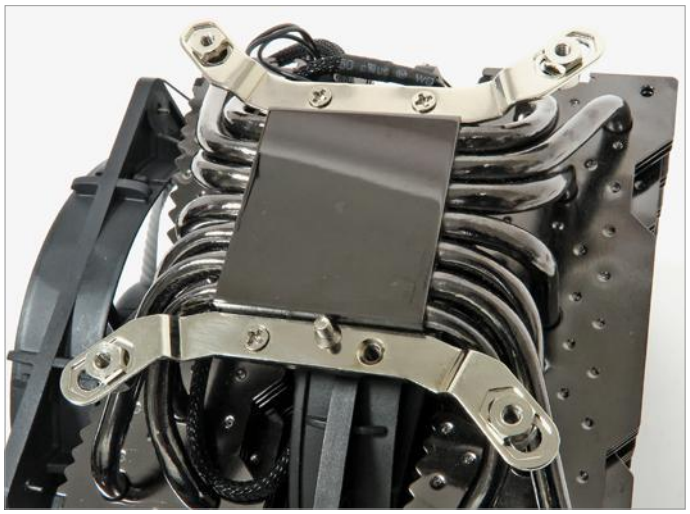
In der PCGH-Redaktion konnte der Defekt der Hardware des Lesers bestätigt werden, weder Mainboard noch CPU arbeiteten mit intakter Hardware zusammen. Die Spuren starker Krafteinwirkung waren ebenfalls schnell gefunden. Neben dem verformten Prozessorsubstrat hatten auch die Kontaktfedern im Sockel deutlich sichtbar gelitten. Interessanterweise lag der Hauptschaden im Sockel an der den PCI-Express-Slots zugewandten, also im vorherigen Betrieb unten liegenden, Seite, die durch die Hebelwirkung des schweren Kühlers zusätzlich belastet wird. Bei den transportbedingten Fällen von 2015/2016 waren dagegen meist die den Arbeitsspeichersteckplätzen nahen Kontakte beschädigt.

Fehlerfreier Kühler

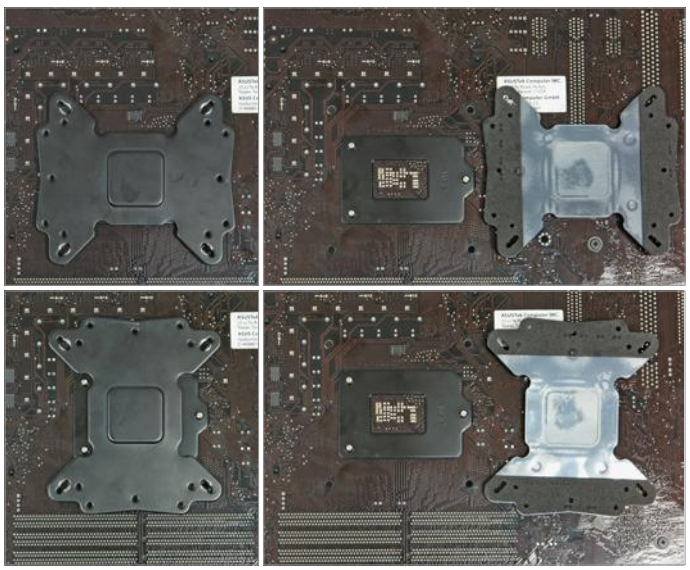
Unauffällig präsentierte sich dagegen der Kühler des Lesers. Weder am Kühlkörper noch am Befestigungsmaterial konnten wir Abweichungen zum PCGH-Test-Sample feststellen. Eine Überprüfung der Anpresskraft auf dem PCGH-Teststand ergab maximal 470 N, was zunächst dem bisherigen PCGH-Testergebnis von 380 N widersprach. In weiteren Tests mit unserem Muster konnten wir letztlich aber eine Spannweite von 310 N bis 480 N messen, je nachdem wie fest der Anwender die Verbindungsschrauben zwischen Kühlerboden und Halterungsarmen anzog. Subjektiv war die Halterung bei allen Messung fest, offensichtlich beeinflussen aber schon kleine Änderungen die Steifheit der Dark-Rock-Pro-3-Halterung deutlich. Verglichen mit bisherigen Schadensfällen bei 910 N sind auch 480 N noch wenig.

Fehlerhafte Montage

Obige Aussage gilt für korrekt montierte Dark Rock Pro 3. Bereits beim Auspacken der Leserhardware fiel aber auf, dass die Kühlerbackplate deutliche Abdrücke der Schrauben eines Sockel 1151 aufwies. Die verbinden den Sockelhalterahmen auf der Mainboardvorderseite mit einer Verstärkungsplatte auf der Rückseite und ragen hier einige Millimeter hervor. Bei korrekter Montage des Kühlerbackplates liegen diese Überstände beim Dark Rock Pro 3 in passenden Aussparungen, beim Exemplar des Lesers bohrten sie sich aber in die Kunststoffisolierung der Backplate. Sie wurde also um 90° gedreht montiert, sodass sie nicht auf der Sockelbackplate auflag, sondern auf den hervorstehenden Schraubenspitzen, was eine millimetergroße Lücke zwischen den Abstandshaltern der Kühlerbackplate und der Mainboardrückseite nach sich zieht. Zieht man in diesem Zustand die Halterungsschrauben an, bis die Kühlerbackplate trotzdem fest gegen die Mainboardrückseite gepresst wird – wie dies bei korrekter Montage vorgesehen ist – so übersteigen die Anpresskräfte deutlich das vom Hersteller vorgesehene Niveau. Der PCGH-Teststand zeigte hohe 760 N an und lag damit ober-



Je stärker man die Befestigungsschrauben der Dark-Rock-Pro-3-Haltearme anzieht, desto steifer wird die Halterung. Zwischen „fest" und „fest" liegen 170 N.



Vorsicht: Die ursprüngliche Be-Quiet-Backplate wird von einigen Anwendern instinktiv parallel zum Sockel ausgerichtet (oben), aber nur in der richtigen Position (unten) liegt sie korrekt zwischen den Schrauben auf der Sockelrückseite auf.

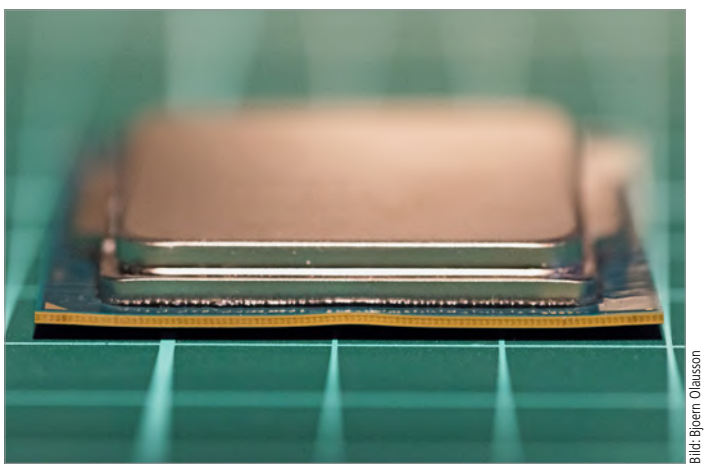


Bild: Bjoern Olausson

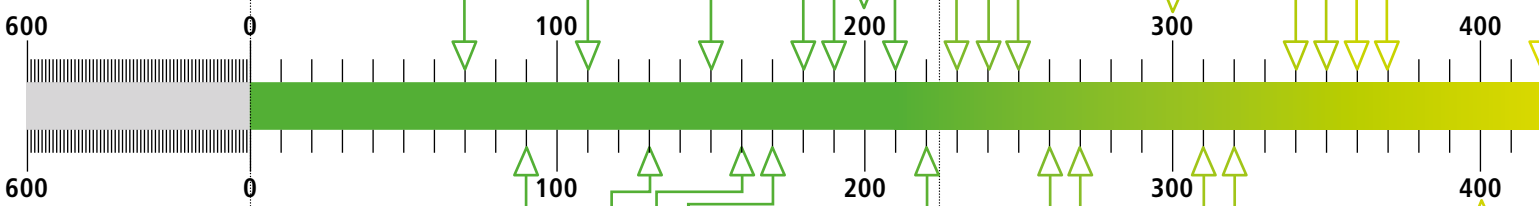
Mit diesem Bild seines verzogenen Skylake-Substrats brachte ein PCGH-Leser den „Skylakegate"-Stein erneut ins Rollen.

311 bis 600 N
Anpresskraft durch ILM

Zusätzlich zum Kühler drückt auch die Sockelverriegelung selbst auf die CPU, gemäß Spezifikation mit mindestens 311 und maximal 600 N.

0 bis 222 N
zulässige statische Anpresskraft

Die Kühlerhalterung darf laut Intel maximal mit 222 N auf die CPU drücken.



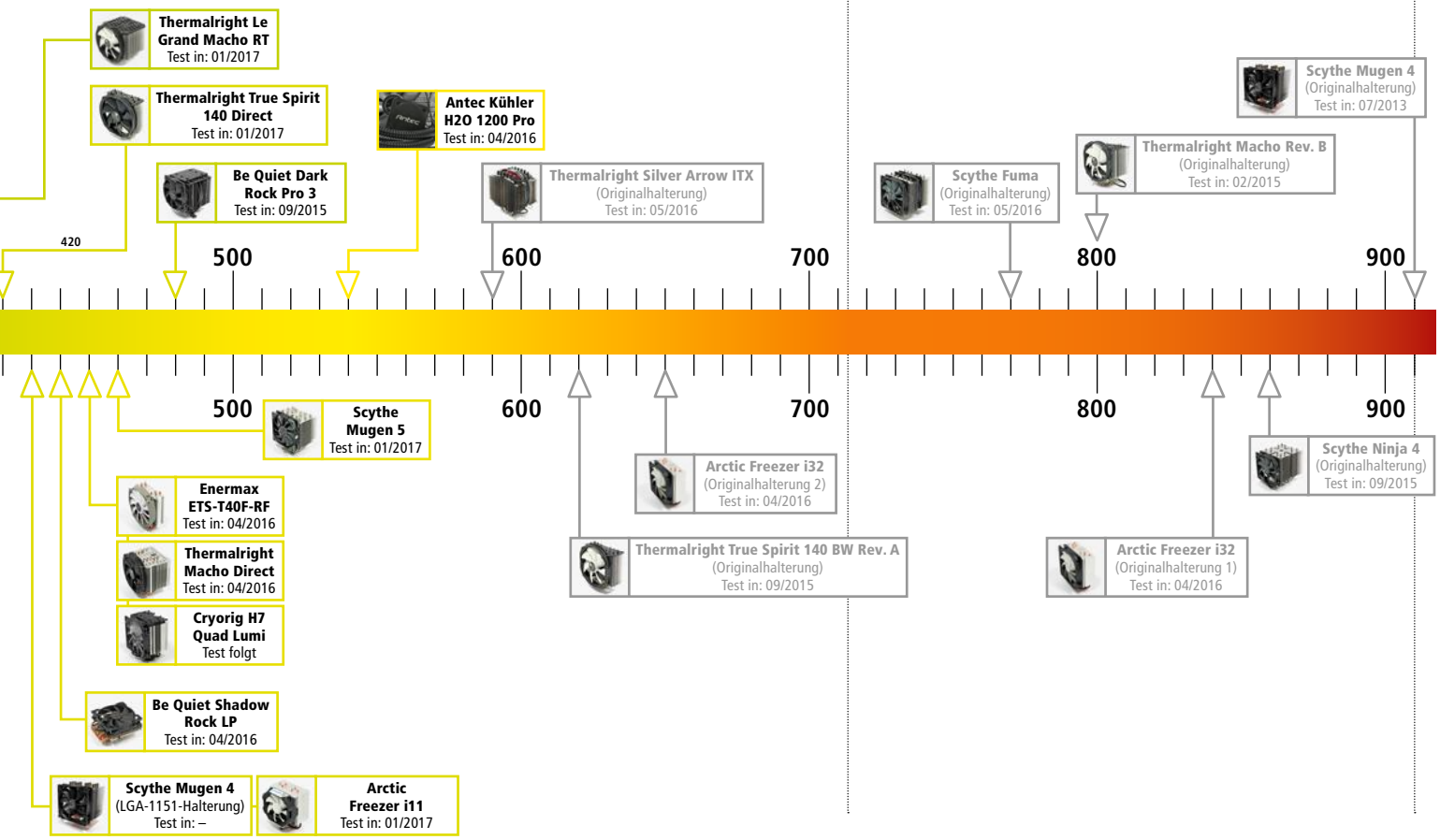
- Cooler Master Hyper 412S — Test in: 09/2015
- Alphacool Eisbaer 240 — Test in: 08/2016
- EKWB Supremacy Evo — Test in: 01/2017
- Thermaltake Frio Silent 12 — Test in: 01/2017
- Thermalright Silver Arrow ITX (LGA-1151-Halterung) — Test in: –
- Cooler Master Hyper 212X — Test in: 04/2016
- Fractal Design Celsius S24 — Test in: 07/2017
- Cooler Master Master Liquid 240 — Test in: 07/2017
- Be Quiet Shadow Rock Slim — Test in: 09/2015
- Fractal Design Kelvin S24 — Test in: 06/2015
- Watercool Heatkiller IV Pro — Test in: 12/2016
- NZXT Kraken X62 — Test in: 07/2017
- MSI Core Frozr XL — Test folgt
- Scythe Fuma — Test in: 05/2016
- EKL Alpenföhn Matterhorn Pure — Test folgt
- Be Quiet Silent Loop 240 mm — Test in: 07/2017
- Fractal Design Celsius S36 — Test in: 07/2017
- EK Water Blocks EK-Kit S240 — Test in: 09/2016
- Cooler Master Hyper 612 Ver.2 — Test in: 12/2014
- Arctic Liquid Freezer 240 — Test in: 03/2016
- EKL Alpenföhn Brocken 2 — Test in: 09/2015
- Arctic Freezer 33 — Test folgt
- Thermalright Tr. Sp. 120 Dir. — Test folgt
- Noctua NH-U9S — Test in: 01/2017
- Scythe Ninja 4 — Test in: 09/2015
- Noctua NH-C14S — Test in: 04/2016
- Enermax Liqmax II 240 — Test in: 06/2015
- EKL Alpenföhn Ben Nevis — Test in: 09/2015
- Corsair Hydro Series H115i Pro RGB — Print-Test folgt
- Antec Mercury 20 — Test in: 07/2017
- Intel Boxed Kühler (LGA 1151 Kaby Lake) — Test in: –
- Intel Boxed Kühler (LGA 1155 Sandy Bridge) — Test in: –
- Thermaltake Frio Extreme Silent 14 Dual — Test in: 09/2015
- Arctic Freezer i32 (LGA-1151-Halter.) — Test in: 04/2016
- EKL Alpenföhn Brocken Eco — Test in: 12/2014
- XSPC Ray Storm Pro Ion AX240 Kit — Test in: 09/2016
- EKL Alpenföhn Ben Nevis Advanced Black RGB — Test folgt
- EKL Alpenföhn Atlas — Test in: 04/2016
- Scythe Kotetsu Mark II — Test folgt
- EKL Alpenföhn Olymp — Test in: 05/2016
- Be Quiet Pure Rock — Test in: 01/2017
- Alphaco. Nexxos Cool Answer 240 D5/ST — Test in: 09/2016
- Cryorig C1 — Test in: 04/2016
- Enermax ETS-50 Axe — Test in: 01/2017
- ID-Cooling Frostflow 240 — Test in: 07/2017
- Noctua NH-D15 — Test in: 09/2015
- Therm. Macho Rev. B (LGA-1151-Halterung) — Test in: –
- EVGA CLC 280 — Test in: 07/2017
- Noctua NH-D15S — Test in: 05/2016
- Alphacool Eisblock XPX — Test in: 01/2017
- Cooler Master Masterair MA410P — Test folgt
- Noctua NH-U14S — Test in: 12/2014
- Therma. True Spirit 140 BW Rev. A (LGA-1151-Halt.) — Test in: –
- EKL Alpenföhn Brocken 3 — Test in: 10/2017
- Be Quiet Shadow Rock TF2 — Test folgt

222 bis 712 N
zulässige dynamische Last

Bei Erschütterungen übt der Kühler zusätzliche Kräfte aus, kurzfristig sind bis zu 712 N erlaubt. Wird das System gar nicht bewegt, kann ein Teil dieser Sicherheitsreserve vom CPU-Kühler statisch genutzt werden.

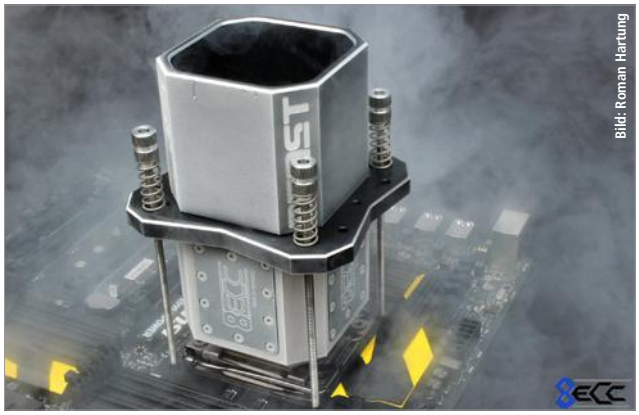
Über 712 N
unspezifizierter Bereich

Kühlerhalterungen mit über 712 N Anpresskraft gefährden die CPU laut Intel auch bei kurzfristiger Einwirkung.



Einschätzung der Anpresskraft durch PC Games Hardware

0 N bis 220 N:	220 N bis 400 N:	400 N bis 550 N:	über 550 N:
Ideal ist es, wenn ein Kühler innerhalb der Intel-Spezifikationen bleibt – und wie einige Modelle beweisen, braucht es auch gar nicht mehr Anpresskraft.	Gerade rund um 300 N tummeln sich viele Kühler mit empfehlenswerten Eigenschaften. Bisherigen Praxiserfahrungen zufolge ist deren Einsatz in Sockel-1151-Systemen unbedenklich, solange es nicht zu Erschütterungen kommt.	Oberhalb von 400 N beginnt ein Bereich, aus dem bislang keine Schadensfälle bekannt sind. Die vorliegenden Informationen sind aber zu lückenhaft, um eine Gefährdung auszuschließen.	Nähert man sich den 600 N, werden bleibende Schäden im Dauereinsatz zunehmend wahrscheinlicher. PCGH rät vom Sockel-1151-Einsatz derartiger Kühler ab.



Extrem-Übertakter-Erfahrungen

Redakteure testen Hardware normaleweise gemäß Spezifikation, OC-Rekordjäger loten dagegen regelmäßig die technischen Grenzen aus. Wir haben Roman „der8auer" Hartung zu seinen Erfahrungen mit Anpresskräften befragt.

PCGH: Beim Extrem-Übertakten ist Kühlleistung sehr wichtig, für welche Anpresskraft designst du deine Flüssigstoff-Kühler für Sockel 1151?

Roman Hartung: Bei meinen Flüssig-Stickstoff Kühlern ist die Zielkraft 900 N. Entsprechende Federn erlauben selbst bei maximaler Vorspannung keinen höheren Anpressdruck.

PCGH: Sind 900-N-Kühler nicht auch kurzfristig gefährlich?

Roman Hartung: Wir bewegen uns hier definitiv in einem Bereich, der schon schnell zu Problemen führen kann. Bei flüssigem Stickstoff haben wir das Problem der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen und gerade die Wärmeleitpaste macht uns hier sehr viele Probleme. Deshalb ist eine sehr hohe Anpresskraft notwendig. Wir haben allerdings festgestellt, dass ab 1000-1100 N meist direkt Probleme auftreten und einzelne Pins keinen ausreichenden Kontakt mehr zum Sockel haben. Ab einer gewissen Anpresskraft werden die Pins zu weit in den Sockel gedrückt und erreichen den Bereich der plastischen Verformung wodurch auf Dauer die CPUs keinen vernünftigen Kontakt mehr zum Sockel haben. Meistens merken wir das dann anhand von RAM-Problemen, oder dass die CPU nicht richtig erkannt wird. Natürlich reden wir hier von allgemein kurzen Nutzungszeiten und vor Rekordversuchen demontieren wir meist den ILM. Der würde die CPU sonst laut Intel-Spezifikation mit 311 bis 600 N zusätzlich belasten, wir nutzen diesen Spielraum lieber für die Anpresskraft des Kühlers. (Anm. d. Red.: Als Independent Loading Mechanism wird die obere Hälfte des Sockelmechanismus bezeichnet, die normalerweise die CPU im Sockel hält.)

PCGH: Heimanwender wären also bei 300 N bis 600 N im gelben Bereich?

Roman Hartung: Diesen Bereich würde ich als unproblematisch betrachten. Es ist allerdings sehr schwer eine Aussage zu treffen wann ein CPU Kühler wirklich zu Problemen für den Sockel führt. Bei großen Tower-Kühlern spielt auch eine lokale oder einzelne Überschreitung der maximalen Belastung der Pins eine Rolle. Intel gibt zwar maximal 500 g als Kühlergewicht an, aber dabei ist unklar wo genau sich der Schwerpunkt des Kühlers befindet. Durch die Hebelwirkung auch mit einem kleineren oder leichteren Kühler die maximale Anpresskraft auf einzelne Pins überschritten werden ohne dass die Gesamt-Anpresskraft des Sockels überschritten wird. So kann es zu einer plastischen Verformung einzelner Pins kommen auch wenn die Gesamt-Anpresskraft in den Sockel innerhalb der Toleranzen lag.

halb des linearen Messbereichs unseres Sensors (bis 500 N).

Das sagt Be Quiet

Eine Analyse durch den Kühlerhersteller kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. Neben der Bestätigung des von PCGH gefundenen Schadensbilds weist Be Quiet zusätzlich auf eine Verformung der sockeleigenen Backplate hin. Im Serienzustand ist dieses dicke Stück Stahl oft schon leicht gebogen, am Mainboard des Lesers weist es aber sogar einen Knick auf – hier müssen große Kräfte gewirkt haben. Exakt beziffern kann sie auch Be Quiet nicht, denn der Anzeigebereich des hauseigenen Messsystems endet bei 906 N – und mit fehlerhaft platzierter Backplate überschreitet die Hardware des Lesers diesen Wert. Primäre Schadensursache ist demnach eindeutig ein Montage- und kein Konstruktionsfehler.

Zu beachten ist beim Be-Quiet-Messwert die Platzierung des Sensors zwischen (realer) CPU und Kühlerboden, welche die Gesamthöhe des Systems gegenüber dem Alltagseinsatz und dem PCGH-Teststand mit einem in eine Dummy-CPU eingebeteten Sensor um 0,5-1 mm erhöht. Bei einer ohnehin überspannten, steifen Halterung kann dies die gemessene Krafteinwirkung deutlich steigern, wir werden uns zwecks besserer Vergleichbarkeit im weiteren Verlauf dieses Artikels auf Ergebnisse des PCGH-Teststandes beschränken. Zwar arbeitet der oberhalb von 500 N nicht linear, sodass nur eine relative Einordnung der Messwerte möglich ist, dafür liegen Letztere aber von zahlreichen Kühlern vor.

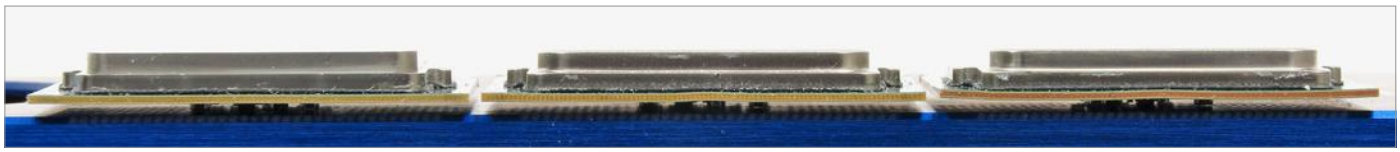
Wie viel ist (zu) viel?

Unter den bisherigen Kandidaten würde sich der falsch montierte Dark Rock Pro 3 mit maximal 760 N sehr weit oben platzieren. Tatsächlich ist PC Games Hardware kein anderer Kühler bekannt, der so hohe Werte auch bei korrekter Montage erreicht und noch verkauft wird. Umgekehrt liegt der Wert aber immerhin 150 N unter den bislang bekannten Schadensfällen, was eine Neubewertung der Sicherheitsgrenzen nahelegt. Bislang haben wir Kühler unter 450 N (das Doppelte der Intel-Spezifikation, die Hälfte des letzten bekannten Schadenfalls) als unbedenklich eingestuft und nur aktiv von Kühlern abgeraten, deren Krafteinwirkung bereits statisch, ohne Erschütterungen das Intel-Limit für dynamische Lasten von 712 N überschreitet. Dieser Einschätzung fehlen in Anbetracht von Langzeitschäden durch einen maximal-760-N-Kühler angemessene Sicherheitsreserven. Aber wurde das Maximum auch ausgeschöpft?

Redakteure im Blindtest

Die fehlerhafte Backplatemontage hebelt nur die Anpresskraftbegrenzung des Dark Rock Pro 3 aus. Zur Überlastung der CPU kommt es erst, wenn der Anwender den neuen Spielraum ausnutzt und die Halterungsschrauben bis zum verschobenen Limit anzieht. Be Quiet hat sich in den hauseigenen Untersuchungen an die handwerkliche Definition von „handfest" gehalten: Schraubenzieher in die Faust und Kraftausübung nur aus dem Handgelenk. Dies reichte für das Maximum, also 760 N gemäß PCGH-Messung. Der zu überwindende Widerstand beim Anziehen der Schrauben ist aber dennoch hoch – dem erfahrenen Autor dieser Zeilen fiel bereits der zusätzliche Widerstand bei knapp 500 N auf, wenn zusätzlich zur Kühlerhalterung die Hauptplatine in Richtung der Kühlerbackplate durchgebogen werden muss. Spätestens ab 680 N liegt das benötigte Drehmoment über dem Niveau aller anderen getesten Kühler, obwohl Be Quiet vergleichsweise feine, leichtgängige Gewinde nutzt.

Um herauszufinden, wie Nicht-Kühlerfachredakteure mit dieser



Von links nach rechts: Ein Sockel-1151-Prozessor im Sollzustand, der eingesandte Core i7-6700K und ein Skylake-Pentium, den PCGH mit einem 910-N-Kühler durch die Redaktion geworfen hat. Die feine Wölbung in der Substratkante der letzt genannten CPUs fällt auf den ersten Blick kaum auf, repräsentiert aber einen irreparablen Schaden.

Situation umgehen, traten daraufhin acht Mitglieder der PCGH- und benachbarter Redaktionen zum Blindtest an. Keiner hatte jemals einen Dark Rock Pro 3 montiert, einige überhaupt noch nicht an PCs gebastelt, und alle wurden aufgefordert, den Kühler nach ihrem eigenen Ermessen festzuziehen. Ohne einen Blick in die Anleitung oder auf die Anzeige des Prüfstandes stoppten diese Probanden instinktiv bei einer Anpresskraft von 250 N bis 660 N. Die bastelerfahreneren Redakteure lagen zwischen 320 N und 450 N, der Gesamtmittelwert bei 420 N.

Und die letzten zwei Jahre?

Den fest angezogenen, aber nicht überdrehten Befestigungsschrauben der Dark-Rock-Pro-3-Haltebügel nach zu urteilen, dürfte der einsendende Leser eher am kräftigen Ende dieses Spektrums liegen. Er beschreibt sich aber als erfahrener Bastler, von dem keine Extremwerte jenseits des PCGH-Blindtests zu erwarten seien. Da umgekehrt trotz der großen Beliebtheit des Kühlers keine Schadensfälle von korrekt montierten Dark Rock Pro 3 bekannt sind, gehen wir für das 2015 zusammengebaute Lesersystem von einer Anpresskraft deutlich über dem Be-Quiet-Sollwert aus, aber auch deutlich unter dem mit gedrehter Backplate möglichen Maximum. Ein Wert zwischen 600 und 700 N erscheint plausibel. Das wäre eine mindestens 200 N geringere statische Belastung als bei den Schadensfällen von 2015, reicht aber eben doch für die Zerstörung von CPU und Mainboard nach zweijähriger Einwirkzeit.

Konsequenz: Neue Grenzen

Eine Neubewertung des PCGH-Bewertungsmaßstabes ist somit angebracht: Offensichtlich wird die maximal von Intel erlaubte dynamische Belastung (712 N) nicht über längere Zeiträume toleriert, sondern kann zu einer langsamen, dauerhaften Verformung von CPU und Sockel führen. Wer Prozessoren länger als zwei Jahre nutzen und Reserven für typische kleinere Stoßbelastungen im Alltag haben möchte, der sollte auf eine deutlich geringere statische Belastung achten. PCGH stuft ab sofort alle Kühler mit mehr als 550 N Anpresskraft als bedenklich ein und rät von deren Einsatz in Sockel-1151-Systemen ausdrücklich ab. Kleiner fällt die Anpassung unserer Unbedenklichkeitsschwelle aus: Die bisherigen 450 N liegen zu nah an den vermuteten 600 N bis 700 N des neuen Schadenfalls, um weiterhin als vollkommen sicher zu gelten. Andererseits gibt es viele Kühler am Markt, die zwischen 300 und 450 N liegen (rund ein Drittel aller von PC Games Hardware vermessenen Modelle) und von denen kein Schadensfall bekannt ist. Wir gehen daher weiterhin davon aus, dass statische Belastungen bis 400 N dauerhaft toleriert werden und nicht zum Ausfall von Skylake-, Kaby-Lake- oder Coffee-Lake-Prozessoren führen sollten. Vor Transporten oder anderen größeren dynamischen Belastungen sollten schwere Kühlkörper natürlich dennoch demontiert werden. Zwischen 400 N und 550 N verbleibt auch in Zukunft ein gelber Bereich, in dem wir Kühler auf Basis der knappen Informationslage weder verurteilen wollen, noch empfehlen können.

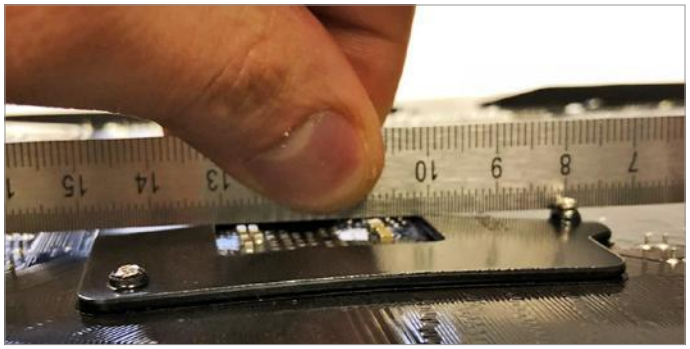
Anpassungen bei Be Quiet

Die Sicherheit des Dark Rock Pro 3 wurde seit Verkauf des Leserexemplars übrigens schon optimiert. Die erste Änderung führte 2016 zu einer Reduktion der Anpresskraft bei korrekter Montage um 50 N. Be Quiet reagierte damit auf die PCGH-Berichterstattung über empfindliche Skylake-Prozessoren und schuf zusätzliche Sicherheitsreserven für etwaige Langzeitschäden. Aus heutiger Sicht sieht der Hersteller aber auch bei Einsatz der originalen Ausführung keine Gefahr für Sockel-1151-Prozessoren. Die zweite Änderung erfolgte im September 2017, seitdem werden die Kühler mit einer neuen, in beliebiger Orientierung einsetzbaren Backplate ausgeliefert. *(tw)*

Fazit

RTFM – und die Spezifikationen auch

Bei Befolgung der Anleitung würde der i7-6700K des Lesers noch leben, aber der Fall erlaubt dennoch wichtige Einblicke in die Stabilitätsreserven von Sockel-1151-CPUs. Und stellt damit die Entwicklungsphilosphie einiger Hersteller in Frage. Analog zum DAU-Tipp „Read the f*****g manual" möchte man ihnen zurufen: Read the specs!

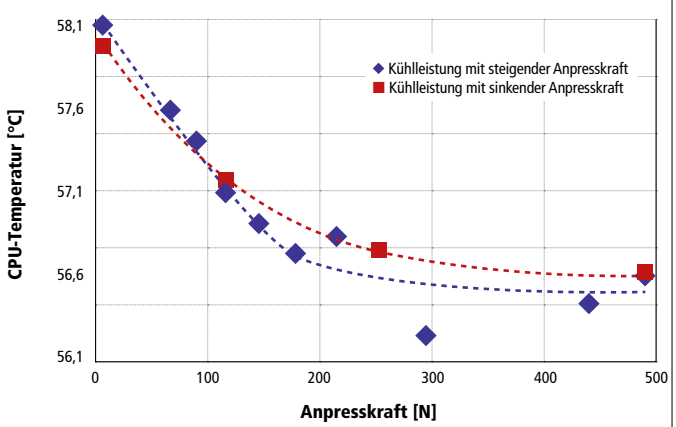


Nach zwei Jahren Dauerüberlastung hat sich sogar die sockeleigene Backplate verformt. Gut zu sehen: Die hervorstehenden Schraubenspitzen.



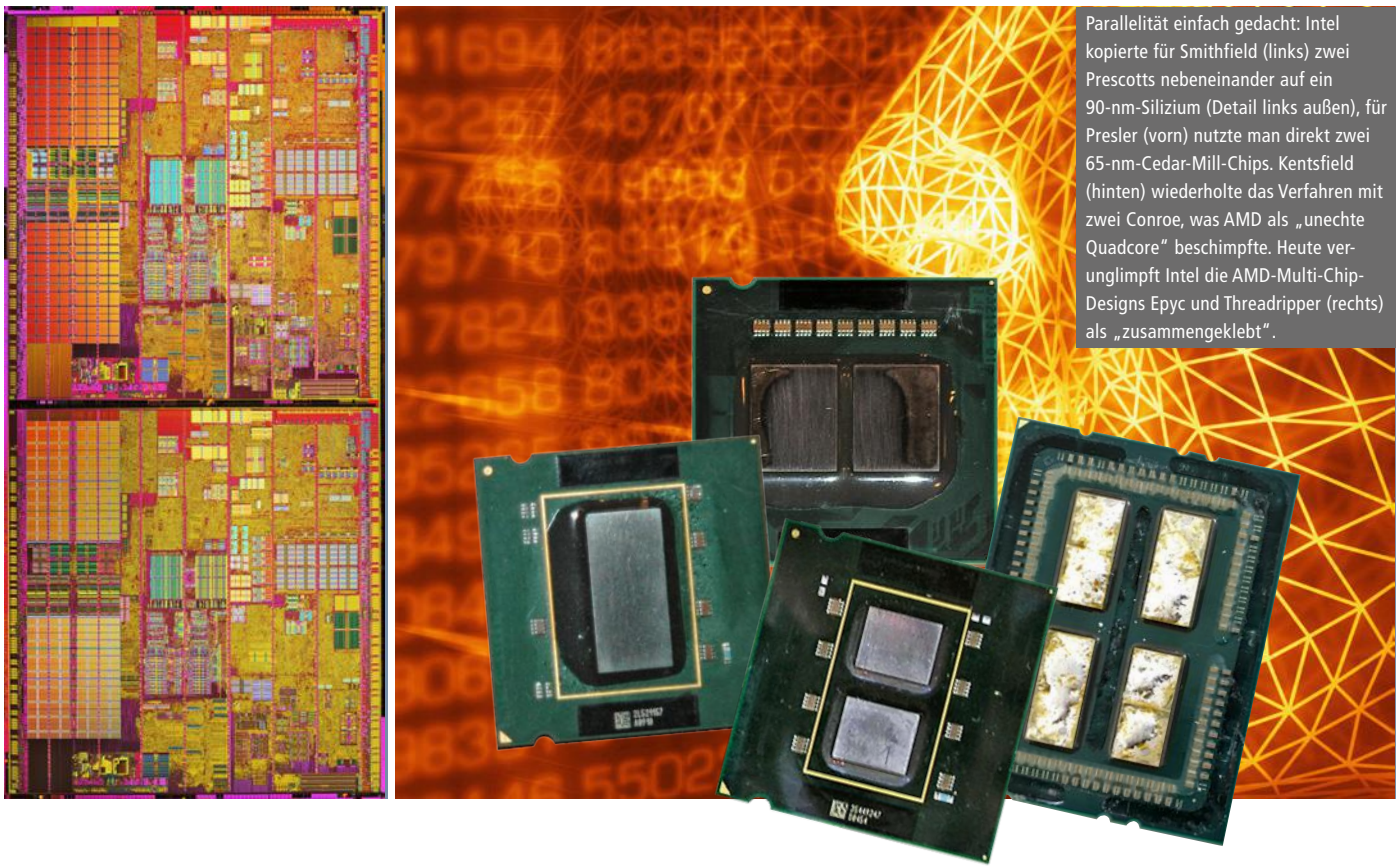
Die drei Schraubenspitzen auf der Rückseite der Sockelbackplate haben deutliche Spuren in der Isolierung der Kühlerbackplate des Lesers hinterlassen.

Steigt die Kühlleistung mit der Anpresskraft?



Gibt es einen Grund, gefährlich hohe Anpresskräfte anzustreben? Wir haben bei einem aktuellen Scythe-120-mm-Kühler Anpresskraft und Kühlleistung mit nur teilweise angezogener Halterung nachgemessen. Bereits komplett lose, nur durch einmaliges Andrücken während der Montage und seine eigene Gewichtskraft (6 N) auf der liegenden CPU gehalten, erzielte der Kühler akzeptable Temperaturen. Bis 200 N verbesserten sie sich deutlich um 1,5 Kelvin, mutmaßlich auch, weil die Wärmeleitpaste mit steigender Kraft besser verteilt wurde. Etwaige positive Effekte von Anpresskräften über 200 N liegen aber im Nachkommabereich und gehen in der Messungenauigkeit unter. Interessant: Lockerten wir die einmalig fest angezogene Halterung wieder, erhielten wir beinahe die gleichen Ergebnisse. In einer älteren Untersuchung mit einem Watercool Heatkiller 3.0 war die Kühlleistung dagegen nach einmaliger Wärmeleitpastenverteilung nahezu unabhängig von der Anpresskraft.

System: Scythe Kotetsu II auf Xeon E5-2687W (150 W TDP), 3,4 GHz/1,068 V unter Last; Gigabyte X79-UD7; Win 7 x64 SP1; Core Damage; EKL Alpenföhn Permafrost; offener Aufbau, frontaler Lüfter 180 mm 330 U/min



Parallelität einfach gedacht: Intel kopierte für Smithfield (links) zwei Prescotts nebeneinander auf ein 90-nm-Silizium (Detail links außen), für Presler (vorn) nutzte man direkt zwei 65-nm-Cedar-Mill-Chips. Kentsfield (hinten) wiederholte das Verfahren mit zwei Conroe, was AMD als „unechte Quadcore" beschimpfte. Heute verunglimpft Intel die AMD-Multi-Chip-Designs Epyc und Threadripper (rechts) als „zusammengeklebt".

Bilder: Modern_Tech; der8auer; Intel; PCGH

Simultane Rechenkünste

Mehrere Kerne pro CPU sowie mehrere Threads pro Kern sind heute üblich. Aber wie hat sich diese Form der Parallelverarbeitung eigentlich im Laufe der Zeit entwickelt?

Heutzutage ist es eine Selbstverständlichkeit, an einem PC mehrere Dinge gleichzeitig zu machen. Wenn die Fähigkeit zur Bearbeitung mehrerer Aufgabenstellungen überhaupt noch Beachtung findet, dann nur, weil die Software nicht mehr hinterherkommt – um die Leistung moderner Desktop-CPUs mit bis zu 36 logischen Prozessorkernen zu entfesseln, muss jedem einzelnen eine Aufgabe („Thread") zugewiesen werden. Insbesondere Spiele sind oft aber gar nicht in der Lage, so viele unabhängige, gleichwertige Threads zu generieren und werden dann für fehlende Mehrkernoptimierung gescholten.

Multitasking

Dem war nicht immer so. Vor zweieinhalb Jahrzehnten unterstützte das meist verbreitete Desktop-Betriebssystem MS-DOS nicht einmal die unabhängige Ausführung von zwei Anwendungen. Erst Windows 95 brachte die Fähigkeit zum sogenannten präemtiven Multitasking mit und konnte aus Perspektive des Nutzers mehrere Programme gleichzeitig laufen lassen – durch Trickserei. Auf Hardware-Ebene galt nämlich nach den Mitt-90er-Jahren noch lange: ein Prozessor, ein Kern, ein Thread. Die Microsoft-Desktop-Betriebssysteme bis einschließlich Windows Millennium täuschten ihre Fähigkeiten zur Parallelverarbeitung nur vor und schalteten schnell zwischen zwei Anwendungen hin und her. Tatsächlich wurde aber zu jedem Zeitpunkt nur eine Aufgabe berechnet. Offiziell änderte sich dies auf Software-Ebene erst mit Windows XP, ambitionierte Heimanwender stiegen aber schon vorher auf die Server-/Workstation-Umgebung von Windows 2000 um, die neben zahlreichen anderen Vorzügen auch die Unterstützung für mehr als einen Prozessor aus der ehemals rein professionellen Windows-NT-Produktlinie übernahm.

Multi-CPU

Bei Servern und High-End-Workstations waren mehrere physische Prozessorkerne schon lange verfügbar, Supercomputer hatten die Kraft der multiplen Herzen sogar schon kurz nach dem Erscheinen des ersten IBM-PCs für sich entdeckt. Von heutigen Integrationsdichten waren solche Systeme aber weit entfernt, bis zum Erscheinen von IBMs Dual-Core-Power4 im Jahre 2001 entsprach ein Prozessorkern immer auch (mindestens) einem einzelnen physischen Chip mit eigenem Package. Zur Jahrtausendwende begannen Enthusiasten dennoch mit Mehrkern-PCs in Form von Dual-CPU-Systemen zu experimentieren. Was heute aufgrund enormer Preisaufschläge kaum bezahlbar wäre, kostete damals „nur" knapp das Doppelte eines Single-Core-Systems, denn es gab noch keine Trennung zwischen Workstation- und Desktop-Markt. Alle Pentium-II- und einige -III-Modelle für Heimnutzer – mit dem richtigen Mainboard sogar günstige Celerons – waren prinzipiell Dual-CPU-fähig. Zudem ließ sich der damals übliche Front-Side-Bus von mehreren CPUs gleichzeitig nutzen, sodass auf Dual-Mainboards nur die Prozessorfassung und die Stromversorgung doppelt ausgeführt werden mussten. Aus Spielersicht blieb aber ein großes Problem: Da weder die Plattformen noch das Betriebssystem offiziell für Heimanwender

vermarktet wurden, gab es quasi keine Endverbraucher-Software, die mehr als einen Thread nutzte. Die doppelte Prozessorleistung konnte also ausschließlich für mehrere gleichzeitig laufende Programme genutzt werden.

Hyperthreading

Daran sollte sich in den nächsten Jahren nur wenig ändern. Auch nach der Verbreitung von Windows XP und dem ersten Server-Anlauf AMDs mit dem Athlon MP blieben Single-CPU-Single-Thread-PCs der Standard, für den Spiele entwickelt wurden. Der Weg in die Zukunft öffnete sich erst Ende 2002 einen Spalt breit mit dem Pentium 4 3,06 „HT“, ein Quartal später gefolgt vom restlichen Pentium-4-Portfolio in Form der Northwood-C-Generation. Hinter dem Namensanhängsel und Marketing-Schlagwort „Hyperthreading“ verbarg Intel eine weitere Technik aus dem Server-Bereich, mit der besonders IBM und DEC Erfolge gefeiert hatten. Simultaneous Multithreading (SMT) vervielfacht nur einen Teil der Verwaltungseinheiten eines Prozessorkerns und erweitert die anderen so, dass sie mehrere Threads gleichzeitig handhaben können. Im Falle der Pentium 4 HT präsentierte der Prozessor so gegenüber dem Betriebssystem zwei logische Prozessorkerne und konnte ebenso viele Threads gleichzeitig annehmen und bearbeiten.

Die Leistung war natürlich eingeschränkt, denn es gab weiterhin nur einen physischen Rechenkern. Dieser konnte zwar seit Pentium-1-Zeiten mehr als eine Transaktion gleichzeitig ausführen (Pentium 4: 2-fach skalar; Pentium III und AMD Athlon 3-fach), wurde von gut optimierter Software aber trotzdem beinahe vollständig ausgelastet. Das Schlüsselwort lautet „beinahe“: Je nach Nutzungsszenario wartet ein Prozessor ohne SMT dennoch bis zu 20 Prozent der Zeit auf langsamere Systembestandteile. Mit SMT kann in diesen Lücken ein zweiter Thread bearbeitet und die brachliegende Leistung freigesetzt werden. Ein weiterer willkommener Bonus: Während SMT-lose Single-Core-Systeme bei 100-prozentiger Auslastung durch eine (abgestürzte) Anwendung nur noch auf den Reset-Knopf reagierten, verarbeiteten Pentium-4-HT-Rechner zumindest noch Maus- und Tastatureingaben. Langfristig wichtiger waren sie aber als Grundlage für Software-Entwickler, denn die beiden logischen Kerne lassen sich genauso wie zwei physische ansprechen und profitieren von ähnlichen Optimierungen. Trotz eher geringer Leistungsgewinne hatte die Branche so ihr Henne-Ei-Problem überwunden – und das zu einem Bruchteil der Kosten eines vollwertigen zweiten physischen Kerns.

Dual Core

Dieser folgte im Sommer 2005, als innerhalb weniger Wochen Intels Pentium D respektive Pentium Extreme Edition und AMDs Athlon-64-X2- respektive FX60/62-Modelle das Zeitalter der Desktop-Dual-Core-CPUs einleiteten. Für Intel war der Schritt vergleichsweise einfach, denn der Pentium 4 nutzte noch immer das alte Front-Side-Bus-Konzept. Für die erste Pentium-D-Generation Smithfield wurden einfach zwei Pentium-4-Kerne nebeneinander auf den gleichen Silizium-Chip gepackt und die Datenanbindung durchgeschleift. Beim Topmodel ergab dieses Dual-CPU-on-a-Chip dank weiterhin aktivem Hyperthreading sogar vier aktive Threads. AMD hingegen entwickelte die neuen CPUs mit Blick auf den Server-Markt und spendierte ihnen eine aufwendige Crossbar, die beiden Kernen einen schnellen Zugriff auf die integrierte Northbridge erlaubte und in Kombination mit der allgemein überlegenen Athlon-64-Architektur für reichlich Testsiege sorgte – auch in Produktivszenarien, in denen die Pentium 4 zuvor dank ihrer Bedienbarkeit und trotz fehlender Rechenleistung auch bei hoher Systemlast beliebt waren.

Unabhängig vom Konzept hatten beide Baureihen eins gemeinsam: Sie konnten ihre verdoppelte Rohleistung noch zu Lebzeiten produktiv einsetzen. Im Gegensatz zu vielen anderen Neuerungen zahlte sich Dual Core nicht erst zwei Generationen später aus, denn dank der SMT-Vorarbeit waren schon zum Launch mehrere Programme mit passender Optimierung verfügbar. Selbst einige Spiele zeigten bereits leichte Performance-Verbesserungen, auch wenn Single-Core-CPUs dank ihres besseren



Bild: Cray Research Inc

Als erster Multi-CPU-Computer gilt der Cray X-MP, dessen bis zu vier Prozessoren jeweils aus einem ganzen Schrank voll verdrahteter Chips bestanden.



Ein Abit BP6 mit zwei Celeron 466 für 700 Mark drehte zur Jahrtausendwende Kreise um die schnellsten Single-CPUs – dafür müsste man heute 7.000 Euro investieren.

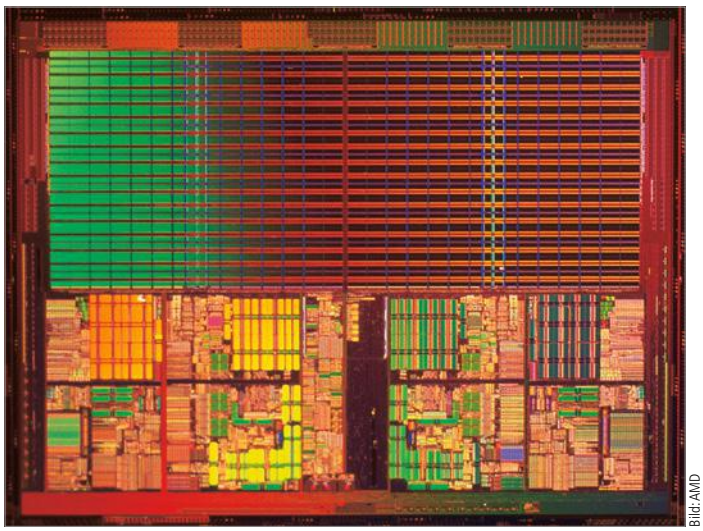


Bild: AMD

Obwohl man mit Hyper Transport einen schnellen CPU-CPU-Interconnect im Hause hatte, verband AMD die Kerne des Athlon 64 X2 mit einer noch schnelleren Crossbar.

