

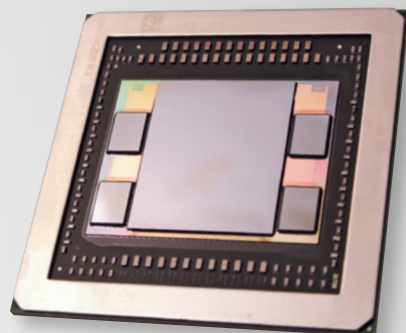
Ausgabe 184

uGames

www.pcgameshardware.de • www.pcghx.de

Hardware

Hardware



Mythos SSD

Aufwendiger Praxistest: Multiplayer & Caching – Wo HDDs im Nachteil sind!

Seite 86



Dauertest: Gamer-LCDs

G-Sync/Freesync: Wunderwaffe oder Papiertiger? Ab S. 8

Zukunftssichere CPUs

Geprüft: Reicht Ihr Vierkerner auch 2016 noch aus? Ab S. 64

**Hardware
im Backofen
reparieren – Test**

Seite 46

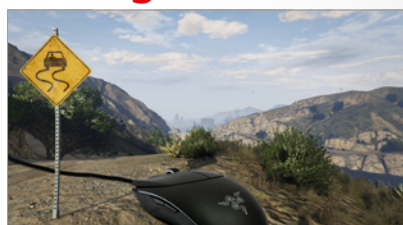


Kühler: Gefahr für Skylake-CPU's?

Anpressdruck: CPU-Kühler jenseits der Spezifikationen von Intel Ab S. 60

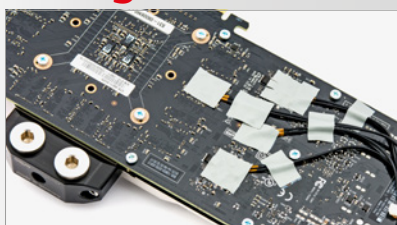
Wissen: Inputlag verringern

S. 18



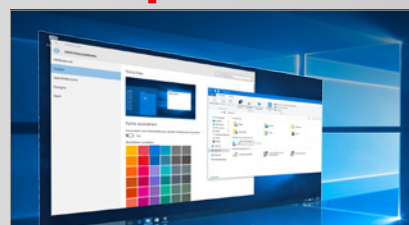
Geforce GTX 980 Ti richtig ausreizen

S. 40

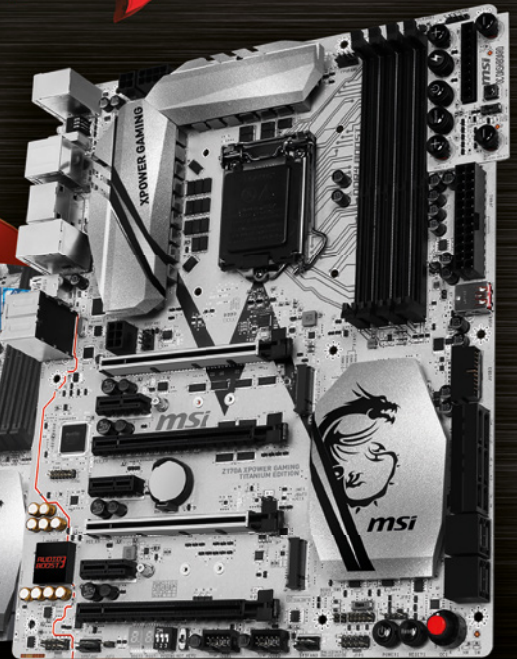
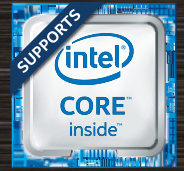


Windows 10: Jetzt updaten?

S. 106



msi



Z170A XPOWER **GAMING**

TITANIUM EDITION

CHOOSE YOUR DESTINY

OC PANEL



GAME BOOST



CEASEFIRE



DIRECT USB



TWIN TURBO M.2



USB 3.1 TYPE-A

Nahimic
Audio Enhancer

AUDIODIGITAL

XSplit | Gamecaster



NO. 1 IN **GAMING**

Erhältlich bei: Alternate · Amazon · Acom · Arlt · Atelco · Bora Computer · Caseking · Computeruniverse · Cyberport · Home of Hardware · Mindfactory und im Fachhandel © 2015 Micro-Star Int'l Co., Ltd., Die verwendete Marken und Handelsnamen beziehen sich auf die jeweiligen Eigentümer oder deren Produkte.

GAMING.MSI.COM

Von Flüchen, Segen und großen Hoffnungen



Thilo Bayer
Chefredakteur
PC Games Hardware

Remaster: Fluch oder Segen? Auch im abgelaufenen Dezember gab es wieder viele Meldungen zu geplanten Remastered-Versionen bekannter Spiele. Exemplarisch seien Turok, Final Fantasy 7 oder auch Day of the Tentacle / Full Throttle genannt. Manche Firmen scheinen sich regelrecht darauf spezialisiert zu haben, Spiele aus der Gruft wiederzubeleben. Neu ist das Ganze ja nicht, auf den Konsolen schon gar nicht, aber offen gestanden nervt es mich langsam, weil es sich schon fast verselbstständigt hat und damit nicht mehr hinterfragt wird. Dabei gibt es wohl kaum ein Thema, das kontroverser diskutiert werden kann. Wahrscheinlich hätte niemand grundsätzlich etwas dagegen, wenn die Lieblingsspiele aus der Vergangenheit mit halbwegs moderner Optik, Steuerung und Benutzeroberfläche neu erscheinen würden. Die Frage ist aber: Ergibt das wirklich bei jedem Spiel und bei jedem Genre einen Sinn? Und wie viel darf so ein Remaster kosten? Ich finde beispielsweise nicht, dass fast 20 Jahre alte Shooter, die derart neu aufgelegt werden, dann noch 20 Euro kosten sollten. Dann lieber gleich ein richtiges Remake wie das Free2Play-Unreal-Tournament. Und ich weiß auch nicht, ob ich unbedingt ein Adventure-Remake spielen will, wenn die Rätsel immer noch dieselben sind wie vor 20 Jahren. Dagegen könnte ich mir gut vorstellen, mein heiß geliebtes Strategiespiel Battle for Wesnoth in komplett überarbeiteter Grafik zu spielen. Oder mein nicht minder heiß geliebtes NHL 95. Dann aber bitte auch gleich die Steuerung überarbeiten und das Benutzer-Interface. Ach ja, und wenn wir schon dabei sind, DIESE Einschränkung beim Gameplay hat mich auch ja immer leicht genervt. Und den Koop könnte man auch noch ausbauen. Und, und, und ... eigentlich wäre das dann doch kein Remaster mehr, sondern ein echter Nachfolger. Sie verstehen, worauf ich hinaus will?

Was uns 2016 bringt – hoffentlich: Ab Seite 22 wirft Stephan einen Blick darauf, was uns das kommende Jahr so bringt. Zumindest hoffen wir, dass unsere Prognosen stimmen, denn wie üblich lassen sich Intel, AMD und Nvidia nur bedingt in die Karten schauen. Ich persönlich wünsche mir zwei Dinge. Zum einen PC-Spiele, welche den PC richtig fordern und dabei keine Rücksicht auf Konsolen nehmen. Und zum anderen, dass Virtual Reality 2016 den Durchbruch schafft.

Viel Spaß mit der Ausgabe Nummer 184 wünscht Ihr

Thilo Bayer



Reinhard ist einer derjenigen, die am Dauertest G- & Freesync teilnehmen. Er zeigt, ob sein Lieblingsspiel Kerbal Space Program von einer adaptiven Hertz-Rate profitiert.



Matthias testet fünf Notebooks mit Skylake-CPU und schaut, wie gut sich damit spielen lässt.

Stephan wird zum Hardware-Tuner und macht vier Leser-PCs mit neuen Komponenten wieder richtig flott.



Die Redaktion im Dezember 2015

+++ **Phil** zitiert neue Asus-Soundkarten zur Hörprobe +++ **Carsten** präsentiert den neuen, für 2016 überarbeiteten CPU-Testparcours +++ **Der Spieleonkel** erklärt Ihnen alles, was Sie schon immer über mechanische Tastenschalter wissen wollten +++ **Reinhard** gibt Tipps zur SSD-Datenrettung +++ **Torsten** macht den SSD-HDD-Vergleich +++ **Raff** beschäftigt sich mit GeForce-GTX-980-Ti-Giganten und demonstriert, wie Sie die Maximalleistung aus den Render-Boliden kitzeln +++

facebook

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

NEU



www.pcgh.de/radeon

Heftinhalt

Seite 08



Dauertest: Free- & G-Sync

Wie bewähren sich die Synchronisierungstechnologien in der Praxis?

SPECIALS

Test: Dauertest G- & Freesync08
Spielt es sich ohne feste Fps-/Hertz-Marken besser? PCGH macht den Dauertest.

Praxis: V-Sync und Input-Lag18
Wie hängen die vertikale Synchronisierung und die Eingabeverzögerung zusammen?

Info: Hardware 201622
Ausblick auf die Technikneuigkeiten 2016

GRAFIKKARTEN

Startseite: Leistungsindex von 20 GPUs28
AMDs Pläne für 2016

Test: Geforce-GTX-980-Ti-Giganten30
Neue Grafikkarten mit Nvidia GTX 980 Ti

Praxis: Geforce GTX 980 Ti ausreizen40
So holen Sie das Maximum aus dem High-End-Chip heraus

Praxis: Grafikkarten backen46
Wie Sie kaputte Grafikkarten durch Backen wieder reparieren können

Praxis: Radeon Software Crimson52
AMDs neues Treiber-Paket im Überblick

PROZESSOREN

Startseite:58
PCGH-Leistungsindex von CPUs und APUs

Info: Kühler, der Skylake-Killer?62
Zu hoher Anpressdruck kann Intels neue CPU-Generation beschädigen.

Test: CPU-Benchmarks 201664
Der Prozessor-Testparcours wird überarbeitet.

INFRASTRUKTUR

Startseite:74
Logitech G920 Driving Force, Sharkoon Shark Zone MK80 RGB

Test: Notebooks mit Skylake76
Intels neue Prozessoren halten im Mobilbereich Einzug.

Praxis: Notebook gegen Desktop82
Wie gut stehen Gaming-Laptops im Vergleich zu Desktop-PCs da?

Praxis: SSD vs. HDD im Praxistest86
Wir versuchen, den SSD-Vorteil zu messen.

Praxis: Datenrettung auf SSDs90
Wie erfolgreich ist die Datenrettung von SSDs?

Test: Asus-Soundkarten94
Neue Klangmacher auf dem Prüfstand

Info: Mechanische Tastaturen98
Welche Schalterarten gibt es?

SPIELE UND SOFTWARE

Startseite: Star Citizen Alpha 2.0102

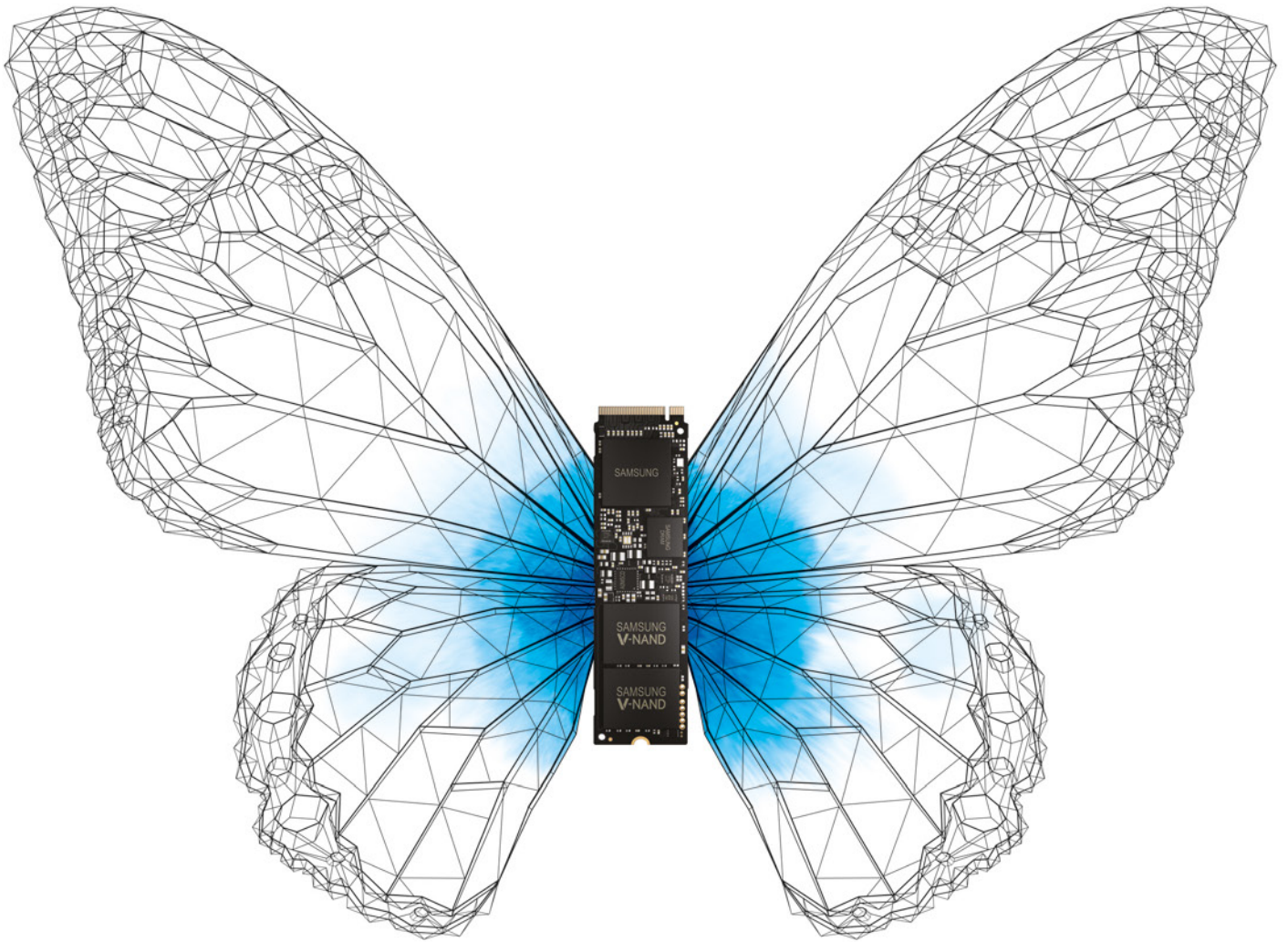
Info: Windows 10 Threshold 2106
Das Windows-Funktions-Update im Detail

EINKAUFSFÜHRER

PC-Konfigurationen115
Einkaufsführer-Startseite116
Grafikkarten118
Prozessoren & Kühler120
Mainboards & RAM122
LCDs & Eingabegeräte123
SSDs & Festplatten124
Gehäuse, Lüfter & Netzteile125

SERVICE

Editorial03
Inhalt DVD06
PCGH-Produkte119
Abo-Angebote81
Lesereinsendungen114
PCGH-PCs57
Teamseite126
Impressum127
Die letzte Seite130



DER NVMe EFFEKT

Neue Möglichkeiten entdecken.

Der Standard der Zukunft schon heute: die weltweit erste M.2 Client SSD mit NVMe

Erweitern Sie Ihre Möglichkeiten mit der NVMe SSD von SAMSUNG. Die neue SAMSUNG 950 PRO unterstützt das leistungsstarke NVMe-Protokoll und wird per PCI Express 3.0 mit 4 Lanes angebunden. Dadurch bietet sie eine bis zu fünf Mal höhere Datenübertragungsrate als die bisherigen Generationen an Samsung SATA-SSDs. Mit ihrem kompakten M.2-Formfaktor und der innovativen V-NAND-Flash-Technologie erfüllt die 950 PRO hohe Erwartungen an Geschwindigkeit, Leistung und Zuverlässigkeit.

Heft-DVD

Videos, Spiele, Anwendungen – unsere Heft-DVD ist wie immer mit nützlichen, informativen und auch spaßigen Inhalten gefüllt. Wir stellen Ihnen das Beste des Silberlings vor.



Die DVD läuft nicht? Kein Problem! Schicken Sie eine E-Mail mit Ihrer genauen Anschrift (Name, Straße, PLZ, Wohnort) und der Ausgabennummer (z. B. Ausgabe 02/2016) unter dem Betreff „PC Games Hardware: DVD-Reklamation“ an compute@dpv.de.

Die DVD im Überblick

Vollversion

- ▶ Assassin's Creed: Liberation HD

PCGH-Top-Videos

- ▶ AMD Radeon Software Crimson
- ▶ Benchmark-Praxis Prozessoren 2016
- ▶ PCGH-Retro: 11/2007
- ▶ PCGH in Gefahr: Kühlerproblematik bei Skylake-Prozessoren

Tools

- ▶ GPU-Z 0.8.6, MSI Afterburner 4.2.0, Nvidia Inspector 1.9.7.3, PCGH VGA-Tool 1.0.1, PCGH SSAA-Tool, Radeon Pro, Sapphire Trixx 5.2.1

- ▶ AS-SSD Benchmark 1.8.5, Fraps

3.5.99, Prime 95 2.87, Super Pi 1.9

- ▶ Core Temp 1.0 RC6, CPU-Z 1.74, HD Tune 2.55 plus HD Tune Pro 5.60 Trial, Speedfan 4.51, Sysinternals Suite 10/2015

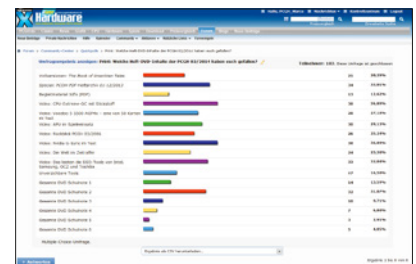
Treiber

- ▶ Nvidia Geforce 359.06 WHQL 64 Bit (Win 7, 8 & 10)
- ▶ AMD Software Crimson 15.11.1 Beta 64 Bit (Win 7, 8, 10)

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 Thementauswahl von PCGH besser auf die Wünsche der Leser abzustimmen – die einzige Voraussetzung ist ein kostenloser Foren-Account, der mit wenigen Mausklicks eingerichtet ist.

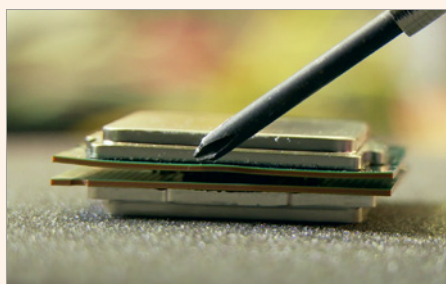
www.pcgh.de/feedback



PCGH-Top-Videos



AMD Software Crimson: Phil stellt Ihnen den Funktionsumfang der neu gestalteten Oberfläche des AMD-Treibers vor.



PCGH in Gefahr: Daniel und Torsten simulieren den Lieferweg eines Komplett-PCs und überprüfen, ob die Skylake-CPU das aushält.



PCGH Retro: In diesem humorvollen Video-Rückblick widmen wir uns den Hardware-Themen der PCGH-Ausgabe 11/2007.



Assassin's Creed: Liberation HD

In Assassin's Creed: Liberation HD verkörpern Sie Aveline de Grandpré. Die erste weibliche Assassinin in der Seriengeschichte hat einen französischen Vater und eine afrikanische Mutter. Den Kontakt zu ihrer Mutter verliert die Gute schon im jungen Alter von zehn Jahren, sie schließt sich relativ schnell dem Assassinen-Orden an. Aveline kämpft aber nicht nur gegen die Templer auf den Straßen von New Orleans im 18. Jahrhundert, sondern möchte vor allem Sklavenhändlern die Leviten lesen. Liberation punktet mit dem gewohnt guten und abwechslungsreichen Gameplay eines vollwertigen Assassin's Creed. Auch was die Spiellänge, die Größe der offenen Spielwelt und die Nebenaufgaben angeht, ist Liberation fast gleichauf mit einem „echten“ Ableger der Abenteurserie.