Preis-Leistungs-Verhältnisses noch einige Zeit empfehlenswerte Spiele-CPUs darstellten. Insbesondere die erste Pentium-D-Generation machte sich zusätzlich durch hohe Abwärme und entsprechend niedrige Werkstaktraten unbeliebt.

Krieg der Kerne

Das änderte sich bereits gut ein Jahr später, als Intel die Pentium-4-Netburst-Architektur in Rente schickte und mit der Core-2-Generation nicht nur AMD vollkommen überrannte, sondern auch ein konsequentes „duo"-Portfolio an Zweikernern startete. Dank guter Preise, hoher Effizienz und brachialer Leistung in allen Szenarien fragte im Herbst 2006 niemand mehr, ob nicht ein Kern vielleicht doch ausreichen würde. Nach wenigen Monaten setzte Intel sogar noch eins drauf und stellte mit den Core 2 Quad eine verdoppelte Ausgabe der neuen CPUs mit gleich vier physischen Kernen vor – vielleicht auch, um trotz des Wegfalls von HT, weiterhin Topmodelle mit vier Threads anzubieten.

AMD hingegen war mit dem eigenen Quad-Core-Design K10 noch lange nicht fertig und konterte Intels Offensive auf eher ungewöhnliche Art. Zunächst wurden die Core 2 Quad als „unechte Quadcores" verunglimpft, da Intel erneut zwei (Dual-Core-)Prozessoren über den zunehmend limitierenden Front-Side-Bus verbunden hatte. Tatsächlich saßen, wie schon bei der zweiten Pentium-D-Generation Presler, zwei physisch getrennte Silizium-Chips auf einem gemeinsamen Substrat, sodass Intel für Core 2 Duo und Core 2 Quad nur ein Chip-Design fertigen musste. Das gleiche Prinzip nutzt AMD heute übrigens für Ryzen, Threadripper und Epyc, wobei diesmal Intel Letztere als „zusammengeklebt" kritisiert. Den Kunden war der Streit anno 2007 egal, denn die „unechte" Quad-Core-Leistung überzeugte und tatsächlich sind einige stark übertaktete Q6600-Exemplare auch heute, über 10 Jahre später, noch im Spieleeinsatz. Von AMDs verzweifelter Hardware-Antwort „Quadfather" mit zwei umgelabelten Dual-Core-Opteron-Prozessoren kann man dies nicht behaupten. Entsprechende Dual-Sockel-Mainboards waren quasi nicht verfügbar und selbst die Prestigewirkung ging verloren, als Intel mit dem Xeon-basierten „Skulltrail" ein vergleichbares Konzept hervorzauberte – demonstrativ mit zwei Quad-Core-CPUs, denen sogar jeweils ein eigener Front-Side-Bus spendiert wurde.

Hex, Hex – HT-Revival

Die nächsten Schritte in Richtung massiv paralleler Datenverarbeitung ließen nach der Kern-Explosion von 2006/2007 auf sich warten. AMD behob zwar bis zum Sommer 2008 die gröbsten Fehler des K10-Designs, wegen zu niedriger Taktraten waren die resultierenden Phenom-I-Prozessoren aber trotz ihres nativen Quad-Core-Aufbaus mit erneut sehr leistungsfähiger Crossbar nicht in der Lage, Intels zunehmend verfeinerte Core-2-Riege zu schlagen. Intel wiederum konzentrierte sich auf die lange Zeit vernachlässigte Infrastruktur und wechselte 2008/2009 mit den „Bloomfield"-Core-i7 für Sockel 1366 endlich vom Front-Side-Bus auf einen integrierten Speichercontroller. Zusätzlich gab es Architektur-Verbesserungen und die Wiedereinführung von SMT alias Hyperthreading für insgesamt acht logische Kerne – physisch blieben die nun ebenfalls monolithischen Prozessoren aber Vierkerner. Im Massenmarkt behielt Intel diese 4c/8t-Konfiguration beinahe 10 Jahre (bis 2017) bei, für zahlungswillige Enthusiasten erschienen dagegen im Jahr 2010 die ersten Sechskerner auf Gulftown-Basis. AMD brachte das Hexacore-Konzept im gleichen Jahr auch in die Ober- und später in die Mittelklasse, wenn auch nicht ganz freiwillig: Die Phenom II hatten zwar alle Schwächen ihrer Vorgänger abgelegt, waren trotz sechs Rechenherzen aber nur in der Preisklasse von Intels Sandy-Bridge-Vierkernern konkurrenzfähig. Verantwortlich für die Stagnation der Thread-Zahlen war aber nicht zuletzt die Software: Nach dem SMT-geförderten Schnellstart der Dual-Core-CPUs dauerte es Jahre, bis Vierkerner voll ausgelastet wurden, und selbst heute, 10 Jahre später, stoßen viele Spiele-Engines bei sechs physischen (Phenom II) respektive vier physischen und acht logischen Threads (Bloomfield) an die Grenzen ihrer Parallelisierbarkeit.

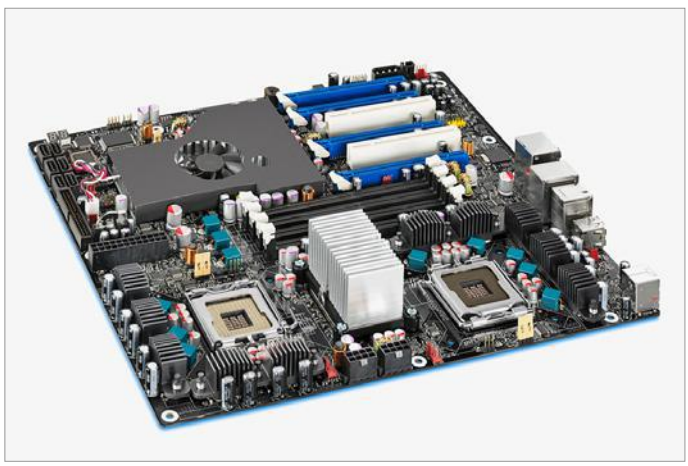


Bild: Intel

Im ersten Krieg der Kerne versuchte AMD, den Core 2 Quad mit Dual-CPU-Opteron-„Quadfather"-Systemen zu schlagen. Intel konterte mit Skulltrail für zwei Vierkerner.

CMT

Dies hinderte AMD nicht daran, im Jahr 2011 mit Bulldozer eine neue, stärker auf Parallelverarbeitung ausgelegte Architektur zu präsentieren. Clustered Multithreading alias CMT sorgte hier ebenfalls für eine Verdoppelung der logischen Kerne und somit gleichzeitig bearbeitbarer Threads, ohne dass sich der Produktionsaufwand verdoppelte. So bot nun auch AMD Prozessoren mit acht Threads in Mittel- und Oberklasse an. Im Gegensatz zu Intels SMT-Vierkernern sind bei Bulldozer aber nicht nur Verwaltungseinheiten achtfach vorhanden, stattdessen greifen die zwei logischen Kerne jedes der vier CMT-Module tatsächlich auf viermal zwei getrennte Integer-Bereiche zur Berechnung von Ganzzahl-Operationen zurück – AMD spricht von „echten Achtkernern", die Fachpresse konzentriert sich aber eher auf „vier Module" und vergleicht fortan Intels 4c/8t-Ansatz mit AMDs 4m/8t. Der Grund sind die für Multimedia-Anwendungen benötigte Fließkomma-Einheit und der für die Aufbereitung aller Befehle wichtige Decoder, die beide nur einmal je Modul vorhanden sind und von den Integer-Kernen gemeinsam genutzt werden. Letztere arbeiten zudem nur je zwei Befehle gleichzeitig ab, während Phenom-Vorgänger und die damalige Intel-Konkurrenz dreifach skalar aufgebaute Kerne nutzten.

Im Duell AMD-Modul gegen Intel-Kern stand es somit 2×2 zu 3 für Ganzzahl-Einheiten und gar nur 2 zu 3 bei den Fließkomma-Pipelines – wobei die Mächtigkeit Letzterer bei Intel anfangs geringer ausfiel, mit folgenden Generationen aber bis weit über das Niveau von Bulldozer stieg. Das prominenteste Problem von AMDs Desktop-Modellen blieb bis 2017 aber der allgemein komplexe Aufbau und die geringe Leistung je Integer-Einheit. Die meisten Desktop-Anwendungen waren und sind nicht in der Lage, ihre Rechenlast gleichmäßig über acht Threads zu verteilen, sodass selten alle logischen Kerne der Bulldozer-Prozessoren ausgelastet wurden. Insbesondere in schwer Multithread-optimierbaren Spielen fielen die CPUs anfangs sogar hinter die eigenen Vorgänger zurück, weil sie ihre Leistung nicht auf wenige Threads konzentrieren konnten. Die einzige mögliche Gegenmaßnahme waren höhere Taktraten und Rekord-Jäger erreichen mit dem ursprünglich als Pentium-4-Konkurrent entwickelten Bulldozer tatsächlich die höchsten, jemals für x86-CPUs verzeichneten Übertaktungsergebnisse. Endkunden akzeptierten die damit einhergehende Wärmeentwicklung aber nicht und so stellte AMD die Entwicklung von High-End-Desktop-Prozessoren quasi ein. Die dritte Bulldozer-Generation ohne Decoder-Flaschenhals erschien nur noch für untere Marktsegmente und es dauert lange, bis AMD wieder neue Multithreading-Impulse setzte.

2017: Ryzen

Intel war Anfang der 2010er-Jahre besser aufgestellt und entwickelte auf Basis der Sandy-Bridge-, Ivy-Bridge- und Haswell-Generation

Server-Prozessoren mit bis zu 18 Kernen. Nicht zuletzt wegen der fehlenden Konkurrenz durch AMD sahen Endkunden davon aber wenig: Die Desktop-Core-i7-Palette bestand von 2010 bis 2014 aus Vierkernern für die Sockel-115X-Oberklasse und maximal Sechskernern für die Enthusiast-Plattform Sockel 2011, jeweils mit SMT ausgestattet. Haswell-E brachte Ende 2014 immerhin die erste 8-Kern-16-Thread-CPU auf den Desktop-Markt und 2016 steigerte sich Intel beim Nachfolger Broadwell-E auf 10c/20t. Bei einem Preis von zuletzt 1.500 Euro blieben diese Flaggschiffe für die Mehrheit der Anwender aber ohne Bedeutung. Sowohl in Spiele-Rechnern als auch für Software-Entwickler bleiben 4c/8t respektive AMDs 4m/8t lange Zeit das Maximum, für das neue Software optimiert wird.

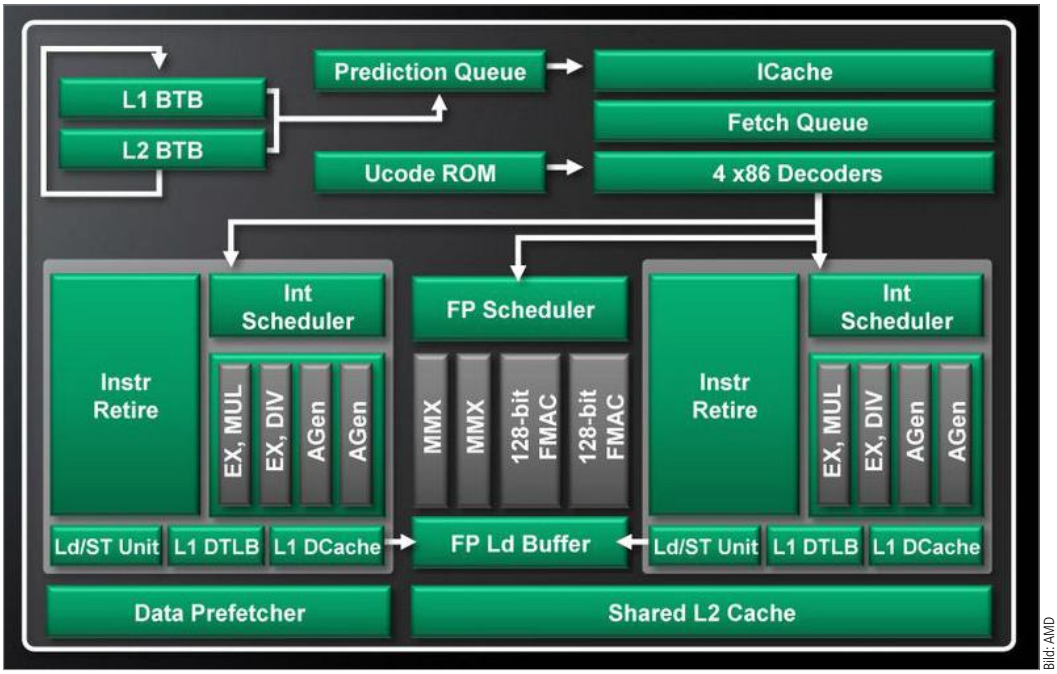


Bild: AMD

1,5-Kerner: AMDs Marketing betonte die zwei Integer-Kerne der Bulldozer-Module. Diese enthielten aber auch zusammen nur eine Pipeline mehr als ein Vorgänger- respektive Konkurrenz-Kern und teilten sich außerdem Fließkomma- und Decoder-Einheit.

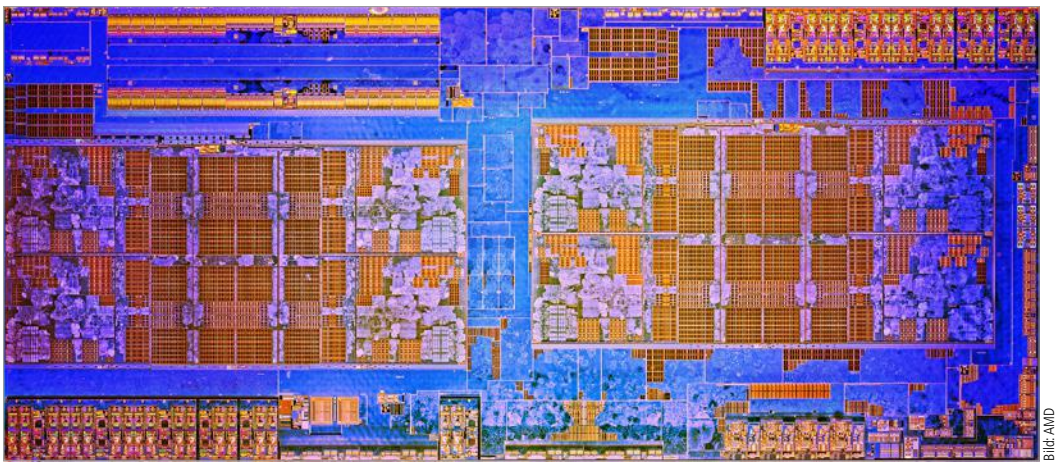


Bild: AMD

Puzzle: Der aktuelle zweite Krieg der Kerne begann mit AMDs modularer Zen-Architektur. Basis sind CCX-Cluster aus vier vollwertigen Rechenkernen. Zwei Cluster ergeben einen Achtkern-Chip, von denen bis zu vier zusammenarbeiten können (siehe Aufmacher).

Erst im Frühjahr 2017 ändert sich dies – und zwar radikal. AMD bringt mit Ryzen nicht nur eine komplett neue Architektur (jetzt ebenfalls mit SMT) auf den Markt, sondern auch vollwertige Achtkerner in die Oberklasse sowie 6c/12t zu Mittelklassepreisen. Intel muss auf den massiven Druck reagieren und anstelle der erwarteten maximalen 10 Kerne und 20 Threads waren für die 2017er Enthusiast-Generation auf einmal 12 oder 14 Kerne im Gespräch, als AMD noch einmal nachlegt und zwei Ryzen-Achtkerner in einem Package platziert. „Threadripper" bietet 16 Kerne und 32 Threads und kostet 30 Prozent weniger als das Broadwell-E-10c/20t-Modell. Um die Performance-Krone zu sichern, veröffentlicht Intel im Herbst 2017 den eigentlich nur für Xeon-Workstations gedachten 18-Kern-Vollausbau von Skylake X auch für Endkunden. Parallel dazu führt man in der Ober- und Mittelklasse nach einem Jahrzehnt Quadcore-Stagnation die ersten Sechskerner ein – gut 12 Jahre nach Athlon 64 X2 und Core 2 Quad ist das Rennen um mehr Kerne wieder in vollem Gange.

Wo bleibt die Software?

Für 2018 soll Intel an achtkernigen Coffee-Lake-Modellen für die Oberklasse arbeiten und beim Skylake-X-Nachfolger sind bis zu 22 Kerne im Gespräch. Von AMD wiederum erwarten viele spätestens 2019 eine zweite Zen-Generation mit 50 Prozent mehr Kernen, also 12 in der Ober- und bis zu 24 in der Enthusiast-Klasse. Logische Kerne sind jeweils doppelt vorhanden – SMT ist nach rund 15 Jahren Standard und wird nur zur Produktdifferenzierung in günstigeren Angeboten deaktiviert. Weiterhin keine Selbstverständlichkeit ist aber eine gute Software-Unterstützung für derart massiv auf Multithreading ausgelegte Architekturen. Tatsächlich kommt es bei mehr als 31 Threads sogar in mehreren Anwendungen zu Kompatibilitätsproblemen, Spieler profitieren aktuell quasi nie von mehr als acht realen Kernen.

Dies wird sich auch in Zukunft nur langsam ändern, denn die von AMD initiierte Verdoppelung der Kernanzahl in allen Klassen binnen eines Jahres lässt nicht nur die für Endkunden verfügbare Leistung weit schneller ansteigen als Software-Entwickler erwartet haben. Vielmehr nähert sich das Wettrüsten im CPU-Markt auch rasant den Grenzen des technisch Sinnvollen: Mit jedem weiteren Thread steigt der Aufwand, um alle parallel erfolgten Berechnungen zu koordinieren, und gerade linear ablaufende Software mit zahlreichen interagierenden Komponenten lässt sich nur mit großem Aufwand überhaupt parallelisieren – wie soll ein CPU-Kern die Explosion einer Granate berechnen, wenn sein Nachbar noch an Flugbahn und Einschlagsort herumrechnet? Es dürfte einige Jahre Entwicklung brauchen, ehe Spiele mit acht verfügbaren Kernen auch tatsächlich doppelt so flüssig laufen wie mit vier. Und die geballte Leistung von 32 oder mehr Threads wird für einige Anwendungen möglicherweise nie ausgereizt, sondern allenfalls zur parallelen Bearbeitung weiterer Hintergrundanwendungen genutzt werden. *(tv)*

Infrastruktur



Frank Stöwer
Gehäusepapst
E-Mail: fs@pcgh.de

Kommentar

Brauchen Spieler wirklich ein Gehäuse mit Panoramablick auf die Hardware und ist eine GPU-Show per Riser ein Kühlrisiko?

Als selbsternannter PCGH-Gehäusepapst ist mir schon seit Längerem, spätestens aber bei der Anfertigung meines Gehäusetests in dieser Ausgabe (siehe Seite 82 ff.) aufgefallen, dass die Hardware-Heime seit dem Boom der RGB-Beleuchtung längst keine schlichten Metallkästen mehr sind. Ganz im Gegenteil sind (Gamer-) Gehäuse mittlerweile mit gläsernen Seitenteilen, Deckeln, Fronten oder gar einer Vollverglasung bestückte Hingucker, die einen sehr großzügigen Einblick auf die Hardware im Inneren geben. Dazu kommen dann oft noch ein bunt beleuchteter Frontbereich, LED-Leisten oder Lüfter, deren RGB-Lichtspielereien mithilfe einer speziellen Steuerungseinheit, per Knopfdruck am Frontpanel, per Mainboardfunktion (Asus Aura/Gigabyte RGB Fusion/MSI Mystic Light) oder gar per Fernbedienung geregelt werden.

Mittlerweile gibt es neben der „Lightshow" außerhalb einer Hardwarebehausung immer öfter noch eine im Innenraum. Als wäre das nicht genug, bieten die Hersteller sogar Cases an, bei denen eine (RGB-beleuchtete) Grafikkarte per Riser-Modul hochkant eingebaut wird, um besonders gut sichtbar zu sein. Das letztgenannte Showelement könnte sich jedoch als problematisch erweisen, denn wenn die Grafikkarte sehr nah an der Glasscheibe sitzt, wird es den Lüftern schwer möglich sein, unverbrauchte Luft zur Chipkühlung herbeizuschaffen. Damit wird dieser Showeffekt vielleicht eher zum Problem, als dass er optisch unterhaltsam ist. Zumindest liegt diese Vermutung nahe – wie das Ganze in der Praxis aussieht, können Sie im Artikel „Kühlere GPU dank GPU-Riser" ab Seite 32 nachlesen. Vielleicht kann mich Kollege Wilke ja überzeugen, dass auch eine hochkant eingebaute GPU vor einer dicken Glasscheibe einen kühlen Chip behält.



Spieleprofile für den Monitor

Für Mäuse und Tastaturen kennt man bereits Profile, welche je nach Spiel automatisch die Hardware-Einstellungen ändern. MSI bietet das nun erstmals für Monitore. Die MPG-Modelle stehen vor der Markteinführung.

WQHD mit 144 Hz ist aktuell der bestmögliche Kompromiss aus hoher Auflösung und hoher Bildwiederholrate. Doch das eigentliche Killer-Feature des neuen MSI-Monitors ist unserer Ansicht nach die Software-Steuerung. Man muss sich nicht mehr umständlich per Tasten durch das Menü klicken – das geht nun einfach per Maus am Desktop. Noch besser: Die Profile können mit Exe-Dateien verknüpft werden, wie man es von Peripherie-Apps her kennt. Damit ist MSI aktuell konkurrenzlos. Das gilt auch für die RGB-Leiste am unteren Rand, die zugegeben Geschmacksache ist, aber per App individuell programmiert werden kann.

Abgesehen von den nützlichen Softwareprofilen gefällt uns der hohe Kontrast über 2.800:1, den das VA-Panel mitbringt. Der niedrige Schwarzwert lässt die Farben schön knackig wirken, was der Bildqualität zu Gute kommt. Mit durchschnittlich nur 4,1 Millisekunden messen wir außerdem relativ kurze Reaktionszeiten, die es mit einem schnellen TN-Panel aufnehmen können. Trotzdem schafft es MSI leider nicht, die Schlieren mittels Overdrive oder Low-Motion-Blur-Technik zu reduzieren. Die marketingträchtige Angabe von einer Millisekunde dürfte das Modell weder im Grauwechsel noch in der sogenannten Moving Picture Response Time (MPRT) erreichen. Selbst mit Low Motion Blur sind Schlieren noch sichtbar, das schaffen andere Modelle einfach besser.

Für einen Freesync-Monitor ist der gelistete Preis von ca. 740 Euro ziemlich stattlich. In der Region gibt es bereits gute G-Sync-Modelle mit IPS-Panel in gleicher Auflösung und Bildwiederholrate, die weder im Input Lag noch in den Reaktionszeiten langsamer sind. Aber noch ist der MSI MPG27CQ ja nicht lieferbar. *(mc)*



Mackie Pro DX4

Ein Digitalmixer zählt nicht zu den üblichen PC-Komponenten. Doch Mackies Pro DX4 könnte auch Desktop-Audiofans interessieren.

Manchmal kann es sich lohnen, den Blick etwas über den Tellerrand schweifen zu lassen. Bei PCGH bemühen wir uns, das hin und wieder zu tun, insbesondere bei Audio-Komponenten. Denn häufig gibt es gute und günstige Alternativen zu spezifischer PC-Hardware. Aus diesem Grund testen oder empfehlen wir sporadisch Hifi-Kopfhörer oder Studiolautsprecher.

Auch Mackies Pro DX4 ist keine übliche PC-Hardware, wohl aber für einen solchen geeignet. Der Digitalmixer wird per 3,5-mm-Klinke verbunden, des Weiteren stehen zwei Mic-Line-In-Verbindungen via XLR-Klinken-Kombistecker zur Verfügung. Außerdem kann das Pro DX4 mittels Bluetooth genutzt werden – zwei Geräte können gleichzeitig genutzt werden, um dem Mixer kabellos Audiomaterial zuzuspielen. Insgesamt können vier Kanäle gleichzeitig genutzt werden. Mit Smartphone oder Tablet (iOS, Android) kann auch eine App heruntergeladen werden. Mit dieser kann die intuitive, doch aufgrund der wenigen, häufig doppelt belegten Taster und Regler auch etwas fummelige Handhabung des DX4 via Touchbedienung erfolgen. Außerdem steht mit der App ein größerer Funktionsumfang zur Verfügung, etwa erweiterte Equalizer und Audio-Effekte für jeden Kanal.

Letztere können gleichzeitig genutzt, untereinander abgemischt und gar mit Effekten ausgestattet werden. Sie können also beispielsweise Ihren PC per Klinke verbinden, dazu einen MP3-Player mit Musik und zusätzlich via Smartphone ein Hörbuch abspielen und diese Kanäle nach Ihren Wünschen abmischen. Sie können natürlich auch ein oder zwei Mikrofone anschließen, eins für die Akustik-Gitarre, eins für Gesang und Ihre angeschlossenen Lautsprecher oder auch Ihren PC (eventuell mit laufender Aufnahme-Software) bespielen. Oder Sie nutzen den Pro DX4 einzig dazu, Ihrem PC via Bluetooth Audio zuzuspielen oder Ihre (analoge) Anlage mit Wireless-Funktionen auszustatten. Die Möglichkeiten sind groß. Der Pro DX4 kann jedoch in noch einem Punkt sehr nützlich sein: Studiolautsprecher, zuletzt von uns in der Ausgabe 08/2017 getestet, haben häufig PC-unkonforme Anschlüsse in Form von XLR oder 6,5-mm-TRS-Klinke. Letztere können direkt am Pro DX4 angeschlossen werden. Sie





ersparen sich bei entsprechenden Studioboxen also nicht nur Adapter-Chaos, sondern können die zumeist getrennt regelbaren Boxen außerdem bequem mit einem Gerät oder sogar kabellos bedienen. Der DX4 kostet faire 110 Euro, der 8-Kanalmixer DX8 etwa 150 Euro. *(pr)*



Gehäuse-Frühjahrskollektion



Das Frühjahr ist guter Zeitpunkt, Ihrem PC einen Großputz oder Ihrer Hardware ein neues Heim zu spendieren. Wenn Sie einen Gehäuseneukauf planen, wie wäre es mit einem mittelgroßen Mittelklassemodell?

Obwohl der Frühling zumindest in der Natur alles neu entstehen lässt, dürfen Sie von der Gehäuse-Frühjahrskollektion seitens der Hersteller keine Innovationsflut erwarten. Seitenteile aus (getöntem) Hartglas und eine gläserne Front, die Einblicke ins Innere geben, aber gleichzeitig auch die Dämmung ersetzen sollen, gehören schon länger zu den wichtigen Ausstattungsmerkmalen der Hardwareheime. Um die Midi/Big-Tower mit Panoramablick in den Innenraum auch von außen auffällig zu präsentieren, hat sich mittlerweile die RGB-Beleuchtung in der Gehäusesparte etabliert. Mit Ausnahme des Corsair Carbide 275R sind zum Beispiel auch alle Testkandidaten hier Lichtspieler, die entweder mit dezenten Lichtelementen an der Front (Enermax Equilence) respektive einer RGB-LED-Leiste (Coolermaster MC600P) oder gleich mit drei oder vier bunt beleuchteteten Lüftern (Sharkoon TG5 RGB, LC-Power Gaming 993B, Inter-Tech W-III RGB) optisch auf sich aufmerksam machen. Während uns die Steuerung der RGB-Lüfter per Modul, das mit der Hauptplatine verbunden wird (Asus Aura Sync, MSI Mystic Light Sync und Gigabyte RGB Fusion Ready), schon bei mehreren Gehäusetests begegnet ist, war das Regeln der bunten Lüfter per Fernbedienung (LC-Power Gaming 993B, Inter-Tech W-III RGB) auch für uns eine Premiere.

Bei der Innenraumgestaltung hat sich das Zweikammersystem durchgesetzt. Das hält die vom Stromgeber abgestrahlte Wärme vom Innenraum fern und es stehen alternative Befestigungsmöglichkeiten für 2,5-Zoll-SSDs/-HDDs auf der Rückseite des Mainboard-Trays und teils auf der Netzteilkammer bereit. Das Zweikammerdesign eignet sich auch für Wakü-Fans. Die bevorzugen einen laufwerksfreien Innenraum, um im Frontbereich oder Deckel große und hohe Radiatoren anbringen zu können.

Coolermaster Mastercase MC600P: Flexibilität beim Einbau, gute Ausstattung und Kühlung – das garantiert den Testsieg. Mit einer LED-Leuchtleiste am unteren Ende der magnetisch befestigten, nicht gedämmten Frontabdeckung hat Coolermasters MC600P zwar ein RGB-Lichtelement auf Lager, der Ausstattungsfokus liegt bei dem Hybrid aus Midi- und Big-Tower mit 70 Liter Innenraumvolumen jedoch auf der höchstmöglichen Modularität beim Hardwareeinbau. Wie bei allen Mastercase-Modellen haben Sie auch hier bei der Innenraumgestaltung die freie Wahl, selbst das Trennblech für das Netzteil und den 3,5-/2,5-Zoll-Laufwerkskäfig lässt sich teilweise demontieren. Für 2,5-Zoll-HDDs/-SSDs gibt es optionale Halterungen auf der Netzteilabdeckung oder an der Rückseite der Platinenbefestigung.



Bilder: Sharkoon, Enermax, Inter-Tech

Die extern erreichbaren 5,25-Zoll-Einbauplätze für optische Laufwerke können Sie ebenfalls ausbauen, um das MC600P beispielsweise mit Radiatoren zu bestücken (Front: bis 360 mm, Heck bis 140 mm und Deckel bis 280 mm). Für die Luftkühlung stehen auch ausreichend Lüfterplätze bereit (siehe Testtabelle). Zu den weiteren Extras, welche für die beste Ausstattungsnote im Test sorgen, gehören ein magnetischer Staubschutz an Front und Deckel, ein verschiebbarer Hecklüfter, ein Kabelführungssystem mit Klettverschluss, die Panelabdeckung, sowie das sogenannte Air-Vent-System für einen optimal geregelten Luftfluss.

Diese Technik besteht aus vier schmalen Luftein- (Front) respektive Luftauslässen (Deckel/Heck) an den Kanten des MC600P, die für einen kontinuierlichen Luftstrom im Innenraum sorgen. Dieser Luftstrom kann verstärkt werden, indem die per Magnet befestigten Abdeckungen von Front und Deckel leicht angehoben werden. Wie unsere Temperaturmessungen zeigen, reicht der reguläre Luftstrom aber schon aus, um unsere Testhardware (i7-6700K, GTX 1070) mit den drei mitgelieferten 140-mm-Lüftern etwas bessser als gut zu kühlen (CPU: 64,0 °C, GPU: 70,0 °C, Innenraum: 34,1 °C). Zusammen mit einer Lüfterlautheit von 1,2/1,4 Sone garantiert das knapp den ersten Platz.

Enermax Equilence: Leiser, bezahlbarer Midi-Tower mit Panoramablick und guter Kühlleistung. Die Frontanschlüsse des von Enermax als „der Schalldämpfer“ (Silencer) bezeichneten Equilence werden mit rotem Licht hervorgehoben und das Frontpanel mit Hochglanzoptik ist mit dem rot strahlenden Herstellernamen verziert. Trotzdem ist die Beleuchtung beim Equilence nur ein Gimmick. Das Hauptausstattungsmerkmal ist die Dämmung, die aus je einer Matte für das Seitenteil, die Frontabdeckung sowie den Deckel besteht. Das 4 mm dicke Seitenteil aus Glas übernimmt ebenfalls eine geräuschmindernde Funktion. Zu diesem Zweck liegt die Scheibe auf einer ca. 1 mm dicken Isolierschicht aus Moosgummistreifen, die auf den äußeren Rand des Chassis geklebt ist. Der Innenraum präsentiert sich im Zweikammerdesign, wer möchte, kann den Bereich frei von Laufwerken halten und zwei 2,5-Zoll-SSDs/-HDDs auf der Rückseite des Mainboard-Trays oder in die beiden 3,5-/2,5-Zoll-Kombi-Laufwerkshalterungen im vorderen Bereich der Netzteilkammer montieren. Wem egal ist, wo sich die Datenspeicher im Gehäuse befinden, kann auch die beiden vertikal angeordneten Extrahalterungen hinter dem Frontpanel nutzen. Zusätzlich lässt sich jede der Halterungen auch für die Montage eines 120-mm-Lüfters (alternativ: 240-mm-Radiators) einsetzen. Obwohl das Enermax Equilence für eine sehr gute Dämmung auf eine geschlossene Bauweise setzt, sind ausreichend Lüfterplätze vorhanden. Eine optionale Montagemöglichkeit bietet beispielsweise der Deckel. Der ist dank Magnetbefestigung besonders leicht entfernbar und macht Platz für bis zu drei 120-mm- oder zwei 140-mm-Luftquirle. Zum weiteren Lieferumfang gehören eine dreistufige Lüftersteuerung, Staubschütze für die Front (magnetisch) und den Boden (Schiebemechanismus) sowie zwei 120-mm-Lüfter (Front) und ein 140-mm-Heckpropeller.

Diese Lüftergrundausstattung garantiert eine gute Kühlung (Wer-

CM Mastercase MC600P

Die Modularität genießt bei der Ausstattung des MC600P einen genauso hohen Stellenwert wie Coolermasters Air-Vent-Technik (leicht anhebbare magnetischen Abdeckungen von Deckel und Front). Letztgenannte resultiert in der niedrigsten GPU-Temperatur im Test (70 °C). Die CPU wird dagegen mit 64 °C wärmer als beispielsweise im Corsair Carbide 275R.





Bei der Gestaltung des Innenraums und Deckels hat man beim MC600P viele Freiheiten. Coolermaster bietet sogar einige optionale Bauteile an.



Passend platzierte Durchlässe und ein Führungssystem mit Klettverschluss und Abdeckung erleichtern die Kabelverlegung aller Strips im MC600P. Die 3,5-/2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen können einzeln demontiert werden.

Enermax Equilence

Enermax' am Frontpanel beleuchteter Midi-Tower mit großzügigem Panoramablick kombiniert eine ordentliche Ausstattung (u.a. Deckel mit Magnethalterung) mit einer guten Kühlleistung (CPU: 66,0 °C, GPU: 73,0 °C, Innenraum: 32,5 °C) sowie effizienten Dämmung (1,2/1,3 Sone).





An die Halterung, die sich hinter den beiden 120-mm-Frontlüftern befindet, lassen sich zwei 120-mm-Lüfter oder 2,5-Zoll-SSDs anschrauben.



Wer möchte, kann den Innenraum frei von Laufwerken halten und zwei 2,5-Zoll-SSDs/-HDDs auf der Rückseite des Mainboard-Trays oder in die 3,5-/2,5-Zoll-Kombihalterungen im vorderen Bereich der Netzteilkammer montieren.

tung: 2,12), bei der weder die CPU mit 66,0 °C noch die GPU mit 73,0 °C zu warm wird (Innenraum: 32,5 °C). Die Dämmung erfüllt ihren Dienst wie beworben mit Bravour, das untermauern die Lautheitswerte von gerade einmal 1,2/1,3 Sone.

Sharkoon TG5 RGB: Ordentlich ausgestatteter, bunt beleuchteter Spartipp mit guter und leiser Kühlung. Die Ausstattung des Sharkoon TG5 RGB fällt nicht so gut aus wie beim Erst- und Zweitplatzierten. Die Extras, die Sharkoon dem mit einer gläsernen Front und einem Seitenteil verzierten TG5 RGB spendiert, können sich aber gerade in Anbetracht des günstigen Preises von 80 Euro dennoch sehen lassen. Neben dem laufwerksfreien Innenraum im Zweikammerdesign ist das wichtigste Feature des gerade auf den Markt gekommenen Sharkoon TG5 die RGB-Beleuchtung für die vier 120-mm-Lüfter (3 × Front, 1 × Heck). Zusätzlich zu den Propellern gehört ein LED-Strip sowie ein 6-fach RGB-Verteiler mit zum Lieferumfang. Letzterer ist zu Hauptplatinen mit 12V-G-R-B-Anschluss kompatibel und übernimmt die Steuerung, Synchronisierung und Beleuchtung der Lüfter und Lichtleiste per Mainboard-Software (Asus Aura, Gigabyte Fusion sowie MSI Mystic Light). Für Platinen ohne passenden Anschluss hat Sharkoon eine manuelle Farbsteuerung mit DIP-Schaltern auf Lager.

Laufwerke können Sie, wie beim Zweiraumdesign üblich, auf der Rückseite der Mainboardhalterung (2 × 2,5 Zoll), der Oberseite der Netzteilkammer (2 × 2,5 Zoll) oder in den dort verschraubten 3,5/2,5-Zoll-Kombikäfig einbauen. Eine Einbaumöglichkeit für zusätzliche Lüfter ist bei der sehr ordentlichen Grundbestückung aber nur noch in dem mit einem magnetischen Staubschutz versehenen Deckel vorhanden. Dort wäre auch Platz für einen 360-mm-Radiator, mit selbigem Wärmetauscher könnten Sie auch die Front bestücken (Heck: maximal 120-mm-Radiator). Bei unserer Testhardware jedenfalls war eine solch aufwendige Wasserkühlung nicht notwendig. Wir messen 67,0 °C für die CPU, 73,0 °C für den GPU und 41,5 °C für den Innenraum (Note: 2,26). Erfreulicherweise gehen die drei Propeller

ANZEIGE

PCGH Digital-Abo

Jetzt noch mehr Vorteile!



NEU PCGH +

Printartikel jetzt direkt kostenfrei im Webseitenlayout lesen – auf Desktop und Mobile!

12 x PCGH digital
Lesen Sie PCGH bequem am PC als Download-PDF oder auf Ihrem iOS-, Android- oder Amazon-Gerät

PCGH-Jahres-archive ab 2001 (PDF)

Werbefreier Zugang PCGH.de

Inklusive
10-Euro-Gutschein von Amazon.de

Günstige Upgrademöglichkeit für Printabonnenten
www.pcgh.de/upgrade

www.pcgh.de/digital-only

Sharkoon TG5 RGB

Sharkoons günstiges Gehäuse macht optisch mit einem Seitenteil, einer Front aus Glas und drei RGB-Lüftern auf sich aufmerksam. Zur mit 2,98 bewerteten Ausstattung kommt eine gute Kühlung (CPU: 67,0 °C GPU: 73,0 °C) mit einer geringen Lüfterlautheit von 1,1/1,3 Sone.





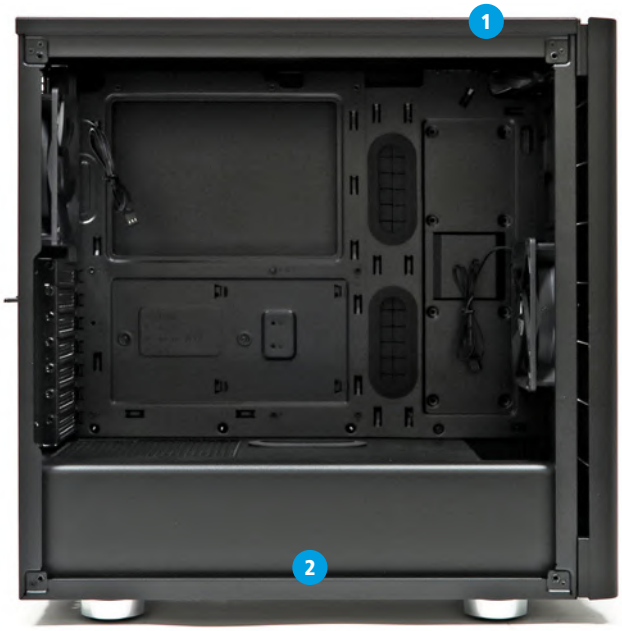
Trotz des günstiges Preises gehören eine offene Deckelkonstruktion mit Magnetstaubschutz sowie drei RGB-Lüfter zum Lieferumfang.



Die Kabelführung des Sharkoon TG5 RGB ist beim Verlegen der Leitungen aus der Netzteilkammer sehr hilfreich. Ein Steuerungsmodul für Lüfter, das zur RGB-Technik aktueller Platinen kompatibel ist, wird ebenfalls mitgeliefert.

Corsair Carbide 275R

Außer auf die Präsentation der Grafikkarte per gläsernem Seitenteil und GPU-Riser setzt Corsair beim Carbide 275R auf eine gute und geräuscharme Kühlleistung. Mit Erfolg, denn die CPU wird nur 61,0 °C warm (GPU: 73,0 °C) und die Lüfterlautheit liegt bei nur 1,3/1,4 Sone).





Die Staubschütze für den offenen Deckel und den 120-mm-Frontlüfter sind magnetisch. Die Netzteilkammer verfügt über einen Lüfterplatz.



Zwei 2,5-Zoll-Laufwerke lassen sich per Halterung an der Rückseite des Mainboard-Trays anbringen. Für zwei weitere Modelle findet man oberhalb des 3,5-/2,5-Zoll-Kombikäfigs in der Netzteilkammer acht weitere Schraubenlöcher.

mit 1,1,/1,3 Sone sehr leise zu Werke. Das zeigt, dass die Glaselemente des Sharkoon TG5 RGB nicht nur für Lüfter- und Hardware-Präsentationszwecke konzipiert sind, sondern auch eine dämmende Funktion haben.

Corsair Carbide 275R: Unbeleuchtet, aber mit bester CPU-Kühlung. Der einzige Midi-Tower dieses Vergleichstests, der ohne jegliche Beleuchtung auskommt, ist Corsairs Carbide 275R. Der Hersteller setzt hier andere Prioritäten und die liegen zuerst bei einer durchdachten Ausstattung. Die Schrauben, mit denen man das schwere Glasseitenteil am Chassis befestigt, sind sehr groß, zur besseren Dämmung sind die Schraubenlöcher in der Scheibe mit Gummistopfen ausgefüllt. Die Staubfilter für die Front und den Deckel verfügen über eine magnetische Halterung, der Schutz am unteren Ende der Netzteilkammer besitzt einen einfachen Zugmechanismus. In der Kammer, in der die Platine angebracht wird, befinden sich nicht zuletzt für den einfachen Komponenteneinbau keine Laufwerkshalterungen. Zu den beiden großzügigen Aussparungen auf der rechten Seite des Mainboard-Trays kommt eine weitere in der Oberwand der Netzteilkammer, die sich ideal für das Durchführen von Stromkabeln zur GPU nutzen lässt. Ein weiteres ungewöhnliches Extra sind die zwei vertikal statt horizontal angeordneten Steckplatzblenden. Sie ermöglichen es Spielern mit besonders sehenswerten GPUs, ihr Schmuckstück hochkant einzubauen, sodass die (bunt) beleuchteten Lüfter zu sehen sind.

Natürlich bieten sich die Lüfterplätze des Corsair Carbide 275R (Deckel: 2 × 120 mm, Front: 2 × 140/3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm) für den Wechsel von der Luft- zur Wasserkühlung an. Wird der 3,5-/2,5-Zoll-Laufwerkskäfig im vorderen Teil der Netzteilkammer entfernt, entsteht Raum für einen 360-mm-Radiator. Ein weiteres Modell selbiger Größe lässt sich dank des verschiebbaren Hecklüfters im Deckel anbringen. Der 120-mm-Wärmetauscher einer Kompakt-Wakü für den Prozessor könnte bei Bedarf den Hecklüfter ersetzen. Eine solche Maßnahme wäre bei unserem Core i7-6700K jedoch nicht nötig, denn bereits die bei-

den vorinstallierten Lüfter kühlen den Prozessor mit 61,0 °C so gut wie in keinem anderen Gehäuse in diesem Test. Dazu kommen 73,0 °C für die Grafikkarte und 41,0 °C Innenraumtemperatur. Das ist eine gute Leistung, die wir mit der Note 1,97 honorieren. Die geringe Lautheit der beiden Lüfter ist ebenfalls erwähnenswert, denn sie liegt bei lediglich 1,2/1,4 Sone.

LC-Power Gaming 993B Covertaker: Mächtiger Lichtspieler mit ordentlicher Aussttatung, aber gräuschvollen Lüftern. Die vier RGB-Lüfter, die dank gläsernem Seitenteil und einer – anders als vom Hersteller angegeben – nur halbverglasten Front besonders prominent präsentiert werden, sind das Highlight der ansonsten lediglich durchschnittlich ausfallenden Ausstattung des Gaming 993B. Die Steuerung der Lichtspielereien der vier Luftquirle übernimmt eine Platine auf der Rückseite der Mainboardhalterung (siehe Bild links). Hier lassen sich insgesamt sieben RGB-Lüfter anbringen, deren Farbe und deren Effekte Sie sogar mit der mitgelieferten, jedoch wenig wertigen Fernbedienung wählen können. Dabei gilt es allerdings zu beachten, dass der Empfänger relativ offen, also bespielsweise nicht direkt vor einer Glas- oder Metallwand positioniert wird.

Wie alle Hersteller in dieser Marktübersicht bevorzugt auch LC-Power für den schwarz lackierten Innenraum (Volumen: 53,7 Liter) des Gaming 933B die Zweikammeraufteilung. Unter der Netzteilabdeckung, auf der sich ein zusätzlicher Montageplatz für einen 120-mm-Lüfter befindet, ist ein Käfig für zwei 3,5-/2,5-Zoll-Laufwerke untergebracht. Weitere Montagemöglichkeiten für drei 3,5-Zoll-HDDs sind auf der Rückseite der Mainboardhalterung positioniert. Leider muss der nur der Käufer des ansonsten einbaufreundlichen Gehäuses auf eine spezielle Halterung oder Entkopplung für die Festplatten verzichten. Dafür verfügt das Gaming 993B über einen halboffenen Deckel mit Staubschutz, in den zwei 120-mm-Lüfter oder ein 240-mm-Radiator passen.

Der nicht ganz geschlossene Deckel macht sich auch bei der Mes-

LC-Power Gaming 993B

Die RGB-Beleuchtung mit manueller (Fern)bedienung oder Steuerung per Platine ist das Hauptausstattungsmerkmal des mit einer Netzteilkammer versehenen Gehäuses. Die CPU wird hier mit 62 °C sehr kühl gehalten (GPU: 73 °C), die Lüfter machen sich mit 1,6/1,7 Sone klar bemerkbar.





Bei der Lüfterbestückung lässt sich LC-Power nicht lumpen. Vier unter Last klar wahrnehmbare 120-mm-Modelle gehören zur Ausstattung.

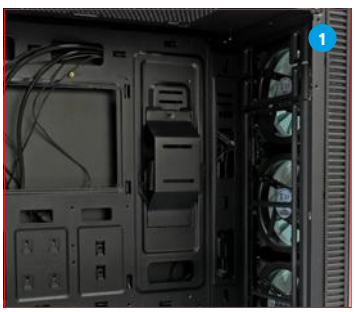


Wie bei allen gestesteten Midi-Towern findet man bei LC-Powers mit einer RGB-Steuerungsplatine für Lüfter bestücktem Gehäuse einen Laufwerkskäfig für je zwei 3,5-/2,5-Zoll-HDDs/SSDs im vorderen Teil der Netzteilkammer.

Inter-Tech W-III RGB

Wie beim LC-Power Gaming 993B lassen sich auch bei Inter-Techs Zweikammergehäuse die bunt beleuchteten Lüfter per Fernbedienung oder Steuerungseinheit regeln. Die Kühlleistung fällt mit 74,0 °C/80,0 °C (CPU/GPU) jedoch schlechter aus als beim Konkurrenten.





Die drei 120-mm-Frontlüfter sind mit 1,5/1,9 Sone klar hörbar, befördern aber nicht ausreichend kühlende Luft ins laufwerksfreie Innere.



Zur Ausstattung gehören ein magnetischer Staubschutz für den offenen Deckel sowie Halterungen für zwei 2,5-Zoll-SSDs (Mainboard-Tray) und 3,5-Zoll-HDDs (Netzteilkammer). Für eine bessere Kühlung fehlt jedoch ein Hecklüfter.

sung der Kühlleistung und Lüfterlautheit bemerkbar. Einerseits bleibt die CPU mit 62,0 °C schön kühl (GPU Temperatur: 73,0 °C), weil aufgewärmte Luft nach oben steigt und abziehen kann. Auf der anderen Seite dringt mit 1,6,/1,7 Sone eine deutlich hörbare und durch die vier RGB-Lüfter verursachte Geräuschkulisse aus dem Gaming 993B Covertaker.