Installation und Aktivierung

Stellen Sie sicher, dass Ihr PC eine aktive Internetverbindung besitzt und installieren Sie Assassin's Creed: Liberation HD von unserer Heft-DVD. Im Anschluss an die Erstinstallation erfolgt die Aktivierung des Spiels durch den Ubisoft-Launcher. Um Assassin's Creed: Liberation HD spielen zu können, benötigen Sie auch einen gültigen Uplay-Account. Falls Sie noch keinen solchen Account besitzen, können Sie sich den dafür nötigen Client unter www.uplay.ubi.com herunterladen und sich registrieren. Aktivieren Sie das Spiel mithilfe einer gültigen Seriennummer in Ihrem Uplay-Account. Diese finden Sie auf der Codekarte zwischen Seite 66 und 67. Nach erfolgreicher Aktivierung lässt sich Assassin's Creed: Liberation HD auch im Offline-Modus spielen.

Systemvoraussetzungen

Min: Windows Vista (32 bit), Intel Core 2 Duo @ 3.1 GHz/AMD Phenom 2 X4 955 @ 3.2GHz, GeForce 8800 GT/Radeon HD 4870, 2 GB RAM **Empfohlen:** Windows 8.1 (64 bit), Intel Core i5-2400S @2.5 GHz/AMD FX 4100 @ 3.6 GHz, Phenom II X4 955, Geforce GTX 570/Radeon HD 7870, 4 GB RAM

Den Aktivierungscode finden Sie auf der Codekarte zwischen Seite 66 und 67.

Erstmals in der Geschichte von Assassin's Creed spielen Sie einen weiblichen Assassinen.

Eine der neuen Spielmechaniken ist das Verwenden von Verkleidungen. Hier geben wir uns als Dame der Oberschicht aus.

Als Assassinin gebildet ist Aveline an besten in den Kampf gewappnet und kann sogar die Fälschung Seriennummern einsetzen.

Die Assassinin ist immer bekannt und wird von Wachen sofort erkannt.

Senke den Bekanntheitsgrad der Assassinin indem du in bürgerlicher Kleidung herumgehst. Magst du das?

Die Assassinin kann überall frei herumlaufen.

Es gibt mehrere Möglichkeiten für Verkleidungen. Diese bieten verschiedene Vor- und Nachteile.

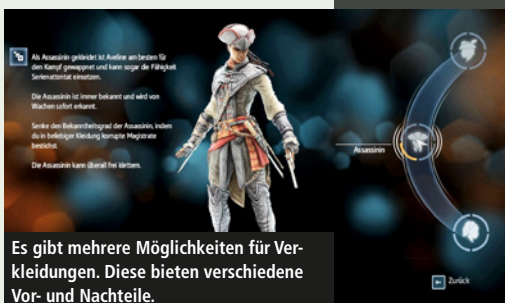




Bild: Audbox

Dauertest: Sync-Displays

Für viele ein Gamechanger: Free- und G-Sync-Monitore stehen auf dem Wunschzettel zahlreicher Spieler, doch lohnt sich ein Kauf wirklich? Vier Redakteure ziehen nach ausgiebigem Test Bilanz.

So ist das mit den „Killerfeatures“: Einerseits will man sie nicht verpassen, andererseits aber auch nicht zu der ernüchterten Gruppe der Frühkäufer gehören, die sich mit Limitierungen, Preisaufschlag und Kinderkrankheiten herumärgern muss. Auf Monitore mit adaptiver Refreshrate trifft dies besonders zu, denn der Markt befindet sich in ständiger Bewegung. Bevor unsere Tester zu Wort kommen, werfen wir daher einen noch einen allgemeinen Blick auf die Technologie.

Status Quo: Ein teurer Spaß

Machen wir uns nichts vor: Auch nach einem Jahr voller interessanter Neuerscheinungen sind beide Sync-Varianten in der Schnäppchen-Kategorie selten anzutreffen.

Für die Implementierung der notwendigen Scaler oder Module wird ein signifikanter Preisaufschlag an den Endkunden weitergegeben. In Nvidias Fall wird für die Monitorhersteller eine nicht genau bekannte Lizenzgebühr fällig, was im Extremfall zu deutlichen Preisunterschieden zwischen Modellen mit Free- und G-Sync führt: Bei den sehr ähnlichen Acer-Displays XR341CK und X34 resultiert die G-Sync-Fähigkeit des letzteren in einem Preisunterschied von etwa 150 Euro. Zwischen Asus' Flaggschiff, dem ROG Swift PG279Q, und dem Freesync-fähigen MG279Q (beide mit WQHD-Auflösung, IPS-Panel und mindestens 144 Hertz) liegen gar fast 200 Euro Differenz, wenn gleich en détail weitere technische Differenzen bestehen mögen. Auch

Freesync-Monitore mit einer zeitgemäßen Auflösung von 2.560 × 1.440 Pixel aufwärts sind unter 400 Euro noch die absolute Ausnahme. Im Laufe von 2016 erwarten wir die eine oder andere Preiskorrektur nach unten.

Im November wurden zudem Treiber-Fehler bei G-Sync bekannt: Monitore mit hoher Bildfrequenz werden im Leerlauf bei aktiviertem G-Sync teils mit voller Leistung betrieben. GPU und Grafikspeicher takteten also nicht wie beabsichtigt herunter und verbrauchen damit erheblich mehr Energie als nötig. In Extremfällen, beispielsweise Monitoren mit Overclocking auf über 144 Hertz, kommt es zu Lastspitzen bis 200 Watt. Zwar kann der Fehler treiberseitig behoben werden und

ist damit nicht allzu gravierend, zeigt aber, dass die Entwicklung der Technologie noch lange nicht an ihr Ende gelangt ist.

Framedoubling dank Crimson: AMD zieht nach

Unterhalb der G-Sync-Reichweite behalf sich Nvidia bislang mit Framedoubling, um Tearing auch in niedrigen Fps-Bereichen abzufangen. Konkret bedeutet das: Sinkt die Bildrate unter das eigentliche G-Sync-Limit des betreffenden Monitors – beispielsweise auf 25 Frames pro Sekunde – wird die Frequenz des Monitors kurzerhand verdoppelt, um einen Verlust von Bildinformationen zu verhindern (mehr dazu in der Sonderbeilage Radeon). Freesync-Nutzer mussten sich unterhalb dieser Grenze

bislang mit Vsync behelfen. Alternativ verlief der Übergang von Freesync zu „Non-Sync“ bei etwa 35 Fps teils deutlich spürbar, was insbesondere bei schwankenden Frameraten in diesem Bereich natürlich nicht wünschenswert ist. Mit AMDs Treiberrefresh „Crimson“ kommt ab Version 11.5 etwas Bewegung in die Sache, denn damit funktioniert Framedoubling ebenso wie bei der Konkurrenz.

Freesync über HDMI

Etliche Leserfragen zeigen, dass Free- und G-Sync vor allem in Kombination mit Ultra-HD-Displays gefragt sind. Die Bandbreite des derzeitigen Displayport-1.2-Standards lässt in Auflösungen von 3.840×2.160 Pixel und darüber aber nicht mehr als 60 Hertz Refreshrate zu. Mit der Einführung von Displayport 1.3 werden hier Aktualisierungsraten von bis zu 120 Hertz möglich. Ob sich das auch auf die Free- und G-Sync-Range niederschlägt, bleibt abzuwarten. AMD kündigte immerhin an, mit kommenden GPUs Freesync auch via HDMI-Verbindung zu ermöglichen (Details auf Seite 28.)

Aktuelle Anforderungen

Displays mit Free- oder G-Sync-Befähigung sind allerdings auch ein indirekter Kostenfaktor, denn mit der Anschaffung eines Monitors alleine ist es nicht getan. Auch die Grafikkarte muss mitspielen. Im Nvidia-Beispiel liegt die Minimalanforderung bei einer GTX 650 Ti (Kepler-Architektur). Besitzer älterer Grafikkarten, etwa aus der Generation Fermi (Geforce 400/500) kommen nicht in den Genuss von G-Sync. Für Freesync ist im Bereich dedizierter GPUs derzeit eine Radeon R7 260 erforderlich. Allerdings muss der Einzelfall beachtet werden: Für Monitore wie den Asus PG279Q muss, um die 165 Hertz Frequenzbreite und damit auch die G-Sync-Reichweite voll ausfahren zu können, eine Geforce der aktuellen 900er-Serie (Maxwell 2.0) im Rechner stecken.

Einheitlicher Standard nicht in Sicht

In Anbetracht der proprietären Herangehensweise von Nvidia sieht es nicht nach einer baldigen Annäherung beider Techniken aus. Auch der eigentlich freie VESA-Standard,

mit Displayport 1.2a optional und bislang nur von AMD unterstützt, erforderte bislang zwingend eine Radeon-Grafikeinheit. Wie wir schon in vergangenen Tests bemängelten, geschieht dies zum Nachteil der Spieler, denn in die Kaufentscheidung fließt so zwangsweise auch eine Entscheidung für künftige Pixelbeschleuniger mit ein. Wer sich für eine Sync-Variante entscheidet, legt sich damit auch bei der Wahl der Grafikkarte langfristig fest – oder muss bei einem Gesinnungswechsel beides wieder abtreten.

Zu AMDs Fortschritten in punkto Framedoubling gesellt sich allerdings ein weiterer Faktor, der Nvidia etwas unter Druck setzt. Mit Intel hat ein echter Global Player angekündigt, mit Adaptive Sync künftig den offenen Standard unterstützen zu wollen. Bis dieser in den konzerneigenen Grafiklösungen beziehungsweise IGPs zum Einsatz kommt, dürfte zwar noch einige Zeit vergehen. Dennoch durchkreuzen solche Entscheidungen wie jeglichen Ambition, G-Sync als Marktstandard zu etablieren, sofern das einmal beabsichtigt war. In welcher Form, Verbreitung und wie lange beide Techniken koexistieren, ist derzeit nicht absehbar. Kaufinteressenten dürften deshalb noch einige Zeit mit einem Entscheidungsdilemma konfrontiert werden.

Die Sinnfrage

Warum sollte man überhaupt auf Free- oder G-Sync setzen? Prinzipiell haben, vom Kostenaufwand abgesehen, beide eigentlich nur Vorteile: Sie verbessern die Kommunikation zwischen Grafikkarte und Monitor, verhindern Tearing (Bildrisse) ohne Performance-Malus und minimieren schließlich die erhöhte Eingabelatenz bisheriger Synchronisationsmethoden. Weil die Effektivität dieser Technologie aber auch von ganz individuellen Faktoren abhängt – etwa von der Empfindlichkeit gegenüber Tearing, von bevorzugter Framerate und dem jeweiligen Spieleschmack – genügt es nicht, in der Theorie zu bleiben. Auf den folgenden Seiten schildern deshalb vier Redakteure ihre Eindrücke im Selbsttest mit vier verschiedenen Monitoren. (ms)



UHD-Displays mit Adaptive Sync, hier Iiyamas neuer Prolite GB2888UHSU-B1, werden langsam erschwinglich. Mit der Bandbreite von DP 1.2 ist aber bei 60 Hertz Schluss.



Die Budget-Variante: Auch im klassischen 24-Zoll-Segment gibt es noch reichlich Nachschub, etwa den AOC G2460PF. Full-HD-Zocker wird das freuen.

Free- und G-Sync-Monitore: Neuerscheinungen

Modell	Größe	Auflösung	Max. Refresh	Free-/G-Sync	Extras
Acer Predator Z35	35 Zoll	2.560 × 1.080	200 Hz	G-Sync	21:9, Curved
Acer Predator X34	34 Zoll	3.440 × 1.440	100 Hz	G-Sync	21:9, Curved
Samsung U32E850R	32 Zoll	3.840 × 2.160	60 Hz	Freesync	UHD, PLS-Panel
Iiyama GB2888UHSU	28 Zoll	3.840 × 2.160	60 Hz	Freesync	UHD
Asus PG27AQ	27 Zoll	3.840 × 2.160	60 Hz	G-Sync	UHD
LG 27MU67-B	27 Zoll	3.840 × 2.160	60 Hz	Freesync	UHD, IPS-Panel
Asus MG279Q	27 Zoll	2.560 × 1.440	144 Hz	Freesync	IPS-Panel
Asus PG279Q	27 Zoll	2.560 × 1.440	165 Hz	G-Sync	IPS-Panel
Acer XF270HU	27 Zoll	2.560 × 1.440	144 Hz	Freesync	IPS-Panel
Dell S2716DG	27 Zoll	2.560 × 1.440	144 Hz	G-Sync	
Eizo Foris FS2735	27 Zoll	2.560 × 1.440	144 Hz	Freesync	IPS-Panel
AOC G2770PF	27 Zoll	1.920 × 1.080	144 Hz	Freesync	
AOC G2460PF	24 Zoll	1.920 × 1.080	144 Hz	Freesync	

Phil testet den Asus MG279Q (Freesync)

Es ist gar nicht so leicht, die Vorzüge von einer adaptiven Synchronisation anschaulich darzustellen. Der Effekt lässt sich zwar technisch recht gut erklären, die Auswirkungen beim Spielen und die persönliche Erfahrung sind aber sehr subjektiv. Ich persönlich spüre den Effekt mindestens genauso deutlich, wie ich ihn mit den Augen wahrnehme.

Vergleicht man ein herkömmliches Display mit aktivierter vertikaler Synchronisation mit einem modernen Bildschirm mit adaptiver, bringt Letztere neben dem Tearing-freien Bild einen zweiten Faktor mit ins Spiel: Einen teils drastisch reduzierten Input-Lag. Anders als mit Vsync mit Triple Buffering ist mit einer adaptiven Synchronisation kein Bildpuffer vonnöten – sobald die Grafikkarte ein Bild berechnet hat, kann es auch angezeigt werden. Dies beeinflusst das Spielgefühl meiner Meinung nach er-

heblich. Allerdings ist eine Latenz natürlich noch immer vorhanden, nun wird sie jedoch zu größten Teilen direkt durch die Framerate beeinflusst: Je weniger Fps, desto höher die Eingabeverzögerung. Das ist bei verhältnismäßig niedrigen Bildraten für mich persönlich deutlich spürbar, besonders in schnellen Ego-Shootern. Hier komme ich selbst mit adaptive Sync nicht um hohe Bildraten umher, bestenfalls wären 90 Fps und mehr. Auch in diesem Bereich profitiert man von dem rissfreien Bild ohne zusätzlichen Input-Lag, jedoch ist eine adaptive Synchronisation meines Erachtens im Bereich von 45 bis 60 Fps am deutlichsten bemerkbar. Darunter ist die Illusion einer Bewegung aufgrund der mangelnden Bilder pro Sekunde für mich nicht mehr gegeben und der Input-Lag ist zu hoch – Synchro oder nicht, das Bild ruckelt nach meinem Empfinden, die Eingabe wirkt zäh. Ich habe für diesen Test drei meiner ak-

tuellen Spiele gewählt, die ich mit verschiedenen Detaileinstellungen in diesen Bereich bringen kann. Zuerst aber noch ein paar Worte zum Display.

Das Display

Der 27 Zoll messende Asus MG279Q besitzt ein 1440p-IPS-Panel mit maximal 144 Hz und unterstützt Freesync von 35-90 Hz. Als sehr überzeugend empfinde ich die Bildqualität des Asus-Monitors, besonders der Kontrast, die Farben und die Schwarzwerte sagen mir zu, subjektiv liefert der MG279Q das beste Bild aller bislang von mir angetesteten Freesync-Displays. Auch die Größe des Monitors und die Ergonomie-Funktionen passen für mich sehr gut, ich kann das Display fast perfekt auf meine Augenposition ausrichten. Die Verarbeitung ist ebenfalls positiv zu vermerken: Das Plastik des Monitorgehäuses wirkt kräftig und strapazierfähig, der Standfuß ist stabil.

Etwas unschön finde ich die Freesync-Range von 35 bis 90 Hz, die zwar einen überwältigenden Großteil meiner alltäglichen Spiele-Situationen abdeckt, jedoch erziele ich in einigen Titeln auch etwas höhere Bildraten, die ich auch nutzen möchte. Und zwar mit Freesync, denn auf Tearing würde ich gerne verzichten. Für felsenfeste 120 oder gar 144 Fps ist die R9 290X wiederum auch in diesen Titeln meist zu schwach, bei Schwankungen entsteht dann Tearing. Auf dem Desktop kann ich zwar die vollen 144 Hz nutzen, zum Spielen muss ich zuvor aber häufig die Wiederholfrequenz in der Windows-Anzeige auf 90 Hz beschränken, falls der betreffende Titel keine eigene Einstellungen zur Frequenz besitzt. Das ist lästig, weshalb ich schnell die Desktopanzeige auf diesem Wert belassen habe. Effektiv nutzbar ist der MG279Q für mich daher streng genommen nur mit 90, nicht aber mit den vollen 144 Hz. (pr)

Warhammer: Vermintide

Der spaßige Coop-Titel mit Rattenmännern statt Zombies ist ein recht CPU-lastiger Titel, die Frameraten schwanken teils stark – Freesync hilft.

Warhammer: Vermintide spielt sich sehr ähnlich wie der Coop-Shooter Left 4 Dead, setzt allerdings einen stärkeren Fokus auf den Nahkampf. Die verwendete Bitsquid-Engine liefert dabei eine ansehnliche Optik, eine schicke Beleuchtung und dank einer gut greifenden temporalen Kantenglättung in 1440p ein fast flimmerfreies Bild. Meine Bildraten mit maximalen Einstellungen liegen im Schnitt bei rund 50 Fps und gehen prinzipiell in Ordnung, einige Effekte wie die dynamische Beleuchtung und die Anzahl Echtzeitlichtquellen gehen aber sehr zulasten der CPU. Kommen große Mengen an Gegnern, explodierende Geschosse und viele Physikelemente hinzu, sacken die Bildraten im schlimmsten Fall auf knapp über 30 Fps ein. Solche Slowdowns sind auch mit Freesync deutlich spürbar, weshalb ich die Details etwas reduziert habe. So erhalte ich angenehm hohe Bildraten und eine generell flotte Eingabe mittels Maus und Tastatur und auch in harten Gefechten bleibe ich so meist über 45 Fps. Mit Freesync ist das Bild rissfrei und subjektiv flüssig.

Ohne Vsync mit unbegrenzten Bildraten lässt sich Warhammer ebenfalls genießen, Bildrisse sind wohl auch wegen der düsteren Optik nur relativ schwach wahrnehmbar, stören mich jedoch im direkten Vergleich mit dem zugeschalteten Freesync schon etwas. Mit Vsync und Triple Buffering ist das Ergebnis besser, die Eingabe aber leicht teigig, besonders wenn die Bildraten in Gefechten absinken. Für ein Freesync-ähnliches Ergebnis müsste ich die Bildraten auf 60 Fps beschränken und die Detail-Einstellungen im Spiel auf „mittel“ reduzieren – dann erhalte ich fast perfekt stabile 60 Fps und eine saubere Eingabe, allerdings leidet die Optik merklich.

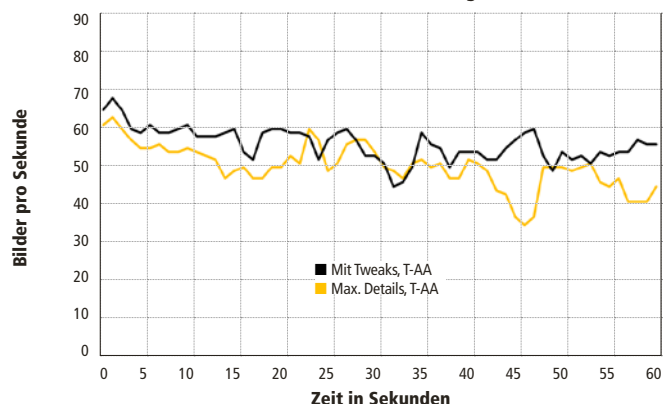
Benchmark „Vermin in Flugenheim“ (60 Seconds), HQ-AF, T-AA

1440p, mit Tweaks	45	56,1 (+12%)
1440p, max. Settings (Extreme Preset)	35	50,2 (Basis)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Powercolor R9 290X/4G, 16 GiB RAM Min. 100 Fps ▶ Besser



Frameverlauf Warhammer: Vermintide – „Vermin in Flugenheim“



Project Cars

Am Lenkrad profitiert man in Project Cars von hohen Bildraten, die direkte Eingabe hilft dabei, schnell und präzise zu reagieren.

Project Cars buhlt momentan neben Assetto Corsa um meine Gunst, wenn es um Rennspiele geht und lief bislang auf AMD-GPUs recht mäßig: Insbesondere dann, wenn viele andere Fahrzeuge im Pulk um Positionen kämpfen, fielen meine Frameraten in 1440p mit Ultra-Settings und SMAA schon mal auf 30 Fps. Dies stellte mich bisher vor ein Problem, denn auch mit Freesync war der starke Frameratenabfall am Lenkrad sehr störend. Ich habe mir die Strecke Azure Cost für diese Messungen ausgesucht, da hier die erste Kurve nach dem Start genau diese Problematik abbildet – dachte ich zumindest, denn offenbar wurde das Problem entweder mit dem letzten Patch oder AMD Radeon Software Crimson behoben: Die Bildraten sind jetzt auch am Start angenehm hoch, die erste Kurve stellt nun keine ruckelige, chaotische Herausforderung am träge reagierenden Lenkrad mehr dar.

Tatsächlich könnte ich so prima spielen, das Bild mit Freesync ist butterweich und rissfrei. Da ich Ultra-Details bei Reflexionen, Schatten und Grasdarstellung beim Rasen durch die Pampa kaum wahrnehme und daher nicht benötige, habe ich stattdessen aber noch einige dieser Details auf die Stufe hoch und die Reflexionen und Environment-Maps auf mittel gesetzt – et voilà, fast perfekte 90 Freesync-Fps. Da die Blickwinkeländerungen in einem Rennspiel naturgemäß größtenteils auf horizontaler Ebene, nämlich bei Lenkbewegungen, stattfinden, stechen Bildrisse hier besonders ins Auge. Ohne Synchronisation habe ich im oberen Bildschirmbereich häufig lästiges Tearing im Bild. Mit Vsync und Triple Buffering spüre ich auch am Lenkrad eine leichte Latenz, die zwar nicht furchtbar, aber auch nicht angenehm ist.

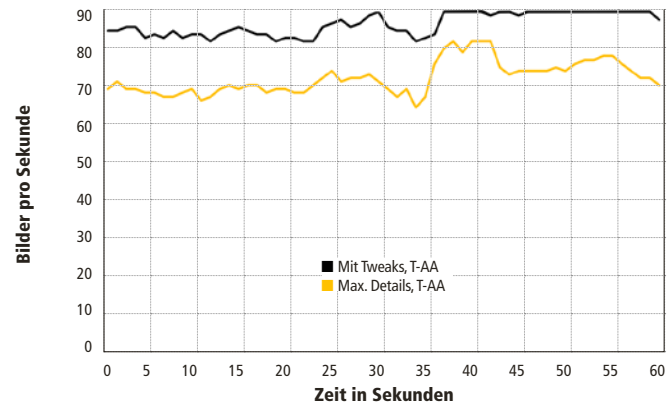
Benchmark „Azure Coast“ (60 Seconds), HQ-AF, SMAA

1440p, mit Tweaks	82	86,7 (+20%)
1440p, max. Settings	64	72,1 (Basis)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Powercolor R9 290X/4G, 16 GiB RAM **Min. | Ø Fps** ▶ Besser



Frameverlauf Project Cars – „Azure Coast“



The Witcher 3

Das Rollenspiel stellt in 1440p hohe Anforderungen an die GPU. Mit Freesync ist das Bild rissfrei, mit Detailanpassungen außerdem flüssig.

The Witcher 3 habe ich bereits durchgespielt, doch noch wartet der DLC Hearts of Stone auf mich. Zudem bin ich geneigt, eins meiner Highlights 2015 in naher Zukunft ein weiteres Mal in Angriff zu nehmen. In 1440p läuft das anspruchsvolle Rollenspiel mit Ultra-Details dank Freesync noch spielbar, selbst mit zugeschalteten Nvidia-Hairworks-Effekten samt vierfacher Multisampling-Glättung. Die Eingabeverzögerung ist mit knapp über 30 Fps mit dem Pad kein großes Problem, The Witcher 3 steuert sich so generell etwas schwammig. In diesem Frameraten-Bereich kann man im Übrigen das Framedoubling beziehungsweise AMDs Low Framerate Compensation in Aktion beobachten, das Asus-Display zeigt für den größten Teil der Messung gegenüber der Bild- die doppelte Hertzrate an. Dies funktioniert relativ gut, weder Stocker noch Risse sind zu erkennen – allerdings bilden sich Schlieren (Judder), die man auch bei G-Sync bei niedrigen Bildraten beobachten kann.

Viele Spieler würden damit wohl zufrieden sein, für mich wirkt das Bild aber trotz Freesync zu unsauber. Die Bildrate ist außerdem zu niedrig, die Illusion der Bewegung nicht mehr voll gegeben. Besonders auffällig ist dies beim Ritt durch die Landschaft oder horizontalen Kameraschwenks. Für ein besseres Spielgefühl müssen also die Details runter. Daher habe ich Hairworks und HBAO+ deaktiviert, die Schatten um eine Stufe reduziert und in der Konfigurationsdatei die Grasdarstellung etwas herabgesetzt – nicht in der Sichtweite, da mich Pop-up stört, sondern in der Dichte, was weniger ins Auge sticht. So erhalte ich in anspruchsvollen Szenen rund 45 Fps. Zusammen mit Freesync ergibt dies ein angenehmes, flüssiges Spielgefühl.

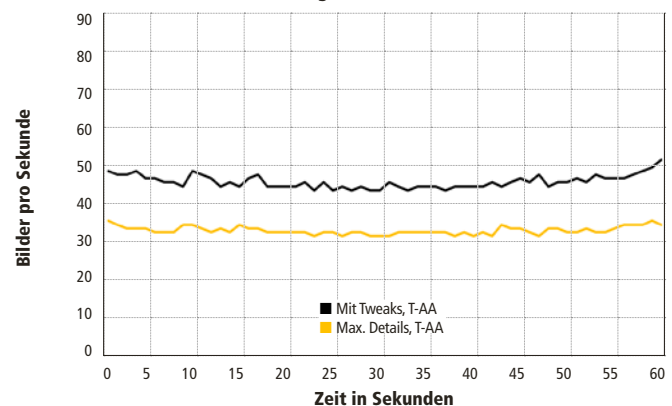
Benchmark Skellige Extended (60 Seconds), 16:1 HQ-AF

1440p, mit Tweaks	44	46,2 (+38%)
1440p, max. Settings	32	33,5 (Basis)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Powercolor R9 290X/4G, 16 GiB RAM **Min. | Ø Fps** ▶ Besser



Frameverlauf The Witcher 3 – „Skellige Extended“





Assassin's Creed: Syndicate

Egal ob London (Syndicate) oder Paris (Unity): Ubisofts moderne Meuchelspiele sehen in Ultra HD spitze aus. Adaptive Sync trägt dazu bei.

Ähnlich wie beim Hexer (nächste Seite) muss ich bei diesem Spiel ein paar Details reduzieren, um meine UHD-Wunschauflösung mit ordentlichen Fps zu vereinen, obwohl sich ACS auch mit 30 Fps spielen lässt. Gewöhnlich bin ich im 40er-Milieu unterwegs und ab hier bringt G-Sync definitiv eine Verbesserung, die Bildausgabe ist harmonischer als ohne Synchronisierung. Aber: Kleine Ruckler, die in London immer wieder auftreten, fallen mit der rissfreien G-Sync-Bildfolge subjektiv stärker auf als ohne. Ähnliches gilt für das klassische LCD-Schlieren. Interessant, wie ein beseitigtes Problem andere in den Fokus rückt, nicht wahr?

AC Syndicate, nur SSAO, Schatten „hoch“, FXAA – „Whitechapel“

3.840 × 2.160 (ohne G-Sync)	40	42,9 (Basis)
4.096 × 2.160 (ohne G-Sync)	38	40,7 (-5 %)

PC: i7-5820K @ 2,5 GHz, kein SMT, Titan X @ 1.450/4.207 MHz, Win 10 x64 **Min.** **Ø Fps** ► Besser



Batman: Arkham Knight

Bei The Witcher 3 wusste ich, dass mich Großartiges erwartet – Arkham Knight hat mich 2015 jedoch ganz unerwartet umgehauen.

Fehlstart mit Technikproblemen hin oder her: Was die britischen Rocksteady Studios hier abgeliefert haben, hat in meinen Top 10 der besten Spiele aller Zeiten unerwartet Platz genommen. Einen High-End-PC vorausgesetzt, läuft der edle Bombast gut und mit G-Sync noch etwas besser: Gleitflüge durch Gotham profitieren stark im Bereich zwischen 40 und 50 Fps; konstante 60 sind in UHD mit aktuellen Grafikchips nicht drin. Jedoch fallen die sporadischen Fps-Slowdowns mit G-Sync etwas stärker auf als ohne. Nur eines ist meiner Meinung nach unbestreitbar: In Ultra HD stellt das Spiel fast jeden anderen Titel in den Schatten.

Batman AK, max. Details außer Grain/Aberration, Ingame-AA – „Knightfall“

3.840 × 2.160 (ohne G-Sync)	29	48,7 (Basis)
4.096 × 2.160 (ohne G-Sync)	28	46,2 (-5 %)

PC: i7-5820K @ 2,5 GHz, kein SMT, Titan X @ 1.450/4.207 MHz, Win 10 x64 **Min.** **Ø Fps** ► Besser

Raffs G-Sync-Ausflug

Als bekennender Pixelzähler habe ich mir natürlich Asus' ROG Swift PG27AQ reserviert, das LCD mit der feinsten Auflösung im Testfeld. Der Monitor bietet eine 3.840 × 2.160 Pixel feine Matrix auf 27 Zoll, was in ansehnlichen 163 PPI resultiert. Weitere Merkmale, die ich zu schätzen weiß, sind das blickwinkelstabile IPS-Panel mit weitgehend matter Beschichtung (Coating) und die 10 Bit breite Farbumsetzungstabelle (Color LUT), mit der das Display mehr als eine Milliarde Farben abbilden kann. Üblich ist eine 8-Bit-LUT, gut für 16,7 Millionen Farben.

Ultra HD mit 60 Hertz Bildwiederholrate: Mehr lässt sich mit aktuellen Standards nicht nutzen, erst Displayport 1.3 (siehe Grafikstartseite) wird die Limits weiten. Derweil soll G-Sync das Asus-LCD zu einer weichen Bildfolge befähigen. Ob das klappt, prüfe ich im Duell mit meinem erst im November gekauften LG 31MU97. Dieses bietet 4.096 × 2.160 Pixel, eine 14-Bit-LUT und ebenfalls 60 Hertz – allerdings mit statischer anstelle dynamischer Bildwiederholrate. Diese Wahl fiel bewusst, denn neben dem feinen Bild überzeugte mich die Größe des LG-Geräts. Der Plan lautet: Adaptive Sync aussitzen, bis Nvidia von seinem proprietären Ross absteigt und, ebenso wie AMD und Intel, Freesync unterstützt – als neutraler Nutzer mit Geforce-Radeon-Wechselspiel wollte ich mich nämlich nicht an Nvidia ketten.

Praxiseinsatz

Als jemand, der gewöhnlich in sehr hohen Auflösungen ohne V-Sync spielt, sprangen mir schon beim ersten Spielstart mit G-Sync zwei Dinge ins Auge: Erstens ist die Bildrate auf maximal 60 pro Sekunde begrenzt, da die Elektronik oberhalb dessen nicht mitkäme. Für mich, der aufgrund der Pixelflut meist im 40er-Bereich spielt, ist das völlig ausreichend. Empfindsame Naturen könnten sich jedoch an den bestenfalls 16,7 Millisekunden Bildwechselrate plus Zusatzlatenzen stören – wer sich mehr wünscht, ist mit einem UHD-Bildschirm aber grundsätzlich an

der falschen Adresse. Zweitens bleiben, natürlich, die Bildrisse aus. Das führt in den meisten Fällen zu einer subjektiv flüssigeren Darstellung bei gleicher Bildrate – mit Einschränkungen, die ich gleich erläutere.

Bunter Genremix

Natürlich habe ich unzählige Spiele und Genres ausprobiert, von Anno über Dirt, Batman, Witcher und WoW bis hin zu UT. In den Randkästen finden Sie sechs Spiele, mit denen ich mir aktuell die meisten Feierabende versüße. Die Benchmarks zeigen, welche Bildraten dabei vorherrschen. Diese beeinflussen die Wirkung von G-Sync ebenso wie die Bewegungsmuster.

Am besten haben mir Rennspiele mit G-Sync gefallen: Die gleichmäßige, rissfreie Bewegung wirkt ab 40 Fps sauber. Da es bei den meisten Rennspielen nicht auf unmenschliche Reflexe ankommt (Extreme-G ausgenommen; wer kennt's noch?), erhält man aber mit klassischem V-Sync vergleichbare Ergebnisse. In Third- und First-Person-Spielen mit schneller Action braucht man hingegen jedes Frame, und Zusatzlatenz, etwa in Form von Triple Buffering, kann ungesund enden. Hier kommt mit G-Sync definitiv Freude auf, sofern die Fps-Rate jenseits der 40 liegt.

Bewegt man sich aufgrund schierer Pixelpracht unter 30 Fps – das kommt bei mir durchaus vor –, wird sowohl mit G- als auch mit Freesync dasselbe Frame zweimal nacheinander angezeigt; anders ist die Synchronisierung derart niedriger Fps nicht zu halten. Der dadurch bedingte, schwierig in Worten zu fassende Effekt verdient das Prädikat „ekelhaft“: Schnelle Kameraschwenks verursachen eine Art Ghosting, einen flackernden Schweif. Das stört mich persönlich mehr als die Bildrisse ohne jegliche Synchronisierung, welche bei dieser Bildrate subjektiv flüssiger wirken. Daraus folgt: Wer, wie ich, hoffte, dass Adaptive Sync auch bei geringen Bildraten Glück und Freude hervorruft, wird enttäuscht. 40 Fps sollten's mindestens sein. (rv)



Dirt Rally

Rennspiele wie das gerade fertiggestellte Dirt Rally bereiten auf einem Display mit dynamischer Bildwiederholrate richtig Freude.

Codemasters' neuestes Rennspiel zeigt die heilsame Wirkung von G- respektive Freesync perfekt. Der exemplarische Benchmark im verschneiten Schweden offenbart zunächst, dass 60 Fps in UHD von (m)einer High-End-GPU nicht gehalten werden können, V-Sync wäre bei 60 Hz daher nicht optimal nutzbar. G-Sync gelingt es, die Bildrate zwischen 40 und 60 angenehm glatt wiederzugeben, die Umgebung huscht riss- und stotterfrei am Auto des Spielers vorbei. Mit Bildraten im 30er-Bereich führt das Frame-Doubling zu einem unschönen „Kaugummi“-Effekt, doch für die Dirt- und Grid-Serien werden ohnehin 45+ Fps benötigt.

Dirt Rally (Final), max. Details, adv. Blending aus, 4x MSAA – „Schweden“

3.840 × 2.160 (ohne G-Sync)	51	57,2 (Basis)
4.096 × 2.160 (ohne G-Sync)	49	54,8 (-4 %)

PC: i7-5820K @ 2,5 GHz, kein SMT, Titan X @ 1.450/4.207 MHz, Win 10 x64 **Min. | Ø Fps** ▶ Besser



Santa Claus in trouble

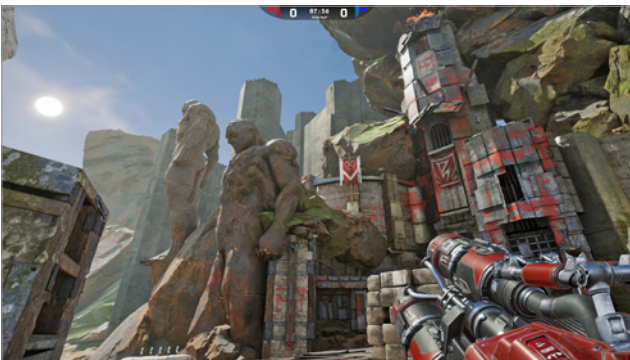
Mein Lieblingsspiel zu Weihnachten hat schon einige Jahre auf dem Buckel. Lohnt sich G-Sync bei diesem Jump & Run?

Wenn Sie diese Zeilen lesen, ist Weihnachten schon vorbei, doch dieses drollige Jump & Run, zu dem es auch einen Nachfolger gibt, lohnt sich jedes Jahr. Es gilt, als Weihnachtsmann und mit passender Musikuntermalung Geschenke zu sammeln und dabei Feinden auszuweichen – Gewalt gibt es keine. Hardware-Hunger ebenfalls nicht. Wie Sie unten sehen, sind moderne PCs für wahnwitzige Bildraten gut. Ultra HD „g-synct“ mit 60 Fps ist folglich kein Problem, sogar 8K-DSR (siehe PCGH 01/2016) läuft perfekt. G-Sync bringt in diesem Spiel jedoch keinen Vorteil gegenüber schnödem V-Sync, da keine Eingabeverzögerung auffällt.

Santa Claus in trouble, max. Details, 8x TSSAA/16:1 AF (Treiber) – „Level 1“

3.840 × 2.160 (ohne G-Sync)	483	507,0 (Basis)
4.096 × 2.160 (ohne G-Sync)	479	504,7 (-0 %)

PC: i7-5820K @ 2,5 GHz, kein SMT, Titan X @ 1.450/4.207 MHz, Win 10 x64 **Min. | Ø Fps** ▶ Besser



Unreal Tournament (UT4)

Das neue UT befindet sich zwar noch tief in der Entwicklung, macht aber schon jetzt einen exzellenten Eindruck.

Ich finde, „UT4“ fühlt sich schon im kostenlosen Early-Access besser an als UT3. Das schnelle, direkte Gameplay erfordert jedoch eine Bildrate im 50er-Bereich, um zu gefallen – das ist in Ultra HD selbst mit (m)einer übertakteten Titan X ohne Detailreduktion schwierig. V-Sync kommt aufgrund der damit verbundenen Restriktionen nicht infrage, G-Sync schon. Die adaptive Bildwiederholrate verhilft im 40- und 50-Fps-Bereich zu weicherer Bildausgabe, darunter (<40 Fps) wirkt das Frame-Doubling aber kontraproduktiv. Da UT hier unten aber nie wirklich Spaß macht, ist die Kritik akademischer Natur. Ich wünsche mir 120 synchronisierte Fps!

UT4 (Pre-Alpha), max. Details, Temporal-AA – „Titan Pass“

3.840 × 2.160 (ohne G-Sync)	47	54,7 (Basis)
4.096 × 2.160 (ohne G-Sync)	44	51,8 (-5 %)

PC: i7-5820K @ 2,5 GHz, kein SMT, Titan X @ 1.450/4.207 MHz, Win 10 x64 **Min. | Ø Fps** ▶ Besser



The Witcher 3

CD Projekts Meilenstein ist aufgrund seiner Pracht ein guter Test der G-Sync-Eignung bei Bildraten im 30er- und 40er-Bereich.

Ich genieße dieses unfassbar gute Spiel normalerweise in 4.096 × 2.160 Pixeln. Dank maßvoll reduzierter Details bewege ich mich dabei im Bereich zwischen 30 und 40 Fps. Mit dem Asus PG27AQ, das maximal 3.840 × 2.160 Pixel zeichnet, wird ein vergleichbares Fps-Niveau erreicht, G-Sync sollte daher die überschaubare Bildmenge verschönern. Das funktioniert, die Verbesserung ist jedoch minimal. Anders sieht das bei höheren Fps aus, die nur mit herabgesetzten Details oder weniger Pixeln erreicht werden: Mit 50+ Fps machen Geralt und Yennefer eine noch bessere Figur als zuvor. Unten sehen Sie einen Worst-Case-Benchmark.