Inter-Tech Gaming W-III RGB: Viele Lichttricks, aber Schwächen bei der Kühlung und Dämmung. Wie bei LC-Powers Gaming 993B stehen auch beim Inter-Tech W-III RGB die bunt beleuchteten Lüfter im Vordergrund. Drei 120-mm-Modelle sind in die Front mit Glasabdeckung eingebaut, die wie beim Gaming 993B an eine Platine angeschlossen werden (maximal acht Lüfter möglich). Letztgenannte ermöglicht dann die Steuerung von Farben und Effekten per Knopf an der Front oder mithilfe der Fernbedienung. Im direkten Vergleich gefällt uns jedoch die an der Rückseite des Mainboard-Trays fest verschraubte Variante des LC-Power Gaming 993B besser als die per Spezialhalterung in der Platinenkammer befestigte Inter-Tech-Variante.

Von dem magnetischen Staubschutz für den offenen Deckel und den beiden 2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen auf der Hinterseite des Mainboard-Trays abgesehen, ist die Ausstattung eher schlicht. In die Befestigung unterhalb der auch hier vorhandenen Netzteilkammer passen nur 3,5-Zoll-HDDs, die leider schlecht entkoppelt sind. Die Kabelführung fällt simpel aus, das

MITTELGROSSE GEHÄUSE

Auszug aus Testtabelle mit 39 Wertungskriterien







Gehäuse	Mastercase MC600P	Equilence (ECA3510)	TG5 RGB
Hersteller (Webseite)/Vertrieb	Coolermaster (http://eu.coolermaster.com/de/)	Enermax (www.enermax.com)	Sharkoon (www.sharkoon.de)
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1752246	www.pcgh.de/preis/1751266	www.pcgh.de/preis/1780561
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis (getestete Version)	Ca. € 130,-/befriedigend (ein Seitenteil aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 95,-/gut (ein Seitenteil aus Glas, Dämmung)	Ca. € 80,-/voll gut (Seitenteil und Front aus Glas, keine Dämmung)
Version ohne Fenster/ohne Dämmung/Lüfter	Nicht vorhanden/€ 130,-./n. v.	Nicht vorhanden/n. v./n. v.	Nicht vorhanden/€ 80,-./n. v.
Ausstattung (20 %)	**1,75**	**2,39**	**2,98**
Plätze für Laufwerke	2 × 5,25 Zoll, 4 × 3,5/2,5 Zoll, 4 × 2,5 Zoll	2 × 3,5/2,5 Zoll, 4 × 2,5 Zoll	2 × 3,5/2,5 Zoll, 1 × 3,5 Zoll, 2 × 2,5 Zolll
Erweiterungsslots (Blende)	Sieben	Sieben	Sieben
Handbuch	Sehr ausführlich	Normales Faltblatt	Sehr ausführlich
Lüfterplätze	Deckel: 2 × 140/120 mm, Front: 3 × 140/120 mm, Heck: 1 × 140/120 mm, Seite: –, Boden: –	Deckel: 3 × 120 oder 2 × 140 mm, Front: 3 × 120, Heck: 1 × 140/120 mm, Seite: 2 × 120 mm, Boden: –	Deckel: 2 × 140/120 mm, Front: 2 × 140/3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: –, Boden: –
Vorhandene Lüfter	3 × 140 mm (2 × Front/1 × Heck)	2 × 120 mm (Front), 1 × 140 mm (Heck)	4 × 120 mm (3 × Front/1 × Heck)
Frontanschlüsse	2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, Audio	2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, Audio	2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, Audio
Besonderheiten	Ein Seitenteil aus Glas, Blende zur Abdeckung der Frontanschlüsse, RGB-LED-Lichtleiste (unten an der Front), Air-Vent-Belüftungstechnik, magn. Staubschutz an Front und Deckel, SSD-Montage auf der Netzteilkammer, Hecklüfter für Radiator verschiebbar, SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays, Staubschutz am Boden mit Schiebemechanismus, Netzteilabdeckung, leicht entfernbarer Staubschutz am Boden, Kabelführungssystem	Dämmung enthalten, ein Seitenfenster/Seitenteil aus Glas, beleuchtetes Front-Panel, magnetischer Staubschutz für die Front, Staubschutz am Boden mit Schiebemechanismus, Zusatzhalterung für zwei SSDs (bei fehlenden 120-mm-Lüftern), Hecklüfter für Radiator verschiebbar, SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays, Netzteilkammer, Lüftersteuerung (dreistufig), Deckel mit Staubschutz und Dämmung (magnetisch)	Ein Seitenteil und die Front aus Glas , RGB-Beleuchtug mit Steuerungsmodul (manuell oder Platine), LED-Leuchtstreifen (RGB), magnetischer Staubschutz an der Front und dem Deckel, SSD-Montage auf der Netzteilkammer, SSD-Monatge auf der Rückseite des Mainboard-Trays, werkzeuglose Laufwerksbefestigung, Netzteilkammer, leicht entfernbarer Staubschutz am Boden, Kabelführungssystem
Eigenschaften (20 %)	**1,41**	**1,58**	**1,87**
Material (nicht gewertet)	Glas, Stahl und Kunststoff	Glas, Stahl und Kunststoff	Glas, Stahl und Kunststoff
Gewicht (Nicht gwertet)	13,00 kg	9,78 kg	8,50 kg
Abmessungen (H × B × T)/Volumen	54,8 × 23,5 × 54,4 cm/70,0 Liter	51,0 × 23,5 × 50,0 cm/59,9 Liter	46,5 × 22,0 × 45,2 cm/46,2 Liter
Platz für Grafikkarte/CPU-Kühler	41,2/19,0 cm	42,0/17,5 cm	40,0/16,7 cm
Verarbeitung allgemein/Schnittkanten/Verwindungssteifheit	Sehr gut/sehr gut/sehr gut	Gut/sehr gut/sehr gut	Sehr gut/sehr gut/gut
Zusammenbau *	Sehr gut: Coolermasters Mastercase MC600O verfügt über den größten und flexibelsten Innenraum des Testfeldes. Die Laufwerkshalterungen sind frei platzierbar. Wer möchte, kann die 2,5-Zoll-Befestigungen auf die Netzteilkammer oder auf die Rückseite des Mainboard-Trays montieren. Da die Front, der Deckel und der Anbau am Heck magnetisch sind, lassen sie sich besonders leicht entfernen.	Sehr gut: Selbst wenn die beiden seitlichen Halterungen mit Lüftern/einem Radiator/SSDs bestückt sind, ist noch ausreichend Platz für den Zusammenbau. Die Grafikkarte darf dann alerdings nur noch 280 mm lang sein. Dank der beiden Halterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays kann der Inneraum (59,9 Liter Volumen) frei von Laufwerken bleiben. Aussparungen in der Netzteillkammer und der Mainboardhalterung garantieren eine ordentliche Kabelverlegung.	Gut: Solange die ATX-Platine die regulären Maße nicht überschreitet, ist der Einbau problemlos. Da der Laufwerkskäfig verschieb- und demontierbar ist, passen auch Netzteile mit bis zu 20,5 cm Länge in die dafür vorgesehene Kammer. Die verfügt auf ihrer Oberseite über zwei alternative 2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen.
Besonderheiten beim Zusammenbau	Festplattenkäfig herausnehmbar, Laufwerkshalterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays demontierbar, separate Kammer für Platine und Netzteil (Zweikammersystem), Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, sehr gute Entkopplung der HDDs	Laufwerkshalterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays demontierbar, Hecklüfter für Wakü verschiebbar, separate Kammer für Platine und Netzteil (Zweikammersystem), Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, dreistufige Lüftersteuerung, sehr gute Entkoppelung der HDDs	Festplattenkäfig herausnehmbar, Laufwerkshalterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays demontierbar, separate Kammer für Platine und Netzteil (Zweikammersystem), Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkopplung der HDDs
Praxisprobleme	Keine Probleme	Keine Probleme	Keine Probleme
Kompatibilitätstest	XL-ATX passt nicht	E-ATX/XL-ATX passt nicht	E-ATX/XL-ATX passt nicht
Leistung (60 %)	**2,21**	**2,28**	**2,32**
Temperatur CPU	64,0 °C	66,0 °C	67,0 °C
Temperatur GPU (Lüfterdrehzahl/Takt)	70,0 °C (2.036 U/min/1.835 MHz)	73,0 °C (2.132 U/min/1.823 MHz)	73,0 °C (2.159 U/min/1.848 MHz)
Temperatur Innenraum Gehäuse (M.2-SSD)	34,2 °C (56,0 °C)	32,5 °C (53,0 °C)	41,5 °C (55,0 °C)
Lautheit der Lüfter, 50 cm Abstand frontal und schräg vorne (45-Grad-Winkel)	1,2/1,4 Sone	1,2/1,3 Sone	1,1/1,3 Sone
FAZIT	⊕ Ausstattung und Flexibilität bei Laufwerkshalterungen ⊕ Kühlleistung GPU und Innenraum ⊕ Geringe Lautheit der drei mitgelieferten Lüfter	⊕ Ausstattung (Zweikammersystem, Deckelkonstruktion) ⊕ Kühlleistung und geringe Lautheit ⊕ Problemloser Hardware-Einbau, nützliche Kabelführungen	⊕ Kühlleistung (GPU) ⊕ Geringe Lautheit der mitgelieferten Lüfter ⊕ Ausstattung im Verhältnis zum Preis
	Wertung: **1,96**	Wertung: **2,16**	Wertung: **2,36**

*** System:** Intel Core i7-6700K, Intel Z170, Gigabyte Geforce GTX 1070 OC Edition (83 °C Zieltemperatur), 2 × 8 GiByte DDR4-2133-RAM, Thermalright AXP-100 (Q-Fan-Profil: Standard), Corsair RM 550X/550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C

gilt auch für die Kabeldurchlässe, die über keine Gummiumrandung verfügen. Auch bei der Verarbeitung und der Verwindungssteifheit haben die Midi-Tower auf den ersten vier Plätzen die Nase vorn, weil dort die Bleche dicker ausfallen und das Seitenteil aus Hart- und nicht wie beim W-III RGB aus Plexiglas gefertigt ist. Die 75 Euro, die Inter-Tech für das mittelgroße Gehäuse mit bunter Beleuchtung fordert, finden wir wir auch in Anbetracht der Wertung zu hoch. Das W-III RGB fällt nämlich nicht nur mit seiner umfangreichen und per Fernbediehung regelbaren RGB-Beleuchtung auf, es macht bei der Kühlung und der Lüfterlautheit auch mit Schwächen auf sich aufmerksam. Die CPU wird 74,0 °C warm und die GPU hat unter Last eine Betriebstemperatur von 80,0 °C. Diese Werte sind zwar nicht zu hoch, die Kühlleistung ist aber nur mit 3,13 bewertbar. Würde Inter-Tech das W-III RGB mit einem Hecklüfter ausliefern, wäre die Temperaturen bestimmt niedriger. Zusätzlich verursachen die Lüfter eine Geräuschkulissse von 1,5/1,9 Sone, auch das ist zu laut für eine gute Wertung. *(fs)*

Fazit

Sechs neue Midi-Tower im Test

Das CM Mastercase MC600P, Enermax Equilence und Sharkoon TG5 RGB befinden sich bei Kühlung und Lautheit auf Augenhöhe, sodass letztlich die Ausstattung und die Eigenschaften für die Wertungsunterschiede sorgen. Corsairs Carbide 275R ist eine Empfehlung für alle, die auf RGB-Lichttricks verzichten können.

MITTELGROSSE GEHÄUSE

Auszug aus Testtabelle mit 39 Wertungskriterien



Gehäuse	Carbide 275R	Gaming 993B Covertaker	W-III RGB
Hersteller (Webseite)/Vertrieb	Corsair (www.corsair.com)	LC-Power (www.lc-power.com)	Inter-Tech (www.inter-tech.de)
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1766598	www.pcgh.de/preis/1779459	www.pcgh.de/preis/1465450941
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis (getestete Version)	Ca. € 100,-/befriedigend (ein Seitenteil aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 95,-/noch gut (Seitenteil und halbe Front aus Glas, keine Dämmung)	Ca. € 75,-/befriedigend (Seitenteil aus Acrylglas, Front aus Glas, keine Dämmung)
Version ohne Fenster/ohne Dämmung/Lüfter	Nicht vorhanden/n. v./n. v.	Nicht vorhanden/€ 95,-./n. v.	Nicht vorhanden/€ 65,-./n. v.
Ausstattung (20 %)	**3,63**	**3,35**	**3,89**
Plätze für Laufwerke	2 × 3,5/2,5 Zoll, 4 × 2,5 Zoll	2 × 3,5/2,5 Zoll, 3 × 3,5 Zoll, 1 × 3,5 Zoll	2 × 3,5 Zoll, 3 × 2,5 Zoll
Erweiterungsslots (Blende)	Sieben + zwei (GPU-Riser)	Sieben	Sieben
Handbuch	Sehr ausführlich	Einfaches Faltblatt, Infos fehlen	Nicht vorhanden
Lüfterplätze	Deckel: 2 × 120 mm, Front: 2 × 140/3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: –, Boden: –	Deckel: 2 × 120 mm, Front: 3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: –, Boden: –, Netzteilabdeckung: 1 × 120 mm	Deckel: 2 × 140/120 mm, Front: 3 × 120 mm, Heck: 1 × 120 mm, Seite: –, Boden: –, Netzteilabdeckung: 2 × 120 mm
Vorhandene Lüfter	2 × 120 mm (Front/Heck)	3 × 120 mm (Front), 1 × 120 mm (Heck)	3 × 120 mm (Front)
Frontanschlüsse	2 × USB 3.0, Audio	2 × USB 3.0, Audio	1 × USB 3.0, 2 × USB 2.0, Audio
Besonderheiten	Ein Seitenteil aus Glas, magnetischer Staubschutz an der Front und dem Deckel, Hecklüfter für Radiator verschiebbar, SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays, Netzteilkammer, Staubschutz am Boden, Kabelführungssystem	Ein Seitenteil und die halbe Front aus Glas, beleuchtete Lüfter, RGB-Beleuchtug mit Platine und Fernbedienung, 3,5-Zoll-HDD/2,5-Zoll-SSD-Montage auf der Vorderseite/Rückseite) der Mainboardhalterung, werkzeuglose Laufwerksbefestigung, Staubschutz im Deckel und am Boden, Netzteilkammer	Ein Seitenteil aus Acrylglas sowie die Front aus Glas, beleuchtete Lüfter, RGB-Beleuchtug mit Fernbedienung und Steuerungsmodul, magnetischer Staubschutzdeckel, Hecklüfter für Radiator verschiebbar, SSD-Montage auf der Rückseite des Mainboard-Trays, Netzteilkammer, Staubschutz an Front und Boden
Eigenschaften (20 %)	**1,79**	**1,90**	**2,14**
Material (nicht gewertet)	Glas, Stahl und Kunststoff	Glas, Stahl und Kunststoff	Glas, Stahl und Kunststoff
Gewicht (nicht gwertet)	8,56 kg	10,10 kg	5,58 kg
Abmessungen (H × B × T)/Volumen	45,5 × 21,5 × 46,0 cm/41,1 Liter	50,6 × 22,2 × 47,8 cm/53,7 Liter	48,5 × 20,5 × 46,0 cm/45,7 Liter
Platz für Grafikkarte/CPU-Kühler	37,0/17,0 cm	41,0/17,0 cm	37,0/16,0 cm
Verarbeitung allgemein/Schnittkanten/Verwindungssteifheit	Sehr gut/sehr gut/sehr gut	Gut/gut/gut	Gut/gut/gut
Zusammenbau *	Gut: Obwohl beim Carbide 275R mit 41 Litern nur ein kleiner Innenraum zur Verfügung steht, gibt es vor allem dank des Zweikammerdesigns (Netzteilkammer/Mainboardkammer) keine Probleme beim Einbau von Komponenten. Das Netzteil darf sogar maximal 180 mm lang sein und GPUs mit einer Bauhöhe von zwei Slots konnen mit einem Riser-Kabel sogar vertikal eingebaut werden.	Gut: Da sich im Innenraum keine Laufwerkskäfige befinden und 3,5-Zoll-HDDs erst ab der dritten Festplatte im Innenraum montiert werden, steht ausreichend Platz für den Einbau einer E-ATX-Platine, bis 41 cm lange Grafikkarten und bis zu 17 cm hohe Turmkühler bereit. Für lange Netzteile kann der Laufwerkskäfig sogar entfernt werden. Die vier RGB-Lüfter sind jedoch mit dem Standardanschluss ausgestattet.	Gut: Der Innenraum fällt mit 45,7 Litern nicht allzu groß aus, Probleme beim Einbau einer ATX-Platine und einer längeren Grafikkarte (Länge maximal 37 cm) gibt es trotzdem nicht. Der Innenraum ist vom Montageplatz auf der Netzteilkammer abgesehen frei von Laufwerken, das vereinfacht den Einbau der Platine und GPU.
Besonderheiten beim Zusammenbau	Festplattenkäfig herausnehmbar, Laufwerkshalterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays demontierbar, Hecklüfter für Wakü verschiebbar, separate Kammer für Platine und Netzteil (Zweikammersystem), Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, sehr gute Entkoppelung der HDDs	Festplattenkäfig herausnehmbar, separate Kammer für Platine und Netzteil (Zweikammersystem), Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs	Laufwerkshalterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays demontierbar, Hecklüfter für Wakü verschiebbar, separate Kammer für Platine und Netzteil (Zweikammersystem), Aussparung hinter dem Sockel, Aussparung für Kabeldurchführungen, mäßige Entkoppelung der HDDs
Praxisprobleme	Leicht: Bei Einbau einer E-ATX-Platine sind die Aussparungen für die Kabeldurchführungen nicht frei zugänglich	Leicht: Bei Einbau einer E-ATX-Platine sind die Aussparungen für die Kabeldurchführungen nicht mehr frei zugänglich	Keine Probleme
Kompatibilitätstest	XL-ATX passt nicht	XL-ATX passt nicht	E-ATX/XL-ATX passt nicht
Leistung (60 %)	**2,23**	**2,48**	**3,07**
Temperatur CPU	61,0 °C	62,0 °C	75,0 °C
Temperatur GPU (Lüfterdrehzahl/Takt)	73,0 °C (2.172 U/min/1.835 MHz)	73,0 °C (2.167 U/min/1.848 MHz)	80,0 °C (2.408 U/min/1.797 MHz)
Temperatur Innenraum Gehäuse (M.2-SSD)	41,0 °C (54,0 °C)	41,5 °C (55,0 °C)	49,0 °C (66,0 °C)
Lautheit der Lüfter, 50 cm Abstand frontal und schräg vorne (45-Grad-Winkel)	1,2/1,4 Sone	1,6/1,7 Sone	1,5/1,9 Sone
FAZIT	⊕ Gute Kühlung von CPU und GPU ⊕ Geringe Lautheit der mitgelieferten Lüfter ⊖ Ausstattung durchschnittlich (z. B. keine Lüftersteuerung)	⊕ Kühlleistung (CPU) ⊕ Ausstattung: RGB-Beleuchtung/vier Lüfter ⊖ Nur Schraubenlöcher für SSD/HDD (Mainboard-Tray)	⊕ Ausstattung (Zweikammersystem, Deckelkonstruktion) ⊖ Lautheit der mitgelieferten Lüfter ⊖ Temperatur GPU/Innenraum (Hecklüfter fehlt)
	Wertung: **2,42**	Wertung: **2,56**	Wertung: **3,04**

* **System:** Intel Core i7-6700K, Intel Z170, Gigabyte Geforce GTX 1070 OC Edition (83 °C Zieltemperatur), 2 × 8 GiByte DDR4-2133-RAM, Thermalright AXP-100 (Q-Fan-Profil: Standard), Corsair RM 550X/550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C

Die Leichtigkeit des Spielens

Spiele-Notebooks müssen keine vier Kilo schweren Kolosse sein. Die Hälfte ist da schon eher rucksacktauglich und bietet noch immer eine gute Grafikleistung.



Bitte wählen Sie: Leicht, leise und leistungsarm – oder schwer, laut und leistungsfähig. Wer nach einem spieletauglichen Notebook sucht, musste lange Zeit auf die zweite Variante zurückgreifen. Die potenten Geforce-GTX-Chips benötigen eine ebensolche Kühlung, die auf dem engen Raum die Notebooks klobig werden lässt und unter Last auch ziemlich laut wird. Wer den Anspruch hat, aktuelle Spiele auf einem mobilen Rechner zu spielen, musste bislang immer Kompromisse in Sachen Mobilität eingehen, wofür die Notebooks aber eigentlich auch gemacht sind. Wenig verwunderlich, dass die dicken Maschinen meist große 17-Zöller sind, während das schnöde Office-Notebook meist einen Bildschirm mit 15,6-Zoll-Diagonale hat. Mit der effizienten Pascal-Generation der Nvidia-Geforce-Grafikchips gibt es immer mehr Modelle, welche die beide scheinbar unvereinbaren Gegensätze vereinen möchten. Und da Nvidia uns noch immer auf eine neue Generation warten lässt, drehen die Notebook-Hersteller eben an der Effizienzschraube.

Wir erinnern uns: Pascal selbst war ein großer Effizienzsprung, da die Chips nunmehr nicht mehr für Notebooks an Shadern und Takt beschnitten werden mussten. In den Spiele-Notebooks sitzen daher mit aktueller GTX-Generation die gleichen Chips wie auf den Desktop-Grafikkarten. Die Notebook-Version der Geforce-Grafik ist daher grundsätzlich genau so leistungsfähig wie die in Form der Grafikkarten. Wie auch bei diesen gibt es bei Notebooks kleinere Unterschiede im Basis- und Boost-Takt – je nach Kühlleistung der Geräte. Deswegen fiel auch das „M" für „mobile" am Ende des Namens bei Pascal weg, wie noch bei Maxwell beispielsweise bei einer GTX 980M vorhanden. Nun ist die aktuelle Nividia-Generation schon über eineinhalb Jahre alt. Zudem führten die Kalifornier, anstatt im letzten Herbst pünktlich nach einem Jahr mit einer neuen zu brillieren, die angezogene Handbremse für die Notebook-Chips wieder ein – wenn auch mit gutem Grund und nur bei den Taktraten, nicht etwa bei Shadern, Speicher(-takt), oder anderen Details der Chips.



Der Hybrid schlechthin: Außen ein Business-Notebook, innen eine GTX 1060. Das Gigabyte Aero 14 ist nicht nur klein und leicht, sondern verfügt auch mit 94 Wh über eine üppige Akkukapazität und eine gute Mittelklasse-Spieleleistung.



Die Apple-Konkurrenz: Mit dem Surface Book 2 kreierte Microsoft trotz GTX 1050 oder GTX 1060 sicherlich kein Spiele-Notebook. Von der Leistung her spricht aber nichts gegen gelegentliches Spielen.



RGB-Beleuchtung: Man liebt sie oder man hasst sie. Das dünne Stealth Pro von MSI verfügt als einziges Gerät der Testreihe über eine frei konfigurierbare RGB-Tastatur.



Maximale Grafikleistung: In nur zwei Zentimeter dünnen Notebooks ist bestenfalls eine GTX 1070 Max-Q möglich, wie hier im Insanitybook von Tuxedo verbaut.

Übersicht: Aktuelle Geforce-GPUs

GPU-Name	Geforce GTX 1050 Max-Q	Geforce GTX 1050 Mobile	Geforce GTX 1050 Ti Max-Q	Geforce GTX 1050 Ti Mobile	Geforce GTX 1060 Max-Q	Geforce GTX 1060 Mobile	Geforce GTX 1070 Max-Q	Geforce GTX 1070 Mobile	Geforce GTX 1080 Max-Q	Geforce GTX 1080 Mobile
										
GPU-Chip	GP107	GP107	GP107	GP107	GP106	GP106	GP104	GP104	GP104	GP104
Verfügbar seit	Jan 18	Jan 17	Jan 18	Jan 17	Jun 17	Aug 16	Jun 17	Aug 16	Jun 17	Aug 16
Speicher	4.096 MB, GDDR5, 128 bit	2.048 MB, GDDR5, 128 bit	4.096 MB, GDDR5, 128 bit	4.096 MB, GDDR5, 128 bit	6.144 MB, GDDR5, 192 bit	6.144 MB, GDDR5, 192 bit	8.192 MB, GDDR5, 256 bit	8.192 MB, GDDR5, 256 bit	8.192 MB, GDDR5X, 256 bit	8.192 MB, GDDR5X, 256 bit
Basistakt	999 MHz	1.354 MHz	1.151 MHz	1.493 MHz	1.063 MHz	1.404 MHz	1.215 MHz	1.442 MHz	1.290 MHz	1.556 MHz
Speichertakt	1.752 MHz	1.752 MHz	1.752 MHz	1.752 MHz	2.002 MHz	2.002 MHz	2.002 MHz	2.002 MHz	1.251 MHz	1.251 MHz
Shader / TMUs / ROPs	640 / 40 / 16	640 / 40 / 16	768 / 48 / 32	768 / 48 / 32	1.280 / 80 / 48	1.280 / 80 / 48	2.048 / 128 / 64	2.048 / 128 / 64	2.560 / 160 / 64	2.560 / 160 / 64
Bemerkungen: Bei Max-Q-GPUs handelt es sich um begrenzte Taktraten. Je niedriger die Leistung der GPU, umso geringer der Leistungsunterschied zwischen regulärer und reduzierter Variante.										



Nvidia Max-Q: Die Leistungsaufnahme ist um 30 Prozent geringer, was nur die oberen zehn Prozent an Leistung kosten soll.

Zwei i7-Vierkerner im Vergleich

Modell	Intel Core i7-7700HQ	Intel Core i7-8650U
		
Codename	Kaby Lake	Kaby Lake Refresh
Taktung	2.800 - 3.800 MHz	1.900 - 4.200 MHz
Level 1 Cache	256 KB	256 KB
Level 2 Cache	1 MB	1 MB
Level 3 Cache	6 MB	8 MB
Anzahl von Kernen / Threads	4/8	4/8
Max. Verlustleistung (TDP)	45 Watt	15 Watt
Fertigungstechnologie	14 nm	14 nm
Integrierte Grafik	Intel HD Graphics 630 (350 - 1.100 MHz)	Intel UHD Graphics 620 (300 - 1150 MHz)
Anfangspreis	$ 378 U.S.	$ 409 U.S.
Vorgestellt am	Januar 2017	August 2017
Cinebench R15 (Single/Multi)	155/744 Punkte (MSI)	140/623 Punkte (Microsoft)

Wer bist du, Max-Q?

Die wiedereingeführte Light-Version der Geforce-Chips für Notebooks fügt Nvidia das Suffix „Max-Q" hinzu. Der eben genannte gute Grund Nvidias ist die sparsamere und gleichzeitig effizientere Taktung der Chips, welche dünnere Notebooks möglich machen soll. Der Chip wurde also zum „sweet spot" der Effizienz hin gedrosselt, da für die letzten zehn Prozent Spitzenleistung die Leistungsaufnahme bis zu 30 Prozent ausmachen soll. Die Max-Q-Einführung haben Asus und Acer mit entsprechenden Vorzeigemodellen eröffnet, die dünne 15-Zöller mit einer GTX 1080 Max-Q ausstatteten und somit den Spagat zwischen leicht und leistungsfähig geschafft haben wollen – natürlich mit einem Preis-Leistungs-Verhältnis jenseits von Gut und Böse. Wir hatten im Herbst das Asus ROG Zephyrus getestet, das für 3.000 Euro kaum Wünsche offen ließ und lediglich ein Manko in der Akkukapazität und -laufzeit aufwies. Der Unterschied in den Spiele-Frameraten einer GTX 1080 Max Q im Vergleich zur regulären Variante fällt mit gut zehn bis zwanzig Prozent Unterschied auch ziemlich deutlich aus, sodass man fast gleich schon zur GTX 1070 hätte greifen können. In unseren Benchmarks ist die nur circa sechs Prozent entfernt. Mit absteigender Grafikchipvariante wird der Unterschied zum Max-Q-Pendant prozentual geringer. Eine GTX 1060 etwa ist von ihrer Max-Q-Version nur etwa sechs bis zehn Prozent entfernt.

Während bei einer GTX 1080 die Max-Q-Spezifikation noch einen himmelweiten Unterschied hin zu einem leichten, dünnen und leisen Notebook macht, gab es die schon vor Max Q mit einer regulären GTX 1060. Warum also auch die schwächeren Chips drosseln, die schon filigrane Federgewichte ermöglichen? Welchen Sinn ergibt also eine GTX 1060 Max-Q? Nvidia hat uns das gegenüber mit der Vielfalt begründet, die man den Notebook-Herstellern bieten möchte. Einige dieser Hersteller aber machten sich anfangs nicht die Mühe, die Notebooks auch dünner, leichter und/oder leiser zu machen und steckten die Max-Q-Chips in die gleichen Gehäuse. Mehr noch: Die neueren Modelle mit Max-Q waren teils sogar teuerer. Weniger für mehr also – na, vielen Dank. Wohl deswegen stellen wir hier Max Q nochmal so ausführlich vor, da sich ein Preisvergleich mit ähnlich ausgestatteten Modellen immer lohnt.

Und was ist mit AMD?

Nvidia hat zum Jahresanfang außerdem sogar die GTX 1050 mit Max-Q angekündigt, wohl als Antwort auf AMD jüngsten Notebook-APUs. Denn mit Raven Ridge ist AMD zumindest immerhin in die zweite Liga der Notebook-Grafikleistung zurückgekehrt. Ryzen Mobile haben wir in der letzten Ausgabe ausführlich getestet. Eine Konkurrenz zur GTX-10-Serie ist noch nicht in Sicht und wäre nach wie vor reine Spekulation. Ob eine Vega 56 oder Vega 64 in ein Notebook schafft,

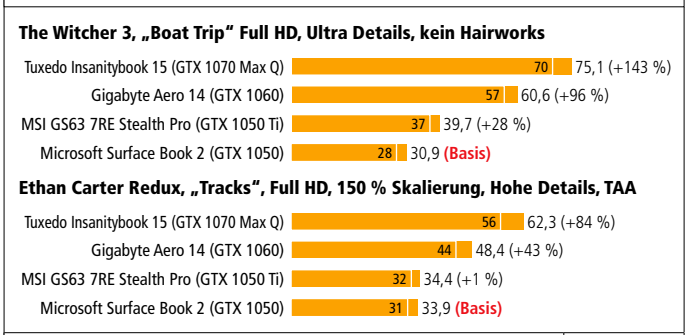
ist wegen der hohen Leistungsaufnahme ziemlich fraglich. Das leistungsfähigste AMD-Notebook ist ein Asus ROG Strix GL702ZC mit einer Ryzen-7-1700-CPU und einer RX-580-Grafik. Die Intel-Nvidia-Konkurrenz ist jedoch nicht nur leiser und leistungsfähiger, sondern auch meist günstiger, weswegen das Modell bestenfalls mit dem waschechten Achtkerner punkten kann, den Intel in Notebooks noch nicht bietet.

Nvidia verfeinert mit Max-Q bestenfalls die Abstufung zwischen den aktuellen Grafikchips. Unter den Notebooks sind also keine neuen Leistungsrekorde festzustellen, sie werden aber immer leiser und leichter bei gleicher Leistung. Wir haben uns daher umgesehen, welche Modelle lediglich um die zwei Kilogramm wiegen, außerdem ziemlich dünn sind und gleichzeitig eine brauchbare Spieleleistung aufweisen. High-End-Notebooks wiegen gut und gerne über vier Kilos und an die zwei Kilo kommt schon deren Netzteil heran. In der mittleren Gewichtsklasse um zwei Kilogramm ist jedoch bei einer GTX 1070 Max-Q Schluss. Für eine solide Full-HD-Spieleleistung reicht die aber allemal aus. Unsere Auswahl der vier Modelle ist bunt gemischt und besteht aus unterschiedlichen Kompromissen aus Rechenleistung und Mobilität. Es ist also wieder ein Äpfel-und-Birnen-Vergleich, um zu zeigen, welche Modelle mit ähnlicher Leistung, und ähnlicher Gewichtsklasse möglich sind.

Microsoft Surface Book 2: Flexibler Hybrid aus Tablet und Notebook. Eins vorneweg: Trotz des Geforce GTX 1050 hat Microsoft das Surface Book sicherlich nicht zum Spielen konzipiert. Mit der dazu fähigen Grafikeinheit und dem mobilen Format aber passt es hier voll in unser Raster. Mit einem kapazitiven Stift und einem TPM-Modul soll das Surface Book vielmehr in den beruflichen Alltag passen. Die GTX 1050 ist hier weniger dazu gedacht, zeitgemäße PC-Spiele auf einem Tablet zocken zu können, sondern beispielsweise das Videorendering zu unterstützen. Ein Surface Book eignet sich daher für Kreative und konkurriert daher eher mit den leichten Macbooks als mit den hier vorgestellten Gaming-Notebooks. Sei es drum: Es ist mit Abstand das dünnste und leichteste Notebook in unserer Testcharge. Wir sind beeindruckt, dass ein Geforce-GTX-Grafikchip mitsamt Kühlung schon in einen Display-Deckel passt.

Wie bei einem Tablet sitzt die Platine mitsamt Rechenchips und Kühlung hinter dem Display. Eine abnehmbare Tastatureinheit, die außerdem noch einen Zusatzakku beinhaltet, macht das Surface Book zum sogenannten Convertible – so nennt sich jeder Hybrid aus Tablet und Notebook. Das Tastaturdock lässt sich mittels Taste vom Tablet lösen. Zudem gibt es Magnete, die das Andocken unterstützen. Die

Hohe Details in Full HD



Bemerkungen: Mit einem leichten Notebook sind grafisch anspruchsvolle Spiele in Full HD und höchsten Grafikdetails spielbar. Um die 60-Fps-Grenze zu knacken, ist jedoch eine Geforce GTX 1060 erforderlich – oder Kompromisse in den Details.

Min. Ø Fps
▶ Besser

ANZEIGE

Top-Videos



Exklusiv auf der aktuellen Heft-DVD

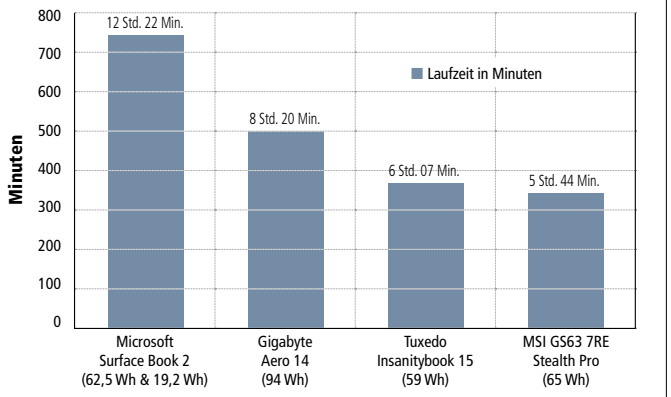
Jetzt anschauen

- Grafikkartenkiller 5K?
- Spielen am Beamer
- Multi-GPU-Test

Drei Videos, 27 Minuten Gesamtlänge: Geballte Praxis-Infos für Sie!

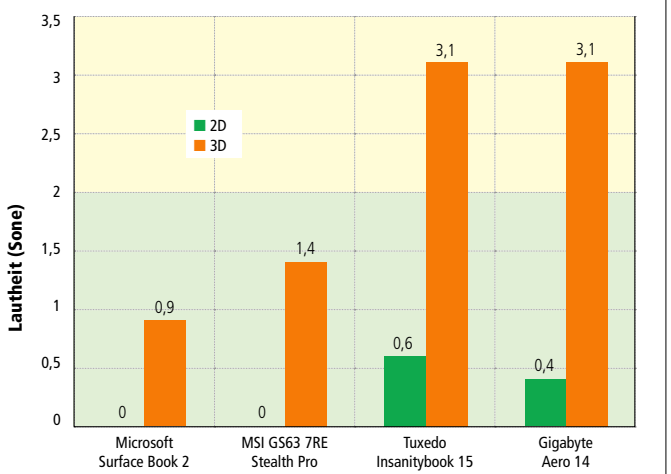
PC Games Hardware – Das IT-Magazin für Gamer

Akkulaufzeit

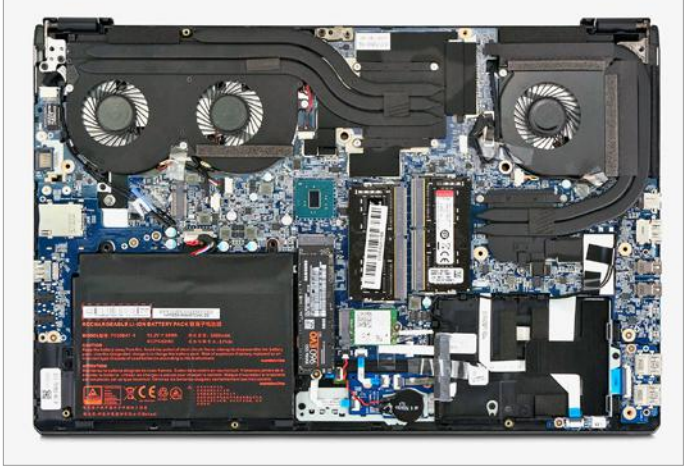


Messung: Powermark 1.2.0 „Productivity Benchmark"(Office-Arbeiten und Surfen), mittlere Displayhelligkeit, WLAN aktiv. **Bemerkung:** Dank sparsamen ULV-Prozessor und üppiger Akkukapazität hält das Surface Book 2 am längsten durch. Aber auch die anderen (Desktop-)Laufzeiten lassen sich sehen.

Lautheit im Desktop- und Spielbetrieb



Messung: Phonometer in 50 Zentimeter Entfernung. **Bemerkung:** Das Surface Book 2 und das Stealth Pro arbeiten im Desktop-Betrieb vollkommen lautlos. Unter Last sind selbst die leistungsfähigeren Modelle noch immer deutlich leiser als laute High-End-Modelle.



Die „Innereien" eines Tuxedo Insanitybook: Während in älteren Modellen CPU und GPU sich die Heatpipes teilten, haben sie jetzt jeweils eigene.

Geforce-Grafikkarte lässt sich übrigens nur mit Tastatur, also nicht im Tablet-Modus nutzen. Was Haptik, Ausstattung und Verarbeitung angeht, muss das Surface Book den Vergleich mit Apple-Produkten nicht scheuen: Es handelt sich um ein Premiumprodukt aus Magnesium ohne erkennbare äußerlichen Mängel. Auf diesem engen Raum kommt „nur" ein sogenannter Ultra-Low-Voltage-Prozessor zum Einsatz – mit einem Intel Core i7-8650U jedoch der stärkste Vierkerner der 15-Watt-Klasse, die für extradünne Notebooks konzipiert wurden. In den meisten Spiele-Notebooks ist der i7-7700HQ zu finden, der mit 45 Watt etwas leistungsfähiger ist, jedoch ebenso über vier Kerne mit acht Threads verfügt. Meist limitiert ohnehin die GPU, sodass ein Leistungsunterschied für Spieler nicht relevant sein dürfte. Die sparsamere ULV-CPU entspricht dem Kompromiss zugunsten eines leichten und leisen Geräts.

Das Touch-Display verfügt über die exotische Auflösung von 3.000 × 2.000 Pixeln auf nur 13,5 Zoll. Für diese Pixelmenge ist die GTX 1050 in aktuellen Spielen eindeutig zu schwach – selbst bei Full HD sind Kompromisse zu machen. Unsere standardmäßigen Benchmarks zeigen, dass aber selbst in 1080p und höchsten Details 30 Fps drin sein können. Meist dürfte in der Praxis ein Kompromiss aus mittleren Details und Auflösung mit nativem Seitenverhältnis die bessere Wahl sein. Wir testen jedoch für Vergleichbarkeit und Wertung stets in Full HD. Nicht nur wegen der hohe Auflösung hat uns das Display gefallen. Mit der Maximalhelligkeit über 400 cd/m² ist es auch für den Einsatz im Freien hell genug. Der niedrige Schwarzwert sorgt außerdem für den sehr guten Kontrast von über 1.500:1, was die Farben knackig erscheinen lässt. Im Desktop-Betrieb bleibt das Surface Book 2 zudem komplett lautlos und selbst unter Last ist es mit nur 0,9 Sone auch noch bürotauglich.

Wie eingangs schon erwähnt, ist das neue Surface Book 2 nicht wirklich ein Spiele-Notebook, jedoch ein mobiler Allrounder, der gelegentliches Zocken ebenso stemmt. Microsoft bietet Varianten etwa mit 15-Zoll-Display und einer GTX 1060. Auf das Preis-Leistungs-Verhältnis sollte man dann aber nicht mehr schauen.

Tuxedo Insanitybook 15: Linux-„Wahnsinn" mit leistungsfähiger Grafikkarte. Es handelt sich um das Gegenkonzept zum Surface Book 2: Während dieses ein mobiles Notebook mit etwas Spieltauglichkeit ist, handelt es sich beim Insanitybook um ein Spiele-Notebook mit etwas Mobilität. Der Ansatz ist also genau umgekehrt und in der Konzeption hat man sich wohl gefragt, wie viel Spieleleistung man in ein Notebook bekommt, das gerade noch mobil ist. Die Antwort: In ein 2,25 kg schweres und nur knapp zwei Zentimeter dünnes Notebook passt noch immer eine GTX 1070 Max-Q. Auch der Rest der Ausstattung entspricht einem zeitgemäßen Spielegerät: 16 GiByte RAM, Full-HD-Display mit 120 Hz, schnelle PCI-E-SSD und ein i7-7700HQ-Prozessor. Das Notebook ist auf der Tuxedo-Website individuell konfigurierbar und ab ca. 1.500 Euro zu haben. Unsere Variante kostet ca. 2.130 Euro. Auch wenn es sich bei den Schwaben aus Königsbrunn um eine Linux-Firma handelt, ist ein vorinstalliertes Windows ebenso möglich.

Uns gefallen die 120 Hz des Displays, die mittels G-Sync außerdem dynamisch sind. Die Full-HD-Auflösung halten wir zudem nicht für veraltet, da sie auf der Diagonalen über 15,6 Zoll über eine gute Pixeldichte über ca. 141 ppi. Eine Schwäche hat das TN-Panel dennoch: Es ist zwar ziemlich hell, verfügt aber mit ca. 721:1 über einen mäßigen Kontrast. Der Unterschied in der Bildqualität zu einem IPS-Panel ist sichtbar. Dennoch: Wer mehr Wert auf flüssige und rissfreie Spiele als auf eine Tauglichkeit für Bildbearbeitung legt, findet mit diesem hochfrequenten Panel den besseren Kompromiss. Abzüge in der B-Note gibt es außerdem wegen des hörbaren Lüfters, der selbst im Desktop-Betrieb immer wieder anspringt. Das Geräusch stört zwar nicht unbedingt, jedoch ist ein lautloses Profil hier bei gleicher Hardware-Ausstattung möglich, wie andere Modelle beweisen. Unter Last sind die von uns gemessenen 3,1 Sone deutlich hörbar, wenn auch nicht so laut wie manch ein High-

End-Gaming-Notebook, für das Kopfhörer fast schon Pflicht sind. Die Akkukapazität fällt mit knapp 60 Wh zudem mittelmäßig aus. Auch hier beweisen andere Modelle, dass bei gleichem Gewicht mehr drin sein kann. Trotzdem: Für einen halben Arbeitstag Office-Arbeit reicht die Laufzeit noch immer aus.

Gigabyte Aero 14: Ein „Prosumer", auf dem Spielen und Arbeiten gleichermaßen möglich sein soll. Dass ein Gaming-Gerät kein klobiger Klotz sein muss, beweist auch Gigabyte mit dem Aero 14 und bietet eine Geforce GTX 1060 mitsamt i7-7700HQ bei nicht einmal zwei Kilo Gewicht. Das Gigabyte Aero 14 richtet sich an den sogenannten „Prosumer", also den Konsumenten mit professionellen Ansprüchen, der am selben Gerät etwa spielen und arbeiten möchte. Ausstattungsmerkmale, wie etwa ein TPM-2.0-Modul oder Torx-Schrauben an der Unterseite, kennt man sonst nur von Business-Notebooks, denen in der Regel eine dedizierte Grafikkarte fehlt. Das kleine Schwarze von Gigabyte ist mehr Business-Notebook mit Spieletauglichkeit als ein Gaming-Notebook mit Arbeitstauglichkeit. Dafür ist der Kompromiss zugunsten der Mobilität doch zu groß. So ist etwa weder genügend Massenspeicher für eine etwas üppigere Spielebibliothek vorhanden, noch handelt es sich um ein spieletaugliches Display. Mit einer WQHD-Auflösung ist das Bild zwar gestochen scharf, in Spielen muss man wegen der GTX 1060 oft Fps-bedingt auf Full HD umsteigen. Die Nachteile des Displays verschmerzt der professionelle Anwender eher als der Gamer, der hier auch etwa G-Sync vermisst.

MSI GS63 7RE Stealth Pro: Manchmal kommt es auf die Details an. Ebenso unter zwei Kilo schwer und unter zwei Zentimeter dünn ist das Stealth Pro von MSI. Für die Spieleleistung ist hier eine GTX 1050 Ti zuständig, die etwas höher getaktet ist als die 1050 ohne Ti und kurioserweise auch als die Desktop-Referenzkarte der 1050 Ti. Von der GTX 1050 im Surface Book hebt sich die 1050 Ti im MSI-Notebook mit einem Fps-Plus von 28 Prozent deutlich ab. Full-HD-Gaming erfordert aber auch hier in einigen Spielen Kompromisse bei den Grafikdetails. Zur GTX 1060 ist es noch immer ein gutes Stück hin. Das Stealth Pro punktet weniger mit einer Grafikpower, sondern anderen Details: Etwa dem IPS-Display mit gutem Kontrast, der Steelseries-Tastatur mit konfigurierbarem Beleuchtungsprofil und zahlreichen nützlichen MSI-Tools, mit denen bspw. die Display-Farben geändert werden können. Trotzdem: 1.800 Euro ist für diese Ausstattung ein stattlicher Preis. Andere Modelle bieten hier etwa eine PCI-Express- statt SATA-SSD oder schon eine GTX 1060. MSI lässt sich die Qualität eben auch gut bezahlen, leistet sich dafür auch kein Manko. *(mc)*

Fazit

Es gibt sie doch!

Ein Notebook, dass gleichzeitig mobil und spieletauglich ist? Die Pascal-GPUs machen es möglich, wenn auch nicht unbedingt mit High-End-Chips. Auf den kleinen Displays reicht aber eine Full-HD-Auflösung, und die wird auch gut von der Mittelklasse befeuert. Alle hier getesteten Kompromisse wirken durchwegs gelungen.