Witcher 3, Gameworks/HBAO+ an (2x AA), Treiber-FXAA – „Wicked Woods“

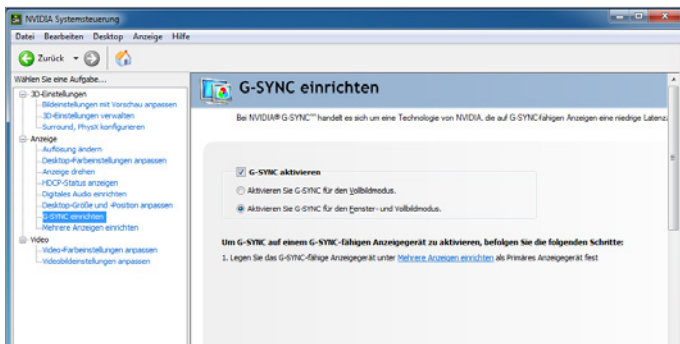
3.840 × 2.160 (ohne G-Sync)	31	32,7 (Basis)
4.096 × 2.160 (ohne G-Sync)	29	30,9 (-6 %)

PC: i7-5820K @ 2,5 GHz, kein SMT, Titan X @ 1.450/4.207 MHz, Win 10 x64 **Min. | Ø Fps** ▶ Besser

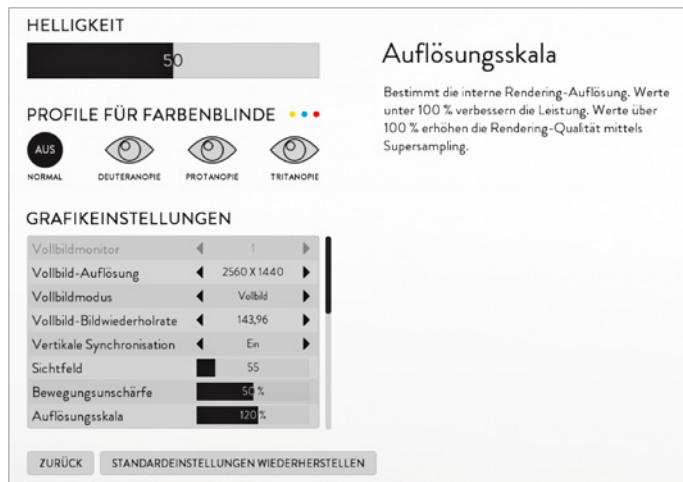
Thilo testet den Dell S2716DG (G-Sync)



Das Testgerät für den Chefredakteur: Das Dell S2716DG kommt mit TN-Panel, bis zu 144 Hz unter WQHD und G-Sync im Handgepäck.



Eigentlich idiotensicher: G-Sync lässt sich im Geforce-Treiber einfach ein- und ausschalten. Im Zweifel sollte man noch mal die 3D-Einstellungen überprüfen.



Battlefront: DSR-Auflösungen werden zwar angezeigt, aber nicht übernommen. Um in kritische Fps-Bereiche zu kommen, muss man die Auflösungsskala nutzen.

Für den Dauertest habe ich mir den Dell S2716DG ausgeguckt, da er ein für mich interessantes Feature-Set vereint. Ich nutze daheim ein Qnix-Korea-LCD mit WQHD, 60 Hz und AHVA-Panel (IPS-ähnlich). Der Dell vereint dagegen WQHD, 144 Hz und G-Sync – nur das verwendete TN-Panel stört mich etwas. Zu meiner Grafikkarte, einer MSI GTX 970 Gaming, passt ein Ultra-HD-Display nicht wirklich, dazu reicht die Leistung einfach nicht. Insofern sind die Aussichten eigentlich gut: Mit dem Dell S2716DG habe ich einen flotten Monitor bis 144 Hz bzw. 1 ms Schaltzeit (optional), der dank G-Sync auf dem Papier auch bei niedrigen Fps im Bereich 40-60 noch ein flüssiges Spielgefühl erlaubt. In meiner Steam-Bibliothek finden sich vor allem Strategie-/ Rollenspiele, bei denen man viel auf der Karte hin- und herscrollen muss. Eigentlich ein Ideal-Szenario für G-Sync, vor allem wenn man die Auflösung hochzieht (notfalls über DSR) und die Fps unter 60 fallen. Daneben zocke ich im Moment noch Star Wars: Battlefront, ein klassischer Shooter, der normalerweise mit hohen Fps gespielt wird.

Installiert und läuft, aber ...

Die Installation des Monitors ist denkbar einfach: Per Displayport verbinde ich die GTX 970 mit dem Dell S2716DG, dazu kommt der (fast) aktuelle Geforce-Treiber 359.00 auf den PC. Im Menü wird G-Sync aktiviert (Vollbild und Fenster) und schon kann es losgehen. Ohne große Vorbereitungen will ich direkt ein Spiel ausprobieren. Als Erstes werfe ich gleich Battlefront an, ein Rundflug über den Eisplaneten Hoth offenbart aber, dass etwas nicht stimmt. Und dann erinnere ich mich daran, dass man die 144 Hz Refreshrate natürlich schon auf dem Desktop merken muss. Ich also zurück zu Windows, dann in die Bildschirmauflösung und unter „erweiterte Einstellungen“ zur Bildschirmaktualisierungsrate des Monitors. Dort waren 59 Hz eingestellt, vermutlich noch vom Vorgänger-Monitor. Als ich dann die Rate auf 144 Hz hochziehe, läuft es auch in Battlefront geschmeidiger. Trotz-

dem: Von G-Sync merke ich in dem Hoch-Fps-Szenario (100 Fps auf Hoth in WQHD) nicht wirklich etwas. Es wird Zeit, noch einmal von vorne anzufangen. Dieses Mal aber überlegter.

Dann im zweiten Anlauf

Zuerst probiere ich die G-Sync-Pendeldemo von Nvidia aus, um zu prüfen, ob die Technik auch passt. Besonders bei 40 oder 50 Fps sehe ich deutliche Unterschiede in der Flüssigkeit der Bewegung, bei 60 Fps wird es schon schwerer. Das bestärkt mich darin, dass es gar nicht einfach ist, bei hohen Fps starke Unterschiede zwischen „V-Sync an“ und „G-Sync“ zu erkennen – zumindest wenn das Spiel die Grafikkarte einigermaßen gleichmäßig auslastet und die Frames nicht unnatürlich schwanken. Aber G-Sync will ja auch (oder vor allem) den Fps-Bereich zwischen 40 und 60 geschmeidiger gestalten. Das klappt ziemlich gut in Shadowrun Chronicles, einem rundenbasierten Rollenspiel, wo man viel auf der Karte scrollt. Mit G-Sync scrollt es sich deutlich geschmeidiger, auch wenn ich trotz DSR auf 3.135×1.764 nicht unter 60 Fps komme. Ähnlich läuft es beim Strategiespiel Renowned Explorers, wo ich sogar in 3.413×1.920 noch über 100 Fps bin – das Scrollen fühlt sich mit G-Sync aber auch hier flüssiger an.

Keine nennenswerten Unterschiede merke ich bei Hard West oder XCOM Enemy Unknown. Beim rundenbasierten Western-Adventure Hard West funktioniert DSR nicht und die Frames bleiben bei 40-50 Fps. Bei XCOM Enemy Within habe ich auch in 3.413×1.920 noch fast 60 Fps. In beiden Spielen ist die Kamera per se etwas träge und schwammig, ob nun mit oder ohne G-Sync. Als letzten Test starte ich noch mal Battlefront, dieses Mal aus Sullust mit klassischer Shooter-Perspektive. Ich erzwingen per Auflösungsskala (WQHD mit 120 %) Fps zwischen 52 und 57, das ist gerade noch flüssig spielbar und geht mit G-Sync tatsächlich leichter von der Hand. Man hat das Gefühl, in der Situation einen Tick besser zu treffen. (tb)

Reinhard probiert den AOC G2460PF aus

Free- und G-Sync spielen in meinem Alltag bislang noch keine Rolle, was auch daran liegen könnte, dass ich mir bereits letztes Jahr einen WQHD-Monitor angeschafft habe, der zwar nur 60 Hz schafft, mich aber auf vorerst weiter begleiten soll. Obwohl ich das Prinzip der Technik kenne und ab und zu auch mal einen Blick über die Schulter der Kollegen geworfen habe, sind das also meine ersten eigenen Erfahrungen mit einer der beiden Synchronisations-Technologien.

Hardware und Einrichtung

Zunächst musste erst einmal eine Grafikkarte mit einem AMD-Chip her, ich entscheide mich für eine Radeon R9 390 – mit meiner GTX 780 würde Freesync auf dem Monitor nicht funktionieren. An dieser Stelle erlaube ich mir einen kleinen Seitenhieb an Nvidia auszuteilen, die sich ohne Not leider entschieden haben, einen eigenen, für den Kunden auch noch deutlich teureren Weg zu gehen.

Die Einrichtung von Freesync ist erstaunlich einfach. Nachdem die neue AMD Radeon Software installiert ist, klicke ich mich durch die Menüs und finde bald den Schalter für Freesync. Ich aktiviere ihn, aber es befallen mich Zweifel, ob es das schon gewesen sein soll. Zur Gegenprüfung lud ich mir die Freesync-Demo-Software aus dem Netz und spielte darin herum. Und tatsächlich: Freesync war eingeschaltet und funktionstüchtig.

Der Freesync-Effekt

Die Demo nutzte ich sogleich auch nochmal dazu, um zu erkennen, worauf ich achten muss. Aber vor allem in der Windrad-Szene stellte ich fest, dass die subjektive Verbesserung eigentlich viel geringer ist, als ich das erwartet habe. Zumal mir hier vermutlich ein Worst Case präsentiert wird. Eine deutliche Steigerung bei der Gleichmäßigkeit der Bildwiedergabe bringt Freesync erst beim wandernden roten Streifen, allerdings stellt das einen so hohen Kontrast dar, den man in einem Spiel so kaum erlebt. Das Feature wurde natürlich nicht für Demos erfunden, weshalb ich

Freesync im Verlauf der letzten Wochen auch in meinen aktuellen Lieblingsspielen Dota 2 und Kerbal Space Program testete. Leider sind beide Spiele in Sachen Grafik viel zu anspruchslos, sodass die Framerate fast jederzeit über dem für Freesync besonders interessanten Bereich von unter 60 Hz liegt. Nur wenn man besonders aufwändige Raumschiffe baut, können die Fps in Kerbal Space Program aufgrund der aufwändigen Physikberechnung unter diese Grenze fallen. Das ist aber nur ein zeitlich begrenzter Vorteil, da die Schiffe im Verlaufe einer Mission immer kleiner werden. In meinen privaten Lieblingsspielen konnte ich das Vorhandensein von Freesync also nicht bemerken. Sehr positiv fiel mir jedoch die hohe Bildfrequenz des Monitors auf. An diese kann ich mich definitiv gewöhnen und ich hoffe, dass ich nicht für meinen eigenen Monitor verdorben wurde.

Noch mehr Spiele

Nachdem Freesync auf meine Alltags-Spiele so gut wie keinen Effekt hatte, erinnerte ich mich daran, dass The Vanishing of Ethan Carter es sehr gut vermochte, meinen PC in die Knie zu zwingen. Das stimmt (zusammen mit 4 × SSAA) auch für die aktuelle Konfiguration, meist befindet sich der Fps-Wert im Bereich um 60 Hz. Und tatsächlich: Die Vorteile von Freesync zeigten sich vor allem im Wald, wenn man sich vor Baumstämmen mit hellem Hintergrund – etwa dem Himmel – dreht. Durch Freesync verschwindet das Tearing komplett. Die subjektive Verbesserung des Spielgefühls ist für mich insgesamt jedoch immer noch gering.

Freesync – ja oder nein?

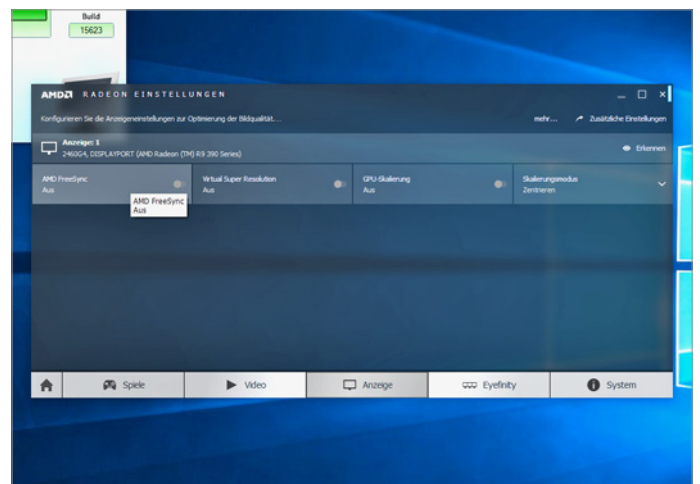
Sollte Freesync bei meinem nächsten Monitorkauf ein Feature sein, das man für kleines Geld mitnehmen kann, werde ich zugreifen. Ein Hardware-Upgrade speziell wegen dieser Funktion käme für mich allerdings niemals in Frage, da ich mich in der Regel mit grafisch anspruchslosen Spielen bei hohen Fps-Werten unterhalte und die Vorteile dieser Technik somit kaum ausnutzen kann. (rs)



Der AOC G2460PF bietet neben der Freesync-Funktion auch ein TN-Panel mit 1.920 × 1.080 Pixel und eine 144-Hz-Bildwiederholfrequenz.



In The Vanishing of Ethan Carter bekämpft Freesync sehr gut Tearing. Richtig gut erkennt man es aber nur bei harten Kontrasten, wie etwa diesem Baumstamm.



Die anfänglichen Probleme mit Freesync scheinen gelöst zu sein. Die Funktion arbeitet tadellos, sobald diese Option in der Radeon Software aktiviert wird.

Diese Fazits ziehen unsere vier Tester

Mit vier PCGH-Testern, die sich einige Tage lang mit der Thematik beschäftigt haben, hoffen wir auf ein aufschlussreiches Meinungsbild. Wie machen sich Free- und G-Sync in unterschiedlichen Frequenzbereichen? Welche Rolle spielt das jeweilige Display? Und vor allem: Welche Spiele profitieren davon am meisten?

Heterogenes Feedback

Einmal mehr lässt sich konstatieren, dass variable Refreshzyklen wohl nicht für alle ein „Gamechanger“ sind. Während sämtliche Tester sich über die prinzipiellen Vorteile einig sind, geht die Meinung über den Praxisnutzen auseinander. Leichte Enttäuschung herrscht über den geringen Wirkungsgrad

bei sehr niedrigen Frameraten – Ruckeln bleibt nun mal Ruckeln – sowie Monitor-spezifische Einschränkungen bei der Freesync-Bandbreite nach oben hin. Auch Framedoubling wird nicht durchgehend goutiert: Low-Fps-Experte Vötter freut sich zwar über das rissfreie Spielerlebnis in den unteren Gefilden, doch die Trickserei mit der Frequenzverdopplung sorgt aufgrund dieser Bildartefakte nicht nur für Freude.

Und fast alle Tester kritisieren Nvidias Festhalten am eigenen Standard, der sich preislich bemerkbar macht und wechselwilligen GPU-Käufern eine Fußfessel anlegt. Positive Stimmen gibt es natürlich auch genug: Die verringerte Ein-

gabelatenz und massiv verbesserte Bildqualität besonders zwischen 40 und 60 Fps machen einen Verzicht schwer. Je nach eingesetztem Spiel sind Free- und G-Sync mal genial – etwa in Rennspielen –, mal ein optionales Schmankerl.

Kaufen, warten, verzichten?

Zwar bewerben Monitorhersteller die dynamische Refreshrate mit einigem Recht als große Innovation, denn gemessen an Trends wie Panel-Krümmung und Ultra-Widescreen-Format haben Freesync & Co. gewiss die größte Chance, sich langfristig durchzusetzen. Das rechtfertigt aber noch keinen Blindkauf. Als vorläufige Entscheidungshilfe könnte Ihnen die ungeschönte Meinung unserer freiwilligen

„Versuchskaninchen“ dienen, von denen sich gleich zwei zum ersten Mal mit einem DRR-fähigen Monitor auseinandergesetzt haben – besonders interessant für alle, die dem Thema bislang ganz aus dem Weg gegangen sind. (ms)

Fazit



G-Sync, Freesync oder N-Sync?

Von wegen Gamechanger: Nicht jeder unserer Tester würde sich für Free- oder G-Sync einen entsprechenden Monitor kaufen. Was dem einen unverzichtbar geworden ist, ist dem anderen keinen Aufpreis wert. Außerdem zeigt sich, dass die Effektivität jeweils stark vom Spielgeschmack abhängt. Warten wir ab, was das neue Jahr bringt.

Das Problem zu hoher Erwartungen an G-Sync

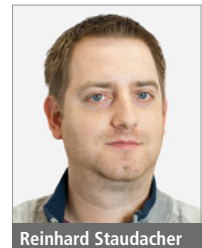
Ich bin mit großen Erwartungen an den G-Sync-Dauertest gegangen – das war ein Fehler, denn wenn die Hoffnungen zu hoch sind, wird man oft enttäuscht. In meinem Fall liegt das nicht an der Technik an sich, die funktioniert in der Theorie einwandfrei und ich bin auch sehr empfänglich für „lagfreies“ Spielen im Bereich 40-60 Fps. Das Problem ist eher, dass ich sehr viele Indie-Titel spiele, die teilweise nicht mal ein Menü für die Spielaufklärung oder generell kein Potenzial für G-Sync haben, weil man zu wenig Kamerabewegung im Spiel hat. Und wenn ich schon einen nennenswerten Aufpreis für G-Sync bezahlen muss, dann sollten die Vorteile auch in jedem Spiel greifen.



Thilo Bayer

G-Sync und Freesync: Nett, mehr aber auch nicht

Wenn man sich vor Augen hält, mit welchem Aufwand G-Sync und Freesync vermarktet wurden, kann ich nur zum Urteil kommen, dass das völlig übertrieben war. Ja, der Effekt ist nett und sorgt für ein etwas geschmeidigeres Bild, aber er rechtfertigt definitiv keinen Hardware-Neukauf – ganz besonders nicht, wenn die Funktion im Falle von Nvidia auch einen empfindlichen Aufpreis kostet. Sollte in einigen Jahren ein neuer Monitor fällig werden, werde ich Freesync für kleines Geld gerne mitnehmen. Einen erheblichen Aufpreis würde ich für die Synchronisierungsfunktion aber nicht bezahlen wollen. Zumal sie bereits Eingang in einen offiziellen VESA-Standard gefunden hat.



Reinhard Staudacher

G-Sync: Gut, allerdings kein Gamechanger

Dynamic Refresh Rate alias Adaptive Sync ist ohne Zweifel eine Bereicherung des Monitormarkts. Leider dauert die Übergangsphase, in denen Free- und G-Sync miteinander konkurrieren, viel zu lange. Auch wenn ich Nvidias Festhalten an proprietärer Technologie aus Unternehmenssicht verstehe, nervt dieses Gebaren gewaltig: Es verhindert die Durchsetzung des Standards Adaptive Sync und somit die freie Wahlmöglichkeit. Mir gefällt G-Sync am Asus PG27AQ gut, allerdings nicht so sehr, dass ich deswegen eine Ehe mit Nvidia eingehen möchte. Da nutze ich lieber weiter mein DCI-4K-LCD mit N-Sync (Nichtadaptive Synchronisierung) und warte ab.



Raffael Vötter

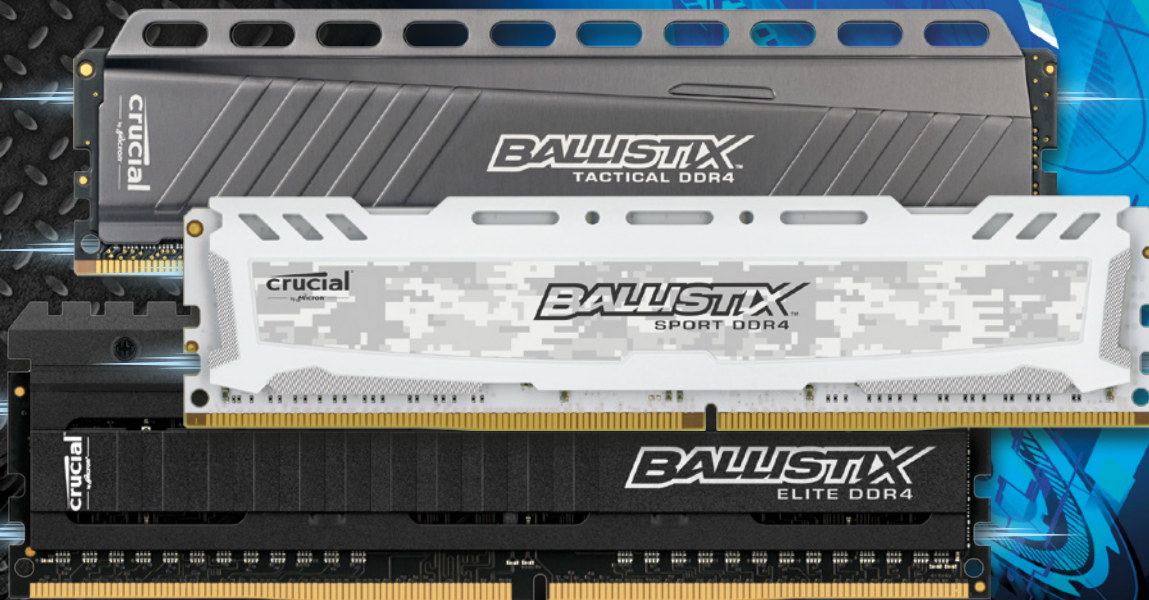
Ohne adaptive Synchronisation kaufe ich kein Display mehr

Ich beschäftige mich schon seit einer Weile mit synchronisierten Displays und es hat auch Zeit gebraucht, um den Effekt in vollem Maße wertschätzen zu können. In einigen Spielen funktioniert die Technik nicht, durch andere Faktoren auftretende Ruckler fallen meines Erachtens nochmals deutlicher auf und gegen (zu) niedrige Bildraten hilft auch keine Synchro. Aber bei Bildraten zwischen 45 und 60 Fps oder zwischen 60 und 90 Fps sorgt G- oder Freesync für ein deutlich besseres Bild ohne zusätzlichen Input-Lag. Ohne möchte ich nicht mehr spielen. Das Asus MG279Q ist bislang das beste Freesync-Display, das ich ausprobiert habe, einzig das 90-Hz-Limit nervt mich.



Philipp Reuther

PERFORMANCE MEMORY



ERWEITERT DIE GRENZEN

Vom DDR-Speicher alter Schule bis hin zum Elite-DDR4: Ballistix entwickelt seit mehr als 35 Jahren Arbeitsspeicher für Gewinner.

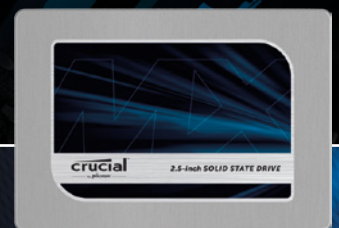
Ballistix-Arbeitsspeicher ist gemäß einer der schärfsten Standards der Branche gründlich getestet und bietet ein atemberaubendes Leistungsniveau.



BALLISTIX™

Erhältlich bei: www.alternate.de www.atelco.de www.caseking.de www.cyberport.de www.reichelt.de
www.computeruniverse.de www.notebooksbilliger.de www.hoh.de

©2015 Micron Technology, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Änderungen ohne Vorankündigung vorbehalten. Alle anderen Markenzeichen und Logos sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.



Crucial® MX200 SSD

Mehr Geschwindigkeit,
Kapazität und Ausdauer.

Machen Sie Ihren Computer schneller und leistungsfähiger mit der Crucial® MX200 SSD. Sie bietet die branchenweit beste Kombination aus Leistung, Ausdauer und Effizienz. Branchenführende Spezifikationen in allen Bereichen, darüber hinaus die neue Technologie der dynamischen Schreibbeschleunigung: Die Crucial MX200 ist vollgepackt mit innovativen Funktionen und steigert die Leistung Ihres Systems von der ersten Sekunde an.

crucial
by **micron**



Vsync, Inputlag und Co.

Free- und G-Sync-Monitoren gehört die Zukunft; Displays mit fester Refreshrate sind aber noch weit verbreitet. Typischerweise hilft hier normales Vsync gegen Tearing – mit einigen Nebenwirkungen.

Viel haben wir über den „Game-changer“ Adaptive Sync berichtet, doch noch immer setzt ein Großteil der Spieler auf Monitore mit fester Refreshrate. Immerhin ist der Einsatz von Free- oder G-sync-fähigen Displays aktuell noch immer eine Kostenfrage: Für die Implementierung lassen sich die Hersteller gut bezahlen – insbesondere im Fall von G-Sync werden Lizenzgebühren für die Hersteller fällig, die sich dementsprechend auch im Verkaufspreis niederschlagen. Da die persönliche Schmerzgrenze für Monitorpreise bei vielen Nutzern unter dem Mindestpreis für ein adäquates Free- oder G-Sync-Modell liegt, bleibt nur der Notbehelf mit den üblichen Alternativen, um Tearing zu vermeiden. Die bekannteste ist Spielern ein-

fach als vertikale Synchronisation, kurz „Vsync“, längst bekannt. Wie aber funktioniert klassisches Vsync eigentlich und worin liegen die Nachteile gegenüber den weiterentwickelten Verfahren?

Ursprünge im CRT-Zeitalter

Der Begriff „vertikale Synchronisation“ geht im Grunde noch auf die Ära der Röhrenmonitore zurück. Deren Bildaktualisierung erfolgte zeilenweise von oben nach unten; war der Elektronenstrahl unten angelangt, musste er oben wieder ansetzen, um das nächste Bild in der Phosphorschicht des Bildschirms zu erzeugen – die dafür notwendige Dauer nennt sich Vertical Blanking Interval, kurz VBLANK. Ohne Berücksichtigung dieser Wartezeit mittels vertikaler Synchronisation

sob die Grafikkarte ungebremst Frames zum Ausgabegerät, die Bildinformation von zwei oder mehr Frames wurde dann vom Monitor in einem einzigen Bild wiedergegeben – bei Bewegungsbildern ist dies durch horizontal verlaufende Verschiebungen oder „Bildrisse“ sichtbar. Deswegen fällt Tearing vor allem bei Seitwärtsbewegungen des Blickfeldes so stark auf.

Obwohl moderne LCDs anders funktionieren als Röhrenmonitore, ist diese Synchronisierung weiterhin relevant. Denn auch Flachbildschirme erreichen nur eine begrenzte Anzahl an Bildwechseln pro Sekunde, abhängig von ihrer jeweiligen Schaltzeit. Monitore mit einer festen Refreshrate von 60 Hertz können zum Beispiel alle

16,67 Millisekunden ein neues Bild darstellen. Natürlich erreichen Grafikkarten aber auch Bildraten von weit über 60 Frames pro Sekunde und berechnen dabei mehr Bilder, als der Monitor gleichzeitig darstellen kann.

Populäres Missverständnis

Problematisch ist nicht bloß die Differenz zwischen maximaler Refreshrate und Framerate. Selbst bei einem theoretisch idealen Verhältnis von 60 Fps zu 60 Hertz kann Tearing auftreten, solange eine Phasenverschiebung zwischen Grafikkarte und Display besteht. Deswegen genügt es auch nicht – wie immer wieder vermutet wird –, die Bildrate mittels Framelimiter zu begrenzen; denn echte Synchronität kann damit nicht erreicht werden.

Um die Tearing-Problematik also zusammenzufassen: Die Grafikkarte arbeitet mit einer variablen Bildrate, Monitore ohne dynamischen Refresh hingegen mit einer festgelegten Bildrate. Genau hier setzt Vsync an, indem es beide Faktoren aufeinander abstimmt.

Alles in Buffer?

Moderne Grafikkarten arbeiten bei vertikaler Synchronisierung mit zwei Arten von Framebuffers, zu Deutsch „Bildspeicher“: namentlich dem primären Buffer (Frontbuffer) sowie dem sekundären Buffer (Backbuffer). Beide definieren Speicherbereiche auf der Grafikkarte. Diese legt fertig gerenderte Frames zunächst im Backbuffer ab, während das zuvor erstellte Bild vom Frontbuffer an den Monitor übermittelt wird. Nach Beendigung dieses Vorgangs erfolgt ein Rollentausch, sodass der zuvor im Backbuffer abgelegte Frame im Frontbuffer zur Verfügung steht, während die Grafikkarte den frei gewordenen Buffer mit dem nächsten Frame versorgen kann – und so weiter. Der offensichtliche Vorteil dieser Arbeitsteilung besteht für die Grafikkarte darin, nicht darauf warten zu müssen, bis ein einzelner Buffer geleert und anschließend wieder verfügbar ist.

Solange die GPU eine Framerate über der maximalen Refreshrate des Monitors liefern kann, funktioniert Vsync mit Double Buffering wie gewünscht. Problematisch wird es aber, wenn die Grafikkarte – etwa in besonders grafiklastigen Spielen – dieses Niveau nicht halten kann: Der Monitor wartet in diesem Fall auf das nächste, fertig gerenderte Bild, erhält aber keines und zeigt stattdessen dasselbe Bild ein zweites Mal an. Als Konsequenz halbiert sich die Bildrate, bei einem 60-Hertz-Monitor sackt die Bildrate also kurzzeitig auf 30 Fps ab. Dies stört den Bildfluss natürlich erheblich. Die naheliegende Lösung liegt in der Addition mindestens eines weiteren Zwischenspeichers – besser bekannt als Triple Buffering.

Letztgenanntes wird gelegentlich schon in den spielinternen Grafikoptionen angeboten und lässt sich anderweitig über den Treiber forcieren; funktioniert dann aber nur in Open-GL-Spielen. Durch Pre-Render-Queues kommt Triple Buffering in ähnlicher Form auch in DirectX-Anwendungen zum Einsatz, ansonsten muss „richtiges“ TB mithilfe von Zusatzprogrammen wie D3DOVERRIDE erzwungen werden.

Vsync als Kompromiss

Vsync kann auch Teilzeit arbeiten; in dem Fall wird die Synchronisierung nur über 60 Fps angewendet, darunter gar nicht – somit werden die zuvor erwähnten hohen Frame-Drops vermieden. Dafür kann unterhalb von 60 Fps aber auch wieder Tearing auftreten. Für Besitzer von Nvidia-Grafikkarten lässt sich adaptives Vsync in den 3D-Einstellungen im Treiber-Panel aktivieren (nicht zu verwechseln mit dem VESA-Standard Adaptive Sync, der bei Freesync-Monitoren zur Anwendung kommt). Radeon-Nutzer finden derzeit weder im Catalyst Control Center noch im neu geschaffenen Crimson-Treiber eine entsprechende Einstellung, können adaptives Vsync aber über Drittprogramme wie Radeon Pro als „Dynamic Vsync“ erzwingen. Sinnvoll ist adaptives Vsync vor allem dann, wenn die Bildrate nur sehr selten unter 60 Fps sinkt.

Sonderfall: 120-/144-Hertz-Monitore

Free- und G-Sync, so haben wir in der Vergangenheit berichtet, machen sich vor allem zwischen 40 und 60 Fps positiv bemerkbar. Dafür gibt es einen guten Grund: In diesem Bereich empfinden wir Tearing subjektiv als besonders störend. Im oberen Frequenzspektrum schneller 120- oder 144-Hertz-Monitore, eine ähnlich hohe Framerate vorausgesetzt, sind Bildrisse hingegen weniger stark wahrzunehmen. Dies liegt unter anderem an der wesentlich kürzeren Zeitspanne, in der ein Bildriss auf dem Display zu sehen ist, wie auch an der

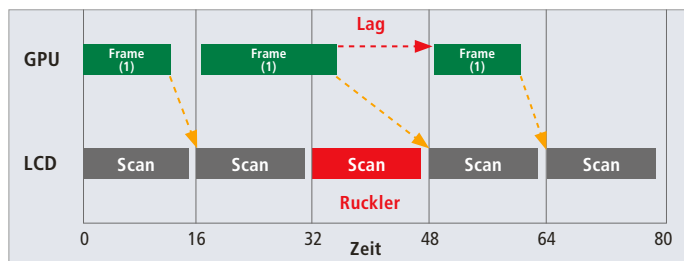
TOSHIBA
Leading Innovation >>>

Präzision in Höchstform

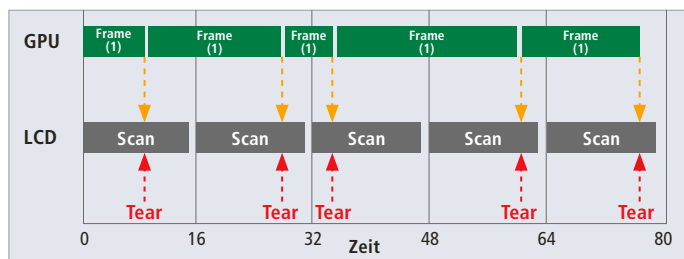
Dauerhaft zuverlässig
bis ins kleinste Detail.



X300
High-Performance Hard Drive



Kann die Grafikkarte mit dem Refresh des Monitors nicht Schritt halten, sorgt dies für spürbares Bildstottern und verzögerte Eingabe (vereinfachte Darstellung).



Fester Refresh vs. dynamische Framerate: Wenn die Bildinformationen aus verschiedenen Frames in einem Bild angezeigt werden, sind Bildrisse sichtbar – typisch Tearing.

Bildstottern mit Vsync

Die von der Grafikkarte gelieferte Bildrate schwankt bei leistungshungrigen Spielen mitunter stark. Abhängig von der Komplexität der Darstellung kann es vorkommen, dass die für Vsync wünschenswerten 60 Fps nicht stabil gehalten werden können. Als exemplarische Veranschaulichung dient der obige Vergleich: Die Berechnung des ersten Bildes erfordert aufgrund des wesentlich geringeren Detailgrads und geringerer Objektdichte weniger Rechenleistung als die zweite Szene. Mit double-buffered Vsync kann die Bildrate von einem Frame zum nächsten von 60 auf 30 Fps abfallen – im Spiel wird dies als lästiges Bildstottern wahrgenommen. Free- und G-Sync sind nicht auf die Stabilität der Bildrate angewiesen.



geringeren Diskrepanz zwischen Frame- und Refreshrate. Besitzer entsprechender Monitore sind also im Vorteil und können im Idealfall sogar ganz auf Vsync verzichten.

Inputlag: ein lästiger Makel

Zu den besonderen Nachteilen klassischer vertikaler Synchronisierung gehört eine erhöhte Eingabelatenz: Weil die gebufferten Frames zum Zeitpunkt ihrer Anzeige auf dem Bildschirm bereits älter sind als ohne den „Umweg“ über einen Zwischenspeicher, wirkt die Eingabe mit Maus, Tastatur oder Controller leicht verzögert. Je nach Anwendung stört dieser Effekt mehr oder weniger: In langsamen Spielen ohne besondere Präzisions- und Reaktionserfordernis ist die Eingabeverzögerung in der Regel noch zu verkraften, in schnellen First-Person-Shootern dagegen ein unerträgliches Ärgernis. Hier nehmen Spieler häufig Tearing zugunsten einer möglichst hohen Framerate und Eingabedirektheit in Kauf.

Tricks mit Framecap & Co.

Interessanterweise ist man nicht dazu verurteilt, diese Eingabeverzögerungen klaglos in Kauf zu nehmen. Ein probates Gegenmittel ist die Kombination aus triple-buffered-Vsync und Frame Limiter. Dabei wird die Bildrate der Grafikkarte manuell auf einen Wert knapp unterhalb der Refreshrate festgesetzt, im Falle eines 60-Hertz-Displays liegt dieser Wert bei etwa 58 oder 59 Fps. Eines der bekanntesten Anwendungsbeispiele ist Skyrim, denn dort lässt sich ein Framelimit zugunsten spürbar geringerer Eingabeverzögerung vortrefflich mit Vsync kombinieren. Möglich machen das einschlägige Programme wie Afterburner, Pre-

cision X, Dxtory oder Nvidia Inspector, die in den Renderprozess eingreifen können. Die Begrenzung hilft, den Versatz zwischen fertig berechnetem und angezeigtem Bild nicht zu groß werden zu lassen, wie es bei einer Diskrepanz zwischen GPU-seitigen 90 Fps zu 60 Hertz Refreshrate beispielsweise der Fall wäre. Damit wird auch die Eingabeverzögerung spürbar verringert.

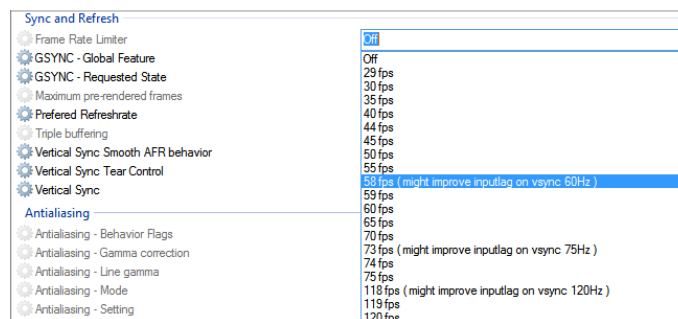
Nicht jeder fühlt sich durch Tearing beeinträchtigt; auch tritt das Phänomen von Spiel zu Spiel unterschiedlich stark auf. Wer sich trotzdem zu Vsync entschließt, tut damit nicht nur seinen Augen etwas Gutes – auch die Grafikkarte selbst arbeitet nur gerade so viel, wie zum optimalen Ansteuern des Monitors notwendig ist. Das System arbeitet schließlich stromsparender und damit auch potenziell kühler und leiser. Als Wermutstropfen ist eine erhöhte Eingabeverzögerung nicht völlig zu vermeiden, lässt sich mit einer Kombination aus Vsync und Framelimiter aber manchmal verringern. Als Überbrückung bis zum ersten Dynamic-Refresh-Display oder als adäquate Dauerlösung hat klassisches Vsync jedenfalls noch nicht ganz ausgedient. (ms)

Fazit

Hardware

Dynamic Refresh ist kein Muss

Grundsätzlich ist die technische Überlegenheit von Free- und G-Sync nicht anzuzweifeln. Trotzdem ist ein dynamischer Refresh kein absolutes Muss. Besitzer schneller 144-Hertz-Displays sind je nach Anwendung schon gut bedient. Auch mit herkömmlicher Synchronisierung lässt sich – etwas Experimentierfreude vorausgesetzt – viel erreichen.



Mit einem manuell festgesetzten Framelimit wie im Nvidia Inspector lässt sich die Eingabeverzögerung bei aktiviertem Vsync oft etwas verringern.



JETZT AKTIONSPACK KAUFEN UND IN-GAME INHALT SICHERN!

Mit der Hydro Assassins Creed® Edition von Wilkinson Sword erhältst du exklusiven Zugang zum Assassins Creed® Pirate Pack und einen gratis Rasierer. Mehr Info in jedem Aktionspack:



HYDRO 3:

Mit 3 UltraGlide Klingen und Skin Guards für mühelosen Komfort.



HYDRO 5:

Mit 5 UltraGlide Klingen und Flip Trimmer für präzises Konturenschneiden.



HYDRO 5 POWER SELECT:

Mit drei individuell einstellbaren Vibrationsstufen für spürbar weniger Hautirritationen*.



HYDRO 5 GROOMER:

1 Rasierer – 4 Funktionen: trimmen, rasieren, Konturen schneiden und Feuchtigkeit erhalten.



ASSASSIN'S CREED SYNDICATE

* IM VERGLEICH ZUM WILKINSON HYDRO 5

© 2015 UBISOFT ENTERTAINMENT. ALL RIGHTS RESERVED. ASSASSIN'S CREED, UBISOFT AND THE UBISOFT LOGO ARE TRADEMARKS OF UBISOFT ENTERTAINMENT IN THE US AND/OR OTHER COUNTRIES.



Blick in die Zukunft

Das neue Jahr ist noch jung, doch eines steht bereits fest: 2016 erscheint eine Menge neue Hardware mit viel Potenzial. Wir legen dar, mit welchen Entwicklungen Sie rechnen können.

Mit einer frisch entwickelten CPU-Mikroarchitektur von AMD und neuen Grafikchips in einem verfeinerten Fertigungsverfahren sind dieses Jahr große Fortschritte zu erwarten. Mit Direct X 12 und Virtual Reality gibt es außerdem zwei Themengebiete, die 2016 an Bedeutung gewinnen werden. Wir halten daher für Sie die wichtigsten Erkenntnisse über die Produkte fest, welche wir dieses Jahr erwarten. Dazu sei erwähnt: Auch wenn wir uns für diesen Artikel nach Möglichkeit auf offizielle und seriöse Quellen gestützt haben, sind Änderungen möglich. Die Kaufentscheidung sollten Sie also auch dieses Jahr nicht von Prognosen, sondern nur von den Testergebnissen konkreter Produkte abhängig machen.