GAMING-NOTEBOOKS

Auszug aus Testtabelle mit 34 Wertungskriterien









Produkt	Surface Book 2	Insanitybook 15	Aero 14	GS63 7RE Stealth Pro
Hersteller	Microsoft	Tuxedo	Gigabyte	MSI
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 1.990 Euro/ausreichend	Ca. 2.130 Euro/befriedigend	Ca. 1.950 Euro/befriedigend	Ca. 1.800 Euro/ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1713355	Nur bei www.tuxedocomputers.com	www.pcgh.de/preis/1558826	www.pcgh.de/preis/1713120
Ausstattung (20 %)	**2,40**	**2,23**	**2,05**	**2,15**
Prozessor	Intel Core i7-8650U (4c/8t, 2,1 GHz)	Intel Core i7-7700HQ (4c/8t, 2,8 GHz)	Intel Core i7-7700HQ (4c/8t, 2,8 GHz)	Intel Core i7-7700HQ (4c/8t, 2,8 GHz)
Grafikkarte	Nvidia Geforce GTX 1050, 2 GiByte, max. 1.683 MHz	Nvidia Geforce GTX 1070 Max Q, 8 GiByte, max. 1.197 MHz	Nvidia Geforce GTX 1060, 6 GiByte, max. 1.670 MHz	Nvidia Geforce GTX 1050 Ti, 4 GiByte, max. 1.197 MHz
Hauptspeicher	16 GiByte DDR4-2400	16 GiByte DDR4-2400 (2× 8 GiByte)	16 GiByte DDR4-2400	16 GiByte DDR4-2400 (1× SO-DIMM)
Interner Speicher (HDD/SSD)	Samsung PM961, M.2, 1.024 GiByte/-	Samsung SSD 960 Evo, M.2, 250 GiByte/500 GiByte HDD	256 GB PCIe-SSD (M.2)/-	Samsung PM871A, M.2 SATA, 256 GiByte/1 TB HDD
Display	13,5 Zoll, 3.000 × 2.000 px, IPS, 60 Hz (Panasonic MEI96 A2)	15,6 Zoll, 1.920 × 1.080 px, TN, 120 Hz (AUO B156HTN05.2)	14 Zoll, 2.560 × 1.440 px, 60 Hz, IPS	15,6 Zoll, 1.920 × 1.080 px, IPS, 60 Hz (LG LP156WF6)
Anschlüsse	3× USB 3.0, 1× 3.5-mm-Klinke, Card Reader SDXC (UHS-II), Helligkeitssensor, Beschleunigungssensor, Gyroskop, Magnetometer, zwei Mikrofone, Surface Connect, TPM 2.0, SD-Kartenleser, 2× 2 MP	1× HDMI 2.0 (mit HDCP), 2× Mini-DP 1.4, 2× USB 3.1 Typ-C Gen2, 3× USB 3.0 Typ-A, 1× RJ45; Gigabit-LAN (10/100/1000 MB), 1× 9-in-1 Card-Reader, 1× 2-in-1 Audio (Headphone + S/PDIF Optical), 1× Mikrofoneingang, 1× Line-Out, 1× SIM-Karten-Slot, 1× Kensington Lock, SD-Kartenleser, 2 MP	1× Displayport, 1× HDMI, 3× USB 3.0, 1× USB 3.1 (Typ C), 1× Line Out, 1× Mikrofon, SD-Kartenleser, 2 MP	3× USB-A 3.0, 1× USB-A 2.0, 1× Thunderbolt 3, 1× Gb-LAN, 1× HDMI 1.4, 1× MiniDP 1.2, 2× Audio-Klinke, SD-Kartenleser, 0,9 MP
Besondere Ausstattung	Convertible (Tablet- und Notebook-Modus)	Individuelles Produkt vom Systemintegrator	USB-Ethernet-Adapter, fünf programmierbare Sondertasten	Steelseries-RGB-Tastatur
Eigenschaften (20 %)	**1,15**	**1,74**	**1,40**	**1,65**
Akkukapazität/Laufzeit	62,5 Wh (Tastatur-Dock) & 19,2 Wh (Tablet)/742 Minuten	59 Wh/367 Minuten	94 Wh/500 Minuten	65 Wh/344 Minuten
Haptik und Ergonomie	Sehr gut	Gut	Sehr gut	Gut
Verarbeitung	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut
Garantie	Ein Jahr	Zwei Jahre Pick-up and Return	Zwei Jahre	Zwei Jahre Pick-up and Return
Gewicht	1,62 kg (Netzteil: 379 g)	2,25 kg (Netzteil: 732 g)	1,91 kg (Netzteil: 472 g)	1,94 kg (Netzteil: 802 g)
Leistung (60 %)	**2,05**	**1,93**	**2,16**	**2,09**
Max. Displayhelligkeit/Homogenität/Kontrast	422 cd/m²/8 %/1502:1	414,5 cd/m²/4 %/727:1	314 cd/m²/17 %/963:1	308,3 cd/m²/5 %/949:1
Lautheit (2D/3D)	0 Sone/0,9 Sone	0,6 Sone/3,1 Sone	0,4 Sone/3,1 Sone	0 Sone/1,4 Sone
Cinebench R15 (Single/Multi)	140/623 Punkte	157/739 Punkte	140/470 Punkte	155/744 Punkte
The Witcher 3, „Boat Trip" (min./avg.)	28/30,9 Fps	70/75,1 Fps	57/60,6 Fps	37/39,7 Fps
Ethan Carter Redux, „Tracks" (min./avg.)	31/33,9 Fps	56/62,3 Fps	44/48,4 Fps	32/34,4 Fps
FAZIT	⊕ Flexibles Convertible ⊕ Brillantes Display ⊖ Keine Aufrüstmöglichkeiten	⊕ Individuelle Ausstattung ⊕ 120-Hz-Display und DP-1.4-Ausgänge ⊖ Schwacher Kontrast	⊕ Leicht und kompakt ⊕ Sehr gute Verarbeitung ⊖ Ausleuchtung; kein Thunderbolt 3	⊕ Recht leise, selbst unter Last ⊕ Gute Software-Ausstattung ⊖ Relativ teuer
	Wertung: **1,94**	Wertung: **1,95**	Wertung: **1,99**	Wertung: **2,01**



Bild: Pixabay.de

Immer dieser Netcode!

Verbindungsprobleme in einem Online-Multiplayer – oft kann man die Ursache nicht klar ausmachen. Viele reden dann von schlechtem „Netcode", doch worum handelt es sich dabei überhaupt?

Wenn es in kompetitiven Online-Multiplayer-Spielen zu Verzögerungen, einer Desynchronisation von Spielern oder Abstürzen kommt, ist für viele Nutzer oft sofort klar, woran es liegt: Schlecht optimierter Netcode. Dabei handelt es sich um einen Oberbegriff innerhalb der Gaming-Gemeinschaft, der alles zusammenfasst, was mit der Online-Multiplayer-Erfahrung in einem Videospiel zu tun hat. Auf den folgenden Seiten wollen wir Ihnen einen Überblick über Begrifflichkeiten und Zusammenhänge geben, die mit dem Netcode in Verbindung stehen.

Am Anfang war der Ping

Beim Ping handelt es sich um ein Werkzeug, mit dem bestimmt werden kann, ob ein Rechner in einem Internet-Protokoll-Netzwerk erreichbar ist. Seit 35 Jahren wird dieser etwa 1.000 Zeilen lange Programmcode dafür verwendet, indem eine Anfrage über das sogenannte Internet Control Message Protocol (ICMP) als Echo-Request-Paket an die Zieladresse versendet wird (der sogenannte „Ping"). Laut Protokollspezifikationen muss der Empfänger, der Host, ein Signal zurücksenden („Pong"). Mike Muuss benannte sein Programm für die Netzwerkdiagnose übrigens nach dem Geräusch, das ein Sonar macht, da es sich hier um eine analoge Methodik handelt. Die Paketumlaufzeit oder Round Trip Delay (auch „Round Trip Time" oder Pingzeit genannt) gibt dabei einen Latenzwert an, der sich aus der elektronischen entfernungsbedingten Signallaufzeit und der Verarbeitungszeit in Routern und Computern zusammensetzt. Wird der Ping beispielsweise mit 40 ms angegeben, benötigt das Paket 20 ms, um den Host zu erreichen.

Von Router zu Router

Die Datenpakete von Ihrem Spiele-Client zum Server müssen auf bestimmten Wegen übermittelt werden. Dieser Prozess nennt sich „Routing" und die Strecke wird in mehrere Netzwerkknoten aufgeteilt, die sogenannten Hops (engl. „Etappe"). Je nach Entfernung von Nutzer und Service zueinander benötigen die Informationen eine bestimmte Zeit, die auf die Leitungsgeschwindigkeit von Kupfer oder Glasfaser und die Entfernung zum Host-Server zurückzuführen ist. Entsprechend der Auslastung an den Netzwerkknoten werden die Datenpakete dann an die benachbarten Hops weitergeleitet – das sogenannte Forwarding.

Dabei kann es durchaus vorkommen, dass eine Verbindung zu einem lokalen Server eine deutlich höhere Paketumlaufzeit hat als beispielsweise ein drei Mal so weit entfernter Host. Die Ursache dafür liegt in der Anzahl der Hops, die das Datenpaket durchlaufen muss, um am Ziel anzukommen. Mit dem Tool Traceroute können Sie diese Anzahl ermitteln. Je mehr Netzwerkknoten durchlaufen werden müssen, desto größer wird also Ihr Ping. Mit dem mitgesendeten Time-To-Live-Wert (Lebenszeit) wird außerdem verhindert, dass Pakete

endlos durch das Netz geistern, da nach jedem Hop der Wert reduziert und bei null das Paket verworfen wird. Deshalb kann eine zu große Anzahl an Hops zu Übertragungsfehlern führen.

Wer tickt hier nicht richtig?

Das Spiel, welches auf einem Server läuft, muss für alle Beteiligten ständig aktualisiert werden. Der Grund dafür ist recht simpel: Jeder Spieler muss wissen, wo sich die Mitstreiter gerade in der Simulation befinden, damit ein flüssiges Spielerlebnis ohne Verzögerung möglich ist. Diese Updates werden als „Tick" bezeichnet und die Tickrate eines Servers gibt Aufschluss über die Frequenz der Aktualisierungen. Besitzt ein Server eine Tickrate von 60 Hz (60 Aktualisierungen pro Sekunde), sendet er doppelt so viele Simulations-Updates an den Spiele-Client wie das etwa ein 30-Hz-Server tun würde. Dadurch wird die serverseitige Spielwelt genauer berechnet, sodass beispielsweise die Hitboxen der Charaktermodelle exakter aufliegen und Spieler besser und genauer miteinander interagieren können.

Eine erhöhte Tickrate wirkt sich direkt auf die Latenz aus: Mehr Informationen über die Simulation liegen in kürzerer Zeit vor. Außerdem werden dadurch Paketverluste entschärft, da die gesendeten Daten durch eine hohe Aktualisierungsfrequenz pro Paket an Relevanz abnehmen.

Ein Tick bezeichnet auch die Zeit, in der der Server die erhaltenen Informationen der Clients in die Simulation einrechnet und das Ergebnis wiederum an die Spieler weitergibt. Sollte der Server bei der Berechnung in Verzug kommen, beispielsweise, weil Hardware beim Service-Provider ausgefallen ist, ist die Simulation nicht mehr mit den Clients synchronisiert, sodass es zu seltsamen Lags kommt. Solche manifestieren sich als klassische Ruckler, Gummibandeffekt („Rubber Banding"), Teleportation und nicht gezählte Treffer.

Lerp: Interpolation

Je nachdem, wie viele Datenpakete man vom Server erhält, kann das eigene System die erhaltene Information in ein Multiplayer-Spielerlebnis wandeln und am heimischen Bildschirm darstellen. Jedoch würde das Bild stottern, wenn sich der domizilierte Rechenschieber nur mit den erhaltenen Datenpaketen vom Server begnügen würde. Stattdessen muss der Spiele-Client Informationen interpolieren, d. h. der Computer errechnet Daten und nähert sich an die zwischen zwei Paketen liegende Information an. Man kann sich eine Interpolation ungefähr so vorstellen, als würde man eine Linie zwischen zwei bekannten Punkten auf einem Stück Papier ziehen: Die Punkte auf der Linie sind interpoliert und waren Ihnen zunächst nicht bekannt.

Der Spiele-Client macht das genauso mit den Datenpaketen. Nachdem der PC die Information von zwei Paketen gesammelt hat, beginnt die Verarbeitung dieser und die Interpolation der Information zwischen diesen. So wird ein stotterfreies Bild der Simulation am Monitor erzeugt, auf Kosten einiger Millisekunden Verzögerung. Aus diesem Grund ist der Spieler auch immer etwas in der Vergangenheit, verglichen mit der serverseitigen Darstellung des Spiels. Die Zeit, die vergeht, bis die verarbeitete Information auch wirklich dargestellt wird, nennt sich Interpolationszeit oder „lerp" und wird durch die Lag-Kompensation (im folgenden Abschnitt) ausgeglichen.

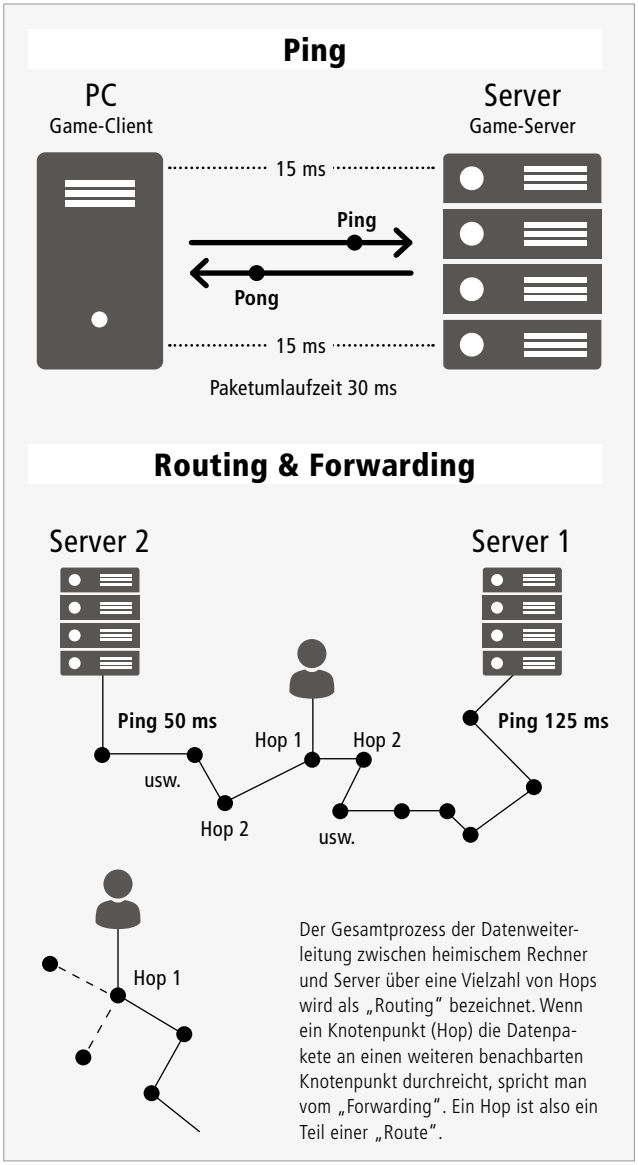
Hausmittel gegen Lag

Natürlich wollen Publisher und Spielentwickler ein möglichst reibungsloses Spielerlebnis für das Gros der Spielerschaft bieten, schließlich sollen nicht nur Clients mit einer perfekten Anbindung, und die direkt neben dem Datacenter wohnenden Spieler, in den Genuss einer lagfreien Spielerfahrung kommen. Aus diesem Grund implementierten die Entwickler bestimmte „Hausmittelchen" in Online-Multiplayer-Spielen, die die natürlich auftretende Latenz ausgleichen sollen, wie etwa die Lag-Kompensation.

Stellen Sie sich das in etwa so vor: Ihre Handlungen in einem Multiplayerspiel werden zunächst als Datenpaket an den Host geschickt, so auch wenn Sie zum Beispiel gegnerische Spieler anvisieren und Ihre Waffe abfeuern. Jetzt ist das Paket

Datenaustausch im Netz

Wie werden die Daten innerhalb des Internets zwischen Computern ausgetauscht? Warum ist der Ping von der Anzahl der Knotenpunkte und der Entfernung abhängig?



Der Gesamtprozess der Datenweiterleitung zwischen heimischem Rechner und Server über eine Vielzahl von Hops wird als „Routing" bezeichnet. Wenn ein Knotenpunkt (Hop) die Datenpakete an einen weiteren benachbarten Knotenpunkt durchreicht, spricht man vom „Forwarding". Ein Hop ist also ein Teil einer „Route".

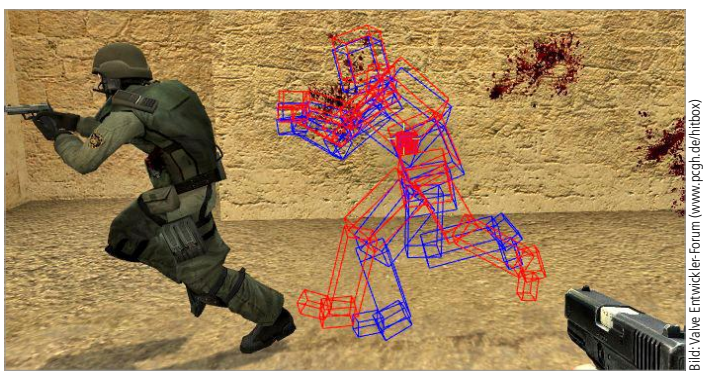
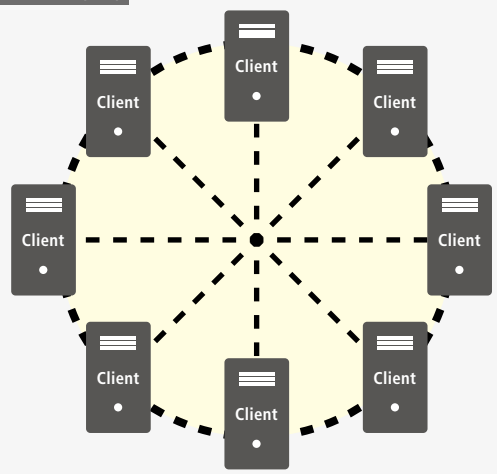


Bild: Valve Entwickler-Forum (www.pcgh.de/hitbox)

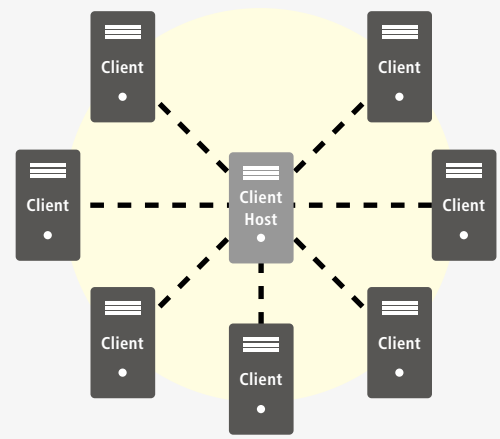
Links: Position des Gegners, wenn der Server das Datenpaket erhält; Rote Hitbox: Das, was Sie auf Ihrem Screen gesehen haben; blaue Hitbox: serverseitige Rekonstruktion.

Peer-to-Peer-Server (P2P)



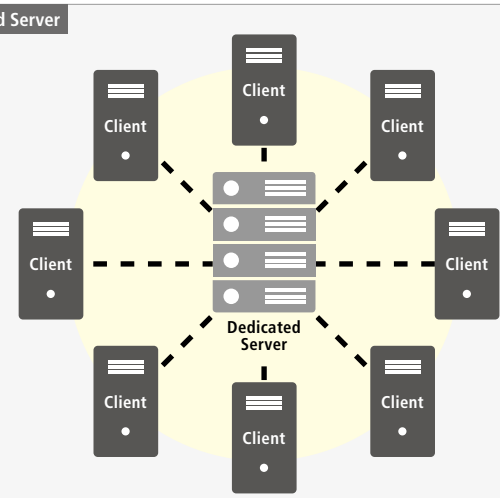
Ähnlich wie früher bei den Tauschbörsen wird hier die Spielinformation zwischen den Clients übermittelt. Ideal für dieses Modell sind 1-vs-1-Spiele wie etwa Street Fighter.

Listen-Server (Client gehostet)



Beim Listen-Server übernimmt ein Game-Client die Serveraufgaben. Dadurch hat dieser Spieler einen unfairen Vorteil, da bei ihm kein Lag auftritt.

Dedicated Server



Bei einem Dedicated Server handelt es sich um einen kompletten Server, der nur für das Spiel eingesetzt wird. Dieses Modell ist das beste, aber auch das teuerste.

mit der Zielinformation auf dem Weg zum verarbeitenden Server, jedoch läuft die Simulation wie gewohnt weiter – das bedeutet auch, dass sich der beschossene Gegner weiterbewegt, ohne zunächst getroffen zu werden, da das Paket ja noch unterwegs ist und noch nicht verarbeitet wurde.

Die Information ereicht nun den Server und kann dort abgeglichen und prozessiert werden. Dabei stellt das Spiel fest, dass Ihr Fadenkreuz zum jetzigen Zeitpunkt nicht mehr mit der aktuellen Position des Gegners übereinstimmt, weil dieser sich in der Sendezeit des Datenpakets weiterbewegt hat. Der Spiele-Server wird Ihnen den Treffer nicht gutschreiben, obwohl Sie auf Ihrem Bildschirm den gegnerischen Spieler genau getroffen hätten beziehungsweise haben. Aus diesem Grund wird hier die Lag-Kompensation eingesetzt, um die Verarbeitungszeit zwischen Server und Client zu eliminieren. Dieses „Hausmittelchen“ dreht für ein flüssiges Spielerlebnis die Zeit zurück und zwar genau um den Wert, der für das Senden und Verarbeiten zwischen Server und Client benötigt wird. Jetzt ist der Server nämlich in der Lage, die von Ihnen bereitgestellten Informationen mit denen der anderen Spieler abzugleichen, und kann Ihnen den Treffer gutschreiben.

DICE, der Entwickler von Battlefield, haben sich beispielsweise dazu entschlossen, die Lag-Kompensation nur bis zu einem bestimmten Latenzwert des Spielers anzuwenden. Sollte der Spiele-Client einen stärken Lag aufweisen, wird serverseitig keine Anpassung mehr vorgenommen.

Server ≠ Server

Insgesamt gibt es mehrere unterschiedliche Servermodelle, die alle ihre Vor- und Nachteile und speziellen Einsatzgebiete haben. Je nach Spieltyp müssen Entwickler das am besten passende Modell für die eigene Gaming-Gemeinde wählen.

Die beste Wahl, aber auch die kostenintensivste ist stets der speziell für das Spiel vorgesehene („dedicated“) Server, der nur von einem Kunden (in diesem Fall der Publisher) genutzt werden kann. Dadurch ist die gesamte Leistung des Servers nur für die Berechnung der Simulation vorgesehen. In der Regel beauftragen Publisher und Studios hierfür professionelle Unternehmen, die dann besagte Infrastruktur, Bandbreite und leistungsfähige Hardware dafür bereitstellen, sodass sich jeder Spiele-Client mit geringen Latenzen verbinden kann. Solche hohen Investitionen in die Spiele-Infrastruktur lohnen sich vor allem für schnelle Multiplayerspiele mit mehr als zwei Spielern, wie etwa Battlefield 1 oder Counter-Strike.

Ein anderes Modell, das besonders in der Shooter-Reihe Call of Duty Anwendung findet, sind die vom Spiele-Client selbst gehosteten Spiele. Diese sind als sogenannte Listen-Server bekannt und sind eigentlich den dedizierten Servern sehr ähnlich, nur dass hier eine Endverbraucheranbindung genutzt wird, die für so viele Spieler kaum die Upload-Voraussetzungen erfüllt. Hinzu kommt, dass die Performance unter der zusätzlichen Belastung als Host leidet. Außerdem hat der Game-Client, der die Simulation hostet, einen unfairen Vorteil: keinen Lag. Dennoch ist dieses Servermodell vor allem in lokalen Netzen von Vorteil, da hier die Latenz keine Probleme bereitet; zudem ist es kostengünstig und kann in Gebieten mit einer schlechten Infrastruktur genutzt werden.

Ein weiteres alternatives Servermodell ist das Peer-to-Peer-Netzwerk. Bei diesem Modell wird eine direkte Verbindung zwischen allen Spielern hergestellt, ohne zunächst über einen extra Server geleitet zu werden. In Kampfspielen mit zwei gegeneinander antretenden Spielern, wie etwa in Street Fighter, ermöglicht dieses Modell rasante und nahezu lagfreie Eingaben. Dennoch gibt es auch Multiplayer-Spiele mit mehr als zwei Teilnehmern, die Peer-to-Peer (P2P) nutzen, der Multiplayer-Shooter Destiny ist solch ein Beispiel. Sobald in einem P2P-Netzwerk mehr als zwei Spieler sind, steigt der Datenverkehr enorm an. Die Synchronisation der Spieler ist zudem recht schwer, sodass sich die Latenzen addieren und es dann zu Gameplay zerstörenden Paradoxa kommen kann. *(ab)*

4NETPLAYERS

● Gameserver ● Teamspeak-Server ●



TRAFFIC-FLATRATE
EIGENER DEDICATED SERVER
ÜBER 200 FAHRZEUGE, INKL ALLER DLC´S
BIS 4GB SPEICHER VERFÜGBAR
AB 6,46€ / MONAT

ÜBERLEBE! BAUE! HERRSCHE!
VON 8 BIS 80 SPIELER IM MULTIPLAYER
SERVER SOFORT ONLINE
HIGH-END HARDWARE FÜR BESTEN PING
AB 12,92€ / MONAT

5 BIS 500 SLOTS MÖGLICH
OFFIZIELLER ATHP-HOSTER
SERVER SOFORT ONLINE
INKL. TS3MUSICBOT FÜR MUSIK
AB 2,39 €/MONAT

WWW.4NETPLAYERS.DE

Ein Produkt der CMG Computec Media Group

Spiele & Software



Frank Stöwer
Fachbereich E-Sport
E-Mail: fs@pcgh.de

Kommentar

Faszination E-Sport oder wie ich mich dabei ertappe, Profi-Gamer im TV anzuschauen.

Ich möchte hier jetzt gar nicht ausdiskutieren, ob E-Sport eine echte sportliche Disziplin oder doch nur die intensive und professionelle Beschäftigung mit digitalen Endgeräten ist. Ich jedenfalls stelle seit ein paar Wochen fest, dass ich regelmäßig beim Durchzappen am Fernseher bei der Sendung Ran Esports (Pro Sieben Maxx) hängenbleibe. Das ist erstaunlich, denn es ist noch gar nicht so lange her, dass ich es mir überhaupt nicht vorstellen konnte, professionellen CS-Go- und FIFA-Spielern beim Geldverdienen über die Schulter zu schauen. Warum also habe ich meine Meinung geändert? Zuerst einmal hat mir die Präsentation des E-Sports im TV gefallen und nachdem ich dann auch verstand, worum genau es in den gezeigten Matches geht, wuchs meine Begeisterung. Wie beim „realen" Sport waren hier einerseits Taktik, Teamplay und Konzentration gefragt. Auf der anderen Seite faszinierte mich als selbsternannter PCGH-Eingabegerätepapst, wie gut die Protagonisten ihre Eingabegeräte beherrschen und wie präzise die Stars Maus und Tastatur (CS Go) oder den Controller (FIFA) einsetzen. Alleine das zu sehen, belohnt immer wieder fürs Einschalten.

Verkaufs-CHARTS*

Platz	Titel	Hersteller
1.	**Die Sims 4**	**Electronic Arts**
2.	**Kingdom Come: Deliverance**	**Deep Silver**
3.	**Grand Theft Auto**	**Rockstar Games**
4.	Final Fantasy 15	Square Enix
5.	WoW: Battle for Azeroth (VVK)	Activision Blizzard
6.	Die Sims 4: Hunde und Katzen	Electronic Arts
7.	Overwatch GOTY Edition	Activision/Blizzard
8.	Assassin's Creed: Origins	Ubisoft
9.	Total War: Warhammer 2 LE	Sega
10.	Call of Duty World War 2	Activision

* Quelle: Saturn, Top 20 vom 17.3.2018



Final Fantasy XV Windows Edition

Fast anderthalb Jahre nach dem Konsolen-Release kommt Final Fantasy XV mit aufgebrezelter Optik und neuen Features auf den heimischen Rechner. Kann auch das PC-Komplettpaket überzeugen?

Schon der erste Blick auf die Spielgrafik der Windows-Version von Final Fantasy XV zeigt, dass Entwickler Square-Enix hier keinesfalls einen schlichten Konsolen-Port abliefert. Viele Charaktermodelle wurden mit mehr Polygonen ausgestattet und scharfe, hochauflösende Texturen ersetzen den teilweise schwammigen Look der Konsolenfassung. Dazu kommen Gameworks-Effekte wie Hairworks für wippendes Monsterhaar oder Turf-Effects für detailliertes Gras, das sich beim Durchschreiten interaktiv zur Seite biegt. Der Preis der grafischen Pracht sind relativ hohe Anforderungen an die Hardware und erst mit einem wie im Kasten rechts empfohlenen System kommt in Full HD wirklich flüssiger Spaß auf. Dafür sind im aufgehübschten PC-Paket nicht nur die Hauptstory, sondern auch alle bisher erschienenen DLCs enthalten.

Bei Final Fantasy XV wird, etwas zum Leidwesen von Veteranen, nicht mehr rundenbasiert gekämpft. Die Widersacher beharken Sie in Echtzeit, wobei eine Pausefunktion, beispielsweise für die Analyse der Schwachstellen des Gegners, zugeschaltet werden kann. Spaßig, actionreich und unterhaltsam ist das geänderte Kampfsystem definitiv und die Steuerung mit Maus und Tastatur geht gut, wenn auch nicht hundertprozentig intuitiv von der Hand. Zu den Dingen, die uns weiterhin positiv aufgefallen sind, gehören die fantastische akustische Untermalung, das glaubhafte Gefühl, mit einer Gruppe von Freunden unterwegs zu sein, sowie die motivierenden Rollenspielanteile, für die das Fertigkeitensystem verantwortlich ist. Die Story lässt hingegen Wünsche offen. Zwar wird sie durch die mitgelieferten DLCs inhaltlich sinnvoll erweitert, ist teilweise aber trotzdem nicht nachvollziehbar. Der Open-World-Teil dagegen wirkt stellenweise etwas leer und unbelebt und viele Zwischensequenzen machen aufgrund ihrer Geräuscharmut einen fast schon sterilen Eindruck. *(fs)*

Final Fantasy XV Windows Edition

FAZIT: Die Geschichte von Final Fantasy XV reißt etwas weniger mit als die des Vorgängers, dafür sieht die Windows Edition fantastisch aus. Das geänderte, aber nichtsdestotrotz actionreiche und flotte Kampfsystem macht noch jede Menge Spaß und die zusätzlichen Inhalte sind ihr Geld auch wert.

Genre: **Japan-RPG** | Web: **www.finalfantasyxv.com/de** | Technik: **Luminous-Engine; überarbeitete Optik bei der Windows Edition** | Empfohlener PC: **Core i5-6500/AMD Ryzen 3 1200, GTX 1060, RX 580, 16 Gigabyte RAM**

WERTUNG **1,60**

Video Games Live Level 6

Bereits zum sechsten Mal veröffentlichen Tommy Tallarico und seine Crew ein Album voller Videospiel-Musik-Arrangements und gehen danach auf große Tour. Wir sprachen mit der US-amerikanischen Szene-Ikone.

Tommy Tallarico sprach mit uns über Level 6 – das sechste Album samt Tour –, das dazugehörige Kickstarter-Projekt, seine Pläne für die Zukunft und über Videospiele im Allgemeinen.

PCGH: Wie der Name bereits vermuten lässt, ist Level 6 dein sechstes Video-Games-Live-Album. Kannst du uns verraten, welche Spiele diesmal vertreten sind?

Tommy Tallarico: Das wird unser bisher bestes Album! Ich habe mir rund um den Globus notiert, welche Songs sich die Leute für unsere nächsten Performances und Aufnahmen wünschen. Das hier sind die Songs, die wir bisher bestätigt haben: Pokemon – Gotta catch 'em all aus der Pokemon-TV-Serie (featuring Jason Paige, Original-Sänger aus der Serie), mit weitaus mehr Gitarren, Orchestermusik und Gesang. Undertale: Ein Arrangement unter Mithilfe von Erschaffer/Komponist Toby Fox. Wir wollen die Musik in diesem Fall auf einem neuen symphonischen und elektronischen Level interpretieren. Final Fantasy X – To Zanarkand: Ein komplett eigenständiges Video-Games-Live-Arrangement. Es gab ein paar Elemente, die ich schon immer in diese Melodie integrieren wollte, etwa Akustikgitarren und Chöre. Destiny – The Union, geschrieben von Marty O'Donnell, Sir Paul McCartney (ja … DER Paul McCartney von den Beatles) und Mike Salvatori. Das Arrangement und die Aufnahme sind in Zusammenarbeit mit Marty O'Donnell entstanden. Das Video-Games-Live-Arrangement The Union ist ein bisher in seiner Gänze unveröffentlichter Song vom nie erschienenen Album Music of the Spheres. Tomb Raider Suite: Ein noch nie veröffentlichter oder aufgeführter Song, der speziell für Video Games Live vom originalen Tomb-Raider-Komponisten Nathan McCree arrangiert wurde. Metal Gear Solid: Obwohl wir diesen Song schon seit unserer allerersten Show im Hollywood Bowl 2005 live performen, haben wir ihn noch nie veröffentlicht oder aufgenommen. Es handelt sich dabei um ein originales Arrangement der Metal-Gear-Solid-Songs Main Theme und Encounter, das von den ursprünglichen Komponisten des Spiels zusammengestellt wurde. Earthbound/Mother: Eine der meistgewünschten Franchises, was die Integration bei Video Games Live anbelangt.

PCGH: Von den zehn geplanten Songs sind also bisher sieben bekannt. Kannst du uns vielleicht noch ein oder zwei weitere verraten?

Tallarico: Die Backer unserer Kickstarter-Kampagne entscheiden, was die finalen Tracks auf dem Album sein werden, also kann ich das im Moment gar nicht so genau sagen. Außerdem packen wir bei erreichten Stretch Goals auch noch weitere Tracks auf das Album. Deswegen hoffe ich, dass wir am Ende auf 12 oder 13 Songs kommen. Im Gespräch mit den Projekt-Mitarbeitern und Leuten in den sozialen Medien merke ich aber, dass viele Leute sich Titel wie Hearthstone, Suikoden 2, Fire Emblem, Heroes of Might & Magic, Katamari Damacy, Secret/Legend of Mana, Shenmue, Starfox, Guilty Gear, Nier, Kirby, Cuphead, Ori and the Blind Forest, Super Mario Bros. 2 und Zelda: Breath of the Wild wünschen. Puh! Damit hätten wir schon genug Material für Level 7 und 8!

PCGH: Hast du bei der Arbeit an deinem sechsten Video-Games-Live-Album etwas anders gemacht als zuvor? Gab es etwas, das du aus den bisherigen fünf Alben gelernt und umgesetzt hast?



„Wir hätten schon mehr als genug Material für Level 7 und Level 8!"

Tommy Tallarico

Tallarico: Vom Produktionsstandpunkt habe ich mir vor allem mehr Zeit beim Arrangement der einzelnen Tracks gelassen, bevor ich sie zum finalen Mix gegeben habe. Vorher habe ich immer das Gefühl gehabt, dass ich mich zu sehr abhetze, weil ich mir nur vier oder fünf Tage zum Editieren auf der Skywalker Ranch gegeben habe. Diesmal nehme ich mir sieben oder acht Tage nur fürs Editieren Zeit und mixe dann an zwei Extra-Tagen zusammen mit der mehrfachen Grammy-Preisträgerin und Toningenieurin Leslie Ann Jones.

Vom Kickstarter-Standpunkt … ich gebe den Leuten immer mindestens das Drei- bis Siebenfache des Betrags, den sie spenden, als Wert-Gegenleistung zurück. Ich denke, das ist einer der Hauptgründe, warum unsere Kampagnen immer so gut laufen. Ich sehe Kickstarter nicht als eine Plattform, auf der man Leuten nur ein Album verkauft. Das bieten ja schon iTunes oder Amazon. Kickstarter hingegen gibt mir die Möglichkeit, den größten Fans, die uns liebend gerne unterstützen, so viele Dinge zurückzugeben. Das ist eine tolle Gelegenheit, neues und einzigartiges Material mit ihnen zu teilen – das bietet einfach keine andere Plattform. Für dieses Projekt haben wir beispielsweise coole Belohnungen wie einen Besuch auf der Skywalker Ranch, personalisierte Voice Recordings der originalen Ash-Ketchum-Sprecherin (Pokemon) Veronica Taylor, ein einzigartiges Donkey-Kong-Country-Piano-Album mit Hilfe und Input vom originalen Komponisten David Wise und so viel mehr.

PCGH: Für Video Games Live vermischst du viele unterschiedliche Musik-Stile – hast du für Level 6 etwas an der Formel verändert und neue stilistische Elemente eingebaut?

Tallarico: Ich persönliche LIEBE Dynamik. Ich denke, das haben wir für Level 5 perfekt hingekriegt. Ein Orchester mit 100 Instrumenten und einen Chor mit 60 Personen zu haben, ist einfach großartig! Aber das Ganze dann mit Gitarren und Elektro-Elementen zu kombinieren, bringt die Sache noch mal auf ein anderes Level. Natürlich nicht bei allen Songs, denn manchmal ist es wichtig, auch etwas langsamer und „schöner" zu agieren. Wie gesagt: Es geht immer um Dynamik. Eine Sache, die ich anders mache und für die ich eine neue Herangehensweise wage, ist das Arrangement zu Earthbound/Mother. Ich bin ein großer Fan der Filmmusik von Moulin Rouge und The Greatest Showman. Für Level 6 wollte ich auch so etwas – für uns völlig Neues – in einem der Tracks umsetzen. Einer meiner Arrangeure (Wayne Strange) nahm sich einige originale Lyrics von Earthbound/Mother-Komponist Shigesato Itoi und übersetzte/adaptierte/interpretierte sie ins Englische. Wir wollen dafür einzigartige Sänger und italienische Opern-Stars verpflichten. Also etwas völlig anderes als jedes Arrangement zu dem Thema dort draußen. Wir haben zu den ersten sieben Songs bereits ein paar computergenerierte Demos auf unserer Kickstarter-Seite, ihr könnt sie euch hier anhören: https://www.kickstarter.com/projects/1916334303/video-games-live-level-6-album-and-movie?ref=51ttfn

PCGH: Du machst nun bereits seit über 30 Jahren Videospiel-Musik. Hast du je darüber nachgedacht, in andere Musikbereiche zu expandieren? Filmmusik zum Beispiel?

Tallarico: Ein paar bekannte Filmproduzenten haben mich in der Vergangenheit schon kontaktiert, um über eine potenzielle Zusammenarbeit zu sprechen. Aber um ehrlich zu sein, sind Videospiele und Videospiel-Musik nun mal meine große Leidenschaft. Deswegen habe ich nicht wirklich Interesse, an großen Hollywood-Produktionen mitzuwirken. Ich meine, ich liebe Filme, aber in dem Fall würde ich die Musik nur für Geld und/oder den Ruf machen. Das ist etwas, das mich noch nie interessierte. Meine zwei großen Lieben, als ich aufgewachsen bin, waren Musik und Videospiele. Und die Tatsache, dass ich beide Dinge nun zu meinem alltäglichen Job gemacht habe, ist unglaublich und für mich persönlich auch besonders wertvoll. Es gibt also keinen Grund, mich mit anderen Dingen zu beschäftigen, da mir diese Dinge nicht so wichtig sind wie Videospiele.

PCGH: So fleißig wie du komponierst, findest du eigentlich noch genug Zeit, um Videospiele zu spielen? Falls ja, welche Spiele bereiten dir momentan besonders viel Freude?

Tallarico: Nun, es ist natürlich sehr schwer, Zeit zu finden, wenn du die ganze Zeit auf Tour oder Reisen bist. Aber wenn ich zu Hause bin, dann spiele ich das aktuelle F1-Spiel in meinem Heimkino – ich bin ein Riesen-Fan der Formel 1 und von Ferrari! Ich habe auch Shadow of the Colossus noch einmal in HD durchgespielt. So großartig! Eines meiner absoluten Lieblingsspiele der letzten zehn, fünfzehn Jahre.

TOURDATEN

02.11.18 Frankfurt – Jahrhunderthalle
03.11.18 Berlin – Tempodrom
04.11.18 Mönchengladbach – Red Box
05.11.18 Hamburg – Mehr Theater
Tickets unter: www.adticket.de
Kickstarter: https://www.kickstarter.com/projects/1916334303/video-games-live-level-6-album-and-movie/description



Computergrafik-Basics

Für Spiele, Filme und auch die Industrie ist die dreidimensionale Computergrafik unverzichtbar. Wir bieten einen Einblick in die Geschichte und in die grundlegenden Bestandteile von 3D-Grafik.

Sie mag anfangs kompliziert erscheinen, doch 3D-Computergrafik zu verstehen oder selbst zu erschaffen, ist durchaus möglich.

Kleine Filme aus dem Computer

Während PC-Spieler vergleichsweise spät in den Genuss von erster 3D-Grafik kamen, gab es entsprechende Entwicklungen schon deutlich früher. 1972 entstand die kurze Filmsequenz A Computer Animated Hand, die von Edwin Catmull und Fred Parke erstellt wurde. Sie zeigt eine dreidimensionale Hand, die nicht nur als Wireframe, sondern mit schattierten Oberflächen (Polygonen) dargestellt wurde. Darüber hinaus war sie animiert, die Hand konnte sich also bewegen. Die beiden Schöpfer waren damals Studenten an der University of Utah. Catmull ist inzwischen Präsident der Walt Disney Animation Studios und war bereits bei der Gründung der Pixar Animation Studios ein Teil des Unternehmens. Parke veröffentlichte zwei Jahre nach A Computer Animated Hand noch eine Demonstration mit einem animierten, menschlichen Gesicht.

Auch vor den 1970ern gab es erste Gehversuche mit computergenerierten Grafiken, doch kamen aus Leistungsgründen damals vornehmlich Wireframe-Ansichten zum Einsatz. Es waren also ausschließlich die definierenden Kanten der Objekte sichtbar, nicht aber die Flächen. Ein Beispiel hierfür ist die 1963 von Edward E. Zajac veröffentlichte Animation eines Satelliten, der um die Erde kreist. Sie besteht aus einer sich drehenden Kugel und einem darum rotierenden Quader.

Passende Software kommt auf den Markt …

An Relevanz gewannen entsprechende Grafiken durch Programme, die die Erstellung von dreidimensionalen Objekten über eine Benutzeroberfläche ermöglichten. Vor diesen mussten beispielsweise die Koordinaten von Eckpunkten von Hand eingegeben werden.

In den 1980ern wurden mehrere Unternehmen gegründet, die bis heute bestehen und wichtige Programme aus diesem Bereich vertreiben: Autodesk startete 1982; das Unternehmen vertrieb zunächst Auto CAD (Computer Aided Design). 1990 erschien dann 3D Studio – der direkte Vorgänger von 3ds Max.

1983 wurde Alias Research, später Alias Systems Corporation, gegründet. Das Unternehmen entwickelte beispielsweise das Programm Poweranimator, 1998 kam dann die bekannte Software Maya auf den Markt, die inzwischen von Autodesk vertrieben wird.

… und 3D-Spiele häufen sich

Während für Animationen oder Spezialeffekte in Filmen schon früher computergenerierte Grafiken zum Einsatz kamen, standen Spiele damals vor einem Leistungsproblem: Heimanwender hatten nur sehr begrenzte Rechenleistung und obendrein muss bei einem Spiel die Berechnung auch noch

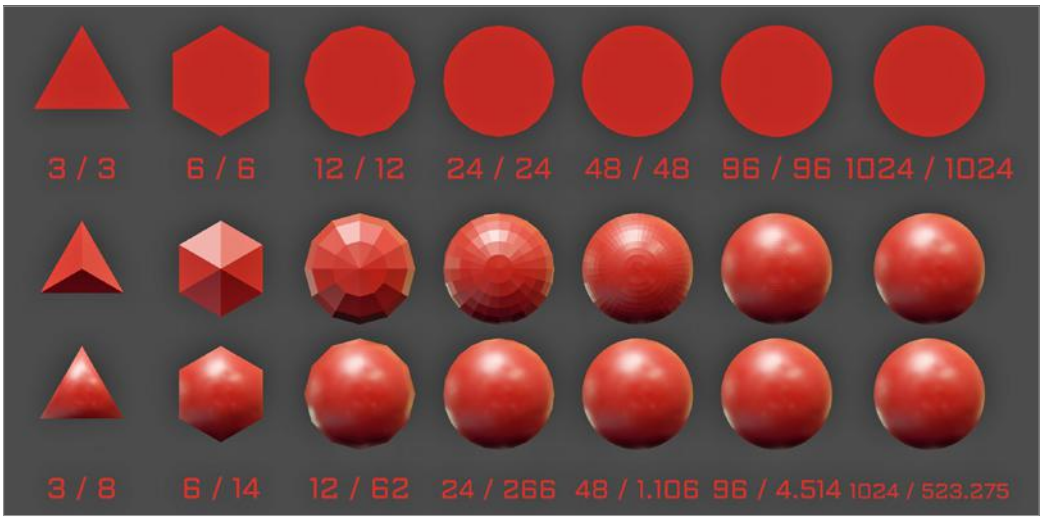
in Echtzeit erfolgen. Die grafische Darstellung wurde „live“ und damit interaktiv also erst später möglich.

Einer der ersten Titel mit gerenderten Flächen anstelle von Wireframes, 3D Monster Maze, erschien 1981 für den Sinclair ZX81. Dieser hatte einen Prozessor mit – aus heutiger Sicht lächerlichen – 3,25 Megahertz Takt verbaut.

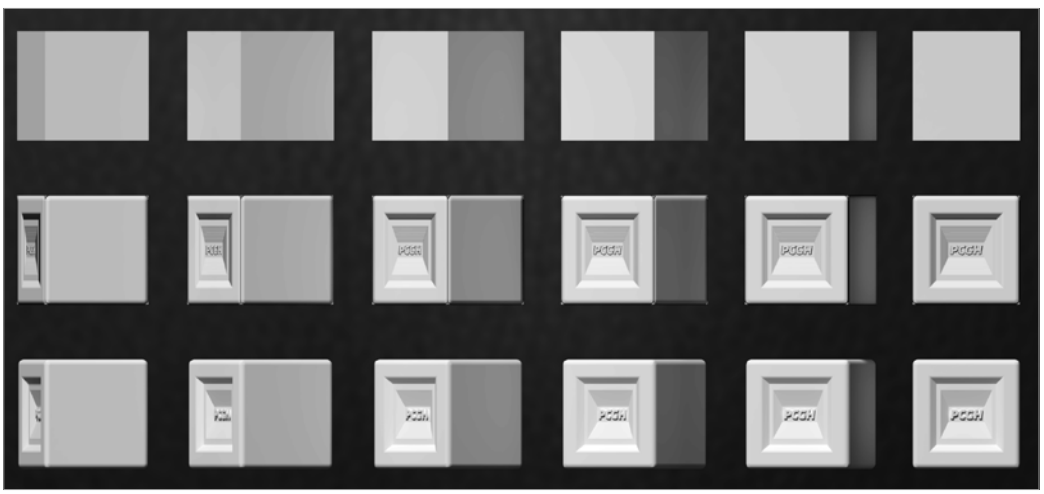
Das Spiel wurde in First-Person-Perspektive dargestellt; der Spieler musste darin einen Weg aus einem Labyrinth finden. Schon früher gab es Spiele mit Wireframe-Ansicht, etwa Spasim aus dem Jahr 1974.

Ein verhältnismäßig flüssiges Spielerlebnis, auch in Wireframe-Ansicht, bot beispielsweise das von Atari entwickelte Battlezone von November 1980. Zum Vergleich: Das berühmte Spiel Pac-Man erschien nur wenige Monate früher.

Ein Jahrzehnt später hatte sich die Grafik stark weiterentwickelt: Der Klassiker Wolfenstein 3D setzte auf einen Mix aus einer 3D-Spielwelt und 2D-Gegnern. Die Polygone sind hier bereits nicht mehr einfarbig, sondern mit Texturen versehen. 1995 kam der erste vollständig am Computer erstellte Spielfilm, Toy Story, ins Kino – und weitere Animationsfilme folgten. Die Grafik wurde nun langsam realistischer und vor allem massentauglich.



Näherungen eines Kreises bzw. einer Kugel: In der ersten Zeile sind Kreise, in der zweiten Kugeln mit Flat Shading. In der dritten Zeile sehen Sie Kugeln mit Phong („Smooth“) Shading. Die Zahlen geben die Eckpunkte pro Kreis/des Gesamtobjekts an.



Mit Bump-Maps kann man Vertiefungen vortäuschen. Oben: Das Objekt ohne Bump-Map. Mitte: Das Objekt mit Bump-Map. Unten: Das Objekt mit modellierten Details (Vertiefungen durch echte Geometrie, nicht durch Texturen).

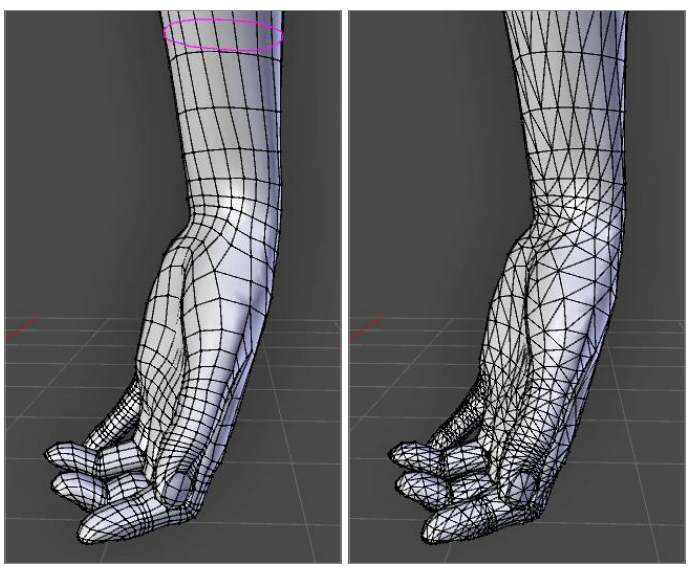
Der Aufbau einer 3D-Szene – das steckt dahinter

Da heutzutage fast alle Spiele 3D-Titel und entsprechende Technologien aus dem täglichen Leben keinesfalls wegzudenken sind, stellt sich die Frage nach dem Wie natürlich schnell. Insbesondere auch deswegen, weil in modernen Filmproduktionen grafische Niveaus erreicht werden, die man kaum mehr von der Realität unterscheiden kann.