CPUs: AMD Zen

Wenn alles nach Plan läuft, startet 2016 die Serienproduktion der ersten AMD-Prozessoren mit der neuen Zen-Mikroarchitektur und bis zu acht Kernen. Die Entwicklung der Architektur ist wohl bereits seit dem im September bekannt gewordenen Weggang des Chefentwicklers Jim Keller abgeschlossen. Im Dezember getätigte Aussagen des AMD-CFOs Devinder Kumar lassen den Schluss zu, dass die Firma das Tape-out über die nächsten Monate finalisiert.

Mit Zen plant AMD, die Leistung pro Kern und pro Megahertz deutlich zu erhöhen. Statt eines Modul-Designs wie bei Bulldozer schwenkt AMD auf ein SMT-Konzept um. Ein Kern wird also zukünftig mehrere Th-

reads abarbeiten können. Mit Zen fährt man vermutlich pro Kern vier arithmetisch-logische Einheiten für Ganzzahlberechnungen und vier FMAc-Einheiten mit je 128 Bit für Gleitkommaoperationen auf. Zum Vergleich: Bei Bulldozer sind es pro Modul vier ALUs für Ganzzahlberechnungen und lediglich zwei von beiden Kernen eines Moduls geteilte 128-Bit-FMAc-Einheiten für Gleitkommaoperationen. Gegenüber Excavator, der neuesten Ausbaustufe von Bulldozer, peilt AMD eine 40 Prozent höhere Leistung pro Megahertz an. Die wohl bei Globalfoundries erfolgende 14-nm-Fertigung ermöglicht eine deutlich gesteigerte Energieeffizienz.

Neben einer neuen Mikroarchitektur erscheint auch eine neue Platt-

form, die PCI-Express 3.0 und USB 3.0 beherrscht. Der Sockel AM4 löst dabei nach aktuellem Stand nicht nur den Sockel AM3+, sondern auch den Sockel FM2+ ab. Ob AMD an der Sockelbauweise PGA-ZIF und Pins an der Prozessorunterseite festhält oder auf die von Intel- und Opteron-Systemen bekannte LGA-Bauweise mit Kontaktfedern im Sockel wechselt, ist aktuell nicht bekannt. Wir erwarten, dass AMD sich vom Chipsatz-Design mit North- und Southbridge verabschiedet und zukünftig auf das SoC-Konzept und ein optionalen Chip mit dem Namen Promontory setzt, der zusätzliche Funktionen bereitstellt. Ob die Mainboards die Nutzung von DDR3-Speicher ermöglichen werden, ist fraglich: Zen unterstützt ausschließlich DDR4-

Bristol-Ridge-APUs für den Desktop-Sockel AM4*

Name	Module	Kerne	L2-Cache	Basistakt	Max. Turbotakt	Max. Speichertakt	GPU-Shader	GPU-Takt	TDP	Konfigurierbare TDP
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	3,6 GHz	4,0 GHz	DDR4-2400	512	948 MHz	65 Watt	45 bis 65 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	3,1 GHz	3,5 GHz	DDR4-2400	512	900 MHz	35 Watt	Entfällt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	3,4 GHz	3,8 GHz	DDR4-2400	384	948 MHz	65 Watt	45 bis 65 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	3,0 GHz	3,2 GHz	DDR4-2400	384	900 MHz	35 Watt	Entfällt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	3,4 GHz	3,8 GHz	DDR4-2400	Keine GPU	Keine GPU	65 Watt	45 bis 65 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	3,0 GHz	3,2 GHz	DDR4-2400	Keine GPU	Keine GPU	35 Watt	Entfällt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	2,5 GHz	2,8 GHz	DDR4-2400	Keine GPU	Keine GPU	35 Watt	Entfällt
Nicht bekannt	1	2	1 MiByte	2,5 GHz	2,8 GHz	DDR4-2400	256	900 MHz	65 Watt	45 bis 65 Watt

* Daten nicht von AMD bestätigt

Bristol-Ridge-APUs für den Mobile-Sockel FP4*

Name	Module	Kerne	L2-Cache	Basistakt	Max. Turbotakt	Max. Speichertakt	GPU-Shader	GPU-Takt	TDP	Konfigurierbare TDP
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	3,0 GHz	3,7 GHz	DDR3-2133/DDR4-2400	512	900 MHz	35 Watt	25 bis 45 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	2,7 GHz	3,6 GHz	DDR3-1866/DDR4-1866	512	758 MHz	15 Watt	12 bis 15 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	2,8 GHz	3,5 GHz	DDR3-2133/DDR4-2400	384	900 MHz	35 Watt	25 bis 45 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	2,5 GHz	3,4 GHz	DDR3-1866/DDR4-1866	384	758 MHz	15 Watt	12 bis 15 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	2,6 GHz	3,3 GHz	DDR3-2133/DDR4-2400	384	800 MHz	35 Watt	25 bis 45 Watt
Nicht bekannt	2	4	2 MiByte	2,3 GHz	3,2 GHz	DDR3-1866/DDR4-1866	384	686 MHz	15 Watt	12 bis 15 Watt
Nicht bekannt	1	2	1 MiByte	2,3 GHz	3,2 GHz	DDR3-1866/DDR4-1866	256	800 MHz	15 Watt	12 bis 15 Watt

* Daten nicht von AMD bestätigt

RAM, bei kommenden APUs für den Sockel AM4 wird AMD womöglich die DDR3-Unterstützung streichen.

Die Gerüchteküche besagt, dass AM4-Hauptplatinen bereits im März erscheinen und mit neuen APUs auf Basis der Mikroarchitektur Excavator bestückt werden können. Die Bristol-Ridge-APUs werden H.265-Videos in 4K-Auflösung dekodieren können, ähneln funktionstechnisch ansonsten aber den bereits erhältlichen Carrizo-APUs für den Mobilmarkt, die auf DDR3-RAM beschränkt sind. Die maximale TDP beträgt neuen Gerüchten zufolge nur noch 65 statt 95 Watt TDP, die meisten Modelle bieten vier Kerne – Details siehe Tabellen.

PCGH-Prognose: Mit dem frühen Launch des Sockel AM4 sorgt AMD dafür, dass zum Launch der Zen-Prozessoren eine ausgereifte Plattform und große Auswahl von Mainboards bereitsteht. Mit Zen geht AMD die größten Schwächen der aktuellen FX-Chips an, nämlich die geringe Leistung pro Kern, Megahertz und Watt. Ob die Bemühungen angesichts des aktuellen Rückstands reichen, um Intel in allen Preisklassen Paroli zu bieten, hängt von vielen Faktoren ab und lässt sich aktuell nicht vorhersagen. Fest

Broadwell-E-CPUs für den Sockel 2011-v3*

Name	Kerne	Threads (SMT)	Cache	Basistakt	Max. Turbotakt	Max. Speichertakt	TDP
Core i7-6950X	10	20	25 MiByte	3,0 GHz	3,5 GHz	DDR4-2400	140 Watt
Core i7-6900K	8	16	20 MiByte	3,2 GHz	3,7 GHz	DDR4-2400	140 Watt
Core i7-6850K	6	12	15 MiByte	3,6 GHz	3,8 GHz	DDR4-2400	140 Watt
Core i7-6800K	6	12	15 MiByte	3,4 GHz	3,6 GHz	DDR4-2400	140 Watt

* Daten nicht von Intel bestätigt

steht aber: AMD wird den Abstand zumindest deutlich verringern und hat mit Zen eine vielversprechende Basis für Weiterentwicklungen in den Folgejahren.

CPUs: Intel Broadwell-E

Anfang Juni wird der x86-Marktführer voraussichtlich den Nachfolger von Haswell-E für den Sockel 2011-v3 vorstellen. Da die bereits 2015 debütierte Broadwell-Mikroarchitektur zum Einsatz kommt, ist eine höhere Pro-MHz-Leistung nahezu garantiert. Intel dreht offenbar an der Kernschraube: Mit dem Core i7-6950X soll erstmals ein Zehnkernprozessor für das Desktop-Segment erscheinen. Während dieser Chip, als Nachfolger des aktuellen Flaggschiffs i7-5960X, über 1.000 Euro kosten wird, winkt mit dem i7-6900K ein etwas günstigerer Einstieg in die Welt der Core-i7-Achtkerner. Alle



Broadwell-E-Prozessoren sollen auf bereits erschienenen Sockel-2011-v3-Mainboards wie dem MSI X99S Gaming 9 AC funktionieren. Damit die CPU korrekt erkannt wird, ist aber sicherlich ein BIOS-Update erforderlich.

Broadwell-E-Prozessoren weisen voraussichtlich eine TDP von 140 Watt auf und unterstützen DDR4-2400 im Quad Channel. Die Kompatibilität mit dem X99-Chip gilt als sicher, mit einem neuen PCH ist nicht zu rechnen.

Ende 2016 geht der Skylake-Refresh Kaby Lake an den Start, womöglich zuerst für den Mobile-Markt und etwas später für den Sockel 1151. Neben nativer HDCP-2.2-Unterstützung ist mit einer flotteren iGPU zu rechnen. Manche Modelle erhalten einen von Broadwell bekannten, aus EDRAM bestehenden, 64 bis 256 MiByte großen L4-Cache. Parallel dazu sollen mit der 200er-Serie auch neue Platform Controller Hubs debütieren. Erst in der zweiten Hälfte 2017 soll Cannonlake erscheinen, mit dem Skylake auf 10 Nanometer geschrumpft wird.

PCGH-Prognose: Der Core i7-6950X wird sich im Sommer die Leistungskrone aufsetzen. Die neuen Broadwell-E-Chips liegen allerdings wohl

ausnahmslos im gehobenen Preisbereich. Für den Mainstream-Sockel 1151 stehen voraussichtlich keine Änderungen an; hier bekommt Intel hoffentlich die Lieferprobleme in den Griff, die im Handel zu einer schrittweisen Verteuerung des Core i7-6700K geführt haben. Kaby Lake und Cannonlake spielen vor 2017 keine Rolle.

GPUs: AMD Arctic Islands

Wenn AMD am aktuellen Namensschema festhält, gelangen die Grafikkarten auf Basis der nächsten GPU-Generation unter dem Namen Radeon Rx 4xx in den Handel. AMD-CEO Lisa Su hat bereits angekündigt, dass die kommende GPU-Generation eine wesentlich höhere Energieeffizienz bietet. Sie verspricht gegenüber der aktuellen Generation eine doppelt so hohe Leistung pro Watt. Ermöglichen werden dies sowohl Verbesserungen der Architektur als auch Optimierungen des Fin-FET-Fertigungsprozesses beim Produzenten TSMC. Das 16-nm-Verfahren soll eine dop-

pelt so hohe Transistordichte wie die aktuelle 28-nm-Fertigung bieten und verspricht eine niedrigere Leistungsaufnahme und höhere Taktfrequenzen. Einer Pressemitteilung zufolge hat Globalfoundries aber bereits für AMD Produkte im 14-nm-Prozess gefertigt; falls nicht Zen dahinter steckt, dann fast zwangsläufig Arctic Islands.

Eine Schlüsselrolle spielt die nächste Generation von High Bandwidth Memory. Die neue Ausbaustufe des Stapelspeichers bietet gegenüber der aktuellen Version voraussichtlich die doppelte Transferrate und bei Bedarf die achtfache Kapazität. Karten mit mindestens 8 GiByte Grafikspeicher steht damit nichts mehr im Wege. Voraussichtlich wird AMD wie bisher nur auf den Topmodellen HBM verbauen und Einsteiger- und Mittelklasse-Karten mit GDDR5-Speicher ausrüsten.

Arctic Islands spaltet sich in drei einzelne GPUs auf, nämlich Greenland, Ellesmere und Baffin. Greenland wird voraussichtlich die neue High-End-Lösung für den Desktop. Technikchef Raja Koduri von AMD sprach in einem Interview im November allerdings von lediglich zwei neuen GPUs. Da drei Codenamen im Umlauf sind, könnte hinter Ellesmere und Baffin die gleiche GPU stecken, nur jeweils mit geringen Anpassungen für das Mainstream-Segment und den Mobil-Markt. Die Gerüchteküche besagt, dass AMD 2016 noch nicht die gesamte Produktpalette auf die neue GPU-Generation umstellt, sondern in einzelnen Segmenten auf Rebrandings mit kleinen Verbesserungen setzt. Die ersten Produkte der Radeon-Rx-4xx-Serie erscheinen angeblich im Sommer.

Davor rechnen wir mit einer bisher als Radeon R9 Fury X2 bekannten Dual-GPU-Lösung, im Prinzip einem Fury-X-Crossfire-Gespann auf einer Platine. Möglicherweise reduziert AMD trotz Kompaktwasserkühlung von Cooler Master den Chiptakt leicht, um die Abwärme zu senken. Leider bleibt es bei 4 GiByte HBM pro GPU – angesichts der hohen Rohleistung in manchen Spielen ein Flaschenhals.

PCGH-Prognose: Die Strukturverkleinerung ermöglicht den größ-

ten Leistungszuwachs seit Jahren. Der Erfolg von Arctic Islands hängt aber stark von den Fertignern ab. Damit Preis und Verfügbarkeit stimmen, muss die Fertigung in hohen Stückzahlen bei wenig Ausschuss ohne Verzögerungen gelingen.

GPUs: Nvidia Pascal

Bei Nvidias kommenden Grafikkarten gilt eine Fertigung bei TSMC im 16-nm-Verfahren als wahrscheinlich. Das eröffnet wie bei AMD die Chance, die Energieeffizienz und Leistung stark wie lange nicht zu erhöhen. Einem Nvidia-Treiber ließen sich kürzlich die Codenamen kommender GPUs entnehmen. Demzufolge erscheint Pascal in sechs Ausbaustufen, die im Wesentlichen direkte Nachfolger existierender Chips sind:

- GP108: Low-Budget; Nachfolger der Mobile-GPU GM108 (z. B. GeForce 930M)
- GP107: untere Mittelklasse; Nachfolger der Mainstream-GPU GM107 (z. B. GeForce GTX 750)
- GP106: obere Mittelklasse; Nachfolger der GM206-GPU (z. B. GeForce GTX 960)
- GP104: Oberklasse; Nachfolger der GM204-GPU (z. B. GeForce GTX 970)
- GP102: High-End
- GP100: High-End; Nachfolger der GM200-GPU (z. B. GeForce GTX Titan X)

Aus dem Rahmen fällt das Modell GP102, welches sich mangels direktem Vorgänger hinsichtlich der Nomenklatur schlecht einschätzen lässt. Denkbar ist, dass Nvidia den GP102 primär für PC-Gaming und den GP100 zusätzlich für professionelle PC-Nutzung auslegt. Der GP102 könnte bei der Double-Precision-Leistung beschnitten sein, aber mit höheren Taktfrequenzen oder – wir sind dem Gerücht gegenüber skeptisch – zusätzlichen Shader-Einheiten in den Handel gelangen.

Wie bei AMD ist der Einsatz der zweiten HBM-Generation geplant. Theoretisch lassen sich bis zu 32 GiByte verbauen, die Obergrenze hat Nvidia aber einer im September veröffentlichten Roadmap zufolge bei 16 GiByte angesetzt. Die Transferrate soll rund 1 TB/s betragen, dafür liegen die Chips wie bei Fury-



Die Radeon R9 295X2 erhält wohl noch im Frühjahr einen Dual-GPU-Nachfolger in Form der Radeon R9 Fury X2 mit zwei Fiji-XT-Grafikchips.



Die Taktstufe DDR4-2400 wird voraussichtlich sowohl von Broadwell-E als auch Bristol Ridge offiziell unterstützt. Zen-Prozessoren dürften kaum dahinter zurückfallen.

Grafikkarten direkt neben dem Grafikchip (siehe Bild einer Fiji-GPU unten). In der Mittelklasse ist weiterhin mit GDDR5-Speicher zu rechnen.

Nvidia bewirbt Pascal mit der Funktion „Mixed Precision“, nämlich der Unterstützung von Gleitkommaberechnungen mit einer variablen Genauigkeit von 16 bis 64 Bit. Voraussichtlich steigt die CUDA- und Double-Precision-Leistung durch diese Maßnahme gegenüber der aktuellen Generation signifikant.

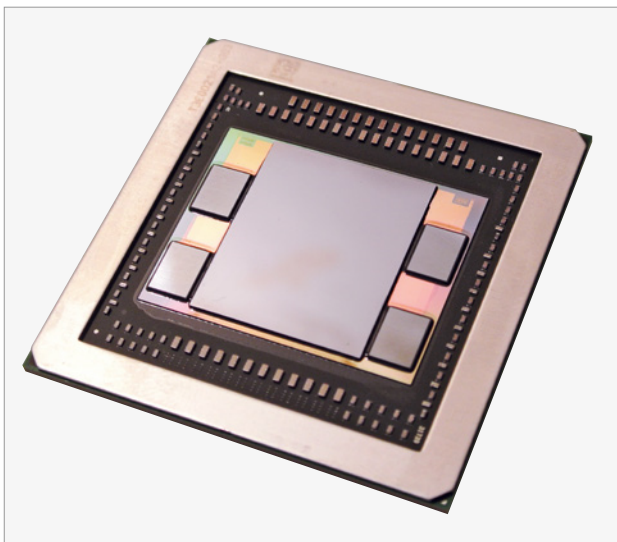
Im High-Performance-Computing-Bereich plant Nvidia den Einsatz von Nvlink. Die proprietäre PCI-Express-Alternative soll die Rechenleistung in bestimmten Szenarien mehr als verdoppeln. Für GPGPU-Supercomputer ist auch Unified Memory interessant. Damit können Prozessor und Grafikchip gegenseitig auf den Arbeits- und Grafikspeicher zugreifen. Im Endkundensegment ist mit Nvlink allerdings nicht zu rechnen, die Kommunikation zwischen Grafikkarte und Prozessor findet weiterhin über PCI-Express statt.

Als Konter auf die R9 Fury X2 bereitet Nvidia gerüchteweise die GeForce GTX 990 mit zwei GM200-GPUs und 2 x 6 oder gar 12 GiByte vor; Details sind nicht bekannt.

PCGH-Prognose: Nvidia möchte anscheinend das gesamte Portfolio relativ schnell auf die Pascal-Mikroarchitektur umstellen, was nur bei einer reibungslos verlaufenden Massenproduktion von 16-nm-GPUs bei TSMC gut funktionieren dürfte. Dank HBM könnte auch Nvidia kleine, schnelle Karten nach Art der R9 Nano herausbringen.

Direct X 12

Windows 10 unterstützt als einziges Betriebssystem die neue API, ist aber aufgrund der aggressiven Update- und Datenschutz-Politik umstritten. Voraussichtlich erscheint 2016 mit dem Free2Play-Titel Fable Legends lediglich ein Spiel, das Direct X 12 und damit Windows 10 zwingend voraussetzt. Allerdings kommen dieses Jahr mehrere Spiele heraus, welche die Programmierschnittstelle zumindest optional unterstützen. Dazu zählen Hitman (11.03.2016), Ark: Survival Evolved (Juni 2016) und Deus Ex: Mankind Divided (23.08.2016). Zudem sind aktuell mindestens drei Spiele in Entwicklung, die Publisher Microsoft nur für Windows 10 veröffentlichen möchte, obwohl sie den bisherigen Erkenntnissen zufolge nicht einmal Direct-X-12-Funktionen nutzen. Die Rede ist von Minecraft Windows 10 Edition, Halo Wars 2 und dem MOBA-Action-Mix Gigantic.



2016 wird HBM der Speicherstandard für High-End-Grafikkarten. Er bietet höhere Transferraten und ermöglicht kompakte Designs wie die Radeon R9 Nano.

SOUND BLASTER PRO-GAMING

CLEARER LOUDER HARDER BETTER

Wir waren schon immer führend in Sachen Sound. Und jetzt, mit Sound BlasterX, entwickeln wir Gaming-Audio-Produkte, die nicht nur ein beeindruckendes Hörerlebnis bieten, sondern auch erstaunlich robust gebaut sind.