Ob eine Computergrafik für ein Bild, einen Film oder ein Spiel erstellt wird, macht dabei auf Seiten der verwendeten Techniken kaum Unterschiede. Der größte Unterschied liegt in dem Fokus auf eine hohe Leistungsfähigkeit bei Spielen – die Grundsätze bleiben aber im Prinzip identisch. Die folgenden Punkte sollen einen groben Überblick über den Aufbau einer dreidimensionalen Szene geben, wie sie zur Erzeugung computergenerierter Bilder verwendet wird. Als Szene wird dabei der virtuelle Raum bezeichnet, in dem sich alle Objekte mit ihren Einstellungen befinden.

Geometrie

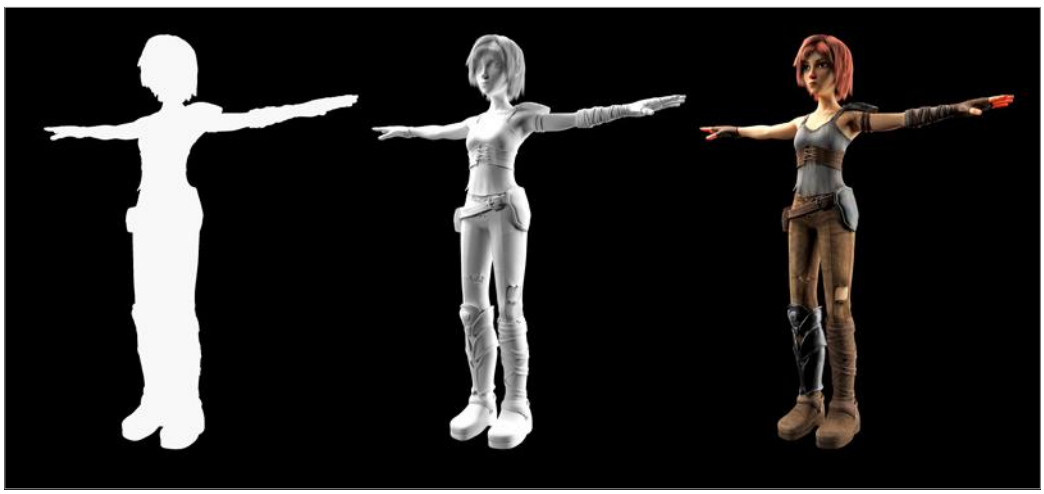
Soll auf dem Bildschirm später etwas Erkennbares ausgegeben werden, so muss der Computer zuerst wissen, wo sich Objekte befinden, wie diese angeordnet sind und wie sie aussehen. Objekte/Modelle bestehen üblicherweise aus drei Elementen: Eckpunkten (Vertices), Verbindungskanten (Edges) und Flächen (Faces/Polygone). Diese sind voneinander abhängig: Eine Kante wird stets durch zwei Eckpunkte definiert; eine Fläche durch mindestens drei Kanten. Eckpunk-



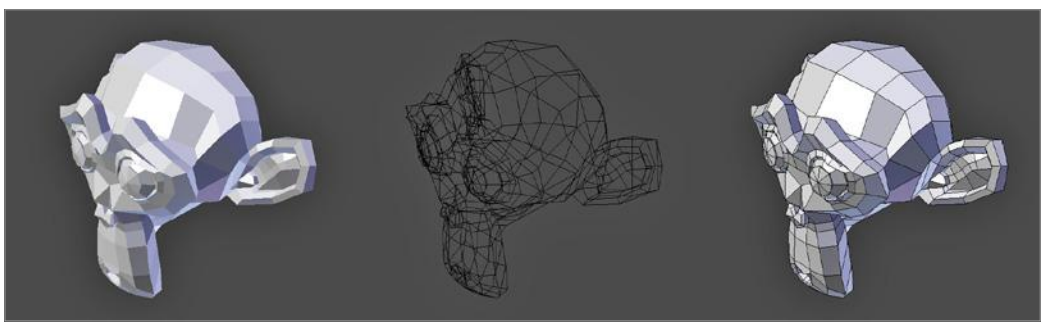
Links: übersichtliches Modell aus Vierecken. Rechts: unübersichtliches Modell aus Dreiecken. Lila: Durch Kanten von Vierecken umschließt man einen logischen Bereich.

te werden durch Koordinaten bestimmt, die die Position in der X-, Y- und Z-Achse angeben. Kanten und Flächen bauen auf den jeweiligen Eckpunkten auf.

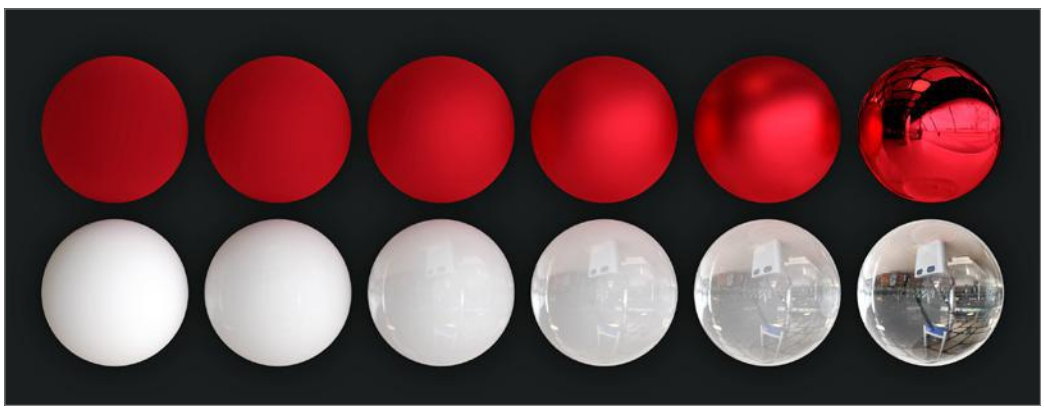
Je nach Render-Engine können auch Kanten und Eckpunkte am Ende sichtbar sein, üblicherweise dreht sich die Geometrie aber um die Flächen – sie umschließen das Modell und bestimmen dessen Form. Dabei ist zu beachten, dass Flächen nicht, wie in der Realität, zwei Seiten haben, sondern nur eine. Betrachtet man am Computer die eine Seite einer Fläche, so ist sie wie zu erwarten sichtbar. Die Rückseite hingegen ist zumeist unsichtbar, weshalb man durch sogenanntes Backface Culling die nicht-sichtbaren Flächen weglässt, was Leistung spart. Am besten zu beobachten ist das, wenn man in einem Spiel in ein Objekt hinein gerät oder gar aus der Welt fällt. Dann kann man (meistens) durch das Objekt beziehungsweise die Spielwelt hindurchsehen. Die entsprechende Ausrichtung einer Geraden wird als „Normale" bezeichnet, einem auf der Fläche senkrecht stehenden Vektor, der eben in die eine oder in die andere Richtung zeigen kann.



Modell: „Sintel" von Andy Goralczyk (Quelle: cloud.blender.org). Links: Modell ohne Schatten/Beleuchtung. Mitte: Modell ohne Materialien („Clay Render"). Rechts: Modell mit Texturen, Materialien und Beleuchtung



Links: Solid. Mitte: Wireframe. Rechts: Solid + Wireframe: Die Solid-Ansicht zeigt das Modell mit Flächen an, die Wireframe-Ansicht nur mit Kanten. Nur die Eckpunkte anzuzeigen ist unüblich, da man dann die Struktur des Objekts kaum mehr erkennt.



Materialien. Oben: Stufen zwischen diffus und glänzend. Unten: Stufen zwischen diffus und Glas. Während Raytracer echte Spiegelungen bieten, werden bei Spiel-Engines oft Tricks zur Realisierung eingesetzt.

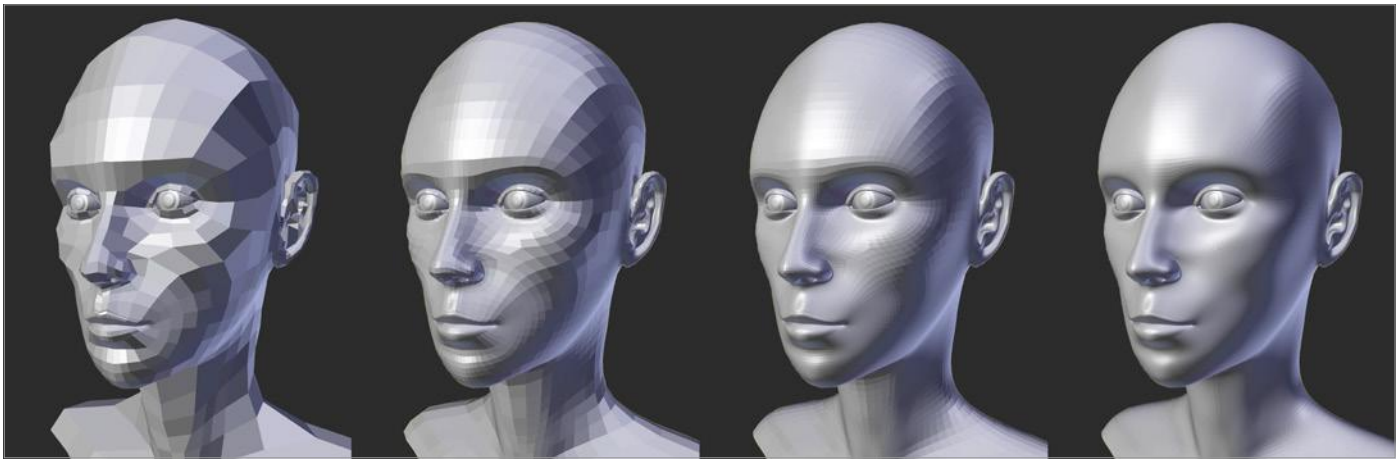
Das alles mag sich ausgesprochen kompliziert anhören, ist aber in der Realität weit weniger problematisch: Entsprechende Programme, wie sie später vorgestellt werden, bieten intuitive Wege, um Geometrie zu bearbeiten und zu erstellen. Und auch um die Grundprinzipien der Bearbeitungen zu verstehen, ist nicht viel mehr notwendig als die heutzutage an Schulen unterrichtete Vektorrechnung.

Für einen 3D-Künstler ist all das Beschriebene einfacher Alltag, ein Problem ist vielmehr die saubere Erstellung von Geometrie. Das bedeutet, dass Objekte einfach zu bearbeiten sein sollen und vor allem nicht mehr Eckpunkte, Kanten und Flächen haben als notwendig – denn das kostet Speicher und Leistung. Ein Problem beim Einsparen von Geometrie gibt es vor allem bei der Darstellung runder Objekte: Flächen und Kanten sind immer gerade, weswegen Rundungen, um nicht kantig auszusehen, viel Geometrie verbrauchen.

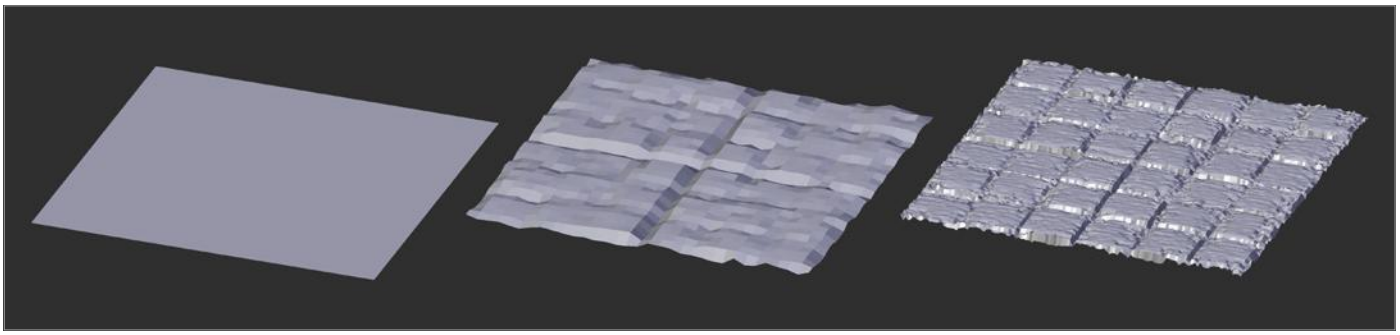
Render-Engines stellen Flächen intern als Dreiecke dar, denn egal welchen Punkt eines Dreiecks man verschiebt, die eingeschlossene Fläche ist immer „gerade", also möglich. Verschiebt man jedoch bei einem Viereck einen der vier Punkte, so kann die Fläche „ungerade" werden, also unmöglich; man kann dort nicht über alle vier Punkte eine gerade Fläche bilden. Die entsprechenden Programme zerteilen deswegen Mehrecke intern in Dreiecke, wofür es immer zwei Möglichkeiten gibt.

Obwohl am Ende in Dreiecken gerechnet wird, arbeitet man bei entsprechenden Modellen meistens mit Vierecken, um zwei gegenüberliegende Seiten zu erhalten. Das ist für den sogenannten Meshflow (auch Topologie genannt) wichtig: Man bildet mit den Vierecken Ringe um Teile des Modells. Das ist für einige interne Funktionen von Modellierungsprogrammen notwendig und sorgt zugleich für eine verbesserte Übersicht.

Sind alle benötigten Modelle erstellt, können sie im Raum ange-



Der Catmull-Clark-Algorithmus erzeugt zusätzliche, abrundende Geometrie und funktioniert am besten mit Vierecken. Jede weitere Stufe vervierfacht die Polygon-Anzahl. Zu hohe Einstellungen können schnell zu Leistungs- und Speicherproblemen führen, deswegen wird ergänzend zumeist Phong („Smooth") Shading eingesetzt.



Durch Displacement-Maps können Objekte mit höherem Detailgrad dargestellt werden. Nähere Objekte werden automatisch weiter unterteilt (z. B. Catmull-Clark-Algorithmus/Tesselation) und anhand der Displacement-Map verschoben. Bei zu niedriger Mindestdistanz sieht man eine Formänderung, wenn man sich Objekten nähert.

ordnet werden. Ausgehend von der in der Szene befindlichen Kamera kann die Render-Engine nun bestimmen, welche Objekte/Polygone weiter vorne liegen und welche verdeckt sind.

Materialien und Texturen

Soll das Ergebnis auf dem Bildschirm jedoch nicht nur grau sein, sondern auch Farben enthalten, wird der Einsatz von Materialien (oft als „Shader" bezeichnet; nicht zu verwechseln mit Shadereinheiten in GPUs) und Texturen notwendig. Erstere bestimmen die Eigenschaften der Oberfläche eines Objekts, letztere wurden früher nur für die Farbgebung verwendet – heute jedoch für deutlich mehr.

Für Materialien gibt es verschiedene Möglichkeiten, um mit auftreffendem Licht zu reagieren. Sie können beispielsweise spiegelnd oder diffus sein – oder auch beides gleichzeitig, in einem beliebigen Verhältnis. Sehr alte Spiele haben keine Reflexionen, die Materialien sind also alle diffus.

Das Problem an spiegelnden Oberflächen ist, dass der Lichtstrahl abgelenkt wird und damit nach dem Auftreffen auf das erste Objekt noch weiterverfolgt werden muss; das kostet Leistung. Einfarbige Materialien, die höchstens mit dem umgebenden Licht interagieren, sind hier schonender, aber eben auch deutlich weniger ansehnlich.

Mit moderner Hardware und damit mehr Leistungsreserven sind spiegelnde Oberfläche jedoch möglich geworden. Je nach Implementierung sind sie wirklich „realistisch" oder nur die Realität nachahmend.

Render-Engines bieten für gewöhnlich fertige Materialien an und unterteilen diese beispielsweise in metallische, nicht-metallische, transparente etc. Damit Modelle nicht überall dieselbe Farbe haben, wird auf diese eine Textur gelegt. Jede Fläche erhält so sozusagen einen Anstrich, der aus einem Bild entnommen wird. Heutzutage werden Texturen jedoch nicht nur für die Farbe eines Objekts eingesetzt. Weitere Anwendungszwecke sind zum Beispiel Normal- und Displacement-Maps. Mit diesen können die Eigenschaften der Objektoberfläche weiter beeinflusst werden. So kann man zum Beispiel auf derselben Fläche mehrere Materialien darstellen: Ist die Textur an einer Stelle weiß, wird Material A verwendet, andernfalls Material B.

Die in den letzten Jahren massiv angestiegene Verwendung von nicht nur höher auflösenden, sondern eben auch mehr Texturen ist einer der Gründe für die immer größer werdenden Spiele. Die Farbtextur braucht beispielsweise drei Farbkanäle (Rot, Grün, Blau), ebenso wie eine Normal-Map. Displacement-Maps kommen mit einem Kanal (Schwarz/Weiß) zurecht.

Es werde Licht!

Nun befinden sich nicht mehr nur einfache Objekte in unserer Szene, sondern solche mit Materialien und Texturen, also Objekte mit Farben. Damit diese am Ende stimmig dargestellt werden, ist nur noch eines notwendig: Licht, das mit den Mate-

Übersicht: Gängige Texturen/Maps

Art der Textur/Map	Zweck
Diffuse/Albedo	Grundsätzliche Farbgestaltung des Objekts
Normal/Bump/Parallax	Beeinflusst Lichteinfall auf ein Objekt, kann Vertiefungen in geraden Ebenen vortäuschen.
Displacement/Tesselation	Kann tessellierte (zerteilte) Flächen verschieben, um eine aktuelle nahe Oberfläche mit zusätzlicher Geometrie zu berechnen.
Specular	Bestimmt, wo ein Objekt stärker/schwächer glänzt.
Transparency (manchmal in Diffuse/Albedo enthalten)	Kann ein Objekt durchsichtig machen, beispielsweise oft bei Gewächsen eingesetzt.

rialien interagiert. Dafür gibt es verschiedene Ansätze: Render-Engines verfügen meist über mehrere Arten von Lichtquellen, beispielsweise unsichtbare Punkte oder Geometrien, die Licht ausstrahlen. Auch wird oft die Umgebung verwendet: Die Himmelstextur beleuchtet die Szene individuell.

Lichtquellen werden dabei, wie im echten Leben auch, durch die Parameter Farbe, Helligkeit und Größe definiert. Ersterer verändert beim Auftreffen des Lichts auf ein Material die dargestellte Farbe, während die Helligkeit auch ebendiese im Endergebnis beeinflusst. Die Größe wiederum bezieht sich auf die entstehenden Schatten: Ist eine Lichtquelle unendlich klein, so sind alle entstehenden Schatten an den Karten hart. Es gibt also keinen Übergang vom schattierten zum nicht schattierten Bereich. Macht man die Lichtquelle größer, wird der Übergang weicher – zumindest beim Offline-Rendering.

Dynamik kommt ins Spiel

Mit den bisher beschriebenen Bestandteilen haben wir alles, um ein Bild zu berechnen. Der Vorteil in 3D-Welten liegt aber in der Interaktivität und genau diese gilt es noch zu erlangen. Die Koordinaten von Objekten können natürlich verschoben und rotiert werden. Das würde bereits reichen, um die Kamera in verschiedene Positionen zu bringen. Möchte man die Modelle jedoch dazu bringen, ihre Form zu verändern, so müssen diese zuerst „geriggt" und animiert werden.

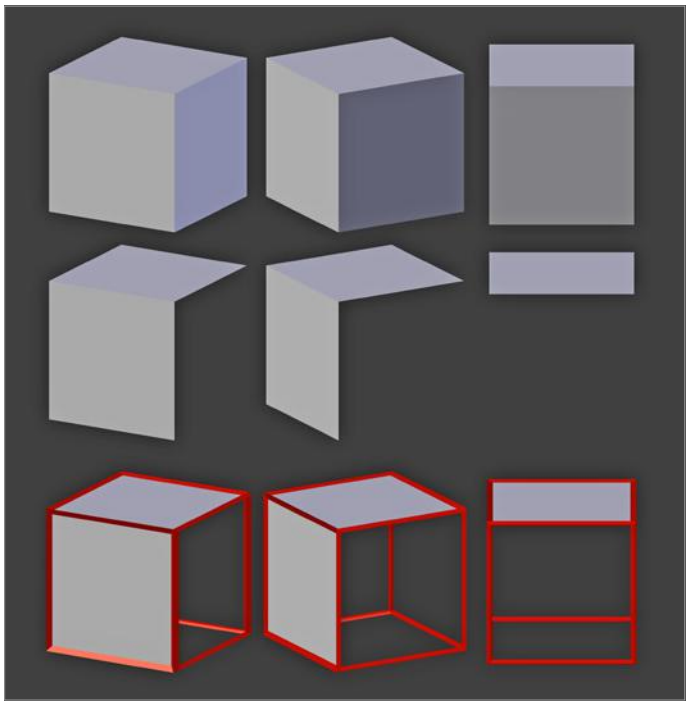
Das Rig ist ein Skelett, das in einen Körper eingesetzt wird. Möchte man einen Menschen riggen, so würde man zwischen allen relevanten Gelenken einen „Bone" einsetzen. Anschließend wird jedem Vertex im Bezug auf jeden Bone ein „Gewicht" (eine Stärke) zugewiesen. Bewegt man nun einen Bone, dann werden alle dazugehörigen Vertices, abhängig von ihrem Gewicht, mitbewegt. Würde man beispielsweise einen Unterschenkel bewegen, so wäre es unsinnig, den entsprechenden Knochen mit Eckpunkten am Ohr zu verknüpfen.

Neben Knochen werden häufig noch sogenannte Shape Keys eingesetzt. Ein Shape Key macht in der Praxis nichts anderes, als ausgewählte Eckpunkte in eine angegebene Position zu verschieben. Diese Funktion wird oft verwendet, um durch das Rig entstehende Fehler zu kaschieren oder zum Beispiel Muskelbewegungen hinzuzufügen.

Von der Theorie in die Praxis

Bei all der Theorie stellt sich natürlich die Frage, wie man die genannten Dinge in die Praxis umsetzt. Die Zeiten, in denen Koordinaten und Verbindungen von Hand in Tabellen eingetragen wurden, sind glücklicherweise schon lange vorbei. Für alle genannten Arbeitsschritte gibt es eigenständige Programme und auch Komplettlösungen in sehr großer Anzahl. Meistens ist Software zur Modellierung auch in der Lage, die Modelle entsprechend zu texturieren, die Materialien und Lichter einzustellen, Modelle zu riggen und das Ergebnis am Ende zu berechnen. Trotzdem werden auch bei Komplettlösungen oft noch andere Programme eingesetzt, die auf einen einzelnen Arbeitsschritt spezialisiert und dort dementsprechend überlegen sind.

Bekannte Programme der Industrie sind in etwa 3ds Max und Maya, beide aus dem Hause Autodesk. Sie bieten beispielsweise die beschriebenen Funktionen.



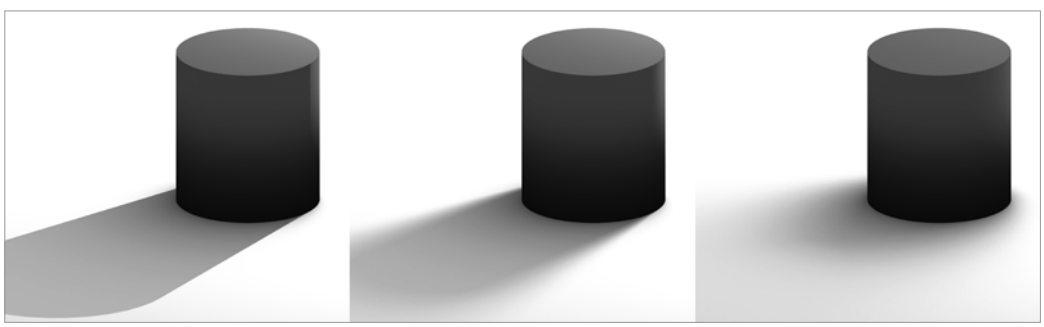
Löscht man Seiten eines Würfels, sieht man, dass er hohl ist: 3D-Modelle setzen (meistens) nur auf Oberflächen. Dank „Backface Culling" werden die Innenseiten nicht berechnet.

Die von professionellen Studios häufig eingesetzten Programme sind jedoch oft zu teuer für Privatanwender, weswegen hier kostenlose (Open-Source-)Alternativen attraktiv erscheinen – zumindest, wenn man zuerst einmal in den Bereich der 3D-Kunst hinein schnuppern möchte. Das wohl mächtigste unter den kostenlosen Programmen ist Blender.

Blender startete ursprünglich auch als kommerzielle Software, doch mit dem Bankrott des entwickelnden Unternehmens Not a Number Technologies sah Chefentwickler Ton Roosendaal die Möglichkeit, das Programm gegen 100.000 Euro, die per Crowdfunding gesammelt wurden, als Open Source Software zu veröffentlichen. Seit damals, 2002, wird Blender von der Non-Profit-Organisation Blender Foundation unter der Leitung von Roosendal verwaltet und weiterentwickelt. Die Lizenz ist GPL v2, die Software ist dementsprechend vollständig kostenlos.

Das Programm wird von Einsteigern zu Beginn oft als kompliziert empfunden. Mit entsprechendem Lehrmaterial ist es aber durchaus auch für Hobbyisten möglich, die Verwendung dieser mächtigen Software zu erlernen. Das ist jedoch ein Thema für eine zukünftige PCGH-Ausgabe.

Spielern dürfte Blender seit August 2016 bekannt sein: Damals hatte AMD ein Zen Engineering Sample gegen einen Broadwell-E-Prozessor in der Blender-Render-Engine „Cycles" antreten lassen, um die Leistungsfähigkeit der kommenden Architektur zu beweisen. Wie wir mittlerweile wissen, kann sich AMD mit Ryzen durchaus gegen die Intel-CPUs behaupten. *(vs)*



Die Größe von Lichtquellen beeinflusst die Schattenbildung. Kleinere Quellen haben härtere Schatten und umgekehrt, für unsichtbare (Punkt-)Lampen gibt es deshalb einen einstellbaren Wert. Das gilt für Path- oder Raytraced-, nicht für Echtzeit-Schatten.

LINUX MAGAZIN



ODER



SICHERN SIE SICH JETZT IHR GESCHENK!

Ubuntu Spezial oder Gimp-Magazin im Wert von 12,80 €

Nur für kurze Zeit!



33 % Rabatt

TESTEN SIE 3 AUSGABEN FÜR 16,90 €

OHNE DVD 12,90 €

ABO-VORTEILE

- Günstiger als am Kiosk
- Versandkostenfrei bequem per Post
- Pünktlich und aktuell
- Keine Ausgabe verpassen

Telefon: 0911 / 9939 90 98
Fax: 01805 / 861 80 02
E-Mail: computec@dpv.de

Einfach bequem online bestellen: shop.linux-magazin.de



Neue Spiele gleich groß

Mittlerweile beanspruchen Spiele unheimlich viel Volumen auf heimischen Datenträgern und im Jahr 2018 scheint das eher die Regel als die Ausnahme zu werden. Ein Blick auf den Sachverhalt.

Viele werden sicherlich die News gelesen haben, dass das neue Final Fantasy 15 für den PC (erschienen am 6. März) satte 141 GByte an Daten besitzt, nur damit man das Spiel in seiner vollen, ultrahochauflösenden Pracht genießen kann. Zwar mag die Größe im Vergleich zu heute erhältlichen Festplattenkapazitäten noch im akzeptablen Rahmen liegen, dennoch sind bereits viele Spieler wegen Ladezeiten oder um Mikroruckler zu vermeiden, auf Solid-State-Drives (SSD) umgestiegen. Hier bewegt sich das Gros der Wechseldatenträger noch weit unter einem Terabyte, weil SSDs im Moment noch circa zehn Mal so viel pro Gigabyte kosten wie klassische HDDs. Daher ist es nicht verwunderlich, wenn Systeme mit einer SSD und drei installierten Spielen an die Kapazitätsgrenzen des Speichermediums kommen. Doch welche Gründe gibt es für den enormen Anstieg an Speicher bei Videospielen? Wir haben es versucht, für Sie herauszufinden.

Im Wandel der Zeit

Wir müssen für diesen Artikel etwas weiter ausholen als sonst, damit man den Sachverhalt auch nachvollziehen kann. Denn die heutigen Dimensionen an herunterladbaren Dateien pro Videospiel werden mit aller Wahrscheinlichkeit in ein paar Jahren müde belächelt werden. Denken Sie nur einmal an die Einführung der DVD zurück, wie viel Speicherplatz mit dieser Technologie plötzlich zur Verfügung stand. Betrachtet man aber die Kapazität eines Silberlings nach heutigen Standards, fällt das Urteil für eine DVD vernichtend aus: 4,5 GB sind nur noch ein Tropfen auf den heißen Stein. Unsere Computertechnik ist im rasanten Wandel und dank unserer Dokumentationswut sind vor allem Speichermedien im Fokus. Neue Technologien und erstaunliche Eigenschaften kommen aus den Labors zu Tage und schaffen es in wenigen Jahren, die Kapazitäten zu vervielfachen.

So wurde die erste Festplatte der Welt 1956 von IBM vorgestellt und konnte 3,75 MB (nicht GB!) an Daten speichern, wog dabei aber ungefähr eine Tonne. Bis heute hat sich die Speicherkapazität ungefähr alle fünf Jahre verzehnfacht, sodass wir heute bei 14-TB-Laufwerken angekommen sind, die mit Heliumgas gefüllt werden, um unerwünschte Strömungseffekte im Gehäuse zu vermeiden. Geht die Entwicklung so weiter, können wir wahrscheinlich 2025 mit einer 100-TB-Festplatte rechnen. Solche Kapazitäten werden dann mit neuen Schreibverfahren wie dem HDMR (Heated Dot Magnetic Recording) erreicht.

Neben diesen „traditionellen" Wechselmedien gibt es noch Solid-State-Drives, die dank aktueller Entwicklungen bis zu 30 TB an Daten fassen können – also circa doppelt soviel wie die neueste Technologie bei Festplatten. SSDs wurden Ende der 70er von der Firma Storagetek eingeführt: Ein 45-MByte-Exemplar für 400.000 USD.

In der Grafik rechts sehen Sie die Entwicklung im Speichermarkt für HDDs über die letzten Jahrzehnte. Wie Sie unschwer erkennen können, wachsen die Festplattenkapazitäten exponentiell an. Anfang des neuen Millenniums wird Breitband-Internet möglich und just zu diesem Zeitpunkt nehmen die Speichergrößen rasant Fahrt auf – hier korrelieren die Datensätze miteinander. Zu dieser Zeit wurden in den USA auch die ersten HD-TV-Sendungen ausgestrahlt und natürlich wenige Jahre später auch in Europa.

Interessant ist außerdem, wie sich der benötigte Speicher einer Windows-Installation über die Jahrzehnte wandelte. Anfänglich fraß Windows ganze elf Prozent der gesamten Festplatte, doch schon fünf Jahre später waren es bei Windows 3.1 nur noch 2,2 Prozent. Dieser Trend zieht sich durch die Versionsgeschichte des Betriebssystems, bis zu bereits erwähntem Zeitpunkt um die Jahrtausendwende. Hier springt der Wert wieder nach oben (auf 4,7 Prozent) und sinkt seitdem wieder. Im Jahr 2015 belegte eine Windows-Installation circa 0,15 Prozent einer 10-TB-Festplatte.

Aufgeblasene Spiele

Warum sind eigentlich seit einigen Jahren Spiele so gigantisch groß geworden? Wir wollen Ihnen einige Gründe für den enormen Anstieg nennen, denn nur weil Speichermedien größer werden, heißt das ja nicht, das auch Spiele wachsen müssen.

Als beispielsweise Titanfall vor knapp vier Jahren die magische 50-GB-Marke knackte, mussten sich die Entwickler von Respawn Entertainment noch rechtfertigen, warum das Spiel so viel Festplattenvolumen schluckt. Die Antwort war simpel: Weil 35 GB unkomprimierte Audiodateien, die zusätzlich in zig Sprachen synchronisert wurden, enthalten waren. Nach Richard Backer, Lead Engineer bei Respawn Entertainment, lag der Grund damals in den Minimalhardwareanforderungen, die das Spiel vorgab. Bei den damaligen Dual-Core-Prozessoren waren sich die Entwickler nicht sicher, ob der Arbeitsaufwand, die Audiodateien direkt zu dekomprimieren, nicht zu viel Leistung verschlingen würde und so den Titel unspielbar macht.

Anders war es bei Metal Gear Solid: Rising (2013) und Final Fantasy XIII (2009); hier haben die Entwickler die Videosequenzen (Full Motion Videos) in mehreren Sprachen mit auf die Disk respektive in den Download gepackt. In MGS waren das ganze 18 GB FMVs von 25 GB Datenvolumen für das ganze Spiel – das entspricht 72 Prozent des Downloads. In Final Fantasy XIII wurden sogar 76,7 Prozent durch FMVs besetzt. Das machte zu einer Zeit, als Grafikeinheiten zu schwach waren, um Videosequenzen hochauflösend und ansehnlich zu rendern, durchaus Sinn. Heutzutage sind die meisten Systeme in der Lage, Videos qualitativ zu berechnen und benötigen deshalb keine vorgerenderten FMVs mehr.

Seitdem nun aber ultrahochauflösende Fernseher und Monitore Einzug in die heimischen vier Wände ehalten, kommt noch ein Grund für überdimensionierte Download-Volumina hinzu: Texturen. Geht man zunächst nur von den Pixeln einer Textur aus, so hat man etwa bei den Abmessungen 1280 × 1280 lediglich 3,6 MB Daten, bei 2560 × 2560 bereits das Vierfache (bei doppelten Abmessungen) und bei 4K-Assets ist es fast 18 mal soviel wie noch bei der Ausgangsauflösung. Aber solche Texturen sind heutzutage nicht nur hochaufgelöst, sondern werden auch mit allerlei neuen Technologien beladen, die die Szenerie dadurch nicht nur komplexer, sondern auch realistischer erscheinen lässt.

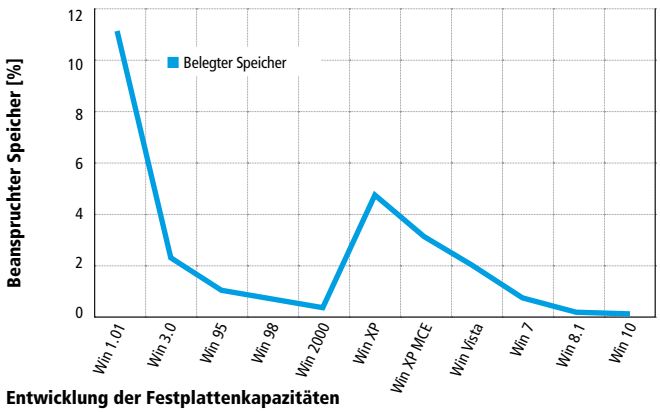
Eine moderne Textur besteht heutzutage deshalb aus mehreren sogenannten Maps, die jeweils bestimmte Eigenschaften übernehmen und die Grundlage für einen physikalisch basierten Shader (PBS, physical based shading) bilden. Neben der Grundfärbung (Albedo) kommen Oberflächenbeschaffenheit (Microsurface) und Reflexionsverhalten (Reflectivity) hinzu. Es ist also nicht unbedingt verwunderlich, dass Texturen in den letzten Jahren den Festplattenhunger und die realitätsgetreue Darstellung von Spielen enorm vorangetrieben haben, wenn neben erhöhter Pixelanzahl noch zig Maps mit eigenen

Texturpakete bei PC-Spielen

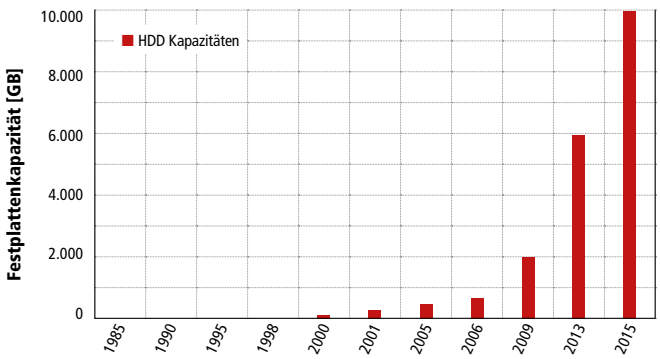
Spiel	Reine Spieldateien	HD-Texturpaket	Erscheinungsjahr
Fallout 3	9 GB	400 MB	2008
Mass Effect 2	15 GB	2,8 GB	2010
Battlefield 3	11,6 GB	1,5 GB	2011
Mass Effect 3	15 GB	4,9 GB	2012
Fallout 4	28 GB	58 GB	2015
Rainbow 6 Siege	30 GB	42 GB	2015
ME Shadow of War	65 GB	25 GB (4K)	2017
Final Fantasy 15	77 GB	64 GB	2018

Entwicklung des Speichers und des Internets

Prozentualer Anteil einer Windows-Installation an der Festplatte

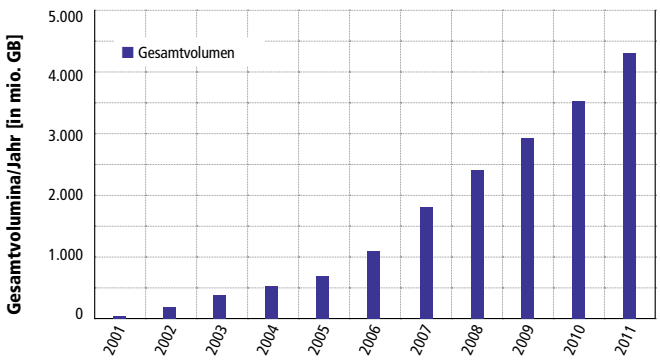


Entwicklung der Festplattenkapazitäten



Die Entwicklung der Festplatten (HDDs) verlief exponentiell innerhalb der letzten 30 Jahren. Aktuell können Exemplare mit 14 GB und neuere HAMR-Technologie erworben werden, 2025 sollen laut Seagate die ersten 100-TB-Platten marktreif sein.

Anstieg des stationären Breitbandinternetverkehrs in Deutschland



Der Breitbandausbau verläuft in Deutschland schleppend linear. Mit der Möglichkeit GBs über das Netz in recht kurzer Zeit zu schicken, nahmen auch die Spielgrößen zu.

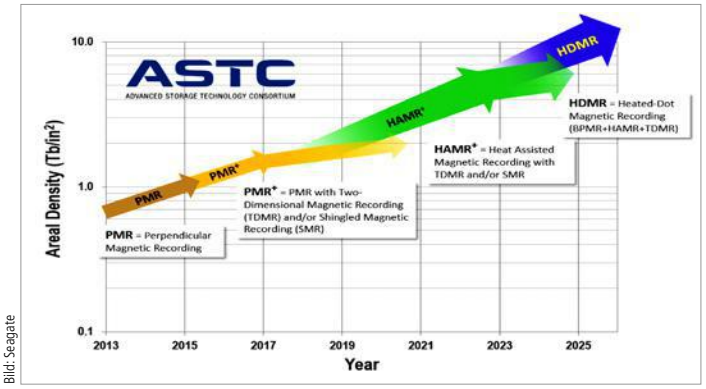


Bild: Seagate

Seagates Roadmap bis 2025: Aktuelle Festplatten nutzen PMR, PMR+ und nun auch HAMR+. Mit HDMR soll ab 2025 eine 100-TB-Festplatte realisiert werden können.



Bild: Reddit-User Thing_On_Your_Shelf

Ausschnitt aus X-Plane 11. Je nachdem, welchen Detailgrad man möchte, steigt die Spielgröße bis in Terabyte-Bereiche. Der Vanilla-Installer ist alleine 65 GB groß.

SATA-SSDs Auszug aus Testtabelle mit 20 Wertungskriterien	4.000 GB	1.000 GB
		
Produktinfo/-name	**SSD 860 Evo**	**MX500**
Modellbezeichnung	MZ-76E4T0BW	CT1000MX500SSD4
Hersteller	Samsung (www.samsung.com)	Crucial (www.crucial.de)
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1756907	www.pcgh.de/preis/1745357
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 1.380,-/befriedigend	Ca. € 225,-/gut
Preis pro GiB	€ 0,37/GiB	€ 0,24/GiB
Mittlere Ausfallzeit (MTBF)/ Garantierte Schreibmenge	1.500.000 Stunden/2400 TB	1.800.000 Stunden/360 TB TB
SSD-Controller	Samsung MJX	Silicon Motion SM2258
Flash-Chips	TLC-VNAND (64 Lagen)	3D-NAND TLC
DRAM-Cache	4 GiB LPDDR3	1 GiB DDR3
Ausstattung (20 %)	**2,53**	**2,46**
Formatierte Kapazität (GiB)	3.725,9 GiByte	953,87 GiByte
Herstellergarantie	5 Jahre	5 Jahre
Zubehör/Besonderheiten	Samsung Magician	9-mm-Adapter, SSD Tool
Eigenschaften (20 %)	**1,65**	**2,18**
Schnittstelle	SATA 6 GBit/s	SATA 6 GBit/s
NAND-Typ	TLC-VNAND (64 Lagen)	3D-TLC
Trim-Unterstützung (Garbage Collection)	Ja	Ja
Bauhöhe/Format	7 mm	7 mm
Leistungsaufnahme Leerlauf/ Lesen/Schreiben	0,1/2,3/2,0 Watt	0,5/2,5/3,0 Watt
Leistung (60 %)	**1,45**	**1,72**
FAZIT	⊕ Gute Praxisleistung ⊕ Viele Kapazitätsvarianten ⊖ Noch etwas teuer	⊕ Gutes P/L-Verhältnis ⊕ Fünf Jahre Garantie ⊖ Mittelmäßige Kopierleist.
	Wertung: **1,71**	Wertung: **1,96**

* (MTBF: Mean Time Between Failure)

Parametern auf solch eine Textur geladen werden.

Außerdem scheint es so, dass seitdem Daten mit Breitband über das Internet überall hinversendet werden können, Spielehersteller immer ausufernder und verschwenderischer mit Gigabytes an Daten umgehen (Beispiel: Day One Patch). Mussten früher noch die fertigen Builds auf eine oder mehrere DVDs passen, ist dieses Problem heutzutage nicht mehr so stark präsent, zumal viele Publisher auf physikalische Kopien eines Spiels mittlerweile vollkommen verzichten – eine Papp-DVD mit Download-Code ist das Resultat. Gänzlich ist der physikalische Datenträger aber nicht ausgestorben, nur auf Steroiden. Fassen moderne DVDs pro Seite 8,5 GB, schaffen Blu-Ray-Disks 200 GB Daten in vier Schichten unterzubringen, unter Laborbedingungen sogar 500 GB.

Ich hab das Größte!

Eins gleich vorneweg: Final Fantasy 15 ist nicht das bisher größte Spiel aller Zeiten. Zwar machen sich solche Schlagzeiten ganz gut – vor allem kurz nach Release des Spiels – aber der Grund ist wiedermal ein Texturpaket, welches 45,4 Prozent des Downloads einnimmt. Nach diesen Kriterien müsste man X-Plane 11 die Krone für das größte Spiel aufsetzen, denn es wandelt nach der vollständigen Installation des „Ortho"-Pakets in Terabyte-Bereichen (circa 1,3 TB laut X-Plane-Forumsnutzer Super27).

Dabei handelt es sich quasi auch um ein Texturpaket, nur aus hochauflösenden Satelittenaufnahmen des Planeten. So umfasst eine 1×1 Minute des Breiten- und Längengrades zwischen 500 MB für sehr schlecht aufgelöste Asstets, bis hin zu 32 GB für ultrahoch aufgelöste Bilder. Alleine für Deutschland können so um die 500 GB zusammenkommen.

Ein Appell an die Entwickler

Die Downloadgrößen von neuen Videospielen mögen bei den aktuellen Festplattenkapazitäten normal und der Entwicklung entsprechend angepasst erscheinen, dennoch sprengen Volumina von hunderten Gigabytes Festplatten und Internetanschlüße. Viele Spieler haben ihre Steam-Bibliothek meist auf neueren SSDs untergebracht, um die Probleme von HDDs, wie etwa lange Ladezeiten oder Mikroruckler, zu vermeiden. Und auch wenn SSDs mittlerweile Festplatten in der Disziplin Kapazität überholt haben, ist der Preis pro Gigabyte noch viel zu hoch, sodass HDDs in Terabyte-Gefilden unschlagbar bleiben. Aus diesem Grund haben auch die meisten SSDs verbaut, die wohl zwischen 500 und 1000 GB liegen. Damit ist lediglich die Installation von drei bis fünf moderner Titel möglich, je nach Kapazität. Das ist eindeutig zu wenig, vor allem wenn man diese Titel dann alle bei Bedarf wieder herunterladen muss.

Und damit wären wir beim nächsten Problem: dem Breitbandausbau. Deutschland hat in Europa zwar das größte Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner, liegt aber beim Internetbreitbandausbau hinter Bulgarien – das Land mit dem geringsten BIP pro Einwohner in der EU. Solange aber fliegende Taxis weiter oben auf der digitalen Agenda stehen als Glasfaserkabel, ist es für einen Großteil der spielenden Bevölkerung einfach nicht machbar, mehrere Male pro Monat rießige Datenchunks von mindestens 50 GB und oder mehr herunterzuladen. Damit kann ein Download, zum Beispiel für ein Probewochenende eines Spiels, sich von Stunden zu Tagen strecken. Schauen wir uns die USA an, kommen hier beispielsweise noch Datendrosselungen ab einem bestimmten Traffic-Wert hinzu.

Entwickler sollten deshalb dem Spieler die Wahl überlassen, was er/sie alles herunterladen möchte. Bedarf es der 4K-Asstes bei einem 1080p-Monitor? Müssen für Deutschland alle Lokalisationen geladen werden? Muss eine Testversion das gesamte Spiel umfassen? Hier muss was getan werden, denn anders lässt man viele außen vor, die nicht über die Speichermöglichkeiten und/oder die Internetverbindung verfügen.

Oder man geht einfach wieder altbekannte Pfade und nutzt weiterhin optische Medien – schließlich können Blu-Rays bis zu 200 GB an Daten fassen. *(ab)*

PC GAMES HARDWARE

IHRE DIGITALE AUSGABE ÜBERALL DABEI!

PC Games Hardware begleitet Sie jetzt überall – egal, ob auf Tablet, Smartphone, KindleFire oder im Browser. PC Games Hardware ist jetzt immer dabei.



Available on the App Store

JETZT BEI Google Play

amazon apps Available on kindle fire

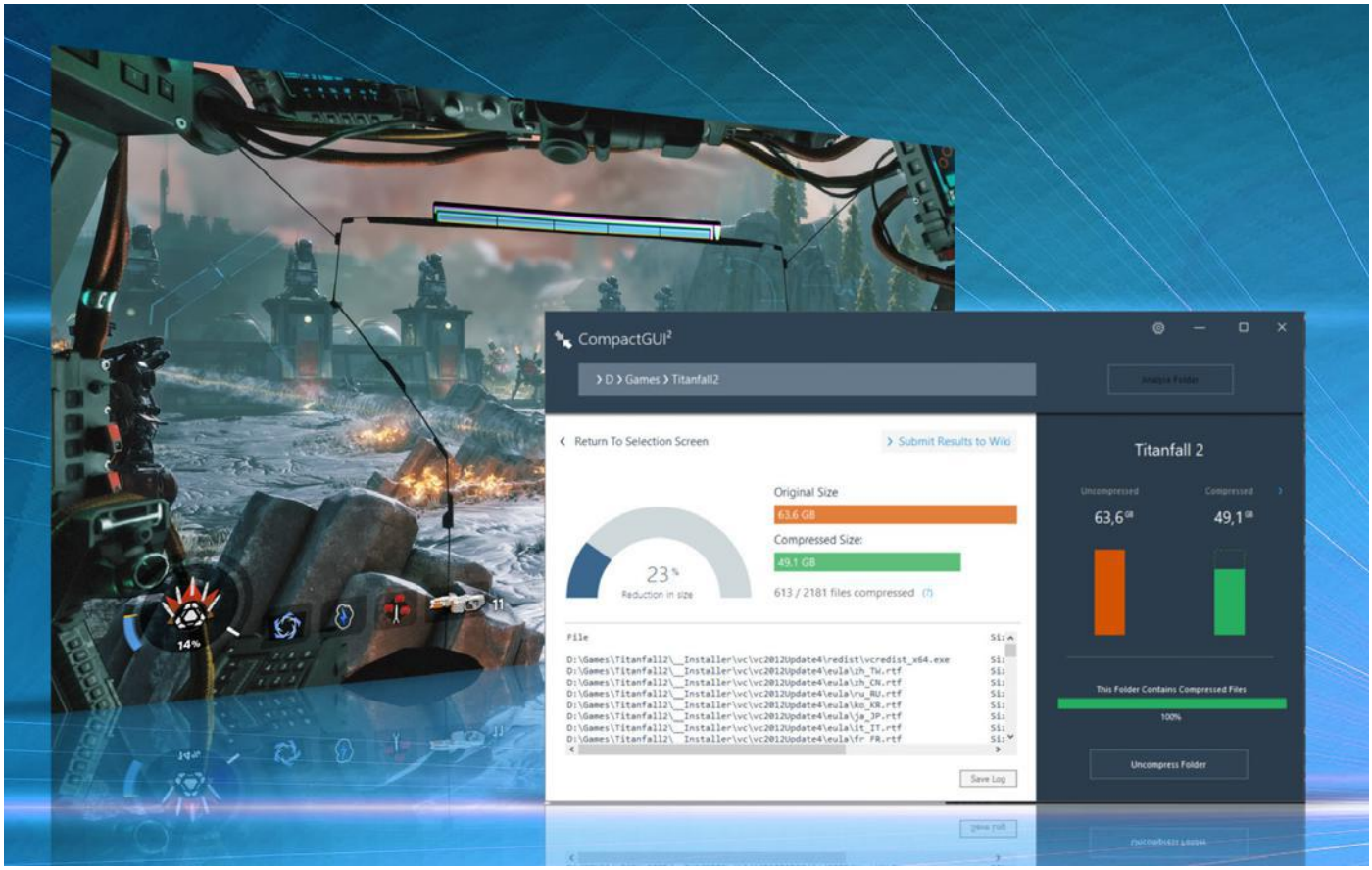
1x anmelden – auf allen Plattformen lesen!

epaper.pcgh.de

Oder einfach den QR-Code scannen bzw. im Store unter „PC Games Hardware“ suchen.