Be a Hero... mit dem Sound BlasterX H5
GUITAR HERO LIVE

Sound BlasterX H5 PROFESSIONELLES ANALOGES GAMING HEADSET

- Verstärkte Stahl und Aluminium Architektur
- 50mm FullSpectrum Treiber
- Abnehmbares Mikrofon mit Geräuschunterdrückung
- Integrierte Fernbedienung für Lautstärke und Wiedergabe
- Schaumstoff (Memory Foam) und Kunstleder Ohrmuscheln

Sound BlasterX H3 PORTABLES, ANALOGES GAMING-HEADSET

- Stabile und faltbare Konstruktion
- Leicht und komfortabel
- 40mm FullSpectrum Treiber
- Abnehmbares Mikrofon mit Geräuschunterdrückung



Sound BlasterX P5 HIGH-PERFORMANCE IN-EAR GAMING HEADSET

- Abgestimmte 7mm FullSpectrum Treiber
- Omni-Direktionales Mikrofon
- Titan beschichtete Membran
- Hohe Empfindlichkeit, niedrige Impedanz
- Erhöhte Geräuschunterdrückung durch weiche, spiralförmig gerippte Ohrstöpsel



PC • MAC • ANDROID • iOS • PS4 • XBOX ONE

Erfahre mehr unter blasterX.com



Bild: Frontier Developments

In der VR-Version erfordert Elite Dangerous: Horizons laut Entwickler mindestens einen Core i7-3770K oder FX-4350 (sic!) sowie eine GeForce GTX 980 und 16 GiByte RAM.



Bild: Oculus VR

Oculus Touch ist ein optionales Controller-Duo, dessen Position im dreidimensionalen Raum bestimmt wird und das erst einige Monate nach Rift im Handel erscheinen soll.

Virtual Reality

Oculus VR plant, die erste Retail-Version der VR-Brille Oculus Rift im Frühjahr auf den Markt zu bringen; in Deutschland aufgrund einer einstweiligen Verfügung der Oculus Optikgeräte GmbH aber voraussichtlich unter einem anderen Namen. Geboten werden zwei Displays mit OLEDs und einer Auflösung von jeweils 1.080×1.200 Pixeln, was zu einer kombinierten Auflösung von 2.160×1.200 führt. Die Bildwiederholfrequenz beträgt 90 Hz. Als Systemanforderung gibt die Firma einen Core i5-4590 und eine GeForce GTX 970 oder Radeon R9 290 zusammen mit 8 GiByte RAM, HDMI 1.3 und $2 \times$ USB 3.0 vor. In vielen Spielen wird aber mehr GPU-Leistung erforderlich sein, um das angepeilte Ziel – stets 90 Fps in 2.160×1.200 – zu erreichen. VR-Lösungen sind besonders abhängig von einer stabilen Framerate.

Der Preis der VR-Lösung wird auf mindestens 300 US-Dollar beziffert, angesichts dessen, dass auch noch Kopfhörer mit 3D-Audioeffekt und ein Xbox-One-Gamepad Teil des Pakets sind, rechnen wir allerdings eher mit über 400 Euro. Vorbesteller erhalten das Rift-exklusive Spiel Eve: Valkyrie kostenlos. Mit Oculus Home soll es einen Client geben, der für die Nutzung mit Oculus Rift ausgelegt ist. Das Ausprobieren

von Demos sowie Kaufen und Starten von Software soll ohne Absetzen der Brille erfolgen. Oculus VR möchte die Plattform frei von Pornografie und Gewalt halten; ob davon etwa Ego-Shooter betroffen sind, ist noch nicht bekannt.

Das Konkurrenzprodukt HTC Vive ist ohne Preisangabe für April angekündigt. Die zusammen mit Valve entwickelte Brille hat ebenfalls HDMI- und USB-Anschlüsse und wird voraussichtlich die gleiche Auflösung und Bildwiederholfrequenz bieten. Das Blickfeld soll rund 110 Grad betragen, verbaut sind ein Beschleunigungssensor, ein Gyrometer und ein Laser-Positionsmessgerät. Zwei Basisstationen, die Laserstrahlen aussenden, ermöglichen die Ortung des Spielers in einem Bereich von rund 5×5 Metern. Der Steam VR Controller (einer pro Hand) nutzt das Trackpad des Steam Controllers und lässt sich ebenfalls im Raum orten.

Aufrüstkalle PCI-Express 4.0?

Wie die PCI Special Interest Group im Sommer 2015 bekanntgab, wird PCI-Express 4.0 erst 2017 erscheinen. Der Standard ist noch nicht finalisiert, für langfristig planende Aufrüster zeichnet sich aber eine Upgrade-Falle ab: Mainboards mit PCI-Express-4.0-Steckplatz ermöglichen den Betrieb von PCI-Express-3.0-Grafikkarten. Es wird aber vielleicht nicht möglich sein, PCI-Express-4.0-Grafikkarten auf Hauptplatinen mit PCI-Express-3.0-Steckplatz zu verwenden – auch nicht mit reduziertem Datendurchsatz wie es bisher bei neuen PCI-Express-Standards der Fall war. Ursächlich dafür ist die Einführung eines neuen Steckplatzes, um die theoretische Maximaltransferate von knapp 32 GB/s in jede Richtung erzielen zu können. (sw)

Für 2016 erwartete PC-Spiele (Auszug) – Terminänderungen möglich

Name	Termin	Name	Termin
Dragon's Dogma: Dark Arisen	15. Januar	Rise of the Tomb Raider	1. Quartal
Resident Evil HD	19. Januar	Trackmania Turbo	1. Quartal
Naruto Shippuden: Ultimate Ninja Storm 4	5. Februar	Doom	1./2. Quartal
XCOM 2	5. Februar	Dark Souls 3	12. April
Battleborn	9. Februar	Total War: Warhammer	28. April
Firewatch	9. Februar	Shroud of the Avatar	April
Unravel	9. Februar	No Man's Sky	Juni
Mighty No. 9	12. Februar	Ark Survival Evolved	Juni
Street Fighter 5	16. Februar	Die Zwerge	2./3. Quartal
Mirror's Edge Catalyst	25. Februar	Sommer Kingdom Come Deliverance	2./3. Quartal
Plants vs. Zombies Garden Warfare 2	Februar	Deus Ex: Mankind Divided	23. August
Far Cry Primal	1. März	Word of Warcraft: Legion	21. September
The Division	8. März	Halo Wars 2	3./4. Quartal
Hitman	11. März	Divinity: Original Sin 2	Dezember
Day of the Tentacle Remastered	März	Battlefield 5	4. Quartal
Descent: Underground	März	Mass Effect Andromeda	4. Quartal
ADR1FT	1. Quartal	Day Z	2016
Homefront Evolution	1. Quartal	Dishonored 2	2016
Need for Speed	1. Quartal	Mafia 3	2016
Overwatch	1. Quartal	Shadow Warrior 2	2016
Rollercoaster Tycoon World	1. Quartal	Torment: Tides of Numenera	2016

Fazit

Hardware

Hardware 2016

Während AMD mit Zen aufgrund der schwierigen finanziellen Situation gewissermaßen zum Erfolg verdammt ist, lässt es Intel eher ruhig angehen. Ob Arctic Islands oder Pascal die Nase vorne haben wird, ist noch völlig offen. Die VR-Hardware von Oculus & Co. kommt endlich auf den Markt, wird aber vorerst kein günstiges Vergnügen.

Exklusiv bei



CASEKING.de

DEN SCHNELLSTEN GAMING-PC DER WELT KONFIGURIEREN:



Werksübertaktete Prozessoren:

Handverlesene, übertaktete CPUs für das Extra an Gaming-Power!



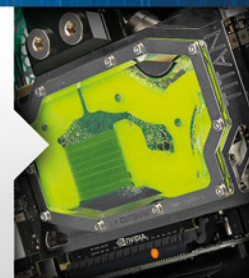
Custom-Wakü:

Unsere Profis vom King Mod Service nehmen den Einbau nach Ihren Bedürfnissen fachmännisch vor!



King Mod High-End Grafikkarten:

Sie wählen Ihre Traumgrafikkarte mit Wasserkühler oder alternativem Heatsink aus!



www.caseking.de/traumsystem

0% Weihnachtsfinanzierung wegen großer Nachfrage verlängert bis Januar!

Auf das gesamte Sortiment, ab einem Warenkorb von 99 EUR und einer Laufzeit von maximal 12 Monaten!



Perfektion bis ins
kleinste Detail



Belastungstests auf
maximale Stabilität
und Performance



36 Monate Garantie
mit 2 Jahren
Pick-Up-Service



Höchste Kompatibilität
aller Komponenten

Du willst es noch individueller?
systems@caseking.de
+49 (0)30 5268473-07

Der King Mod Service macht
ALLES möglich – denn:

HIER ist NICHTS Standard!

Caseking GmbH, Gaußstr. 1, 10589 Berlin

eMail: info@caseking.de

tel. bestellen: 030 52 68 473 00

www.caseking.de

Alle Preisangaben inkl. 19% MwSt., exkl. Versandkosten. Irrtümer, Druckfehler und Preisänderungen vorbehalten.

Intel, das Intel Logo, Intel Inside, Intel Core, und Core Inside sind Marken der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern.

*Finanzierung gültig für alle Caseking PC-Systeme.

Barzahlungspreis entspricht dem Nettodarlehensbetrag. Finanzierungsbeispiel: Nettodarlehensbetrag von 499,90€. Effektiver Zins von 9,9% bei einer Laufzeit von 24 Monaten entspricht einem gebundenen Sollzins von 9,5% p. a. Bonität vorausgesetzt. Partner ist die Targobank. Die Angaben stellen zugleich das 2/3 Beispiel gem. § 6 a Abs. 3 PAngV dar. Technische Änderungen, Irrtümer und Druckfehler vorbehalten.

Grafikkarten

Grafikkarten, Kühler und Treiber

www.pcgameshardware.de/grafikkarte



Radeon 2016: Displayport 1.3, HDMI-Freesync und mehr

AMD kündigt für seine Radeon-GPUs der nächsten Generation Displayport-1.3-Unterstützung sowie weitere neue Display-Funktionen an.

Kurz vor Jahresende gab GPU- und CPU-Schmiede AMD einen Ausblick auf einige im Jahr 2016 anstehende Neuerungen. Im Fokus stand die Evolution von Freesync. Mittel der Wahl dazu sind die kommende 1.3-Version des Displayport-Standards sowie herstellerspezifische HDMI-Erweiterungen, mit denen AMD Freesync auch für derartige Displays anbieten will.

Bislang war für Displayport im HBR2-Modus bei Ultra HD und 60 Hz Schluss. Hochauflösende Displays mit 120 Hz und aufwärts waren ebenso wenig möglich wie der Anschluss eines 5K-LCDs (5.120 × 2.880 Pixel) mit nur einem Datenkabel. Mit den für 2016 geplanten Radeon-GPUs will AMD den Displayport-Standard in Version 1.3 unterstützen. Dieser bietet mit bis zu 32,4 Gigabit pro Sekunde 50 Prozent mehr Übertragungsrate im Vergleich zum HBR2-Modus in DP 1.2. Damit sind u. a. folgende Optionen möglich, ohne dass neue Kabel oder Stecker nötig sind:

- 1080p mit bis zu 240 Hz (SDR/HDR)
- 1440p mit bis zu 240 Hz SDR oder 170 Hz HDR
- 1440p mit bis zu 190/144 Hz SDR/HDR bei 3.440 Pixeln Bildbreite (21:9)
- 2160p mit bis zu 120 Hz SDR oder 60 Hz HDR
- 2880p mit bis zu 60 Hz über einzelnes Kabel

AMD gibt überdies an, dass „2016 Radeon GPUs“ die erste mobile Architektur sein soll, welche Display Port 1.3 HBR3 unterstützt

Eine weitere Neuerung für 2016 werden per HDMI angeschlossene Monitore mit Freesync-Support sein. HDMI ist immer noch die Schnittstelle der Wahl für Wohnzimmer-Anzeigen wie zum Beispiel Fernseher. Über herstellereigene, per EDID übertragene HDMI-1.4b-Erweiterungen will man mit ausgewählten Partnern Displays mit HDMI und adaptiver Refreshrate anbieten; den Anfang sollen Samsung, LG und Acer machen. Außerdem sind damit Notebooks mit HDMI und Freesync möglich. Prinzipiell sollte Freesync-over-HDMI mit aktuellen GCN-basierten Radeon-Karten sowie Kaveri-APUs der 7000er-Generation laufen, die ersten Displays sollen im ersten Quartal 2016 erhältlich sein.

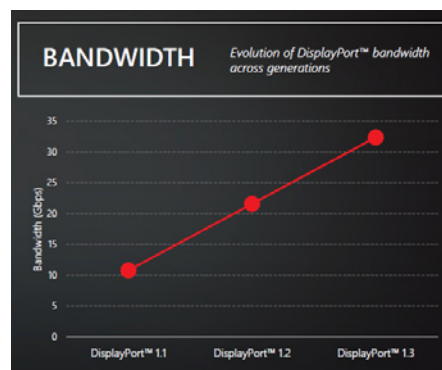
High Dynamic Range durch die Bank

Eine weitere Neuerung, welche uns 2016 erwartet, aber auch für aktuelle R9-300-GPUs angeboten werden soll, ist die Ausgabe mit hohem Dynamikumfang, High Dynamic Range oder kurz

HDR. Die derzeitige Darstellung auf herkömmlichen Displays ist auf einen stark komprimierten Farb- und Kontrastumfang beschränkt, den AMD mit typischen 0,05 bis 100 cd/m² angibt. Mit HDR-Darstellung soll dieser auf 0,0005 bis 10.000 cd/m² anwachsen, da die Display-Pipeline bis zur Darstellung aufgeböhrt wird.

Für die HDR-Ausgabe sind noch einige Hürden zu überwinden. Zwar bieten einige Hollywood-Studios bereits Inhalte in HDR-Qualität an, doch die typische Helligkeit aktueller Displays liegt bei ca. 1.000 cd/m². Diese soll bis zum Weihnachtsgeschäft 2016 auf das Doppelte steigen, bleibt aber noch weit hinter dem möglichen Wert für 10-Bit-Übertragungen. Eine zweite Bremse ist die interne Verarbeitung auch in Spielen: Zwar rendern viele Engines bereits in HDR, besitzen aber einen Tone-Mapper, um den Dynamikumfang auf den Gamma-Wert typischer LCDs zu komprimieren. Patches könnten helfen. Das Aber folgt auf dem Fuße: Sobald Spiele komplett auf die HDR-Ausgabe angepasst sind, steigt auch der Bedarf an Grafikspeicher. Denn während interne Pufferspeicher und -formate bereits HDR-tauglich sind, werden viele Texturen derzeit noch SDR-optimiert ausgeliefert.

Nicht zuletzt benötigt die Übertragung im HDR-Modus eine höhere Bandbreite von der Grafikkarte zum Display womit die maximale Bildrate sinkt. In 1080p sind noch ansehnliche 120 Hz möglich, in 1440p jedoch nur noch die Hälfte und in UHD gar nur 30 Hz. Erst mit den 2016er-Radeon-GPUs sind auch dort ergonomische Refreshraten möglich. (cs/rv)



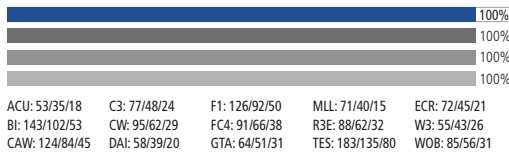
GPU-Leistungsindex: Top 20

BESSER ► | Normierte Leistung

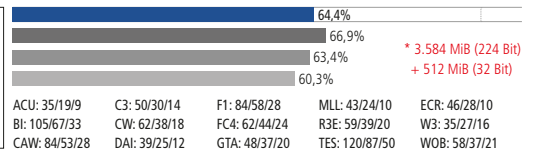
■ Gesamt ■ FHD ■ WQHD ■ UHD | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

**Geforce
GTX Titan X**

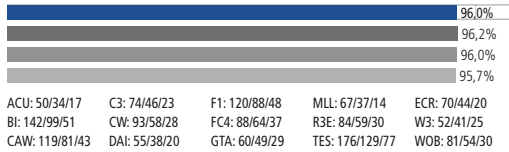
Takt: 1.075/3.506 MHz
 RAM: 12 GiB GDDR5
 Preis: € 1.060,- (+60)
 PLV: 38,0%

**Geforce
GTX 970**

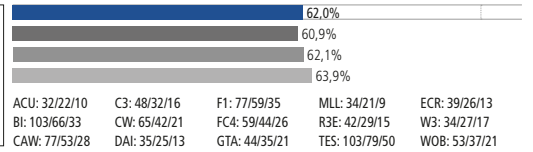
Takt: 1.178/3.506 MHz
 RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5*
 Preis: € 320,- (+10)
 PLV: 81,1%

**Geforce
GTX 980 Ti**

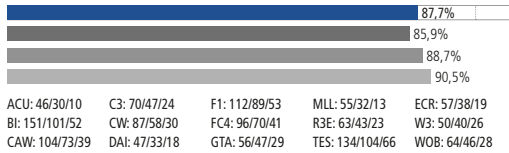
Takt: 1.075/3.506 MHz
 RAM: 6 GiB GDDR5
 Preis: € 650,- (+10)
 PLV: 59,6%

**Radeon
R9 290**

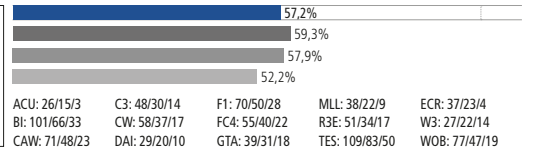
Takt: 947/2.500 MHz
 RAM: 4 GiB GDDR5
 Preis: € 300,- (+10)
 PLV: 83,3%

**Radeon
R9 Fury X**

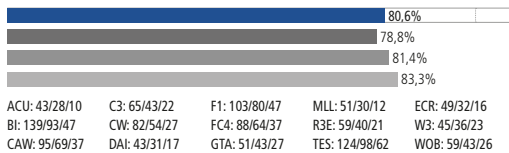
Takt: 1.050/1.000 MHz
 RAM: 4 GiB HBM
 Preis: € 640,- (-10)
 PLV: 55,3%

**Geforce
GTX 780**

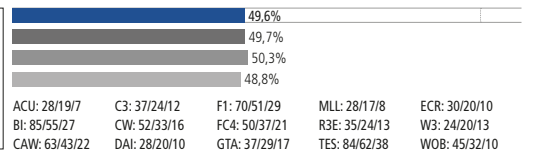
Takt: 902/3.004 MHz
 RAM: 3 GiB GDDR5
 Preis: Nicht lieferbar
 PLV: -

**Radeon
R9 Fury**

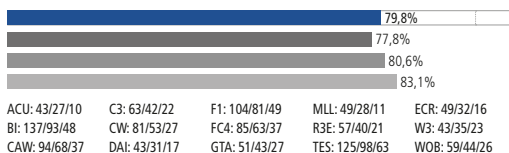
Takt: 1.000/1.000 MHz
 RAM: 4 GiB HBM
 Preis: € 540,- (+10)
 PLV: 60,2%

**Radeon
R9 280X**

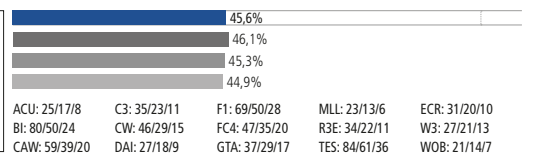
Takt: 1.000/3.000 MHz
 RAM: 3 GiB GDDR5
 Preis: € 200,- (+20)
 PLV: 100,0%

**Radeon
R9 Nano**

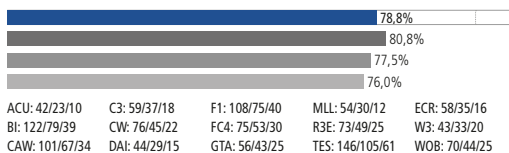
Takt: ~910/1.000 MHz
 RAM: 4 GiB HBM
 Preis: € 500,- (-150)
 PLV: 64,4%

**Radeon
R9 380X**

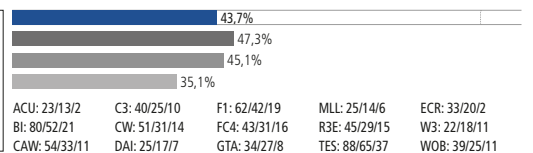
Takt: 970/2.850 MHz
 RAM: 4 GiB GDDR5
 Preis: € 240,- (-)
 PLV: 76,6%