Digital-und-Print-Kombiabonnements der PC Games Hardware gibt's auf shop.pcgameshardware.de.
PC Games Hardware und alle digitalen Magazine auch im iKiosk, OnlineKiosk und im Pressekatalog erhältlich.

CMG Computec Media Group



Spiele-Verpackung

Aktuelle Titel belegen auf der HDD häufig 50 GiByte und mehr, kostbarer SSD-Speicher ist sehr schnell voll. Mit Tools und Win10-Algorithmen lassen sich Spiele komprimieren – ist das praktikabel?

So viel Speicherplatz lässt sich sparen (Xpress8)

Spiel	Unkomprimiert	Komprimiert	Platzersparnis
Assassin's Creed Origins	54,8 GiByte	44,3 GiByte	19 %
Battlefield 1	75,6 GiByte	68,1 GiByte	10 %
Call of Duty WW2	53 GiByte	50,2 GiByte	5 %
Dirt 4	36 GiByte	35,9 GiByte	0 %
Elex	29,2 GiByte	9,8 GiByte	67 %
Ghost Recon Wildlands	81,6 GiByte	76 GiByte	7 %
Hellblade	21,5 GiByte	8,3 GiByte	61 %
Kingdom Come Deliverance	34,4 GiByte	33,5 GiByte	3 %
Prey	19,1 GiByte	18,9 GiByte	1 %
Project Cars 2	48,1 GiByte	47,3 GiByte	2 %
Rise of the Tomb Raider	21,5 GiByte	20,4 GiByte	5 %
Spellforce 3	16,3 GiByte	13,1 GiByte	20 %
The Division	49,1 GiByte	48,4 GiByte	1 %
The Witcher 3	36,4 GiByte	34,7 GiByte	5 %
Titanfall 2	63,6 GiByte	49,1 GiByte	23 %

Eine gewisse Tendenz zur Übergröße ist modernen Spielen kaum abzusprechen: Besonders aufwendig produzierte Mainstream-Titel sprengen seit geraumer Zeit Installationsgrößen von 50, in nicht einmal wenigen Fällen gar 100 GiByte. Dies ist zumindest teilweise nachvollziehbar, schließlich sind gerade große Triple-A-Produktionen häufig bis zum Rand mit mehr oder weniger sinnvollem Content, teils mehreren Stunden vorgerenderter Zwischensequenzen, hochqualitativem Audio in mehreren Sprachen und zusätzlichen Extras wie Kostümen und hochauflösenden „4K"-Texturen vollgestopft. Allein Letztere können schon mal 20 bis 50 GiByte belegen. Neben der von Mehr-ist-besser-Mentalitäten verursachten Speichervöllerei steigt aber natürlich der audiovisuelle Anspruch der Spieler immer weiter und damit auch der Platzbedarf. Selbst viele Indie-Titel sind heute so groß wie Mainstream-Produktionen vor ein paar Jahren. Davon abgesehen entfernt sich der Trend unübersehbar von optischen Medien, Download-Raten steigen, Spieleentwickler müssen sich weit weniger sklavisch den Begrenzungen von CD, DVD oder gar Blu-ray unterwerfen. Da nicht um jedes Byte gerungen werden muss, zeichnet sich ein gewisser Trend zu übergroßen Datenumfängen von Spielen ab.

Im Grunde ist dies kein allzu großes Problem. Speicher in diverser Form war schon immer eine Komponen-

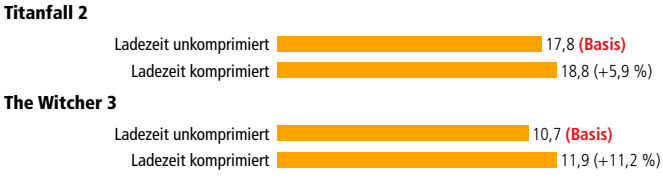
te, die man beim Fortschreiten der Technik alsbald auf- oder nachzurüsten hatte. Doch insbesondere PC-Spieler mit Geschwindigkeits-Faible sehen sich häufig damit konfrontiert, dass die für flotte Ladezeiten und möglichst kompromissfreie Spiele-Performance präferierte SSD aufgrund der in den letzten Monaten und Jahren stetig expandierenden Installationsdatenmengen schnell gefüllt ist. Es ist daher wenig überraschend, dass Neuigkeiten vermeintlicher Wunder-Tools zum Schrumpfen der teils sehr schwergewichtigen Spiele-Kolosse auf großes Interesse stoßen. Anfang Februar sorgte ein Eintrag auf Reddit für einen kurzfristigen Wirbel: Offenbar lassen sich einige Spiele mithilfe des Tools CompactGUI auf einen Bruchteil ihres Installationsumfangs schrumpfen.

Gigabyte-Schlankheitskur?

Kann das überhaupt sein? Und für den Fall, dass es stimmt: Wirkt sich die Kompression des Spieleordners negativ auf die Performance aus? Nun, wie es sich herausstellt, ist das Thema ein wenig kompliziert: Zuerst einmal können wir dem Tool CompactGUI jedoch eine generelle Funktionalität bescheinigen. Das Programm nutzt für die Kompression Windows-10-Algorithmen, die Sie auch regulär dazu verwenden können, Ordner auf Ihrer Festplatte zu komprimieren. Als Standard nutzt das Tool den Xpress8-Algorithmus, auf den wir uns in diesem Artikel konzentrieren wollen, des Weiteren stehen auch Xpress16 sowie LZX zur Verfügung. Diese Kompressionverfahren sind der gewöhnlichen NTFS-Kompression überlegen, setzen indes allesamt Windows 10 voraus.

Eine weitere Einschränkung betrifft den Umstand, dass die Kompression nur Daten erfasst, die sich aktuell im (Spiele-)Ordner befinden. Ändern sich Datein oder kommen neue hinzu, etwa in Form von Patches, Updates oder DLCs, so werden diese Daten nicht nachträglich gepackt. Sie müssten den Ordner also nach jeder Änderung von Neuem komprimieren lassen, wenn Sie das maximale Speicher-Spar-Potenzial nutzen wollen – unpraktisch bei jüngst erschienenen Spielen oder Multiplayer-Titeln, die häufig nachgepatcht werden. Des Weiteren gibt es einen mit Windows in Verbindung stehenden Bug beziehungsweise Auslesefehler, der bei Dateigrößen über 4 GiByte für grobe Ungenauigkeiten in Kombination mit CompactGUI sorgte und wohl für einige der augenscheinlich extrem hohen Packdichten von teilweise über 90 Prozent verantwortlich war. Mit anderen Worten: Viele der sehr positiven Berichte im Netz stützen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auf falsch ausgelesene Werte und sind damit nicht als realistisch einzustufen. Mit Version 2.5.0 des Tools wurde ein Workaround für dieses Problem eingeführt, allerdings fallen die Ergebnisse in unseren selbst durchgeführten Tests damit auch weit weniger beeindruckend aus, wobei die Einsparungen nach unseren Messungen zum Teil noch immer beachtlich sind.

Auswirkungen auf die Ladezeit (Spielstart)



System: Core i5-3570K @ 3,0 GHz (sim), 8 GiByte DDR3-1600, GTX 1080 Ti OC, Gef. 391.01, Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Bei den gepackten Spielen muss die CPU neben dem eigentlichen Laden Daten dekomprimieren, die Ladezeiten steigen minimal.

Sekunden
◀ Besser

Wie funktioniert's?

Die prinzipielle Bedienung des Tools ist simpel. Laden Sie CompactGUI herunter (https://github.com/ImminentFate/CompactGUI), führen Sie das Tool aus, wählen Sie den (Spiele-)Ordner, den Sie zu komprimieren gedenken, und klicken Sie auf „Compress Folder". Die CPU-Performance bestimmt neben dem Umfang und der Anzahl an Dateien die Dauer, diese übersteigt aber selbst bei vielen GiByte selten 10 bis 15 Minuten. Die Effektivität der Kompression ist von Spiel zu Spiel verschieden, nach unseren Tests sind Einsparungen von rund 5 bis 20 Prozent realistisch, wobei wir auch einige deutlich positivere Ergebnisse vorweisen können (siehe Tabelle). Werden die gepackten Daten benötigt, werden diese in Laufzeit von der CPU entpackt und in den Hauptspeicher geladen – von einer leicht höheren Prozessorlast ist daher auszugehen. Diese lässt sich auch in den Messungen anhand geringfügig längerer Ladezeiten sowie leicht schlechterer Frametimes und vermehrter Ruckler erahnen. Generell sind die Performance-Einbußen selbst mit einem etwas schwächeren Prozessor und langsamem Speicher relativ gering. Mit schnellem RAM und einem potenten Prozessor fallen die Auswirkungen tendenziell niedriger aus. *(pr)*

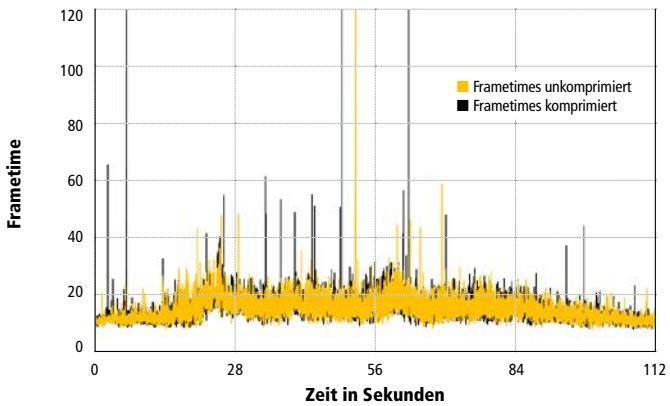
Fazit

Situationsbedingt interessant

Ob sich eine Kompression eines Spiels für Sie lohnt, hängt von dem betreffenden Titel ab, wie gut sich dieser packen lässt und ob Ihnen die Platzersparnis eine leicht schlechtere Performance sowie tendenziell stärkere Nachladeruckler wert ist. Ein Versuch schadet jedoch nicht, in einigen Fällen kann sich das Ergebnis sehen lassen.

The Witcher 3: Kompression vs. Bildrate

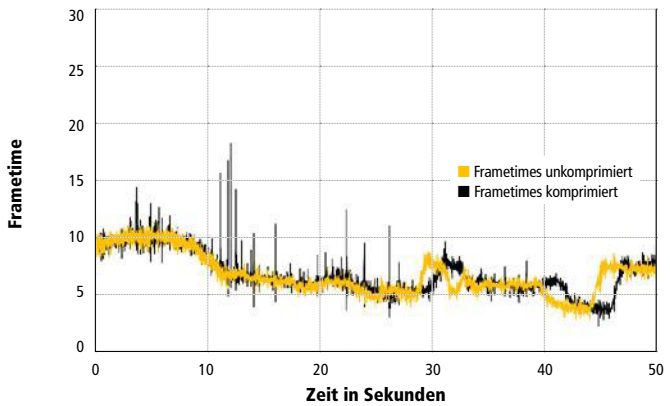
1.920 × 1.080, Ultra-Details, kein Gameworks, Frametime-Messung „Novigrad"



System: Core i5-3570K @ 3,0 GHz (sim), 8 GiByte DDR3-1600, GTX 1080 Ti OC (~1.923 MHz, 11 GT/s), Geforce 391.01 WHQL, Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Die durchschnittlichen Bildraten sind bei beiden Messungen mit 64 Fps nahezu identisch. Ist der Spieleordner komprimiert, mehren sich allerdings Nachladeruckler.

Titanfall 2: Kompression vs. Bildrate

1.920 × 1.080, max. Details, Frametime-Messung „Titanic Falls extended"



System: Core i5-3570K @ 3,0 GHz (sim), 8 GiByte DDR3-1600, GTX 1080 Ti OC (~1.923 MHz, 11 GT/s), Geforce 391.01 WHQL, Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Die Durchschnitts-Fps ändern sich auch hier nur wenig (147,1 respektive 145,3 Fps), es treten bei gepacktem Spieleordner jedoch feine Ruckler auf.

EDLE BOOKAZI

IM PREMIUM-FORMAT



Auf 164 Seiten

Die erste Website mit HTML & CSS

So richten Sie einen Blog mit WordPress ein

SEO & Social Media nutzen

Photoshop und Design im Blick

Nur **€ 12,99**

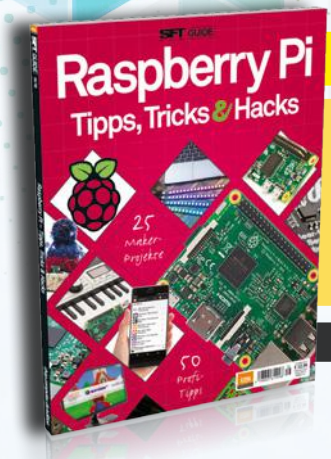
WEITERE PREMIUM-BOOKAZINES IM HANDEL:



Auf 164 Seiten

- Perfekte Terminverwaltung mit dem Google Kalender
- Alles über Google Home und das Handy Pixel 2
- Weltreise: Google Earth

Nur € 11,99



Auf 164 Seiten

- Python-Programmierung
- Alle neuen Funktionen des Raspberry Pi 3 erklärt
- Pi perfekt einrichten
- Musik, Filme & TV

Nur € 12,99

NES

CMG
Computec Media Group
EDITION



Auf 164 Seiten

Die wichtigsten Kamera-Modelle von Einsteiger bis High-End

Große Kaufberatung für Nikon-Objektive und -Zubehör

Fortgeschrittene Techniken wie Landschafts- & Porträtaufnahmen

Bildkomposition leicht gemacht

Nur **€ 12,99**



Auf 164 Seiten

- iCloud einrichten
- Launchpad optimal nutzen
- Über Siri mit Mac sprechen
- iTunes, iMovie, Keynote etc.

Nur € 11,99



Auf 164 Seiten

- Bedienung mit Siri, Face ID
- Alles über die Standard-Apps und optimale Einstellungen
- Die besten Apps für iPhone X

Nur € 11,99

Alle Bookazines bequem online bestellen:
shop.computec.de/edition

Oder einfach digital lesen:
epaper.computec.de


Bild: EyeWire

Community

Leserbriefe

Außer über unsere Website www.pcgh.de und unser Forum www.pcghx.de können Sie selbstverständlich auch per E-Mail an leserpost@pcgameshardware.de mit uns Kontakt aufnehmen.

Raven Ridge: UEFI des Mainboards ohne CPU aktualisieren?

Ist es möglich, das BIOS des Mainboards zu flashen, wenn kein unterstützter Prozessor installiert ist? Ich habe nach dem Lesen eures Artikels über Raven Ridge vor, mir eine solche APU zuzulegen. Ich fürchte aber, das die jetzt versendeten Mainboards noch nicht das dafür nötige BIOS haben.

Mathias S., per E-Mail

Torsten Vogel: *Diese Möglichkeit bieten nur wenige High-End-Modelle mit entsprechenden Spezial-Controllern. Unter den von PCGH getesteten AM4-Mainboards waren dies nur das Asus Crosshair VI Hero und das MSI X370 Xpower Gaming Titanium, aber keine Platine aus den typischerweise mit Raven Ridge assoziierten Preisklassen. Wenn Mainboard und Prozessor zusammen erworben wurden, würde ich ein Update seitens des Händlers erwarten respektive dieses als Nachbesserung einfordern. Andernfalls helfen die Mainboard-Hersteller weiter, zum Teil mit einem Über-Nacht-Support (zzgl. Hin- und Rückversand des Mainboards) oder AMD selbst: www.pcgh.de/bios-update-kits.*

Stillstand im CPU-Markt?

Warum werden PCs (besonders Prozessoren) eigentlich nicht mehr wirklich besser beziehungsweise warum steht bessere Hardware nicht zum Verkauf?

Paul G., per E-Mail

Stephan Wilke: *Aktuell ist eigentlich sehr viel Bewegung im CPU-Markt, wir haben letztes Jahr die größten Fortschritte seit vielen Jahren und bereits spannende Ankündigungen für 2018 gesehen. AMD hat mit (Ry)zen eine völlig neue Architektur auf den Markt gebracht. Schnelle x86-Prozessoren mit 8 vollwertigen Kernen sind erstmals ohne heftigen Preiszuschlag zu haben und die Threadripper-Modelle bieten bis zu 16 Kerne. Intel hat mit Skylake X die Kernanzahl im High-End-Segment auf 18 erhöht, die Vorgängergeneration lag noch bei 10 Kernen. Mit Coffee Lake bietet der Hersteller nun außerdem erstmals CPUs mit 6 statt bisher 4 Kernen für die Mainstream-Plattform an. Erst kürzlich ist unser Test mit den bisher schnellsten AMD-APUs erschienen, bei denen vor allem das kleinere Modell gemessen am Preis eine beachtliche GPU-Leistung bietet.*

Z370-Mainboard in Weiß?

Bei der Planung meines neuen Rechners ist mir aufgefallen, dass es bisher gar kein weißes Motherboard von MSI mit dem Z370-Chip gibt. Ist euch bekannt, ob noch ein Mpower Gaming Z370 in Weiß erscheinen wird?

Heiko L., per E-Mail

Torsten Vogel: *Die Antwort von MSI fällt eindeutig aus: Weitere Z370-Modelle sind nicht in Planung. Leider gibt es derzeit keine Informationen zur Z390-Generation – weder wann diese erscheint noch ob weiße Modelle zum Launch verfügbar sind. Im Moment kann ich deswegen nur auf die Sockel AM4 und 2066 verweisen. Mit Z370 gibt es nur das relativ teure NZXT N7 Z370 sowie teilweise weiße Vertreter wie Gigabyte Z370XP SLI und Asus Prime Z370-A (PCGH hat alle drei nicht getestet).*


Bild: www.nzxt.com

Nur wenige B350-Boards getestet?

Ihr habt für den Preis-Leistungs-König Ryzen 5 seit einem Jahr nur magere vier B350-Mainboards getestet – was ist da los?

Alexander W., per E-Mail

Torsten Vogel: *Die geringe Zahl getesteter AM4-Mainboards hängt mit dem Neuheiten-Marathon des letzten Jahres zusammen: Zwischen Januar und August 2017 wurden ein Refresh und drei komplett neue Plattformen gestartet. Das ist mehr als in den drei vorangegangenen Jahren zusammen und entsprechend wenig Mainboards konnten wir leider pro Launch testen – beim Sockel 1151 fielen die Platform Controller Hubs B250 und H270 sogar komplett unter den Tisch. Dem Sockel AM4 wollten wir eigentlich zum Jahreswechsel eine zweite Runde gönnen, allerdings zeichnete sich bereits ab, dass diese Mainboards im Frühjahr abgelöst werden. Wir konzentrieren uns daher lieber direkt auf den B450.*

Korrekturen

WQHD-Monitore (PCGH 04/2018, ab S. 78)
Anders als in der Testtabelle angegeben, steckt im Dell S2417DG ein TN-Panel, kein IPS-Modell.

Platin-Netzteile (PCGH 03/2018, ab S. 76)
Anders als im Test angegeben, ist das Enermax Platimax D.F. 750W ein Multi-Rail-Netzteil und verfügt über einen Hitzeschutz. Dadurch verändert sich die Ausstattungsnote von 1,40 auf 1,35 und die Gesamtbewertung verbessert sich dadurch auf 1,55.

PC Games Hardware Online; wichtige Dienste und Partner

Alternate: Soll es eine neue Grafikkarte oder ein PCGH-PC sein? Besuchen Sie den größten IT-Händler in Deutschland! **www.pcgh.de/alternate**

Der PCGH-PC: Wenn Sie auf der Suche nach einem gut abgestimmten Rechner sind, kommen Sie um die PCGH-PCs kaum herum. **www.pcgh-pc.de**

- **Abos online bestellen:** www.pcgh.de/shop
- **PCGH als Digitalausgabe:** pcgh.de/digital-ausgabe
- **Einzelheft bestellen:** www.pcgh.de/heft



Die Leserbriefe geben nicht die Meinung der Redaktion wieder. Die Redaktion behält sich außerdem vor, Leserbriefe zu kürzen.



Rossis Restekiste

Handyhülle

Da offenbar viele Menschen ihr Handy zusammen mit Werkzeug und/oder Steinen zusammen in einer Tasche transportieren, sind Handyhüllen ein Riesengeschäft. Oft werden die Dinger auch nur gekauft, um etwas Abwechslung in die triste Optik eines Smartphones zu bringen. Hierfür dürfte diese Hülle gedacht sein. Ich finde sie zwar ausgesprochen unhandlich und vom optischen Gesichtspunkt her auch recht fragwürdig, aber sie kann garantiert das Leben des Besitzers verändern. Spätestens wenn er das erste Mal damit ein Flugzeug betreten will.

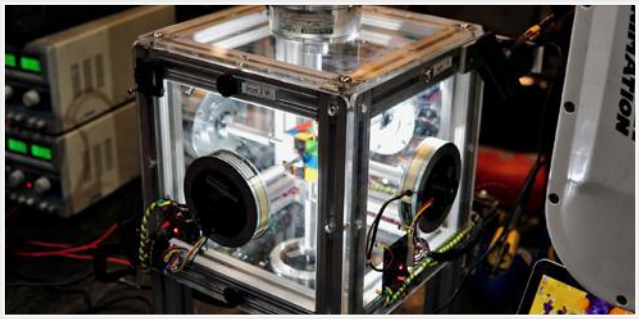
http://www.elespiel.com

Worte des Monats

„Eine der Erfolgsformeln des Internets, das Teilen von Informationen und Inhalten, ist damit in Gefahr."

Aus einem offenen Brief des Chaos Computer Clubs an Politiker von CDU, CSU und SPD zur EU-weiten Einrichtung sogenannter Upload-Filter, einer „potenziellen Zensurinfrastruktur".

Bild des Monats



Ein von Ben Katz und Jared Di Carlo entwickelter Roboter löst einen Rubik-Würfel in 0,38 Sekunden. Der alte Roboter-Weltrekord lag bei 0,637 Sekunden, der Bestwert für Menschen sind 4,59 Sekunden. Video: www.youtube.com/watch?v=nt00QzKuNVY

Quelle: http://build-its-inprogress.blogspot.de/2018/03/the-rubiks-contraption.html

ANZEIGE

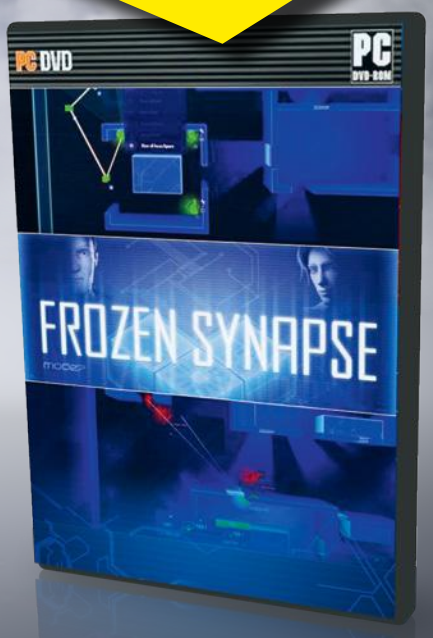
Vollversion
auf der aktuellen Heft-DVD

Jetzt ausprobieren

Von Kritikern gefeiertes Rundenstrategiespiel mit Ohrwurm-Soundtrack und Zufallslevels – selbstverständlich DRM-frei. Läuft auch auf Netbooks!







PC Games Hardware – Das IT-Magazin für Gamer

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

Projekt-PCs: Oberklasse

In jeder Ausgabe stellt PC Games Hardware zwei Beispielkonfigurationen zusammen, an denen Sie sich orientieren können, um einen eigenen PC zu bauen.

Im Vorfeld von AMDs Veröffentlichung von Pinnacle Ridge werden die aktuellen Prozessoren mit Codenamen Summit Ridge günstiger. Das Topmodell Ryzen 7 1800X kostet nur noch rund 285 Euro, der 200 MHz langsamere Ryzen 7 1700X ist ab 260 Euro erhältlich. Wer nicht mehr auf den Nachfolger warten kann oder möchte, bekommt einen potenten Prozessor zum attraktiven Preis. Gleichzeitig werden auch Intels Coffee-Lake-S-CPUs günstiger. Obwohl die UVPs der K-Versionen angezogen wurden, ist der Core i7-8700K bereits ab 315 Euro erhältlich, der Core i5-8600K ab 215 Euro. Wir haben zwei Oberklasse-PCs zusammengestellt: Die Ausführung mit dem Ryzen 7 1700X ist absichtlich moderat, aber immer noch leistungsstark konfiguriert. Den PC mit CFL-S könnte man dank NVMe-SSD und Platinumnetzteil dem Premiumsegment zuordnen. Die Komponenten ließen sich natürlich auch mit einer AMD-CPU kombinieren. *(mm)*

AMD Ryzen

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	AMD Ryzen 7 1700X	€ 260,-
CPU-Kühler	Be quiet Pure Rock	€ 30,-
Grafikkarte (AMD)	Sapphire Radeon RX Vega 56 Pulse	€ 750,-
Grafikkarte (Nvidia)	MSI Geforce GTX 1070 Ti Gaming 8G	€ 650,-
Mainboard	Asus ROG Strix B350-F Gaming	€ 105,-
Arbeitsspeicher	G.Skill Ripjaws V, 2 × 8 GiB, DDR4-3200	€ 170,-
SSD	Crucial MX500 500 GB	€ 115,-
Netzteil	Seasonic Focus Plus Gold 550 W	€ 70,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 1.400,-**

AMD Ryzen 7 1700X
Im April wird AMD seine reinen CPUs der Ryzen-2000-Serie veröffentlichen. Als Refresh wird kein Leistungswunder, aber ein Sprung von 5 bis bestenfalls 15 Prozent erwartet. Die nahende Markteinführung lässt die Preise der aktuellen Generation herunterpurzeln. Der Ryzen 7 1700X kostet nur noch 260 Euro.



ab € 260,-

RX Vega 56 oder GTX 1070 Ti
Grafikkarten sind zurzeit ein leidiges Thema, weil die Nachfrage im Miningmarkt und die Speicherknappheit die Preise hochsteigen lassen. Vor allem AMDs RX-Vega-Modelle sind rar – Sapphires RX Vega 56 Pulse gehörte zum Redaktionsschluss zu den günstigsten Custom-Designs. Nvidias Geforce GTX 1070 Ti ist zurzeit gut zu bekommen.


ab € 650,-

Alternativ-Komponenten

- **Ryzen 7 1800X für 285 Euro, wenn die maximale Leistung ohne Übertakten erwünscht ist**
- **Bei GPUs die aktuellen Preise der Custom-Designs vergleichen**

Intel Coffee Lake S

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	Intel Core i7-8700K	€ 315,-
CPU-Kühler	EKL Alpenföhn Brocken 3	€ 40,-
Grafikkarte (AMD)	Sapphire Radeon RX Vega 56 Pulse	€ 750,-
Grafikkarte (Nvidia)	MSI Geforce GTX 1080 Gaming X 8G	€ 740,-
Mainboard	Asrock Z370 Extreme4	€ 145,-
Arbeitsspeicher	G.Skill Ripjaws V, 2 × 8 GiB, DDR4-3200	€ 170,-
SSD	Samsung SSD 960 Evo 500 GB	€ 205,-
Netzteil	Seasonic Focus Plus Platinum 550 W	€ 95,-
Gesamtpreis (ab)		**€ 1.710,-**

Intel Core i7-8700K
Schon lange waren Prozessoren nicht mehr so günstig wie jetzt. Intels Core i7-8700K wird so bald wahrscheinlich keinen Nachfolger oder großen Bruder erhalten, trotzdem ist der Preis inzwischen auf 315 Euro gesunken. Das gleicht den recht teuren RAM etwas aus, der momentan auf einem hohen Preisniveau stagniert.



ab € 315,-

Asrock Z370 Extreme4
Das Asrock Z370 Extreme4 bietet alles, was ein Spielerherz Anfang 2018 begehren kann. Gerüchte sprechen gelegentlich von einem kommenden Z390-PCH, unter anderem mit integriertem USB 3.1, das aktuelle Mainboards über Zusatz-Controller lösen müssen. Der Nutzer hat dadurch keine nennenswerten Nachteile.


Bild: Asrock
ab € 145,-

Alternativ-Komponenten

- **Core i5-8600K für 215 Euro**
- **Für Nicht-Übertakter sollen in Kürze günstigere H370- und B360-Mainboards erscheinen**

Einkaufsführer

Prozessorpreise purzeln

Sowohl die Prozessoren aus Intels Coffee-Lake-Serie als auch aus AMDs Ryzen-1000-Serie sind in den vergangenen Wochen weiter im Preis gesunken. Intels Erhöhung der unverbindlichen Preisempfehlung im Falle der K-Modelle ist damit im freien Markt nichtig. AMD bereitet sich derweil offenbar auf die Veröffentlichung der Ryzen-2000-CPUs alias Pinnacle Ridge vor.

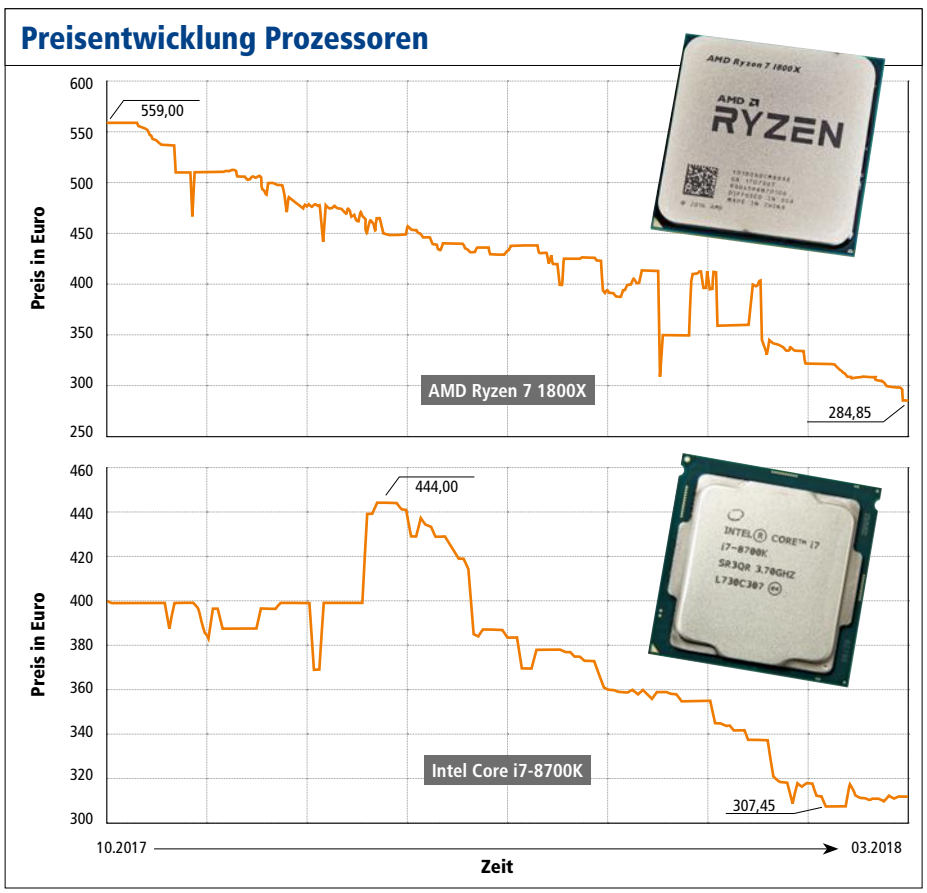


Bild: Aldbox

Während die Preise von Grafikkarten kontinuierlich steigen und sich Arbeitsspeicher zurzeit stabil auf einem hohen Niveau hält, sparen Aufrüster immerhin beim Kauf des Prozessors. Schon seit Monaten sinken die Preise aktueller AMD- und Intel-Modelle stetig, womit Spieler so viel Leistung wie schon lange nicht mehr für ihr Geld erhalten.

Im Falle von Coffee Lake S platzte der Knoten, als die Sechskerner breit verfügbar wurden. Das Topmodell Core i7-8700K kostete zunächst weit über 400 Euro, fiel dann auf das Niveau früherer i7-K-Modelle von 350 bis 370 Euro und landete schließlich bei circa 315 Euro. Der Core i5-8600K ohne Hyperthreading ist sogar für unter 215 Euro zu haben – so viel kostete in früheren Generationen das 500er-Modell mit geschlossenem Multiplikator, also ohne Übertaktungsoption. Nicht so viel Bewegung gibt es beim Einstieg in die Welt der Intel-Sechskerner, dem Core i5-8400 für 165 Euro.

AMD hat nach mehreren offiziellen UVP-Senkungen noch einmal eine Rabattaktion ins Leben gerufen. Der Ryzen 7 1800X als Noch-AM4-Topmodell kostete 285 Euro und kann damit als ernsthafte Alternative zum Ryzen 7 1700X (260 Euro) in Betracht gezogen werden. Früher kosteten die 200 MHz zusätzlicher Takt unverhältnismäßig viel mehr. AMD hat bereits angekündigt, dass nach den Ryzen-2000-APUs („Raven Ridge“) die reinen CPUs der 2000er-Serie („Pinnacle Ridge“) im April folgen werden. Dementsprechend überrascht ein Abverkauf nicht. Die Aktion sollte bis Ende März gelten, wobei die Chancen gut stehen, dass die Preise im April – wenn Sie das Heft in den Händen halten – nicht komplett zurückgesetzt werden und auf einem niedrigen Niveau verweilen. *(mm)*



Einkaufsführer Grafikkarten

Preise: Stand 20.03.2018

PREIS-LEISTUNGS-TIPP SPAR-TIPP

Leistungsnoten auf Basis der aktuellen PCGH-Testmethodik*

Nvidia Geforce	Circa-Preis	Grafik-speicher	3D-Taktung (GPU-Boost/RAM)	Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)	Länge/ (Slot-)Breite	Benötigte Stromstecker	Lautheit (2D/3D/Ernstfall)	Wertung	Test in PCGH	PCGH-Preisvergleich
MSI GTX 1080 Ti Gaming X 11G	€ 1.010,-	11.264 MiB	1.810+/1.377 MHz	15/280/283 Watt	27,8/4,5 cm	2× 8-Pol	0,0/1,9/1,9 Sone	1,73	06/2017	www.pcgh.de/preis/1599330
Gigabyte GTX 1080 Ti Aorus Xtr. Ed.	€ 1.200,-	11.264 MiB	1.747+/1.404 MHz	18/251/252 Watt	29,3/5,5 cm	2× 8-Pol	0,0/1,7/1,8 Sone	1,74	06/2017	www.pcgh.de/preis/1598560
Asus GTX 1080 Ti Strix O11G	€ 1.080,-	11.264 MiB	1.823+/1.377 MHz	16/276/277 Watt	30,0/4,6 cm	2× 8-Pol	0,0/2,2/2,2 Sone	1,74	06/2017	www.pcgh.de/preis/1587607
Inno 3D GTX 1080 Ti iChill X3 Ultra	€ 1.020,-	11.264 MiB	1.835+/1.426 MHz	14/272/273 Watt	30,2/4,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,8/1,8 Sone	1,75	06/2017	www.pcgh.de/preis/1591589
Zotac GTX 1080 Ti AMP! Extreme	€ 1.100,-	11.264 MiB	1.898+/1.400 MHz	16/319/326 Watt	31,0/5,3 cm	2× 8-Pol	0,0/3,6/3,6 Sone	1,76	06/2017	www.pcgh.de/preis/1593440
EVGA GTX 1080 Ti FTW3 Gaming	€ 1.110,-	11.264 MiB	1.823+/1.377 MHz	16/290/290 Watt	30,1/3,5 cm	2× 8-Pol	0,0/2,6/3,5 Sone	1,77	08/2017	www.pcgh.de/preis/1595665
KFA2 GTX 1080 Ti EXOC	€ 1.100,-	11.264 MiB	1.709+/1.377 MHz	13/253/254 Watt	27,8/3,4 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,4/1,5 Sone	1,83	08/2017	www.pcgh.de/preis/1602039
Palit GTX 1080 Ti Super Jetstream	€ 1.030,-	11.264 MiB	1.709+/1.377 MHz	16/252/255 Watt	28,5/5,3 cm	2× 8-Pol	0,0/1,9/1,9 Sone	1,84	08/2017	www.pcgh.de/preis/1599327
MSI GTX 1080 Ti Armor OC 11G	€ 950,-	11.264 MiB	1.797+/1.377 MHz	14/282/283 Watt	27,8/3,5 cm	2× 8-Pol	0,0/4,0/4,0 Sone	1,85	08/2017	www.pcgh.de/preis/1599331
Zotac GTX 1080 Ti Mini	€ 880,-	11.264 MiB	1.709+/1.377 MHz	14/252/255 Watt	21,1/3,5 cm	2× 8-Pol	1,6/4,0/4,0 Sone	1,88	11/2017	www.pcgh.de/preis/1638562
Zotac GTX 1080 AMP! Extreme	€ 770,-	8.192 MiB	1.987+/1.350 MHz	10/259/275 Watt	31,2/5,0 cm	2× 8-Pol	0,0/1,7/1,9 Sone	2,12	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449220
Gainward GTX 1080 Phoenix GLH	€ 730,-	8.192 MiB	1.911+/1.315 MHz	8/219/220 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,5/1,5 Sone	2,13	08/2016	www.pcgh.de/preis/1456253
Palit GTX 1080 Game Rock Prem.	€ 700,-	8.192 MiB	1.911+/1.315 MHz	8/220/220 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,5/1,5 Sone	2,15	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449283
EVGA GTX 1080 FTW ACX 3.0	€ 740,-	8.192 MiB	1.936+/1.251 MHz	12/237/247 Watt	27,3/3,5 cm	2× 8-Pol	0,0/2,4/2,4 Sone	2,16	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449255
MSI GTX 1080 Gaming X 8G	€ 720,-	8.192 MiB	1.886+/1.251 MHz	13/235/245 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/2,3/2,3 Sone	2,19	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449271
Asus GTX 1070 Ti Strix Advanced	€ 680,-	8.192 MiB	1.797+/4.007 MHz	8/171/180 Watt	30,0/4,6 cm	1× 8-Pol	0,0/0,8/0,9 Sone	2,22	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717551
EVGA GTX 1070 Ti FTW2 Gaming	€ 810,-	8.192 MiB	1.886+/4.007 MHz	13/199/200 Watt	27,3/3,5 cm	2× 8-Pol	0,0/1,8/2,2 Sone	2,23	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717574
Palit GTX 1070 Ti Super Jetstream	€ 670,-	8.192 MiB	1.949+/4.007 MHz	10/230/230 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,6/1,6 Sone	2,25	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717576
MSI GTX 1070 Ti Gaming 8G	€ 650,-	8.192 MiB	1.721+/4.007 MHz	12/183/185 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,0/1,0 Sone	2,27	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717555
Zotac GTX 1070 AMP! Extreme	€ 650,-	8.192 MiB	1.987+/4.104 MHz	12/219/253 Watt	31,1/5,0 cm	2× 8-Pol	0,0/1,6/1,9 Sone	2,29	09/2016	www.pcgh.de/preis/1456755
Zotac GTX 1070 Ti AMP! Extreme	€ 730,-	8.192 MiB	1.987+/4.104 MHz	16/246/248 Watt	31,1/5,0 cm	2× 8-Pol	1,3/2,8/2,8 Sone	2,32	01/2018	www.pcgh.de/preis/1717563
Asus GTX 1070 Strix O8G	€ 630,-	8.192 MiB	1.911+/4.007 MHz	8/166/167 Watt	29,9/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/1,8/1,8 Sone	2,34	08/2016	www.pcgh.de/preis/1450613
MSI GTX 1070 Gaming X 8G	€ 600,-	8.192 MiB	1.924+/4.007 MHz	11/208/208 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,4/1,4 Sone	2,35	08/2016	www.pcgh.de/preis/1456552
Asus GTX 1060 Strix O6G	€ 430,-	6.144 MiB	1.987+/4.104 MHz	8/145/145 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,4/2,4 Sone	2,61	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478721
MSI GTX 1060 Gaming X 6G	€ 400,-	6.144 MiB	1.949+/4.007 MHz	8/146/146 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/0,7/0,7 Sone	2,63	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478791
Zotac GTX 1060 AMP!	€ 380,-	6.144 MiB	1.848+/4.007 MHz	9/121/123 Watt	21,1/3,4 cm	1× 8-Pol	0,0/1,0/1,0 Sone	2,66	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478147
Gigabyte GTX 1060 G1 Gaming	€ 400,-	6.144 MiB	1.962+/4.007 MHz	9/153/153 Watt	27,9/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,4/2,4 Sone	2,67	10/2016	www.pcgh.de/preis/1479045
Gainward GTX 1060 Phoenix GS	€ 400,-	6.144 MiB	1.860+/4.007 MHz	6/124/125 Watt	24,6/4,8 cm	1× 6-Pol	0,0/1,4/1,4 Sone	2,68	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478764
Palit GTX 1060 Super Jetstream	€ 400,-	6.144 MiB	1.860+/4.007 MHz	6/123/125 Watt	24,8/4,8 cm	1× 6-Pol	0,0/1,3/1,3 Sone	2,70	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478641
EVGA GTX 1060 SC Gaming	€ 360,-	6.144 MiB	1.898+/4.007 MHz	6/122/125 Watt	18,2/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/2,5/2,5 Sone	2,73	10/2016	www.pcgh.de/preis/1479077
EVGA GTX 1050 Ti SC Gaming	€ 230,-	4.096 MiB	1.557+/3.504 MHz	6/56/59 Watt	15,2/3,5 cm	-	0,2/0,4/0,4 Sone	3,36	01/2017	www.pcgh.de/preis/1525248
Asus GTX 1050 Expedition	-	2.048 MiB	1.493+/3.504 MHz	6/55/55 Watt	21,1/3,5 cm	-	0,0/0,5/0,5 Sone	3,52	01/2017	www.pcgh.de/preis/1525209
AMD Radeon	**Circa-Preis**	**Grafik-speicher**	**3D-Taktung (GPU-Boost/RAM)**	**Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)**	**Länge/ (Slot-)Breite**	**Benötigte Stromstecker**	**Lautheit (2D/3D/Ernstfall)**	**Wertung**	**Test in PCGH**	**PCGH-Preisvergleich**
AMD RX Vega 64 LCE **	-	8.192 MiB	1.520+/945 MHz	19/355/357 Watt	27,2/3,5 cm	2× 8-Pol	0,3/1,8/1,9 Sone	2,25	12/2017	www.pcgh.de/preis/1664784
Sapphire RX Vega 64 Nitro+ Ltd. Ed.	-	8.192 MiB	1.460+/945 MHz	18/326/326 Watt	31,0/4,8 cm	3× (!) 8-Pol	0,0/2,8/2,8 Sone	2,27	03/2018	Nicht mehr lieferbar
Asus RX Vega 64 Strix O8G	€ 900,-	8.192 MiB	1.430+/945 MHz	12/318/318 Watt	30,0/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/2,2/2,2 Sone	2,28	03/2018	www.pcgh.de/preis/1664657
Asus RX Vega 56 Strix O8G	€ 750,-	8.192 MiB	1.430+/800 MHz	11/311/313 Watt	30,0/4,7 cm	2× 8-Pol	0,0/2,0/2,0 Sone	2,35	03/2018	www.pcgh.de/preis/1742116
Powercolor RX Vega 64 Red Devil	€ 880,-	8.192 MiB	1.430+/945 MHz	14/328/328 Watt	30,3/5,3 cm	2× 8-Pol	0,0/4,8/4,8 Sone	2,36	03/2018	www.pcgh.de/preis/1735120
AMD RX Vega 64 (Air) **	-	8.192 MiB	1.370+/945 MHz	15/289/290 Watt	26,7/3,5 cm	2× 8-Pol	0,2/4,9/4,9 Sone	2,41	10/2017	Nicht mehr lieferbar
Powercolor RX Vega 56 Red Devil	€ 770,-	8.192 MiB	1.480+/800 MHz	15/329/329 Watt	30,3/5,3 cm	2× 8-Pol	0,0/4,6/4,6 Sone	2,41	03/2018	www.pcgh.de/preis/1735174
AMD RX Vega 56 **	€ 800,-	8.192 MiB	1.250+/800 MHz	15/216/218 Watt	26,7/3,5 cm	2× 8-Pol	0,2/4,9/4,9 Sone	2,51	10/2017	Nicht mehr lieferbar
Powercolor RX 580 Red Devil GS	€ 430,-	8.192 MiB	1.420+/4.000 MHz	13/240/246 Watt	24,1/5,1 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,9/2,5 Sone	2,72	07/2017	www.pcgh.de/preis/1609947
Gigabyte RX 580 Aorus XTR 8G	-	8.192 MiB	1.410+/4.000 MHz	18/268/269 Watt	27,6/5,4 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/2,1/2,1 Sone	2,73	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610162
MSI RX 580 Gaming X 8G	€ 460,-	8.192 MiB	1.320+/4.000 MHz	16/205/210 Watt	27,5/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,0/2,3 Sone	2,74	07/2017	www.pcgh.de/preis/1609960
Asus RX 580 Strix TOP (T8G)	€ 470,-	8.192 MiB	1.405+/4.000 MHz	14/222/226 Watt	30,0/4,5 cm	1× 8-Pol	0,0/3,5/3,5 Sone	2,75	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610032
Sapphire RX 480 Nitro+ OC 8GB	-	8.192 MiB	1.300+/4.000 MHz	14/215/230 Watt	24,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/5,4/6,6 Sone	2,76	10/2016	Nicht mehr lieferbar
Sapphire RX 570 Nitro+ 8GD5	€ 430,-	8.192 MiB	1.320+/3.500 MHz	15/202/221 Watt	26,0/3,8 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,0/1,7 Sone	2,76	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610158
Powercolor RX 480 Red Devil	-	8.192 MiB	1.190+/4.000 MHz	18/199/200 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,3/2,3 Sone	2,77	10/2016	Nicht mehr lieferbar
Sapphire RX 480 Nitro+ 4D5 OC	-	4.096 MiB	1.306/3.500 MHz	14/207/220 Watt	24,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/4,2/5,0 Sone	2,83	10/2016	Nicht mehr lieferbar
Sapphire RX 470 Nitro+ 4D5 OC	-	4.096 MiB	1.220+/3.500 MHz	15/195/209 Watt	24,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,5/2,7 Sone	2,86	01/2017	Nicht mehr lieferbar
Asus RX 580 Dual O4G	€ 380,-	4.096 MiB	1.260+/3.500 MHz	14/181/185 Watt	24,1/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/4,1/4,1 Sone	2,92	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610054
Powercolor RX 570 Red Devil	€ 350,-	4.096 MiB	1.320/3.500 MHz	13/225/260 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,7/5,2 Sone	2,97	07/2017	www.pcgh.de/preis/1609990
Sapphire RX 570 Pulse ITX	€ 370,-	4.096 MiB	1.130+/3.500 MHz	13/144/147 Watt	17,0/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/0,9/1,2 Sone	2,98	07/2017	www.pcgh.de/preis/1610160
Asus RX 460 Strix O4G	-	4.096 MiB	1.225+/3.500 MHz	9/98/105 Watt	19,5/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/1,6/1,6 Sone	3,55	01/2017	Nicht mehr lieferbar

* Wegen des anhaltenden Mining-Booms sind viele Modelle nur zu stark überhöhten Preisen oder gar nicht lieferbar. ** Beliebige Referenzkarte, bis auf die Beigaben sind alle gleich. Sapphire: Sofern verfügbar, wurde die Full-Retail-Version getestet.

Einkaufsführer Prozessoren & RAM

Preise: Stand 20.03.2018

PCGH Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH Hardware SPAR-TIPP

Prozessoren (Auswahl bereits getesteter Modelle)

AMD-Prozessoren	Preis	Leistung*	Stromverbrauch**	Kerne	Grafik	Basis-Takt	Prozess	RAM (max.)	Sockel	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
AMD Ryzen TR 1950X	Ca. € 830,-	73,8 %/91,6 %	52/335/286/255	16c/32t	-	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	TR4	1,94	10/2017	www.pcgh.de/preis/1664849
AMD Ryzen TR 1920X	Ca. € 600,-	72,4 %/81,6 %	52/326/279/246	12c/24t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	TR4	2,08	10/2017	www.pcgh.de/preis/1664904
AMD Ryzen 7 1800X	Ca. € 285,-	75,7 %/65,6 %	28/326/264/182	8c/16t	-	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,10	05/2017	www.pcgh.de/preis/1582191
AMD Ryzen 7 1700X	Ca. € 260,-	72,9 %/62,3 %	28/315/256/169	8c/16t	-	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,17	05/2017	www.pcgh.de/preis/1582190
AMD Ryzen TR 1900X	Ca. € 360,-	73,4 %/67,8 %	51/344/289/238	8c/16t	-	3,8 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	TR4	2,24	11/2017	www.pcgh.de/preis/1681714
AMD Ryzen 7 1700	Ca. € 255,-	69,9 %/58,0 %	28/296/244/157	8c/16t	-	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,25	05/2017	www.pcgh.de/preis/1582201
PCGH Hardware AMD Ryzen 5 1600X	Ca. € 170,-	74,2 %/54,3 %	28/317/261/166	6c/12t	-	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,25	06/2017	www.pcgh.de/preis/1604881
AMD Ryzen 5 1600	Ca. € 160,-	70,7 %/50,8 %	30/303/252/149	6c/12t	-	3,2 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,35	07/2017	www.pcgh.de/preis/1604879
NEU AMD Ryzen 5-2400G	Ca. € 145,-	65,0 %/38,5 %	29/273/241/143	4c/8t	RX Vega 11	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	AM4	2,48	05/2018	www.pcgh.de/preis/1758261
AMD Ryzen 5 1500X	Ca. € 140,-	66,8 %/40,5 %	28/275/244/137	4c/8t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,54	06/2017	www.pcgh.de/preis/1604878
PCGH Hardware AMD Ryzen 3-2200G	Ca. € 95,-	59,4 %/30,4 %	29/242/223/121	4c/4t	RX Vega 8	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2933	AM4	2,69	05/2018	www.pcgh.de/preis/1758349
AMD Ryzen 5 1400	Ca. € 130,-	58,7 %/35,3 %	29/258/232/126	4c/8t	-	3,2 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,75	07/2017	www.pcgh.de/preis/1604876
AMD Ryzen 3 1300X	Ca. € 110,-	55,0 %/30,6 %	29/246/231/132	4c/4t	-	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	AM4	2,90	10/2017	www.pcgh.de/preis/1663154
Intel-Prozessoren	**Preis**	**Leistung***	**Stromverbrauch****	**Kerne**	**Grafik**	**Basis-Takt**	**Prozess**	**RAM (max.)**	**Sockel**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Intel Core i9-7960X	Ca. € 1.400,-	92,3 %/99,6 %	34/396/309/254	16c/32t	-	2,8 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,50	12/2017	www.pcgh.de/preis/1638801
Intel Core i9-7980XE	Ca. € 1.700,-	87,8 %/100 %	34/373/296/248	18c/36t	-	2,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,56	12/2017	www.pcgh.de/preis/1638806
Intel Core i7-8700K	Ca. € 320,-	100 %/66,3 %	19/392/284/181	6c/12t	UHD 630	3,7 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	1,59	12/2017	www.pcgh.de/preis/1685281
Intel Core i9-7900X	Ca. € 865,-	91,6 %/86,1 %	31/396/294/231	10c/20t	-	3,3 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,64	08/2017	www.pcgh.de/preis/1632795
Intel Core i7-7820X	Ca. € 485,-	89,0 %/77,8 %	31/378/292/201	8c/16t	-	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,77	09/2017	www.pcgh.de/preis/1632796
Intel Core i5-8600K	Ca. € 210,-	94,6 %/53,2 %	19/325/267/158	6c/6t	UHD 630	3,6 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	1,81	12/2017	www.pcgh.de/preis/1697344
Intel Core i7-6950X	Ca. € 1.385,-	94,3 %/77,1 %	50/370/288/184	10c/20t	-	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2011-3	1,83	07/2016	www.pcgh.de/preis/1394456
Intel Core i7-7740X	Ca. € 280,-	98,1 %/52,5 %	18/315/269/148	4c/8t	-	4,3 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	2066	1,85	08/2017	www.pcgh.de/preis/1632798
Intel Core i7-7700K	Ca. € 275,-	92,5 %/50,8 %	19/320/273/145	4c/8t	HD 630	4,2 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	1151	1,87	02/2017	www.pcgh.de/preis/1551097
Intel Core i7-6900K	Ca. € 845,-	91,3 %/70,7 %	50/349/291/186	8c/16t	-	3,2 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2011-3	1,99	07/2016	www.pcgh.de/preis/1394462
Intel Core i7-6700K	Ca. € 310,-	86,1 %/47,2 %	21/302/256/126	4c/8t	HD 530	4,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2133	1151	2,01	03/2016	www.pcgh.de/preis/1290371
Intel Core i7-7800X	Ca. € 325,-	84,2 %/61,1 %	31/345/280/177	6c/12t	-	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2066	2,04	09/2017	www.pcgh.de/preis/1632797
Intel Core i7-5775C	Ca. € 360,-	90,1 %/43,2 %	19/287/252/120	4c/8t	Iris Pro 6200	3,3 GHz + Turbo	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	2,06	03/2016	www.pcgh.de/preis/1275291
PCGH Hardware Intel Core i5-8400	Ca. € 165,-	91,6 %/49,9 %	19/294/255/135	6c/6t	UHD 630	2,8 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2667	1151 v2	2,12	12/2017	www.pcgh.de/preis/1699930
Intel Core i7-6800K	Ca. € 295,-	84,2 %/55,1 %	49/344/282/170	6c/12t	-	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2011-3	2,30	08/2016	www.pcgh.de/preis/1394467
Intel Core i3-8350K	Ca. € 155,-	76,7 %/38,5 %	17/261/242/113	4c/4t	UHD 630	4,0 GHz	14 nm	DDR4-2400	1151 v2	2,27	12/2017	www.pcgh.de/preis/1697354
Intel Core i5-7600K	Ca. € 195,-	72,3 %/37,9 %	19/262/236/112	4c/4t	HD 630	3,8 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	1151	2,36	02/2017	www.pcgh.de/preis/1551201
PCGH Hardware Intel Core i3-8100	Ca. € 100,-	68,4 %/34,6 %	17/245/221/99	4c/4t	UHD 630	3,6 GHz	14 nm	DDR4-2400	1151 v2	2,63	02/2018	www.pcgh.de/preis/1699931
Intel Core i5-7500	Ca. € 170,-	67,9 %/34,3 %	18/242/224/99	4c/4t	HD 630	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	1151	2,69	04/2017	www.pcgh.de/preis/1554205
Intel Core i3-7350K	Ca. € 165,-	61,7 %/26,9 %	19/230/218/108	2c/4t	HD 630	4,2 GHz	14 nm	DDR4-2400	1151	2,70	03/2017	www.pcgh.de/preis/1557508
Intel Core i3-6100	Ca. € 95,-	53,9 %/23,5 %	21/221/208/94	2c/4t	HD 530	3,7 GHz	14 nm	DDR4-2133	1151	3,09	-***	www.pcgh.de/preis/1329935
Intel Pentium G4560	Ca. € 50,-	51,8 %/21,4 %	19/210/201/99	2c/4t	HD 610	3,5 GHz	14 nm	DDR4-2400	1151	3,28	03/2017	www.pcgh.de/preis/1558362

* Normierte, gewichtete Leistung in Spielen/Anwendungen ** Gesamtes System in Watt (Leerlauf ohne Grafikkarte/Crysis 3/Ø Spiele/Ø Anwendungen) *** Nachgetestet ohne Heftartikel

Arbeitsspeicher

DDR3	Produktnummer	Preis	Speichertyp	Latenzen	Aufbau***	Höhe	Spannung	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Kingston Hyper X Savage	HX321C11SRK2/16	Ca. € 170,-	2 × 8 GiByte DDR3-2133	11-12-12-30	Dual-Rank	3,4 cm	1,60 Volt	2,47	06/2015	www.pcgh.de/preis/1160242
PCGH Hardware Ballistix Tactical	BLT2CP8G3D1869DT1TX0EU	Ca. € 160,-	2 × 8 GiByte DDR3-1866	9-9-9-27	Dual-Rank	3,6 cm	1,50 Volt	2,52	08/2014	www.pcgh.de/preis/1037301
G.Skill Trident X	F3-2400C10D-16GTX	Ca. € 160,-	2 × 8 GiByte DDR3-2400	10-12-12-31	Dual Rank	5,4 cm	1,65 Volt	2,54	09/2013	www.pcgh.de/preis/764621
G.Skill Ares	F3-1866C10D-16GAB	Ca. € 140,-	2 × 8 GiByte DDR3-1866	10-11-10-30	Dual Rank	3,3 cm	1,50 Volt	2,58	06/2015	www.pcgh.de/preis/734632
DDR4	**Produktnummer**	**Preis**	**Speichertyp**	**Latenzen**	**Aufbau*** **	**Höhe**	**Spannung**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
G.Skill Trident Z	F4-3600C16D-16GTZKW	Ca. € 270,-	2 × 8 GiByte DDR4-3600	16-16-16-36	Single-Rank	4,4 cm	1,35 Volt	1,72	07/2017	www.pcgh.de/preis/1505578
Teamgroup T-Force Xtreem	TXGD416G4000HC18EDC01	Ca. € 260,-	2 × 8 GiByte DDR4-4000	18-20-20-44	Single-Rank	4,8 cm	1,35 Volt	1,76	07/2017	www.pcgh.de/preis/1593250*
Corsair Vengeance LPX	CMK32GX4M4B3600C18	Ca. € 450,-	4 × 8 GiByte DDR4-3600	18-19-19-39	Single-Rank	3,5 cm	1,35 Volt	1,89	12/2016	www.pcgh.de/preis/1379074
G.Skill Flare X	F4-3200C14D-16GFX	Ca. € 220,-	2 × 8 GiByte DDR4-3200	14-14-14-34	Single-Rank	4,0 cm	1,35 Volt	1,93	07/2017	www.pcgh.de/preis/1590064
G.Skill Trident Z	F4-3200C14Q-32GTZKW	Ca. € 430,-	4 × 8 GiByte DDR4-3200	14-14-14-34	Single-Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,06	12/2016	www.pcgh.de/preis/1383384**
Corsair Vengeance LED	CMU32GX4M4C3200C16R	Ca. € 420,-	4 × 8 GiByte DDR4-3200	16-18-18-36	Dual-Rank	5,0 cm	1,35 Volt	2,10	12/2016	www.pcgh.de/preis/1468728
G.Skill Trident Z RGB	F4-3200C16Q-32GTZR	Ca. € 380,-	4 × 8 GiByte DDR4-3200	16-18-18-38	Single-Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,14	07/2017	www.pcgh.de/preis/1564347
Ballistix Elite	BLE4C4G4D32AEEA	Ca. € 250,-	4 × 4 GiByte DDR4-3200	16-18-18-36	Single-Rank	4,1 cm	1,35 Volt	2,23	12/2016	www.pcgh.de/preis/1464325
Ballistix Tactical	BLT2C8G4D30AETA	Ca. € 200,-	2 × 8 GiByte DDR4-3000	15-16-16-35	Dual-Rank	3,8 cm	1,35 Volt	2,29	07/2017	www.pcgh.de/preis/1464309
Corsair Vengeance LED	CMU32GX4M2C3200C16B	Ca. € 360,-	2 × 16 GiByte DDR4-3200	16-18-18-36	Dual-Rank	5,0 cm	1,35 Volt	2,33	12/2016	www.pcgh.de/preis/1512560
Corsair Vengeance RGB	CMR32GX4M4C3000C15	Ca. € 420,-	4 × 8 GiByte DDR4-3000	15-17-17-35	Single Rank	5,0 cm	1,35 Volt	2,43	07/2017	www.pcgh.de/preis/1595337
G.Skill Trident Z	F4-3200C16D-16GTZ	Ca. € 190,-	2 × 8 GiByte DDR4-3200	16-16-16-36	Dual Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,48	04/2016	www.pcgh.de/preis/1345305

System DDR3: Core i7-4770K, Asus Maximus VI Extreme, Zotac Geforce GT 640; Windows 7 64 Bit SP1, HCI Memtest Pro *** Aufbau von den meisten Herstellern nicht garantiert, ggf. Abweichungen möglich
System DDR4: Core i5-6600K/i7-6700K, Asus Maximus VIII Extreme/Ranger bzw. Maximus IX Code, MSI Geforce GTX 980 Ti Lightning; Windows 10 64 Bit, HCI Memtest Pro * Silberne Version ** Silber-rote Version

Einkaufsführer Kühlung

Preise: Stand 20.03.2018

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

Lüfter

120-mm-Lüfter	Preis	Anschluss/Kabellänge	Regelung	Drehzahl 100 %	Kühlleistung*	Lautheit*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noctua NF-F12 PWM	Ca. € 20,-	4-Pin PWM/53 cm	Spannungs-Adapter	1.500 U/min	10,2/13,4/18,6 Kelvin	1,9/0,4/0,1 Sone	2,25	12/2016	www.pcgh.de/preis/698532
Blacknoise Eloop B12-PS	Ca. € 18,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.500 U/min	10,9/14,1/19,0 Kelvin	0,8/0,2/0,1 Sone	2,47	12/2016	www.pcgh.de/preis/820091
Scythe Glide Stream 120 PWM	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.300 U/min	10,3/12,2/17,5 Kelvin	1,5/0,6/0,1 Sone	2,50	12/2016	www.pcgh.de/preis/837136
Be Quiet Silent Wings 3 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM**/50 cm	–	1.450 U/min	11,7/14,4/20,7 Kelvin	0,8/0,2/0,1 Sone	2,50	12/2016	www.pcgh.de/preis/1490397
Blacknoise Multiframe M12-2	Ca. € 20,-	3-Pin/44 cm	–	1.250 U/min	12,7/16,1/21,5 Kelvin	0,6/0,2/0,1 Sone	2,62	12/2016	www.pcgh.de/preis/342339
Arctic F12 PWM	Ca. € 5,-	4-Pin PWM**/39 cm	–	1.350 U/min	10,0/12,9/18,2 Kelvin	1,6/0,5/0,1 Sone	2,63	12/2016	www.pcgh.de/preis/458676
Blacknoise Black Silent Pro PL-2	Ca. € 12,-	3-Pin/75 cm	–	1.400 U/min	12,3/15,4/20,5 Kelvin	1,1/0,4/0,1 Sone	2,65	12/2016	www.pcgh.de/preis/476778
Be Quiet Silent Wings 2 PWM	Ca. € 21,-	4-Pin PWM/44 cm	–	1.500 U/min	12,2/15,2/20,8 Kelvin	1,0/0,3/0,1 Sone	2,65	12/2016	www.pcgh.de/preis/877395
Be Quiet Shadow Wings SW1	Ca. € 12,-	3-Pin/45 cm	–	2.200 U/min	8,9/11,2/15,6 Kelvin	2,8/1,0/0,2 Sone	2,76	12/2016	www.pcgh.de/preis/684033
Cooler Master Silencio FP 120 PWM	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/44 cm	–	1.400 U/min	13,1/16,9/23,1 Kelvin	0,7/0,4/0,1 Sone	2,78	12/2016	www.pcgh.de/preis/1227673
Fractal Design Dynamic X2 GP-12	Ca. € 14,-	3-Pin/51 cm	–	1.200 U/min	12,2/15,8/21,3 Kelvin	0,8/0,2/0,1 Sone	2,81	12/2016	www.pcgh.de/preis/1497617
140-mm-Lüfter	**Preis**	**Anschluss/Kabellänge**	**Regelung**	**Drehzahl 100 %**	**Kühlleistung***	**Lautheit***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Blacknoise Eloop B14-PS	Ca. € 24,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.200 U/min	8,8/11,0/15,2 Kelvin	1,2/0,3/0,1 Sone	2,03	01/2016	www.pcgh.de/preis/1313838
Thermaltake Riing 14 RGB	Ca. € 25,-	4-Pin PWM/45 cm	2-stufig	1.400 U/min	9,1/11,3/16,9 Kelvin	1,6/0,7/0,1 Sone	2,27	01/2016	www.pcgh.de/preis/1348647
Noctua NF-A14 FLX	Ca. € 22,-	3-Pin/53 cm	2 Spannungs-Adapt.	1.200 U/min	9,5/12,0/16,9 Kelvin	1,2/0,4/0,1 Sone	2,27	01/2016	www.pcgh.de/preis/870798
Aerocool Dead Sil. White Ed. 140mm	Ca. € 17,-	3-Pin/50 cm	Spannungs-Adapter	1.000 U/min	10,3/12,9/18,3 Kelvin	0,7/0,3/0,1 Sone	2,33	01/2016	www.pcgh.de/preis/1058907
Blacknoise Black Silent Pro PK-2	Ca. € 16,-	3-Pin/75 cm	–	1.200 U/min	10,2/12,8/18,1 Kelvin	1,2/0,5/0,1 Sone	2,39	01/2016	www.pcgh.de/preis/476867
Fractal Design Venturi HP-14 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.500 U/min	9,6/11,7/18,2 Kelvin	1,6/0,6/0,1 Sone	2,41	01/2016	www.pcgh.de/preis/1266895
Enermax T.B.Silence PWM 140mm	Ca. € 13,-	4-Pin PWM/49 cm	–	1.200 U/min	9,2/11,8/16,0 Kelvin	1,7/0,6/0,1 Sone	2,42	01/2016	www.pcgh.de/preis/886129
Silverstone SST-FQ141	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/29 cm	Spannungs-Adapter	1.000 U/min	10,3/12,9/17,6 Kelvin	1,1/0,4/0,1 Sone	2,42	01/2016	www.pcgh.de/preis/1170330
Be Quiet Silent Wings 2 PWM	N. verfüg.	4-Pin PWM/45 cm	–	1.000 U/min	11,4/15,3/21,0 Kelvin	0,5/0,1/0,1 Sone	2,44	01/2016	www.pcgh.de/preis/877396
Phanteks PH-F140SP	Ca. € 15,-	3-Pin/92 cm	–	1.200 U/min	8,9/11,5/16,2 Kelvin	1,7/0,5/0,1 Sone	2,45	01/2016	www.pcgh.de/preis/1112616
Nanoxia Cool Force	Ca. € 10,-	3-Pin/43 cm	Vorwiderstand	1.100 U/min	12,2/14,6/20,3 Kelvin	0,4/0,2/0,1 Sone	2,47	01/2016	www.pcgh.de/preis/1395404
Enermax Cluster Advance	Ca. € 13,-	4-Pin PWM/49 cm	3-stufig an Lüfternabe	1.500 U/min	8,4/10,1/14,8 Kelvin	2,8/1,4/0,3 Sone	2,65	01/2016	www.pcgh.de/preis/1186749
Akasa 14cm Apache Black	Ca. € 17,-	4-Pin PWM/40 cm	–	1.300 U/min	8,1/10,2/14,0 Kelvin	2,8/1,1/0,3 Sone	2,72	01/2016	www.pcgh.de/preis/681031
Noctua NF-A14 Industr.-PPC-2000 PWM	Ca. € 23,-	4-Pin PWM/40 cm	–	2.000 U/min	6,9/8,1/11,8 Kelvin	3,8/1,9/0,5 Sone	2,75	01/2016	www.pcgh.de/preis/1115473
Be quiet Pure Wings 2 140mm	Ca. € 8,-	3-Pin/45 cm	–	1.000 U/min	11,8/15,6/21,1 Kelvin	0,6/0,2/0,1 Sone	2,88	01/2016	www.pcgh.de/preis/994425
180-mm-Lüfter	**Preis**	**Anschluss/Kabellänge**	**Regelung**	**Drehzahl 100 %**	**Kühlleistung***	**Lautheit***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Phobya G-Silent 18 rot	Ca. € 16,-	3-Pin/50 cm	-	700 U/min	7,3/9,0/12,6 Kelvin	0,6/0,2/0,1 Sone	1,72	04/2015	www.pcgh.de/preis/955636

* Auf Alphacool Nexxxos XT45 120/140/180 mm Radiator, Differenztemperatur Wasser/Luft; Wärmequelle: Xeon E5-2687W (150 W TDP); Messung bei 100/75/50 % Lüfterdrehzahl ** Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung ggf. zusätzliche Störgeräusche

Prozessorkühler

Modell	Preis	Maße (B × H × T) Gewicht	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp. (100/75/50 %)	Lautheit (100/75/50 %)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
EKL Alpenföhn Brocken 3	Ca. € 40,-	150 × 171 × 126 mm; 870 g	52,5 °C (1.020 U/min)	52,5/54,6/61,1 °C	1,0/0,3/0,1 Sone	2,05	10/2017	www.pcgh.de/preis/1675194
Noctua NH-D15	Ca. € 85,-	151 × 175 × 162 mm; 1312 g	50,8 °C (1.020 U/min)	48,1/49,9/54,5 °C	3,0/1,2/0,2 Sone	2,08	09/2015	www.pcgh.de/preis/1098241
Thermaltake Frio Extr. Silent 14 Dual	Ca. € 75,-	157 × 166 × 146 mm; 1235 g	50,3 °C (1.000 U/min)	49,6/52,1/61,2 °C	1,6/0,6/0,1 Sone	2,11	09/2015	www.pcgh.de/preis/1196525
Scythe Mugen 5	Ca. € 40,-	138 × 150 × 109 mm; 885 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	52,1/53,6/59,4 °C	0,9/0,3/0,1 Sone	2,14	01/2017	www.pcgh.de/preis/1549393
Scythe Fuma	N. verfüg.	138 × 149 × 131 mm; 923 g	52,0 °C (900 U/min)	48,5/50,8/56,2 °C	2,9/1,3/0,4 Sone	2,16	05/2016	www.pcgh.de/preis/1339886
Noctua NH-U14S	Ca. € 65,-	152 × 166 × 80 mm; 938 g	51,4 °C (1.140 U/min)	49,7/52,1/58,7 °C	1,8/1,1/0,3 Sone	2,16	12/2014	www.pcgh.de/preis/929404
EKL Alpenföhn Olymp	Ca. € 80,-	155 × 161 × 151 mm; 1.187 g	52,8 °C (1.020 U/min)	50,8/53,5/61,5 °C	2,0/0,9/0,1 Sone	2,18	05/2016	www.pcgh.de/preis/1386052
Thermalright Le Grand Macho RT	Ca. € 60,-	150 × 162 × 148 mm; 1.111 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	50,1/52,8/59,1 °C	0,9/0,3/0,1 Sone	2,23	01/2017	www.pcgh.de/preis/1442034
Thermalright Macho Rev. B	Ca. € 43,-	142 × 173 × 129 mm; 877 g	52,2 °C (1.190 U/min)	51,2/54,7/62,9 °C	1,2/0,5/0,2 Sone	2,25	02/2015	www.pcgh.de/preis/1193857
Scythe Ninja 4	N. verfüg.	132 × 155 × 155 mm; 905 g	52,4 °C (1.170 U/min)	50,6/53,2/60,3 °C	2,1/0,7/0,2 Sone	2,25	09/2015	www.pcgh.de/preis/1267181
Thermalright Macho Direct	Ca. € 38,-	152 × 162 × 128 mm; 823 g	52,1 °C (1.190 U/min)	52,1/54,8/61,3 °C	1,0/0,3/0,1 Sone**	2,26	04/2016	www.pcgh.de/preis/1372274
Be Quiet Dark Rock Pro 3	Ca. € 70,-	141 × 164 × 150 mm; 1244 g	51,6 °C (1.340 U/min)	50,3/52,1/55,6 °C	2,1/0,9/0,3 Sone	2,32	09/2015	www.pcgh.de/preis/1054341
Thermalright True Spirit 140 Direct	Ca. € 38,-	152 × 165 × 71 mm; 658 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	50,8/54,2/60,7 °C	0,8/0,2/0,1 Sone	2,33	01/2017	www.pcgh.de/preis/1529573
EKL Alpenföhn Brocken 2	Ca. € 39,-	153 × 173 × 98 mm; 840 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	53,8/57,7/64,6 °C	0,8/0,2/0,1 Sone	2,38	09/2015	www.pcgh.de/preis/912549
Thermaltake Frio Silent 14	Ca. € 41,-	150 × 165 × 68 mm; 633 g	54 °C (1.060 U/min)	52,2/55,4/63,9 °C	1,2/0,3/0,1 Sone	2,48	12/2014	www.pcgh.de/preis/1157899
Cooler Master Hyper 612 Ver.2	Ca. € 34,-	151 × 162 × 131 mm; 945 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	54,9/58,2/–* °C	0,9/0,3/–* Sone	2,50	12/2014	www.pcgh.de/preis/1172666
EKL Alpenföhn Brocken Eco	Ca. € 29,-	131 × 151 × 88 mm; 612 g	55,9 °C (1.240 U/min)	53,7/57,4/64,2 °C	1,4/0,5/0,1 Sone	2,55	12/2014	www.pcgh.de/preis/1081623
Noctua NH-D15S	Ca. € 75,-	149 × 163 × 134 mm; 1.153 g	53,2 °C (1.080 U/min)	50,3/53,2/60,3 °C	2,3/1,0/0,3 Sone	2,57	05/2016	www.pcgh.de/preis/1271076
Be Quiet Pure Rock	Ca. € 29,-	130 × 155 × 89 mm; 629 g	56,2 °C (1.370 U/min)	55,5/58,1/68,0 °C	1,5/0,5/0,1 Sone	2,62	01/2017	www.pcgh.de/preis/1184606
Cooler Master Hyper 412S	Ca. € 35,-	132 × 162 × 97 mm; 580 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	56,7/59,1/67,2 °C	0,8/0,3/0,1 Sone	2,62	09/2015	www.pcgh.de/preis/697260
Enermax ETS-50 Axe	Ca. € 50,-	139 × 161 × 112 mm; 910 g	55,3 °C (1.190 U/min)	49,5/52,4/62,3 °C	3,3/1,3/0,4 Sone	2,67	01/2017	www.pcgh.de/preis/1491128
Thermaltake Frio Silent 12	Ca. € 37,-	128 × 141 × 67 mm; 328 g	54,7 °C (1.310 U/min)	53,8/58,6/70,4 °C	1,1/0,4/0,1 Sone	2,68	01/2017	www.pcgh.de/preis/1158734
Arctic Freezer i32***	Ca. € 24,-	124 × 150 × 74 mm; 659 g	53 °C (1.270 U/min)	53,0/58,3/67,3 °C	1,0/0,4/0,2 Sone**	2,71	04/2016	www.pcgh.de/preis/1325324
Be Quiet Shadow Rock Slim	Ca. € 38,-	141 × 159 × 73 mm; 702 g	54,8 °C (1.220 U/min)	53,5/57,1/64,3 °C	1,6/0,5/0,1 Sone	2,72	09/2015	www.pcgh.de/preis/1054903
Noctua NH-C14S	Ca. € 75,-	146 × 142 × 164 mm; 1.013 g	57,3 °C (980 U/min)	53,2/55,7/62,3 °C	3,1/1,4/0,3 Sone	3,02	04/2016	www.pcgh.de/preis/1271077

* Betrieb mit 50 Prozent Drehzahl nicht möglich ** Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung gegebenenfalls zusätzliche Störgeräusche *** Anpresskraft Sockel-1151-Originalhalterung zu hoch, Nachrüstkit auf Anfrage

Einkaufsführer Wasserkühlung & Mainboards

Preise: Stand 20.03.2018

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

Vorgefüllte Kompakt- und modulare Wasserkühlungen

Kompaktwasserkühlungen	Preis	Radiator (B × H × T)	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp., (100/75/50%)	Lauth. (100/75/50%/Pumpe)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Alphacool Eisbaer 240	Ca. € 110,-	274 × 124 × 55 mm	50,7 °C (1.020 U/min)	49,4/51,2/56,0 °C	3,9/1,9/0,6/0,1 Sone	1,73	08/2016	www.pcgh.de/preis/758311939
PCGH Arctic Liquid Freezer 240	Ca. € 75,-	273 × 120 × 88 mm	47,4 °C (970 U/min)	45,3/47,4/51,4 °C	2,5/1,0/,2/0,2 Sone	1,78	03/2016	www.pcgh.de/preis/1341649
Cooler Master Master Liquid 240	Ca. € 75,-	278 × 120 × 53 mm	49,1 °C (1.320 U/min)	45,2/47,5/52,7 °C	3,9/1,6/0,4/0,1 Sone	1,81	07/2017	www.pcgh.de/preis/1562099
Be Quiet Silent Loop 240 mm	Ca. € 120,-	275 × 123 × 55 mm	50,4 °C (1.230 U/min)	47,2/48,5/51,7 °C	4,3/2,0/0,5/0,1 Sone	1,87	07/2017	www.pcgh.de/preis/1508159
Fractal Design Celsius S24	Ca. € 100,-	283 × 122 × 55 mm	49,1 °C (1.100 U/min)	45,4/46,9/51,6 °C	4,6/2,1/0,7/0,1 Sone	1,99	07/2017	www.pcgh.de/preis/1621894
Fractal Design Celsius S36	Ca. € 130,-	404 × 122 × 56 mm	48,2 °C (1.020 U/min)	43,1/45,0/49,1 °C	5,3/2,8/0,9/0,1 Sone	2,04	07/2017	www.pcgh.de/preis/1621923
Cooler Master Nepton 240M	Ca. € 110,-	277 × 123 × 59 mm	49,7 °C (1.320 U/min)	46,4/47,6/51,2 °C	4,3/2,1/,6/0,2 Sone	2,13	06/2015	www.pcgh.de/preis/1184616
Antec Kühler H2O 1200 Pro	Ca. € 75,-	276 × 120 × 52 mm	51,7 °C (1.000 U/min)	48,0/49,7/52,7 °C	4,2/2,0/0,7/0,1 Sone	2,25	04/2016	www.pcgh.de/preis/1374223
Thermaltake Water 3.0 Extreme S	Ca. € 110,-	277 × 120 × 55 mm	50,1 °C (1.020 U/min)	45,6/47,5/52,1 °C	5,5/2,4/,6/0,4 Sone	2,43	06/2015	www.pcgh.de/preis/1230429
Antec Mercury 240	Ca. € 100,-	274 × 120 × 49 mm	57,9 °C (1.140 U/min)	51,5/54,6/60,6 °C	3,3/1,5/0,4/0,2 Sone	2,49	07/2017	www.pcgh.de/preis/1661789
Modell	**Preis**	**Radiator (B × H × T)**	**CPU-Temp. 1,0 Sone**	**CPU-Temp., (100/75/50%)**	**Lauth. (100/75/50%/Pumpe)**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Alphacool Nexx. Cool Answer 240 D5/ST	Ca. € 270,-	275 × 124 × 55 mm	49,6 °C (1.120 U/min)	49,6/51,3/57,4 °C	1,0/0,5/0,1/0,1 Sone	1,24	09/2016	www.pcgh.de/preis/1132495
EK Water Blocks EK-Kit S240	Ca. € 200,-	282 × 121 × 52 mm	49,2 °C (1.200 U/min)	47/49,2/53 °C	2,3/1,0/0,3/0,1 Sone	1,34	09/2016	www.pcgh.de/preis/1443185

Temperatur- und Lautheitsmessungen entsprechen Luftkühlern, aber das Benotungssystem weicht ab. Wertung nicht vergleichbar! * Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung gegebenenfalls zusätzliche Störgeräusche

Mainboards für AMD- und Intel-Prozessoren, diverse Sockel

AMD TR4	Preis	IOH/Form.	PCI-E CPU (3.0) & IOH (2.0)	M.2-Anbindung	Sound	USB ext./int.; SATA	Lüfter	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
PCGH Asrock X399 Taichi	Ca. € 320,-	X399/ATX	×16/×8/×16/×8 & ×1	3× 3.0×4	ALC1220	2/0×3.1; 8/4×3,0; 8×	5 (5× PWM)	1,88	02/2018	www.pcgh.de/preis/1664939
Asus Zenith Extreme	Ca. € 520,-	X399/E-ATX	×16/×8/×16/×8 & ×4/×1	3× 3.0×4	S1220	2/1×3.1; 8/4×3,0; 6×	9 (7× PWM)	2,05	02/2018	www.pcgh.de/preis/1664907
Gigabyte X399 Gaming 7	Ca. € 330,-	X399/ATX	×16/×8/×16/×8 & ×4	3× 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 8/2×3,0; 8×	8 (8× PWM)	2,08	02/2018	www.pcgh.de/preis/1664932
MSI X399 Ga. Pro Car. AC	Ca. € 330,-	X399/ATX	×16/×8/×16/×8 & ×1/×1	3× 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 8/4×3,0; 8×	6 (6× PWM)	2,12	02/2018	www.pcgh.de/preis/1664957
AMD AM4	**Preis**	**IOH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & IOH (2.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asus Crosshair VI Hero	Ca. € 230,-	X370/ATX	×16*/×0* & ×0*/×0*/×0*/×4*	3.0×4	S1220	2/1×3.1; 8/2×3,0; 8×	7 (7× PWM)	2,81	05/2017	www.pcgh.de/preis/1582881
PCGH Gigabyte AX370-Gam. 5	Ca. € 150,-	X370/ATX	×16*/×0* & ×0*/×0*/×0*/×4*	3.0×4	ALC1220	4/0×3.1; 6/4×3,0; 8×	8 (8× PWM)	2,82	05/2017	www.pcgh.de/preis/1582173
MSI X370 Xpower Titan.	Ca. € 200,-	X370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×0*	3.0×4; 2.0×4*	ALC1220	2/1×3.1; 4/4×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,93	05/2017	www.pcgh.de/preis/1580650
Asrock X370 Killer SLI	Ca. € 120,-	X370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×1	3.0×4; 2.0×2	ALC892	2/0×3.1; 6/4×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,93	05/2017	www.pcgh.de/preis/1582146
Asus Prime X370-pro	Ca. € 140,-	X370/ATX	×16*/×0* & ×0*/×1/×0*/×4*	3.0×4	S1220A	2/1×3.1; 6/2×3,0; 8×	6 (6× PWM)	2,95	05/2017	www.pcgh.de/preis/1582178
Asus Prime B350-Plus	Ca. € 80,-	B350/ATX	×16 & ×0*/×4*/×0*	3.0×4	ALC887	2/0×3.1; 4/2×3,0; 6×	3 (3× PWM)	3,26	06/2017	www.pcgh.de/preis/1582183
PCGH Asrock AB350M Pro4	Ca. € 70,-	B350/µATX	×16 & ×1/×4	3.0×4; SATA**	ALC892	0/0×3.1; 5/2×3,0; 4×	3 (2× PWM)	3,36	06/2017	www.pcgh.de/preis/1582198
Gigabyte AB350-Gam. 3	Ca. € 90,-	B350/ATX	×16 & ×1/×/4*/×0*/×0*	3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/2×3,0; 6×	5 (5× PWM)	3,39	06/2017	www.pcgh.de/preis/1582168
Biostar Racing B350GT5	Ca. € 100,-	B350/ATX	×16 & ×0*/×0*/×4*	3.0×4	ALC892	2/0×3.1; 4/2×3,0; 4×	4 (4× PWM)	3,42	06/2017	www.pcgh.de/preis/1579988
Intel 1151 (CFL)	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (3.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
MSI Z370 Godlike Gam.	N. verfüg.	Z370/ATX	×16*/×0*/×0* & ×0*/×0*	3.0×4; 2×3.0×4***	ALC1220	2/1×3.1; 6/4×3,0; 6×	10 (10× PWM)	1,67	12/2017	www.pcgh.de/preis/1699947
Gigabyte Z370 Gaming 7	Ca. € 240,-	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0**/×4	3.0×4; 2× 3.0×4**	ALC1220	2/1×3.1; 5/2×3,0; 6×	8 (8× PWM)	1,94	12/2017	www.pcgh.de/preis/1699938
Asus Maximus X Hero	Ca. € 270,-	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0*/×4*	3.0×4; 3.0×4**	ALC1220	2/1×3.1; 4/2×3,0; 6×	8 (8× PWM)	1,98	12/2017	www.pcgh.de/preis/1702196
PCGH Asrock Z370 Extreme4	Ca. € 150,-	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	2× 3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/4×3,0; 8×	5 (5× PWM)	1,99	12/2017	www.pcgh.de/preis/1700876
MSI Z370 Ga. Pro Car. AC	Ca. € 190,-	Z370/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4; 3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/4×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,05	12/2017	www.pcgh.de/preis/1699948
Intel 2066	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (3.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asus Strix X299-E Gam.	Ca. € 320,-	X299/ATX	×16/×16/×8 & ×1*/×1/×4**	3.0×4; 3.0×4	S1220A	2/1×3.1; 4/4×3,0; 8×	7 (7× PWM)	2,05	09/2017	www.pcgh.de/preis/1641089
Asrock X299 Prof. Gam. i9	Ca. € 340,-	X299/ATX	×16*/×8/×16/×0* & ×1(-2.0!)	3× 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 4/4×3,0; 10×	5 (5× PWM)	2,06	10/2017	www.pcgh.de/preis/1641217
PCGH MSI X299 Ga. Pro Car. AC	Ca. € 300,-	X299/ATX	×16/×4/×16/×8 & ×1/×1	3.0×4; 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 4/4×3,0; 8×	6 (6× PWM)	2,07	09/2017	www.pcgh.de/preis/1632012
Asus TUF X299 Mark 2	Ca. € 230,-	X299/ATX	×16/×16/×8 & ×1/×2/×1	3.0×4; 3.0×4	S1220A	2/0×3.1; 4/4×3,0; 6×	8 (8× PWM)	2,12	09/2017	www.pcgh.de/preis/1641192
PCGH MSI X299 Raider	Ca. € 190,-	X299/ATX	×16/×16/×8 & ×4/×1	3.0×4**; 3.0×4	ALC1220	2/1×3.1; 4/4×3,0; 8×	6 (6× PWM)	2,22	10/2017	www.pcgh.de/preis/1641249
Gigabyte X299 Gaming 9	N. verfüg.	X299/ATX	×16*/×4*/×16/×0* & ×4	3.0×4*; 2× 3.0×4	ALC1220	5/1×3.1; 4/4×3,0; 8×	8 (8× PWM)	2,24	10/2017	www.pcgh.de/preis/1631550
Gigabyte X299 Gaming 3	Ca. € 240,-	X299/ATX	×16/×4/×16/×8 & ×4	3.0×4**; 3.0×4	ALC1220	2/0×3.1; 6/4×3,0; 8×	8 (8× PWM)	2,29	09/2017	www.pcgh.de/preis/1631912
Intel 1151 (SKL/KBL)	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (3.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
PCGH Asus Maximus VIII Ranger	Ca. € 100,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4	ALC1150	2/0×3.1; 2/4×3,0; 6×	7 (7× PWM)	2,33	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306336
Asus Z170-Deluxe	Ca. € 140,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×1/×2**	3.0×4	ALC1150	6/0×3.1; 1/4×3,0; 8×	7 (6× PWM)	2,34	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306329
MSI Z270 Ga. Pro Carbon	Ca. € 140,-	Z270/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4; 3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/4×3,0; 6×	6 (6× PWM)	2,37	02/2017	www.pcgh.de/preis/1557471
Asus Maximus IX Hero	Ca. € 210,-	Z270/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0*/×4*	3.0×4; 3.0×4**	ALC1220	2/2×3.1; 4/2×3,0; 6×	8 (8× PWM)	2,41	02/2017	www.pcgh.de/preis/1557900
Gigabyte Z270X-Gam. 7	Ca. € 260,-	Z270/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0*/×0*	3.0×4*; 3.0×4**	Sound Core	2/0×3.1; 5/4×3,0; 6×	7 (7× PWM)	2,46	02/2017	www.pcgh.de/preis/1557876
Asrock Z270 Gaming K6	Ca. € 160,-	Z270/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4**; 3.0×4**	ALC1220	2/0×3.1; 4/4×3,0; 8×	5 (5× PWM)	2,52	02/2017	www.pcgh.de/preis/1544856
Intel 2011-v3	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (2.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
PCGH Asrock X99 Taichi	Ca. € 240,-	X99/ATX	×16/×16*/×0* & ×1/×1	3.0×4; 3.0×4	ALC1150	2/×3.1; 3/2×3,0; 10×	5 (3× PWM)	1,80	10/2016	www.pcgh.de/preis/1462624
Asus Strix X99 Gaming	Ca. € 280,-	X99/ATX	×16*/×16/×0* & ×0*/×1*/×1*	3.0×4	ALC1150	2/×3.1; 4/4×3,0; 10×	6 (6× PWM)	1,84	10/2016	www.pcgh.de/preis/1441449
Gigabyte X99-Ultra Gam.	N. verfüg.	X99/ATX	×16*/×16*/×0*/×0* & ×1	3.0×4	ALC1150	2/×3.1; 6/4×3,0; 10×	5 (3× PWM)	1,89	10/2016	www.pcgh.de/preis/1446348
MSI X99A Raider	N. verfüg.	X99/ATX	×16*/×16/×0* & ×1/×1	3.0×4	ALC892	2/×3.1; 4/2×3,0; 10×	5 (2× PWM)	1,95	10/2016	www.pcgh.de/preis/1247988
Asus X99-E	N. verfüg.	X99/ATX	×16/×16/×0* & ×1/×1	3.0×4*	ALC1150	1/×3.1; 4/4×3,0; 10×	5 (5× PWM)	1,95	10/2016	www.pcgh.de/preis/1441447

* PCI-E-Lane-Sharing ** Shared mit SATA *** Shared mit SATA und mit PCI-E-Slot(s)

Einkaufsführer LCDs & Eingabegeräte

Preise: Stand 20.03.2018

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

LCDs

Full HD	Preis	Bilddiagonale	Refreshrate	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	VRR	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Dell Alienware AW2518H	Ca. € 460,-	24,5 Zoll	240 Hertz	2,3 ms*	16 ms	bis 447 cd/m²	TN-Panel	G-Sync	1,60	10/2017	www.pcgh.de/preis/1675342
Asus MG248Q	Ca. € 410,-	24 Zoll	144 Hertz	3,8 ms*	-	69 bis 320 cd/m²	TN-Panel	Freesync	1,66	06/2016	www.pcgh.de/preis/1419189
Acer XF240H bmjdpr	Ca. € 220,-	24 Zoll	144 Hertz	5 ms	-	120 bis 370 cd/m²	TN-Panel	Freesync	1,74	05/2016	www.pcgh.de/preis/1344416
Medion Erazer X58426	Ca. € 430,-	31,5 Zoll	144 Hertz	12 ms	11 ms	bis 288 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,76	05/2017	www.pcgh.de/preis/1585204
AOC G2460PF	Ca. € 230,-	24 Zoll	144 Hertz	7,6 ms*	-	156 bis 358 cd/m²	TN-Panel	Freesync	1,77	05/2016	www.pcgh.de/preis/1318972
Asus VG278HV	N. verfügbar	27 Zoll	144 Hertz	5 ms	-	58 bis 305 cd/m²	TN-Panel	–	1,79	05/2016	www.pcgh.de/preis/1336350
Asus ROG Swift PG258Q	Ca. € 525,-	24,5 Zoll	240 Hertz	1 ms	15 ms	bis 488 cd/m²	TN-Panel	G-Sync	1,93	10/2017	www.pcgh.de/preis/1451609
WQHD	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Viewsonic XG2703-GS	Ca. € 800,-	27 Zoll	165 Hertz	5,4 ms*	12 ms	bis 355 cd/m²	IPS-Panel	G-Sync	1,56	04/2017	www.pcgh.de/preis/1504306
Asus PG27VQ	Ca. € 825,-	27 Zoll	165 Hertz	2,3 ms*	14 ms	bis 450 cd/m²	TN-Panel	G-Sync	1,61	04/2018	www.pcgh.de/preis/1705548
AOC Agon AG241QG	Ca. € 480,-	24 Zoll	165 Hertz	–	13 ms	bis 450 cd/m²	TN-Panel	G-Sync	1,74	04/2017	www.pcgh.de/preis/1476116
AOC Q3279VWF	Ca. € 200,-	27 Zoll	75 Hertz	6,3 ms*	12 ms	bis 267 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,79	02/2018	www.pcgh.de/preis/1716544
Asus MG279Q	Ca. € 560,-	27 Zoll	144 Hertz	7,2 ms*	9 ms	35 bis 343 cd/m²	IPS-Panel	Freesync	1,87	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215454
Ultra HD	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Iiyama X4071UHSU-B1	Ca. € 525,-	40 Zoll	60 Hertz	6 ms	25 ms	69 bis 295 cd/m²	MVA-Panel	–	1,81	11/2016	www.pcgh.de/preis/1362847
Asus PB287Q	Ca. € 380,-	28 Zoll	60 Hertz	7,7 ms*	3 ms	36 bis 277 cd/m²	TN-Panel	–	1,87	07/2014	www.pcgh.de/preis/1094194
Asus PB279Q	Ca. € 600,-	27 Zoll	60 Hertz	6 ms	9 ms	54 bis 266 cd/m²	IPS-Panel	–	2,04	01/2015	www.pcgh.de/preis/1123437
LG 27MU67-B	N. verfügbar	27 Zoll	60 Hertz	8 ms	11 ms	72 bis 230 cd/m²	IPS-Panel	Freesync	1,79	09/2015	www.pcgh.de/preis/1273811
21:9	**Preis**	**Auflösung**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**VRR**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
LG 38UC99-W	Ca. € 1.200,-	3.840 x 1.600	75 Hertz	8,7 ms*	10 ms	50 bis 295 cd/m²	AHIPS-Panel	Freesync	1,39	03/2017	www.pcgh.de/preis/1501656
Asus ROG PG348Q	Ca. € 1.050,-	3.440 x 1.440	100 Hertz	6 ms	4 ms	31 bis 324 cd/m²	IPS-Panel	G-Sync	1,61	04/2016	www.pcgh.de/preis/1276261
LG 34UC98-W	Ca. € 900,-	3.440 x 1.440	75 Hertz	10 ms	2 ms	70 bis 295 cd/m²	IPS-Panel	Freesync	1,76	07/2016	www.pcgh.de/preis/1395258
Samsung S34E790C	Ca. € 700,-	3.440 x 1.440	60 Hertz	10 ms	6 ms	46 bis 295 cd/m²	MVA-Panel	–	1,76	04/2016	www.pcgh.de/preis/1195794
Asus MX34VQ	Ca. € 770,-	3.440 x 1.440	100 Hertz	12 ms	9 ms	bis 299 cd/m²	VA-Panel	Freesync	1,83	08/2017	www.pcgh.de/preis/1565011

* Neue Messmethode mit Oszilloskop; Durchschnitt von 20 Farbwechseln

Mäuse

Modell	Preis	Kabellänge	Tasten	Abtastung	Auflösung	Gewicht	Ergonomie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Roccat Nyth	Ca. € 95,-	180 cm	16 + Scrollrad	Optisch (Laser)	12.000 Dpi	130 Gramm	Sehr gut	1,16	11/2015	www.pcgh.de/preis/1300527
Roccat Leadr	Ca. € 145,-	Schnurlos	12 + Scrollrad	Optisch (LED)	12.000 Dpi	134 Gramm	Sehr gut	1,22	08/2017	www.pcgh.de/preis/1558254
Razer Basilisk	Ca. € 65,-	200 cm	8 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	107 Gramm	Sehr gut	1,24	12/2017	www.pcgh.de/preis/1685902
Razer Lancehead	Ca. € 130,-	Schnurlos	8 + Scrollrad	Optisch (Laser)	16.000 Dpi	126 Gramm	Sehr gut	1,27	08/2017	www.pcgh.de/preis/1615980
Roccat Tyon	Ca. € 90,-	180 cm	12 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	126 Gramm	Sehr gut	1,32	12/2014	www.pcgh.de/preis/1154844
Asus ROG Gladius II	Ca. € 75,-	200/100 cm	6 + Scrollrad	Optisch (LED)	12.000 Dpi	110 Gramm	Sehr gut	1,32	04/2017	www.pcgh.de/preis/1574884
Logitech G903 Lightspeed	Ca. € 120,-	Schnurlos	10 + Scrollrad	Optisch (LED)	12.000 Dpi	111 Gramm	Sehr gut	1,34	04/2018	www.pcgh.de/preis/1638563
Razer Naga Trinity	Ca. € 100,-	Schnurlos	6, 8 oder 10 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	122 Gramm	Sehr gut	1,34	04/2018	www.pcgh.de/preis/1724333
Corsair Glaive	Ca. € 70,-	Schnurlos	5 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	122 Gramm	Sehr gut	1,37	12/2017	www.pcgh.de/preis/1619280
Razer Mamba 2015	Ca. € 145,-	Schnurlos	6 + Scrollrad	Optisch (LED)	16.000 Dpi	128 Gramm	Sehr gut	1,37	04/2017	www.pcgh.de/preis/1310490
Asus ROG Pugio	Ca. € 60,-	200 cm	7, 5 oder 3 + Scrollrad	Optisch (LED)	7.200 Dpi	103 Gramm	Sehr gut	1,40	07/2017	www.pcgh.de/preis/1643056

Tastaturen

Nicht mechanisch	Preis	Beleuchtung	Anschlüsse	Handballenablage	Zusatztasten	Makro/Speicher	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Roccat Isku+ Force FX	Ca. € 100,-	Voll, RGB-Farbraum	–	Ja (integriert)	10 + 5 Makrotasten	Ja/ja (k. A.)	1,60	06/2017	www.pcgh.de/preis/1558265
Razer Ornata Chroma	Ca. € 95,-	RGB-Einzeltastenbel.	–	Ja (modular)	11 (Doppelbelegung)	Ja/ja (k. A.)	1,62	03/2017	www.pcgh.de/preis/1513169
Asus Cerberus	Ca. € 50,-	Voll, zwei Farben	–	Ja (integriert)	6	Ja/ja (k. A.)	1,86	10/2016	www.pcgh.de/preis/1338736
Logitech G213 Prodigy	Ca. € 50,-	Voll, RGB-Farbraum	–	Ja (integriert)	10	Ja/ja (ein Profil)	1,88	10/2017	www.pcgh.de/preis/1503355
Sharkoon Skiller Pro+	Ca. € 35,-	Voll, sieben Farben	–	Ja (integriert)	9 + 3 Profilwahltast.	Ja/ja (k. A.)	1,96	10/2016	www.pcgh.de/preis/1344423
Mechanisch	**Preis**	**Beleuchtung**	**Anschlüsse**	**Schalter (getestet)**	**Schalter (verfüg.)**	**Makro/Speicher**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Roccat Ryos MK FX	Ca. € 180,-	RGB-Einzeltastenbel.	Audio	Cherry MX Brown	MX Black/Red/Blue	Ja/ja (2 MByte)	1,26	09/2016	www.pcgh.de/preis/1388126
Razer Black Widow Chroma V2	Ca. € 180,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Razer Yellow (RGB)	Razer Green/Brown	Ja/ja (k. A.)	1,30	04/2017	www.pcgh.de/preis/1568991
Coolermaster Masterkey MK750	Ca. € 130,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Ch. MX Brown RGB	Ch. MX RGB Red/Blue	Ja/ja (k.A.)	1,34	04/2018	www.pcgh.de/preis/1730535
Corsair K95 Platimun RGB	Ca. € 185,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0	Ch. MX Speed RGB	Ch. MX Speed RGB	Ja/ja (8 MByte)	1,36	07/2017	www.pcgh.de/preis/1572533
Corsair K68 RGB	Ca. € 140,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Cherry MX RGB Red	Cherry MX RGB Red	Ja/ja (512 kByte)	1,43	04/2018	www.pcgh.de/preis/1759446
Creative SBX Vanguard K08	Ca. € 175,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0	Creative/Omron PRES	Creative/Omron PRES	Ja/ja (k. A.)	1,44	10/2017	www.pcgh.de/preis/1560777
Corsair Strafe RGB MX Silent	Ca. € 145,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Cherry MX Silent Red	MX Silent Red/Brown	Ja/ja (k. A.)	1,45	03/2015	www.pcgh.de/preis/1318576
Qpad MK 90	Ca. € 60,-	RGB-Einzeltastenbel.	2 x USB 2.0, Audio	Kailh RGB Red	Kailh RGB Black	Ja/ja (k. A.)	1,45	11/2015	www.pcgh.de/preis/1258778
Tt esports Poseidon Z RGB	Ca. € 100,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Kailh Blue RGB	Kailh Brown RGB	Ja/ja (512 kByte)	1,47	10/2016	www.pcgh.de/preis/1462098
Asus Cerberus Mech RGB	Ca. € 140,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Kailh RGB Red	Kailh RGB Red	Ja/ja (5 Profile)	1,49	04/2018	www.pcgh.de/preis/1656983
Lioncast LK300 RGB	Ca. € 120,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Kailh RGB Red	Kailh RGB Red	Ja/ja (k. A.)	1,50	10/2017	www.pcgh.de/preis/1659898

IT-Onlinetrainings

Mit Experten lernen.



- Lernen Sie, wo und wann Sie möchten.
- Sparen Sie Zeit und Kosten.
- Bleiben Sie trotz zeitlicher Engpässe up-to-date.

CMG IT-ACADEMY

LPIC-1 / LPIC-2 Trainings

mit Ingo Wichmann , Linuxhotel

LPIC-1 (LPI 101 + 102) 499 €

LPIC-2 (LPI 201 + 202) 499 €

linuxhotel

Effiziente BASH-Skripte



mit Klaus Knopper,
Gründer der Knoppix-Distribution, KNOPPER.NET

199 €

Einfache IMAP-Server mit Dovecot



mit Peer Heinlein,
Heinlein Support GmbH

249 €

heinlein

Linux-Hochverfügbarkeit und Clusterbau



mit Dr. Michael Schwartzkopff,
sys4 AG

299 €

[*] sys4 Enterprise Experts

Python für Systemadministratoren



mit Rainer Grimm,
science + computing AG

199 €

python™

Puppet Fundamentals



Das offizielle Training
mit Achim Ledermüller,
NETWAYS GmbH

299 €

puppet labs

NETWAYS

YouTube /ComputecAcademy

www.computec-academy.de

Einkaufsführer SSDs & Festplatten

Preise: Stand 20.03.2018

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

Solid State Drives (SATA 3/2,5 Zoll)

Bis 256 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer L/S* AS-SSD	IOPS**	Kopiertest	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 90,-	233 GiB/250 GB	514/496 MB/s	76.000	81 Sekunden	5 Jahre	1,96	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194261
Adata Ultimate SU900	Ca. € 95,-	238 GiB/256 GB	529/490 MB/s	83.000	84 Sekunden	5 Jahre	2,00	05/2017	www.pcgh.de/preis/1563414
Adata SX930	Ca. € 115,-	224 GiB/240 GB	515/410 MB/s	78.000	91 Sekunden	5 Jahre	2,04	12/2015	www.pcgh.de/preis/1299666
Sandisk X400	Ca. € 95,-	233 GiB/250 GB	478/492 MB/s	23.000	121 Sekunden	5 Jahre	2,31	07/2016	www.pcgh.de/preis/1368843
Sandisk Ultra II	Ca. € 80,-	224 GiB/240 GB	478/407 MB/s	24.000	109 Sekunden	3 Jahre	2,31	07/2016	www.pcgh.de/preis/1154831
Kingston HyperX Sav. SSD Kit	Ca. € 125,-	224 GiB/240 GB	525/497 MB/s	33.000	103 Sekunden	3 Jahre	2,32	08/2015	www.pcgh.de/preis/1255802
Kingston SSDnow UV400	Ca. € 70,-	224 GiB/240 GB	512/488 MB/s	22.000	159 Sekunden	3 Jahre	2,63	05/2017	www.pcgh.de/preis/1446599
Bis 512 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer L/S* AS-SSD**	**IOPS****	**Kopiertest**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 125,-	466 GiB/500 GB	514/502 MB/s	89.000	72 Sekunden	5 Jahre	1,85	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194263
Toshiba Q300 Pro	N. verfügbar	477 GiB/512 GB	519/490 MB/s	48.000	63 Sekunden	5 Jahre	1,92	12/2015	www.pcgh.de/preis/1312394
Sandisk Extreme Pro	N. verfügbar	447 GiB/480 GB	527/492 MB/s	39.000	93 Sekunden	10 Jahre	2,07	07/2016	www.pcgh.de/preis/1126463
Sandisk Ultra II	Ca. € 135,-	447 GiB/480 GB	477/498 MB/s	28.000	91 Sekunden	3 Jahre	2,16	07/2016	www.pcgh.de/preis/1154832
Corsair Neutron Xti	N. verfügbar	466 GiB/480 GB	528/493 MB/s	15.000	85 Sekunden	5 Jahre	2,21	05/2017	www.pcgh.de/preis/1469015
Sandisk X400	Ca. € 150,-	477 GiB/512 GB	476/492 MB/s	25.000	99 Sekunden	5 Jahre	2,23	07/2016	www.pcgh.de/preis/1368844
Western Digital WD Blue SSD	Ca. € 135,-	466 GiB/500 GB	479/495 MB/s	32.000	104 Sekunden	3 Jahre	2,30	05/2017	www.pcgh.de/preis/1521437
Kingston SSDnow UV400	Ca. € 135,-	466 GiB/480 GB	528/480 MB/s	22.000	126 Sekunden	3 Jahre	2,41	05/2017	www.pcgh.de/preis/1446624
Ab 960 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer L/S* AS-SSD**	**IOPS****	**Kopiertest**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 425,-	954 GiB/1.024 GB	528/502 MB/s	90.000	73 Sekunden	10 Jahre	1,74	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136105
Samsung SSD 860 Evo	Ca. € 1.290,-	3.726 GiB/4.000 GB	510/487 MB/s	89.000	63 Sekunden	5 Jahre	1,71	03/2018	www.pcgh.de/preis/1756907
Toshiba Q300 Pro	Ca. € 315,-	954 GiB/1.024 GB	519/490 MB/s	50.000	69 Sekunden	5 Jahre	1,89	05/2017	www.pcgh.de/preis/1424648
OCZ VX500	Ca. € 400,-	954 GiB/1.024 GB	520/490 MB/s	50.000	69 Sekunden	5 Jahre	1,91	05/2017	www.pcgh.de/preis/1507141
Crucial MX500	Ca. € 230,-	932 GiB/1.000 GB	510/470 MB/s	63.000	75 Sekunden	5 Jahre	1,96	02/2018	www.pcgh.de/preis/1745357
Crucial MX300	Ca. € 475,-	1.910 GiB/2.048 GB	494/490 MB/s	61.000	84 Sekunden	3 Jahre	2,09	11/2016	www.pcgh.de/preis/1507986
Corsair Neutron Xti	Ca. € 320,-	932 GiB/960 GB GB	528/466 MB/s	78.000	85 Sekunden	5 Jahre	2,05	05/2017	www.pcgh.de/preis/1469016
OCZ Vector 180	Ca. € 330,-	894 GiB/960 GB	513/488 MB/s	81.000	89 Sekunden	5 Jahre	2,15	08/2015	www.pcgh.de/preis/1230950
Crucial BX100	N. verfügbar	932 GiB/1.000 GB	528/434 MB/s	70.000	76 Sekunden	3 Jahre	2,24	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215186

* L/S: Lesen und Schreiben | ** 4k-Random-Write-Operationen pro Sekunde

Solid State Drives (M.2/PCIe 3.0 x4)

Bis 512 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer L/S* AS-SSD	IOPS**	Kopiertest	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Samsung SSD 960 Pro	Ca. € 270,-	477 GiB/512 GB	2.999/1.941 MB/s	209.000	38 Sekunden	5 Jahre	1,56	12/2016	www.pcgh.de/preis/1511186
Toshiba OCZ RD400	Ca. € 245,-	477 GiB/512 GB	1.996/947 MB/s	126.000	43 Sekunden	5 Jahre	1,84	11/2016	www.pcgh.de/preis/1448318
Corsair MP500	Ca. € 220,-	447 GiB/480 GB	2.399/1.322 MB/s	87.000	49 Sekunden	3 Jahre	1,84	05/2017	www.pcgh.de/preis/1552578
PNY CS2030	Ca. € 135,-	238 GiB/240 GB	2.436/1.231 MB/s	68.000	52 Sekunden	3 Jahre	1,94	05/2017	www.pcgh.de/preis/1571194
Kingston Hyper X Predator	Ca. € 380,-	447 GiB/480 GB	1.340/890 MB/s	117.000	61 Sekunden	3 Jahre	2,47	12/2015	www.pcgh.de/preis/1247224
Adata SX8000	Ca. € 170,-	447 GiB/512 GB	1.112/1.110 MB/s	41.000	69 Sekunden	5 Jahre	2,68	05/2017	www.pcgh.de/preis/1532201
Intel SSD 600p	Ca. € 160,-	477 GiB/512 GB	1.196/551 MB/s	33.000	61 Sekunden	5 Jahre	2,83	05/2017	www.pcgh.de/preis/1491162
Ab 800 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer L/S* AS-SSD**	**IOPS****	**Kopiertest**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Corsair Neutron NX500	Ca. € 465,-	745 GiB/800 GB	2.138/1.251 MB/s	239.000	46 Sekunden	5 Jahre	1,62	09/2017	www.pcgh.de/preis/1649775
Samsung SSD 960 Pro	Ca. € 525,-	954 GiB/1.024 GB	2.516/2.180 MB/s	245.000	41 Sekunden	5 Jahre	1,65	12/2016	www.pcgh.de/preis/1511187
Samsung SSD 960 Evo	Ca. € 400,-	954 GiB/1.024 GB	2.467/2.007 MB/s	144.000	47 Sekunden	3 Jahre	1,79	02/2017	www.pcgh.de/preis/1511201

* L/S: Lesen und Schreiben | ** 4k-Random-Write-Operationen pro Sekunde

Festplatten (3,5 Zoll)

Ab 5.000 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	U/min	Lautheit Leerl./Zugr.	Zugriffszeit L/S**	Transfer L/S**	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Seagate Ironwolf NAS HDD	Ca. € 280,-	9.313 GiB/10.000 GB	7.200	0,6/1,1 Sone	14,8/7,23 ms	188/186 MB/s	1,71	06/2017	www.pcgh.de/preis/1479598
Toshiba N300	Ca. € 180,-	5.586 GiB/6.000 GB	7.200	1,1/1,6 Sone	12,0/13,4 ms	167/163 MB/s	1,90	06/2017	www.pcgh.de/preis/1562775
Seagate Archive HDD 8TB	Ca. € 190,-	7.452 GiB/8.000 GB	5.900	0,5/0,6 Sone	13,5/14,0 ms	143/136 MB/s	2,23	08/2015	www.pcgh.de/preis/1204027
Altes Testsystem									
Bis 3.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Toshiba DT01ACA300	Ca. € 70,-	2.794 GiB/3.000 GB	7.200	0,3/0,6 Sone	15,2/15,4 ms*	154/153 MB/s	1,90	01/2013	www.pcgh.de/preis/833757
Western Digital Red WD30EFRX	Ca. € 90,-	2.794 GiB/3.000 GB	5.400	0,2/0,3 Sone	19,9/21,0 ms*	112/112 MB/s	2,22	01/2013	www.pcgh.de/preis/807343
Bis 5.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Western Digital Black WD4003FZEX	N. verfügb.	3.726 GiB/4.000 GB	7.200	0,5/0,9 Sone	12,5/12,9 ms	145/146 MB/s	1,98	02/2014	www.pcgh.de/preis/1010394
HGST Deskstar HDS724040ALE640	N. verfügb.	3.726 GiB/4.000 GB	7.200	0,5/0,6 Sone	16,3/14,8 ms*	131/135 MB/s	1,98	02/2014	www.pcgh.de/preis/682487
Western Digital Red WD40EFRX	Ca. € 110,-	3.726 GiB/4.000 GB	5.400	0,4/0,5 Sone	16,6/18,5 ms	119/109 MB/s	2,06	02/2014	www.pcgh.de/preis/992027
Ab 6.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Seagate Enterprise Capacity 6TB	N. verfügb.	5.589 GiB/6.000 GB	7.200	0,6/0,9 Sone	12,5/4,3 ms*	167/167 MB/s	1,72	11/2014	www.pcgh.de/preis/1148556
HGST Ultrastar He6 6TB	Ca. € 470,-	5.589 GiB/6.000 GB	7.200	0,1/1,6 Sone	12,6/5,8 ms	143/143 MB/s	1,80	11/2014	www.pcgh.de/preis/1049476
Western Digital Red WD60EFRX	Ca. € 200,-	5.589 GiB/6.000 GB	K. A.	0,3/0,4 Sone	15,8/18 ms*	127/127 MB/s	2,05	11/2014	www.pcgh.de/preis/1143813

* Advanced-Format/4K-Sektoren | ** L/S: Lesen und Schreiben

Einkaufsführer Gehäuse, Netzteile & Sound

Preise: Stand 20.03.2018

PC Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Hardware SPAR-TIPP

Gehäuse

Midi-Gehäuse	Format (Hersteller-angabe)	Preis	Lüfterplätze	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/schräg (12 V/5V)	Temperatur (CPU/GPU/HDD o. Innenraum***)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be quiet Dark Base 900 Pro	Midi-Tower	Ca. € 250,-	9 × 140, 2 × 120 mm	3 × 140 mm	1,0/0,8 Sone***	65/69/37 °C	1,58***	11/2017	www.pcgh.de/preis/1680701
Aerocool XPredator II	Big-Tower	Ca. € 120,-	6 × 140 mm	5 × 140 mm	3,5/3,6; 2,4/2,5 Sone	70/67/32 °C**	1,70	09/2016	www.pcgh.de/preis/1435421
EVGA DG-87	Big-Tower	Ca. € 255,-	8 × 140 mm	6 × 140 mm	1,7/1,7 Sone***	62/69/35 °C	1,78***	11/2017	www.pcgh.de/preis/1479937
PC Hardware Fractal Design Define R6	Midi-Tower	Ca. € 130,-	8 × 140 mm/9 × 120 mm	3 × 140 mm	1,1/1,1 Sone***	60/71/37 °C	1,80***	02/2018	www.pcgh.de/preis/1746669
PC Hardware Sharkoon BW9000-W	Midi-Tower	Ca. € 70,-	4 × 140 mm, 1 × 120 mm	2 × 140,1 × 120 mm	2,2/2,3; 1,8/2,0 Sone	67/73/37 °C**	1,84	09/2016	www.pcgh.de/preis/1354897
Anidees AI Crystal	Midi-Tower	Ca. € 150,-	6 × 140 mm	4 × 140 mm	3,2/3,3; 2,1/2,2 Sone	73/69/34 °C**	1,85	09/2016	www.pcgh.de/preis/1475276
Be Quiet Silent Base 800	Midi-Tower	Ca. € 110,-	5 × 140/120 mm, 2 × 120 mm	3 × 120 mm	2,7/2,6; 2,3/2,3 Sone	79/82/32 °C*	1,90	02/2015	www.pcgh.de/preis/1155576
Corsair Carbide 600C	Midi-Tower	Ca. € 130,-	4 × 140 mm, 1 × 120 mm	2 × 140, 1 × 120 mm	2,9/3,0; 2,1/2,2 Sone	71/89/41 °C*	1,91	03/2016	www.pcgh.de/preis/1368613
Thermaltake Suppressor F51	Midi-Tower	Ca. € 90,-	3 × 200 mm, 2 × 140 mm, 2 × 120 mm	200 mm, 120 mm	2,6/2,8; 2,2/2,6 Sone	80/87/35 °C*	1,94	10/2015	www.pcgh.de/preis/1273311
Enermax Ostrog ADV	Big-Tower	Ca. € 110,-	4 × 140/1 × 120 mm	2 × 140, 1 × 120 mm	4,7/4,4; 2,2/0,0 Sone	69/67/30 °C**	1,94	09/2016	www.pcgh.de/preis/1462226
CM Mastercase Maker 5	Midi-Tower	Ca. € 155,-	6 × 140/2 × 120 mm	3 × 140	1,2/1,2 Sone***	66/69/39 °C	1,95***	11/2017	www.pcgh.de/preis/1415977
NEU CM Mastercase MC600P	Midi-Tower	Ca. € 130,-	6 × 140/120 mm	3 × 140	1,2/1,4 Sone***	64/70/34 °C	1,96***	05/2018	www.pcgh.de/preis/1752246
Be quiet Dark Base 700	Midi-Tower	Ca. € 150,-	8 × 140/120 mm	2 × 140 mm	1,7/1,7 Sone***	58/70/38 °C	2,07***	02/2018	www.pcgh.de/preis/1721170
Thermaltake The Tower 900	Big-Tower	Ca. € 235,-	13 × 140/120 mm	2 × 140 mm	1,7/1,4 Sone***	65/73/34 °C	2,07***	01/2018	www.pcgh.de/preis/1545926
NEU Enermax Equilence	Midi-Tower	Ca. € 95,-	6 × 120 mm, 1 × 140 mm	2 × 120, 1 × 140 mm	1,2/1,3 Sone***	71/70/28 °C	2,16***	05/2018	www.pcgh.de/preis/1751266

* System: Core i7-920, Stromsparmodi aus, Radeon R9 290(X) @ 55/50 % Lüfterdrehzahl, 3 x 2.048 MiByte DDR3-1280-RAM, Deep Cool Ice Matrix 400 @ 12 Volt (1.600 U/min), Seasonic Platinum Fanless 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C
** System: Intel Core i7-4790; Intel Z87, Asus Geforce GTX 970 Direct Cu Mini (50 % Lüfterdrehzahl), 2 x 4.048 MiByte DDR3-1600-RAM, Thermalright AXP-100 (Lüftersteuerung: Standard), Seasonic Platinum Fanless 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C
*** Neues Test-/Wertungssystem (siehe PCGH 02/2017)/Lüfterbestückung: 3 × 140 mm (Be quiet Silent Wings 2)

Netzteile

400 bis 600 Watt	Preis	PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)	Leistung +12 V	Lautheit*	Effizienz*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be quiet Dark Power Pro 11 550W	Ca. € 130,-	4 × 6+2-Pin, 1 × 6-Pin (70 cm)	540 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1 Sone	88/92/94/93/92 %	1,37	09/2016	www.pcgh.de/preis/1318886
Seasonic Platinum Fanless 520	Ca. € 140,-	2 × 6+2-Pin (60 cm)	516 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1 Sone	88/92/94/93/93 %	1,38	09/2016	www.pcgh.de/preis/874992
Seasonic Focus+ Gold 550 W	Ca. € 70,-	2 x 6+2 Pin (67,5cm)	540 Watt	0/0/0/0,2/1,2 Sone	86/91/92/91/90 %	1,41	03/2018	www.pcgh.de/550focusg
PC Hardware Seasonic Focus+ Platinum 550W	Ca. € 90,-	2 × 6+2-Pin (70-80 cm)	540 Watt	0/0/0/0,3/2 Sone	87/92/93/92 %	1,50	03/2018	www.pcgh.de/focusplatinum550
Bitfenix Whisper M	Ca. € 90,-	4 × 6+2-Pin (68 cm)	550 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,5 Sone	88/92/93/92/91 %	1,54	07/2017	www.pcgh.de/Fluesterleise
XFX TS 550 Gold	Ca. € 65,-	1 × 6+2-Pin (60 cm)	546 Watt	0,1/0,1/0,1/2,3/2,4 Sone	84/89/92/91/90 %	1,99	09/2016	www.pcgh.de/preis/1076839
600 bis 800 Watt	**Preis**	**PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)**	**Leistung +12 V**	**Lautheit***	**Effizienz***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Seasonic Prime Titanium 650W	Ca. € 175,-	4 × 6+2-Pin (74 cm)	648 Watt	0,1/0,1/0,4/0,4/0,4 Sone	92/94/95/95/94 %	1,34	11/2016	www.pcgh.de/preis/1468799
Corsair HX 750 750 Watt	Ca. € 130-	2 × 6+2-Pin (60 cm)	750 Watt	0/0/0/1/2,2 Sone	88/92/93/92/91 %	1,47	03/2018	www.pcgh.de/corsairhx750
Enermax Platimax D.F. 750W	Ca. € 170,-	4 × 6+2-Pin (50-60 cm)	744 Watt	0/0/0,7/0,7/0,9 Sone	86/93/93/92 %	1,56	03/2018	www.pcgh.de/platimax750
Strider Platinum 650 Watt	Ca. € 125,-	4 × 6+2-Pin (70-80 cm)	650 Watt	0/0/0,4/0,4/0,6 Sone	89/92/93/91 %	1,64	03/2018	www.pcgh.de/striderplat650
Über 800 Watt	**Preis**	**PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)**	**Leistung +12 V**	**Lautheit***	**Effizienz***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Corsair HX1000i	Ca. € 210,-	4 × 2 6+2-Pin (60, 74 cm)	1.000 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/1,1 Sone	88/92/93/-/91 %	1,45	02/2015	www.pcgh.de/preis/1145509
EVGA SuperNova G2 850W	Ca. € 145,-	2 × 2 6+2-Pin (70, 85 cm), 2 × 6+2-P	850 Watt	0,1/0,1/0,6/1,1/1,6 Sone	85/90/92/-/89 %	1,85	02/2015	www.pcgh.de/preis/1083961

* Gemessen bei 10/20/50/80/100 Prozent Auslastung des Netzteils

Soundkarten

Soundkarten intern	Preis	Kanäle/Abtastrate	DAC/SNR (Kopfhörer)	Kopfhörerver-stärker	Dolby Digital Live/DTS Connect	Besonderheiten u. a.	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Creative Sound Blaster ZxR	Ca. 200,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/124 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/ja	Gesockelte Op-Amps, Tischbox	1,41	05/2015	www.pcgh.de/preis/886468
Asus Xonar Essence STX 2 7.1	Ca. 230,-	Bis 7.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/124 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/nein	Gesockelte Op-Amps	1,51	05/2015	www.pcgh.de/preis/1085709
Creative Sound Blaster X AE-5	Ca. 120,-	Bis 5.1/32 Bit bei 384 KHz	ES9016K2M/122 dB	Ja, LM4562	Nein/nein	RGB-Beleuchtung	1,80	02/2018	www.pcgh.de/preis/1658641
Soundkarten extern	**Preis**	**Kanäle/Abtastrate**	**DAC/SNR (Kopfhörer)**	**Kopfhörerver-stärker**	**Dolby Digital Live/DTS Connect**	**Besonderheiten u. a.**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Creative Sound Blaster X7	Ca. 330,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/127 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/ja	Ges. Op-Amps, Class-D-Verst.	1,31	01/2016	www.pcgh.de/preis/1207054
Creative Sound Blaster X G5	Ca. 120,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	CS4398/120 dB	Ja, TPA6120A2	Nein/nein	Auch abseits des PCs nutzbar	1,94	02/2018	www.pcgh.de/preis/1360767
PC Hardware Asus Xonar U7 MkII	Ca. 80,-	Bis 7.1/24 Bit bei 192 KHz	CS4398/114 dB	Ja, CS4398	Nein/nein	Mikr.-Lautstärkeregl. am Gerät	1,95	02/2018	www.pcgh.de/preis/1631776

Headsets

Headsets	Preis	Anschlussart	Bauart	Gewicht	Impedanz	Surround	Besonderheiten	Wertung	Test in	Preisvergleich
Beyerdynamic MMX 300	Ca. 300,-	Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	280 Gramm	32 Ohm	Nein	Teile wechselbar, handgefertigt	1,49	03/2017	www.pcgh.de/preis/1557567
Steelseries Siberia 840	Ca. 260,-	Funk, Bluetooth	Geschlossen, ohrumschließend	330 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Station mit vielen Funktionen; Dolby	1,54	12/2017	www.pcgh.de/preis/1499865
Teufel Cage	Ca. 170,-	USB, Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	310 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Beidseitig tragbar, Software	1,73	07/2016	www.pcgh.de/preis/1631481
Asus ROG Centurion	Ca. 190,-	USB, Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	470 Gramm	60 Ohm	Ja, 5.1	Tischbox mit vielen Funktionen	1,81	03/2017	www.pcgh.de/preis/1562870
PC Hardware Sennheiser GSP 350	Ca. 120,-	USB, Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	275 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Mikrofon-/Lautstärkeregler integriert	1,84	03/2017	www.pcgh.de/preis/1543799
Corsair Pro RGB Wireless	Ca. 110,-	Funk	Geschlossen, ohrumschließend	380 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Recht umfangreiche Software	1,85	12/2017	www.pcgh.de/preis/1676859
PC Hardware Lioncast LX 50	Ca. 60,-	Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	260 Gramm	50 Ohm	Nein	Kabelfernbedienung, extra Polster	1,94	03/2017	www.pcgh.de/preis/1560427

Die Redaktion

THILO BAYER
Chefredakteur | tb@pcgh.de | Aufgabengebiete: Heft, Website, alles



PC aktuell: Da ich seit Neuestem auch mal Path of Exile auf dem Notebook spiele, weiß ich nun, wie laut das Ding eigentlich WIRKLICH werden kann.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10 Pro auf dem Spiele-PC und Windows 10 Home auf dem Notebook. Vor allem mit Home habe ich viel Ärger, hier kann man wirklich so gut wie gar nichts konfigurieren. Aber als Schwabe tut es mir schon weh, da noch mal eine Pro-Version nachzukaufen.

Privat-PC: Core i5-6600K, Kingston 16 GiB DDR4-2666 Fury Black, Asus Z170 Pro Gaming, Asus ROG Strix GTX 1070 Ti Gaming, Qnix QX 2710

RAFFAEL VÖTTER
Leitender Redakteur | rv@pcgh.de | Fachbereiche: Heftplanung, Grafikkarten, GPU-Kühler, Spiele



PC aktuell: Wenn Sie diese Zeilen lesen, hat meine Radeon Vega Frontier (siehe vorige Ausgabe) hoffentlich den Luftkühlerwechsel heile überstanden und macht somit jeder RX Vega 64 Liquid Cooled Edition das Leben schwer.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10, allerdings treibt es mich spätestens seit dem Fail ... ähm … Fall Creator's Update regelmäßig zur Weißglut. Das hat zuletzt Vista geschafft – und dabei fand ich W10 anfangs klasse.

Privat-PC: AMD Ryzen 1700 @ 3,0 GHz (UV), Asus Crosshair VI Hero, 16 GiB DDR4-3200, Titan X mit verstärktem Arctic Hybrid III-140, LG DCI-4K-LCD (17:9)

ANDREAS LINK
Leitender Redakteur Online | al@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)



PC aktuell: Ich bin mir noch nicht sicher, ob ich Stellaris 2.0 richtig gut finde. Es ist zwar super, dass hier so viel Arbeit in gute Verbesserungen geflossen ist, aber so manche Gameplay-Entscheidung nervt mich derzeit etwas.

Als Betriebssystem nutze ich … auf dem Desktop-PC mittlerweile auch Windows 10 Pro, auf welches ich privat aber relativ spät von Windows 8.1 umgestiegen bin.Das Notebook war schon mit Windows 10 Home ausgerüstet.

Privat-PC: Asus UX310UA (grau, Intel Core i7-7500U mit HD Graphics 620, 16 GiB DDR4-2133, 256 GB M2-SSD, 13,3 Zoll FHD-IPS-LED-Display [matt])

MARK MANTEL
Redakteur | mm@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)



PC aktuell: Darf sich mit dem Patch 1.29 wohl bald wieder auf Warcraft 3 freuen (hossa!). Ansonsten: Vielleicht kommt noch ein HTPC und LAN-Rechner mit Raven Ridge dazu.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10. Das eine oder andere Windows-10-exklusive Spiel weckt doch noch mein Interesse, darunter zuletzt die Definitive Edition von Age of Empires.

Privat-PC: Core i7-4790K, Asus Z97-A, Corsair 16 GiB DDR3-1600, Radeon RX Vega 64 Liquid Cooled Edition, Sandisk Ultra II 960 GB

MANUEL CHRISTA
Redakteur | mc@pcgh.de | Fachbereiche: Monitore, Massenspeicher, Notebooks



PC aktuell: Ich bin mit dem Luftstrom meines Röhrenradio-Gehäuses noch nicht ganz zufrieden und werde mal alle Lüfter umdrehen. Außerdem werde ich andere exotische Lüfterpositionen testen (müssen).

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10. Hat man auf einem Spielerechner eine Wahl? Selbst am Arbeitslaptop habe ich Linux wieder abgeschafft, um nicht mehr mit verschiedenen Office-Dateiversionen kämpfen zu müssen.

Privat-PC: Ryzen 7 1700X, MSI GTX 1070 Quick Silver, 16 GiB DDR4-2133, Samsung 960 Evo 500 GB, Viewsonic XG2703-GS, Röhrenradio-Gehäuse

PHILIPP REUTHER
Redakteur | pr@pcgh.de | Fachbereiche: Spiele, Sound



PC aktuell: Ich spiele momentan Subnautica und Fallout 4 im Survival-Mode.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10. Allerdings zu weiten Teilen einzig zum Spielen, was ich außerdem nur noch verhältnismäßig selten tue. Für beinahe alles andere nutze ich Linux. Wenn der Spiele-Support auch nur ein Quäntchen besser wäre, hätte ich längst gewechselt. Das Windows-10-„Verkaufsargument" Direct X 12 ist aktuell ja nicht der Rede wert.

Privat-PC: i7-5820K @ 4,2 GHz, 32 GiB DDR4, 2× 960 + 4× 512 GB SSDs, WD 3 TB, GTX 1070 @ ~2,0 GHz, SB ZxR, Asus STX II, 27-Zoll-Freesync-LCD

CARSTEN SPILLE
Redakteur | cs@pcgh.de | Fachbereiche: Grafikkarten, Prozessoren



PC aktuell: Leser des vorigen Heftes wissen um mein kleines Problemchen mit der Kühlerhöhe im Dan Cases SFX-A4 v2. Die einstweilige Lösung ist nun ein mit doppelseitigen Klebepads befestigter 120mm Scythe S-Flex mit Kabeldurchführung. Dank undervolteter 65-Watt-CPU klappt der Temp-Haushalt.

Als Betriebssystem nutze ich … für den Spiele-PC mangels Win8.1-Treibern für Vega gezwungenermaßen, aber immerhin kostenlos Windows 10.

Privat-PC: Core i7-5775C (3,4 GHz/0,975V), RX Vega 56, 2× 8 GiByte DDR3-1866, 128-GB-NVME-SSD, 7,5-Liter-Mini-ITX-Gehäuse, 24-Zoll-LCD (120 Hz)

FRANK STÖWER
Redakteur | fs@pcgh.de | Fachbereiche: Spiele, Eingabegeräte, Gaming Chairs und Gehäuse



PC aktuell: Alles läuft, wie es soll, und dank des neuen Corsair-Lapboards mit dem drahtlosen K63-Keyboard macht das Couch-Gaming nun noch mehr Spaß.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10, und das auf meinem Rennspiel-PC und meinen Spiele-Mini im Wohnzimmer. Selbst auf meinem betagten Lenovo-Tablet kommt das OS zum Einsatz, allerdings in der 32-Bit-Version wegen des geringen Speichers. Mein Retro-Mini läuft dagegen mit Linux.

Privat-PC: FX-8350 auf Asus Sabertooth 990FX, 16 GiB DDR3-1600-RAM, Asus Geforce GTX 1060 6GB Strix OC, 28-Zoll-UHD-LCD, Inwin 904 (Gehäuse)

TORSTEN VOGEL
Redakteur | tv@pcgh.de | Fachbereiche: Kühlung (Luft und Wasser), Mainboards, VR-Hardware



PC aktuell: Früher war doch nicht alles besser. Starship Titanic (das 97er-Spiel von Douglas Adams) hat mich z. B. vergangene Woche so angeödet, dass ich lieber noch mal Starship Titanic (das Buch von Terry Jones) gelesen habe.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 7, da ich meinen Rechner gerne unter Kontrolle habe und den Windows Store nicht einmal geschenkt haben will. Die fluchenden Win10-Kollegen bestärken diese Einstellung regelmäßig.

Privat-PC: i7-6700K, Maximus VIII Ranger, 8 GiB DDR4-2133, GTX 780 Ti @ 1.245/3.800 MHz; alles @ Wakü. 24-Zoll-IPS-WUXGA, Seagate XF1440 800 GB

ALEXANDROS BIKOULIS
Volontär | ab@pcgh.de | Fachbereiche: VR, Netzteile, Videos und Software



PC aktuell: Ich versinke gerade im Böhmen des 15. Jahrhunderts. Kingdom Come ist wirklich gelungen und das Warten der letzten Jahre hat sich vollends gelohnt. Mittlerweile kann ich sogar ganz gut mit Axt und Schwert umgehen.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10. Ich schließe mich Raff an: Seit dem Fail-Update im Herbst 2017 bringt mich mein Rechner regelmäßig auf die Palme. Wird dringend Zeit für einen Fix für das Fall Creators Update.

Privat-PC: Intel Core i5-3450, P8B75-MLX (µATX), 8 GiB DDR-RAM, XFX Radeon RX 470 RS Black Edition

DANIEL WAADT
Head of Affiliate & E-Commerce | dw@pcgh.de | Fachbereich: PCGH-Produkte



PC aktuell: An meinem Arbeits-PC hat die Sharkoon-Purewriter-Tastatur nach vielen Jahren das Logitech Illuminated Keyboard abgelöst.

Als Betriebssystem nutze ich … Windows 10, leider. Bei Windows-Updates blockiert das OS leider trotz neuer Einstellung für die Limitierung der Bandbreite für Updates (siehe http://bit.ly/2t5EP7A) die komplette Internetleitung und selbst der Aufruf der Google-Startseite wird zur Qual.

Privat-PC: Core i7-7700K, 16 GiB DDR4, Asus Z170 Pro Gaming, Asus GTX 1050 Ti Strix, Samsung 960 Pro 512-GB-SSD, Seasonic-PSU (lüfterlos)

STEPHAN WILKE
Community Content Commerce Manager | sw@pcgh.de | Fachbereiche: OC, RAM, PCGH-Extreme-Forum



PC aktuell: Sperrig? Nicht ganz fehlerfrei? Das war zu erwarten und ist mir egal – Kingdom Come Deliverance fasziniert mich wie seit Stalker (2007) kein Titel mehr. Wer sich für das mittelalterliche Europa interessiert und keinen spielerischen Selbstläufer erwartet, sollte unbedingt (DRM-frei bei gog.com) zugreifen.

Als Betriebssystem nutze ich … Win 7, 8.1 und 10 auf verschiedenen PCs/Notebooks. Linux ist als Live-System auch immer wieder am Start.

Privat-PC: Core i7-5820K, Rampage V Extreme, 16 GiByte DDR4, GTX 780 Ti, 850 Evo 1 TB, 2 × 4 TB HDD, Nupro A-300, EC1-A, K95 RGB, P27T-6 IPS



QUO VADIS '18

create . game . business

APRIL 24-25, 2018 // BERLIN

WWW.QVCONF.COM



EUROPE'S HOT SPOT FOR GAMES PROFESSIONALS

3000 VISITORS from 31 countries

100 SPEAKERS

MeetToMatch

TOP SPEAKERS 2018



Richard Garriott
Portalarium



Kate Edwards
Geogrify



Dan Hay
Ubisoft Montreal

GET YOUR TICKETS NOW! QVCONF.COM

USE OUR PROMO CODE **QUOVADIS-2018-05** IN ORDER TO GET 5% DISCOUNT ON YOUR TICKET

INTERNATIONAL Games Week BERLIN

medienboard BerlinBrandenburg

CMG Computec Media Group

CMG CONFERENCES

ARUBA EVENTS

Vorschau: 06/2018



Grafikspeicher-Ratgeber 2018*

Das laufende Jahr brachte bereits einige „Speicherfresser" hervor – und das ist erst der Anfang. Wir prüfen, wie viel Speicher eine Grafikkarte heute haben sollte.



Ryzen 2000*

Im April erscheint endlich der Ryzen-Refresh, welchen wir selbstverständlich auf Herz und Nieren testen.

Der Photoshop-PC*

Wir prüfen, welche Hardware am besten mit dem mächtigen Bildbearbeitungsprogramm harmoniert.



Weitere Themen (u. a.)*

- Tests: DDR4-Speicher, Headsets, Far Cry 5
- Praxis: Intensivtest Ryzen 2400G, Großbild-Gaming am Beamer
- Info: So funktioniert Ihr PC (Teil 1), Internet der Dinge



Vollversion: The Red Solstice

Die nächste PCGH erscheint am 2. Mai. Abonnenten bekommen das Heft in der Regel einen bis drei Tage früher.

* Alle Angaben und Termine ohne Gewähr! Es kann aus Aktualitätsgründen zu außerplanmäßigen Änderungen kommen.

PC Games Hardware

CMG
Computec Media Group

Ein Unternehmen der Marquard Media Group AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
Telefax: 0911/2872-200
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Hans Ippisch (Vorsitzender), Rainer Rosenbusch

Chefredakteur (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Alexandros Bikoulis (ab), Manuel Christa (mc), Philipp Reuther (pr), Carsten Spille (cs), Frank Stöwer (fs), Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw), Mark Mantel (mm)
Head of E-Commerce Daniel Waadt (dw)
Lektorat Claudia Brose (Ltg.), Birgit Bauer, Stephanie Kamm
Layout Frank Pfründer (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination Albert Kraus
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, ab, al, mc, mm, pr, cs, fs, tv, rv, dw, sw, fp, hs
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
DVD-Produktion Thomas Dziewiszek

Vertrieb, Abonnement Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing Jeanette Haag
Produktion Martin Closmann (Ltg.), Uwe Hönig

www.pcgameshardware.de

Head of Online Christian Müller
Chefredakteur Online Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link (Ltg.), Mark Mantel, Manuel Christa, Alexandros Bikoulis, Philipp Reuther, Carsten Spille, Frank Stöwer, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), Ruben Engelmann, René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora, David Turkadze
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement Stefan Wölfel

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift

Anzeigenberatung Print
Judith Gratias-Klamt: Tel.: +49 911 2872-252; judith.gratias-klamt@computec.de
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Head of Digital Sales
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Online Weischer Online GmbH, Elbberg 7, 22767 Hamburg
Tel.: +49 40 809058-2239, Fax: +49 40 809058-3239
www.weischeronline.de

Anzeigendisposition anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 31 (01/2018)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistender Unternehmer.

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland
Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 48,00 (€ 56,00 Österreich, € 60,00 Ausland), DVD € 62,- (€ 70,00 Österreich, € 74,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Am Sandtorkai 74, 20457 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: LSC Communications Europe, ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Krakau, Polen

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

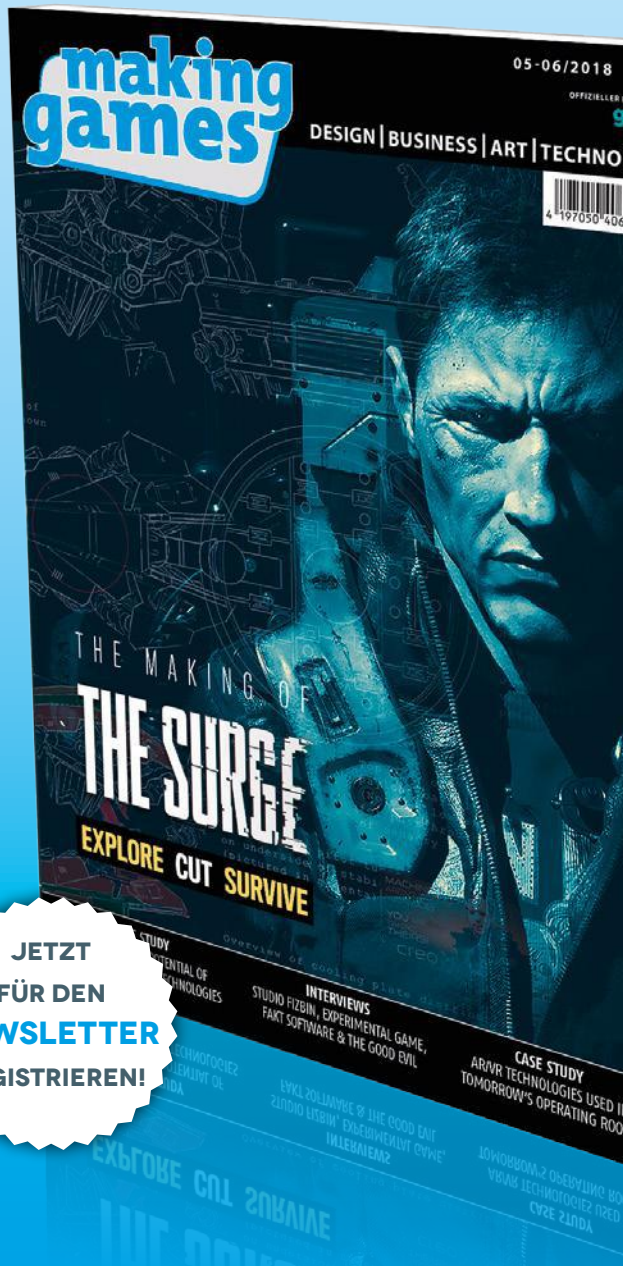
MARQUARD MEDIA

Deutschsprachige Titel:
PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, N-ZONE, GAMES AKTUELL, XBG GAMES, SFT, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, EASY LINUX, RASPBERRY PI GEEK, WIDESCREEN, MAKING GAMES

Polen:
COSMOPOLITAN, HARPER'S BAZAAR, JOY, HOT MODA, SHAPE, ESQUIRE, PLAYBOY, CKM, JAMI

Ungarn:
JOY, ÉVA, INSTYLE, SHAPE, MEN'S HEALTH, RUNNER'S WORLD, PLAYBOY, APA

making games



IHR SCHLÜSSEL ZUR DEUTSCHEN SPIELE-INDUSTRIE

JETZT FÜR DEN **NEWSLETTER** REGISTRIEREN!

MAKING GAMES MAGAZIN: 10.000 LESER
EUROPAS WICHTIGSTES MAGAZIN FÜR SPIELE-ENTWICKLER

MAKINGGAMES.BIZ: 12.000 UNIQUE VISITORS
DEUTSCHLANDS GRÖSSTE WEBSEITE ZUM THEMA SPIELE-ENTWICKLUNG

FACEBOOK.COM/MAKINGGAMES: 18.000 FANS
EUROPAS GRÖSSTE SPIELE-ENTWICKLER-COMMUNITY AUF FACEBOOK

MAKING GAMES MAIL: E-MAIL-DATENBANK
MIT MEHR ALS 10.000 B2B-KONTAKTEN

MAKING GAMES CONFERENCE: MASTER CLASSES, EXPERTEN-PANELS UND VERLEIHUNG DER MAKING GAMES AWARDS

MAKING GAMES ACADEMY: DAS NEUE VIDEO-PORTAL FÜR SPIELE-ENTWICKLER

KEY PLAYERS: WELTWEIT GRÖSSTES KOMPENDIUM DER SPIELE-INDUSTRIE MIT ALLEN WICHTIGEN FIRMENPORTRÄTS

WWW.MAKINGGAMES.BIZ

Ein Produkt der CMG
Computec Media Group

SAMSUNG

Galaxy S9+

Die Kamera. Weiter gedacht.



NEU!

ab **0,– €*** einmalig

Das Samsung Galaxy S9+ ist da!

Holen Sie sich als einer der Ersten das neue Samsung Galaxy S9+ schon ab 0,– €! Mit Super Slow Motion-Videofunktion der Kamera halten Sie spektakuläre Momente fest. Und die neue Low Light-Funktion sorgt für lebendige, klare Bilder trotz wenig Licht.

Und mit der 1&1 All-Net-Flat können Sie endlos telefonieren und surfen – schon ab 9,99 €/Monat.*

1&1

*Samsung Galaxy S9+ für 0,– € oder geringe Einmalzahlung mit der 1&1 All-Net-Flat LTE ab 49,99 €/Monat für 12 Monate danach ab 59,99 €/Monat (tarifabhängig). 24 Monate Laufzeit. Bereitstellungspreis 29,90 €. Preise inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Straße 57, 56410 Montabaur

02602 / 96 96

1und1.de