**Geforce
GTX 980**

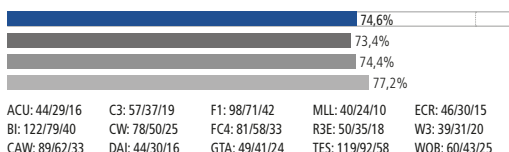
Takt: 1.216/3.506 MHz
 RAM: 4 GiB GDDR5
 Preis: € 480,- (-)
 PLV: 66,2%

**Geforce
GTX 770**

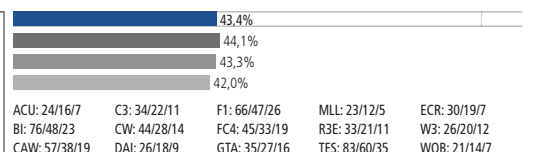
Takt: 1.084/3.500 MHz
 RAM: 2 GiB GDDR5
 Preis: € 300,- (-10)
 PLV: 58,7%

**Radeon
R9 390X**

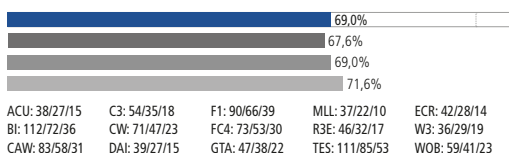
Takt: 1.050/3.000 MHz
 RAM: 8 GiB GDDR5
 Preis: € 380,- (-40)
 PLV: 79,2%

**Radeon
R9 380/4G**

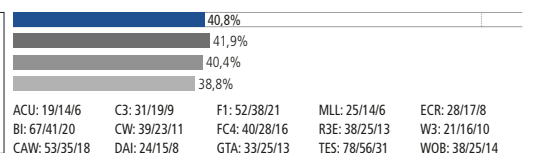
Takt: 970/2.850 MHz
 RAM: 4 GiB GDDR5
 Preis: € 210,- (+10)
 PLV: 83,3%

**Radeon
R9 390**

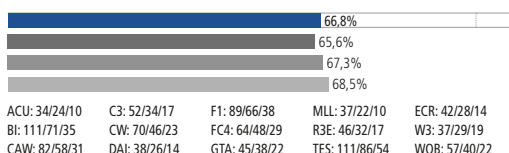
Takt: 1.000/3.000 MHz
 RAM: 8 GiB GDDR5
 Preis: € 330,- (-10)
 PLV: 84,3%

**Geforce
GTX 960/4G**

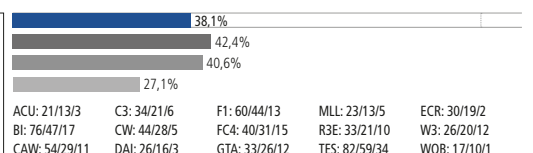
Takt: 1.178/3.506 MHz
 RAM: 4 GiB GDDR5
 Preis: € 200,- (-)
 PLV: 82,3%

**Radeon
R9 290X**

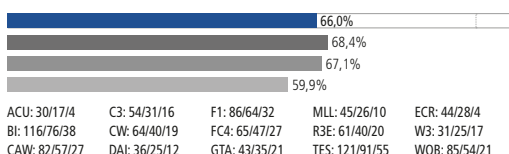
Takt: 1.000/2.500 MHz
 RAM: 4 GiB GDDR5
 Preis: € 310,- (-10)
 PLV: 86,9%

**Radeon
R9 380/2G**

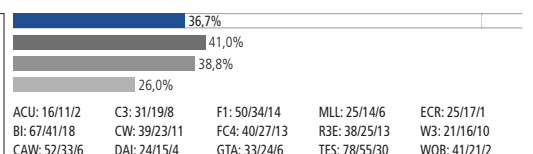
Takt: 970/2.750 MHz
 RAM: 2 GiB GDDR5
 Preis: € 180,- (-)
 PLV: 85,3%

**Geforce
GTX 780 Ti**

Takt: 928/3.500 MHz
 RAM: 3 GiB GDDR5
 Preis: Nicht lieferbar
 PLV: -

**Geforce
GTX 960/2G**

Takt: 1.178/3.506 MHz
 RAM: 2 GiB GDDR5
 Preis: € 190,- (-)
 PLV: 77,9%



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64; anisotroper Texturfilter konsequent auf „Hohe Qualität“ (HQ-AF)

Spiele: Assassin's Creed Unity (ACU), Bioshock Infinite (BI), Call of Duty: Advanced Warfare (CAW), Crysis 3 (C3), Crysis Warhead (CW), Dragon Age Inquisition (DAI), F1 2015 (F1), Far Cry 4 (FC4), Grand Theft Auto 5 (GTA), Metro Last Light Redux (MLL), Risen 3 Enhanced Edition (R3E), The Elder Scrolls 5: Skyrim (TES), The Vanishing of Ethan Carter Redux (ECR), The Witcher 3 (W3), Wolfenstein: The Old Blood (WOB).



Gigantentreffen

Bevor voraussichtlich Mitte 2016 brandneue High-End-Chips anstehen, vergeht noch etwas Zeit. Für alle, die nicht warten können, werfen wir einen Blick auf die stärksten Designs der GTX 980 Ti.

Dem Grafikspezialisten Nvidia gelang mit der GeForce GTX 980 Ti im Juni 2015 der große Wurf: Gegenüber dem vierstelligen Preisschild der GTX Titan X wirkte der Startpreis von rund 750 Euro wie ein Schnäppchen, zumal die GTX 980 Ti etwa 95 Prozent der titanischen Leistung erreicht – aus Enthusiastensicht wirkt das Preis-Leistungs-Verhältnis akzeptabel. Auch dauerte es nicht lange, bis werkseitig übertaktete 980-Ti-Modelle die Titan X vom Leistungs-thron entfernten. Nachdem kurze Zeit später klar wurde, dass AMDs Hoffnungsträger Radeon R9 Fury X diese Vorstellung nicht überbieten, sondern nur knapp Paroli bieten kann, war das Schicksal der 980 Ti als Publikumsfavorite besiegelt. Das führte zu einer Verbreitung, die wohl selbst Nvidias kühnste Voraussagen übertrifft. Gemäß einer zwischen Oktober und De-

zember 2015 getätigten Umfrage auf www.pcgh.de nutzen 175 von 1.735 Teilnehmern eine GeForce GTX 980 Ti – beachtliche zehn Prozent Verbreitung angesichts der aktuellen Startpreise um 650 Euro.

Elitäre Nachhut

Die Nvidia-Partner waren seit dem Launch der High-End-Grafikkarte nicht untätig, mittlerweile führt der PCGH-Online-Preisvergleich 48 Versionen diverser Couleur. Die Auswahl reicht von Referenzversionen und einfachen Dual-Lüfter-Designs über Triple-Fan-Brocken bis hin zu Modellen mit wartungsfreier Wasserkühlung. Und dann gibt es noch die Spezialisten: Sie buhlen mit Platinendesigns, die auf hemmungslose Übertaktung vorbereitet sind, um die Gunst des Tuning-Volks. Drei dieser Kraftpakete haben wir zu einem zünftigen Schlagabtausch ins Testlabor zitiert.

Sinn und Unsinn

Classified, Lightning, Matrix: Hinter diesen Namen stehen seit Jahren Grafikkarten, die mit der jeweiligen Vorlage nicht viel mehr gemein haben als den Grafikchip und dazugehörigen Speicher. Allen liegt ein besonderes Ansinnen zugrunde, sie sollen auf Overclocking-Wettbewerben verwendet werden, dort Rekorde brechen und damit sowohl dem Übertakter als auch dem Hersteller Ruhm und Ehre einbringen. Dieses Ziel ist mit erheblichem Aufwand verbunden, sowohl die Hardware als auch die Kühlung muss den außergewöhnlichen Belastungen gewachsen sein. So verfügen die drei Probanden über spezielle, übergroße Platinen mit spezieller Spannungsversorgung der Leistungsträger sowie besonders zahlreiche, besonders potente Bauteile. Die Kühlung erfolgt jedoch – aus Übertakersicht

– so schlecht wie möglich: mit Luft. Ob das Potenzial der Power-Platinen im Alltag überhaupt abgerufen werden kann, klären wir jetzt.

MSI GeForce GTX 980 Ti Lightning: Testsieger dank beinahe tadelloser Vorstellung. Mit einer Länge von 30,0 cm und einer Breite von 2,5 Einbaulots (4,5 cm) ist MSIs Flaggschiff ein Koloss, nur wenige Grafikkarten können hier mithalten – allein ihre Vorgängerin, die R9 290X Lightning mit 30,2/5,5 cm, deren Test Sie auf der Heft-DVD als PDF finden, kann das toppen. Von ihr erbt die GTX 980 Ti Lightning den „Tri Froz“ getauften Kühler, allerdings in überarbeiteter Version: Der mittlere Lüfter und Hauptlärmm-verursacher auf der 290X Lightning ist verschwunden, stattdessen verrichten drei gleich große 85-mm-Axiallüfter ihr Werk. Unter dem Radiator findet sich eine dicke

Spezifikationsübersicht: High-End-Grafikkarten

Modell	Nvidia GTX Titan X	MSI GTX 980 Ti Lightning	EVGA GTX 980 Ti Classified	Asus GTX 980 Ti Matrix Platinum	Nvidia GTX 980 Ti	AMD R9 Fury X	Nvidia GTX 980	AMD R9 390X
Grafikprozessor (Codename)	GM200-400	GM200-310	GM200-310	GM200-310	GM200-310	Fiji XT	GM204-400	Hawaii XT
Shader/SIMD-/Textureinheiten	3.072/24/192	2.816/22/176	2.816/22/176	2.816/22/176	2.816/22/176	4.096/64/256	2.048/16/128	2.816/44/176
Raster-Endstufen (ROPs)	96	96	96	96	96	64	64	64
GPU-Basistakt (Megahertz)	1.002	1.202	1.190	1.215	1.002	unbekannt	1.126	unbekannt
GPU-Boost-Takt (Megahertz)	1.075	1.405**	1.354**	1.329**	1.075	1.050	1.216	1.050
Rechenleistung SP/DP (GFLOPS)*	6.604/206	7.913/247	7.626/238	7.485/234	6.054/189	8.602/538	4.981/156	5.914/739
Durchsatz Pixel/Texel (GPixel/s)*	103,2/206,4	123,6/247,3	119,2/238,3	117,0/233,9	94,6/189,2	67,2/268,8	77,8/155,7	67,2/184,8
Dreiecksdurchsatz (Mio./s)*	8.600	10.303	9.929	9.746	7.883	4.200	6.485	4.200
Takt Grafikspeicher (MHz)	3.506	3.549	3.506	3.600	3.506	1.000	3.506	3.000
Speicheranbindung (parallele Bit)	384	384	384	384	384	4.096	256	512
Speicherübertragungsrate (GB/s)	336,6	340,7	336,6	345,6	336,6	512,0	224,4	384,0
Speichermenge (MiB)	12.288	6.144	6.144	6.144	6.144	4.096	4.096	8.192
PCI-Express-Stromanschlüsse	je 1× 6-/8-pol.	2× 8-/1× 6-polig	2× 8-polig	2× 8-polig	je 1× 6-/8-pol.	2× 8-polig	2× 6-polig	je 1× 6-/8-pol.

* Angabe bei Boosttakt, abhängig vom automatischen GPU-Boost fallen die Durchsatzwerte höher aus. ** PCGH-Messung (Mindestboost), kann von Karte zu Karte variieren

High-End-GPUs in Fallout 4

2.560 × 1.440, max. Details, TAA – „Dark Road“

GTX 980 Ti @ 1.500/4.207 MHz	75	91,2 (+33%)
GTX 980 Ti @ 1.500/4.001 MHz	73	89,1 (+30%)
GTX Titan X @ ~1.400/4.001 MHz	72	87,5 (+28%)
MSI GTX 980 Ti Lightning	68	82,3 (+20%)
Asus 980 Ti Matrix Platinum	68	82,1 (+20%)
EVGA GTX 980 Ti Classified	66	80,6 (+18%)
Nvidia Geforce GTX Titan X/12G	57	70,5 (+3%)
Nvidia Geforce GTX 980 Ti/6G	55	68,4 (Basis)
AMD Radeon R9 Fury X/4G	43	56,4 (-18%)
Nvidia Geforce GTX 980/4G	44	54,4 (-20%)
AMD Radeon R9 390X/8G	34	44,9 (-34%)

3.840 × 2.160, max. Details, TAA – „Dark Road“

GTX 980 Ti @ 1.500/4.207 MHz	38	47,2 (+34%)
GTX 980 Ti @ 1.500/4.001 MHz	37	46,3 (+32%)
GTX Titan X @ ~1.400/4.001 MHz	36	45,2 (+28%)
MSI GTX 980 Ti Lightning	34	42,6 (+21%)
Asus 980 Ti Matrix Platinum	34	42,5 (+21%)
EVGA GTX 980 Ti Classified	33	41,2 (+17%)
Nvidia Geforce GTX Titan X/12G	29	36,1 (+3%)
Nvidia Geforce GTX 980 Ti/6G	28	35,2 (Basis)
AMD Radeon R9 Fury X/4G	20	29,3 (-17%)
Nvidia Geforce GTX 980/4G	22	27,6 (-22%)
AMD Radeon R9 390X/8G	16	23,2 (-34%)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64, Gef. 359.06 WHQL, RS 15.11.1 Beta **Bemerkungen:** Die Power-Designs erreichen ab Werk bis zu 21 Prozent höhere Bildraten als Referenzversionen der GTX 980 Ti.

Min. **Ø Fps**
➤ Besser

High-End-GPUs in Star Wars Battlefront

2.560 × 1.440, Ultra-Details, TAA – „Racing Endor“

GTX 980 Ti @ 1.500/4.307 MHz	81	86,6 (+32%)
GTX 980 Ti @ 1.500/4.001 MHz	79	85,2 (+30%)
GTX Titan X @ ~1.400/4.001 MHz	77	82,5 (+26%)
MSI GTX 980 Ti Lightning	73	78,4 (+20%)
Asus 980 Ti Matrix Platinum	72	77,9 (+19%)
EVGA GTX 980 Ti Classified	71	76,9 (+18%)
AMD Radeon R9 Fury X/4G	65	69,3 (+6%)
Nvidia Geforce GTX Titan X/12G	62	67,1 (+3%)
Nvidia Geforce GTX 980 Ti/6G	60	65,4 (Basis)
AMD Radeon R9 390X/8G	52	55,7 (-15%)
Nvidia Geforce GTX 980/4G	48	52,9 (-19%)

1.920 × 1.080, Ultra-Details, 200 % Res.-Scale, TAA – „Racing Endor“

GTX 980 Ti @ 1.500/4.307 MHz	43	47,5 (+36%)
GTX 980 Ti @ 1.500/4.001 MHz	42	45,7 (+31%)
GTX Titan X @ ~1.400/4.001 MHz	41	45,1 (+30%)
MSI GTX 980 Ti Lightning	38	42,1 (+21%)
Asus 980 Ti Matrix Platinum	38	41,7 (+20%)
EVGA GTX 980 Ti Classified	37	41,1 (+18%)
AMD Radeon R9 Fury X/4G	37	40,4 (+16%)
Nvidia Geforce GTX Titan X/12G	33	36,1 (+4%)
Nvidia Geforce GTX 980 Ti/6G	31	34,8 (Basis)
AMD Radeon R9 390X/8G	29	31,4 (-10%)
Nvidia Geforce GTX 980/4G	25	27,7 (-20%)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64, Gef. 359.06 WHQL, RS 15.11.1 Beta **Bemerkungen:** Mithilfe manueller Übertaktung überflügelt eine starke 980 Ti die Titan-X-Referenzkarte um etwa ein Drittel.

Min. **Ø Fps**
➤ Besser

Kühlplatte, welche das komplette PCB inklusive Speicher und Spannungsversorgung bedeckt. Darunter befindet sich das Herzstück der Lightning, die von den MSI-Ingenieuren runderneuerte Platine. Sie ist 11,7 anstelle von 10,0 cm breit, um besonders viele Wandler unterzubringen: 12 kümmern sich um die Versorgung der GPU, doppelt so viele wie beim Referenzdesign.

An dieser Stelle ist die Frage berechtigt, welche Vorteile sich durch derart viele Schaltregler einstellen. Grundsätzlich werden durch den

Einsatz mehrerer Phasen Wandlungsverluste reduziert – es wird weniger Energie verheizt. Wie deutlich sich das lohnt, hängt von der Stromstärke ab, die von diesen Komponenten bewältigt werden muss. Die Lightning arbeitet mit einem Powertarget von 300 Watt, 20 Prozent mehr als bei Referenzkarten mit ihren 250 Watt. Nehmen wir vereinfacht an, dass von den 300 Watt 240 auf das Konto der GPU gehen und die Kernspannung 1,2 Volt beträgt, muss auf der Lightning jede Phase mit rund 17 Ampere hantieren. Dieselbe Ener-

gie auf den sechs VRMs der Referenzplatine bedeutet die doppelte Last pro Bauteil und aufgrund des stärkeren Stroms größere Verluste. Weitere Informationen dazu liefert Ihnen der Artikel „GTX 980 Ti ausreizen“ im Anschluss. Viele Phasen dienen im Normalbetrieb daher primär der Entlastung und besserer, geringerer Wärmestreueung auf dem PCB. Erst bei Extrem-OC macht sich die brachliegende Leistung wirklich bemerkbar.

MSI spezifiziert die GTX 980 Ti Lightning mit einem Basistakt von

1.202 MHz (+20 % OC) und einer RAM-Schaltfrequenz von 3.549 MHz (+1 % OC). Beachtlich ist, was die Karte aus ihrem 300-Watt-Budget herausholt: Der automatische Boost unseres Musters beträgt in Spielen mindestens 1.405 MHz (Anno 2070), normalerweise pendelt der Takt zwischen satten 1.418 und 1.430 MHz. Das führt gegenüber dem 980-Ti-Referenzboost (ca. 1.100 MHz) zu einem mittleren Leistungsplus von 20 Prozent. Die 300 Watt reichen laut unseren Tests aus, um die Karte in ca. 99 Prozent der Spieleszenarien auszufahren, in

Asus GTX 980 Ti Matrix Platinum

Die Matrix Platinum bietet das größte PCB der „Mächtigen 3“ (12,7 Zentimeter Breite). Wie bei EVGA kümmern sich 14 Phasen um die Energieversorgung des Grafikprozessors. Einzigartig sind der „Safe Mode“-Knopf zur Wiederherstellung des Werks-BIOS sowie der „Memory Defroster“, welcher den Speicher beim Einsatz extremer Kühlmittel auf Betriebstemperatur bringt.



Display-Ausgänge: goldig

Asus bietet mit 1 × DVI-I (Dual-Link), 1 × HDMI 2.0 und 3 × Displayport 1.2 den gleichen Umfang wie Nvidias Referenzkarten, vergoldet wie MSI die Display-Ausgänge jedoch, um den Premium-Anspruch der Grafikkarte zu unterstreichen.

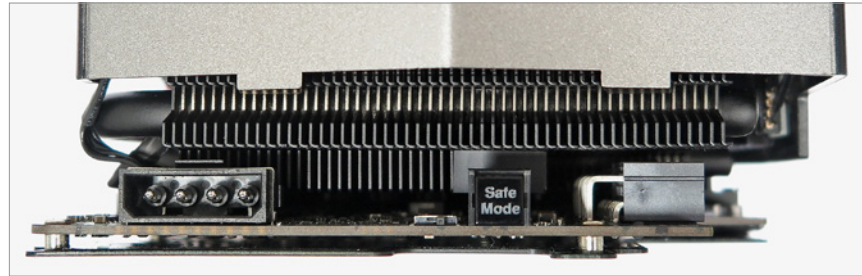


Anheizter für den Speicher

Im Alltag reichlich unnütz, beim Übertakten mit flüssigem Stickstoff oder gar Helium jedoch sehr praktisch: Asus spendiert der Matrix einen „Memory Defroster“, damit dieser auch bei tiefen Minusgraden noch ordnungsgemäß arbeitet. Dafür muss die Molex-Buchse mit Strom versorgt werden.

Gimmicks für Normaltuner und Extremübertakter

Mit zwei achtpoligen Strombuchsen darf die Matrix Platinum bis zu 375 Watt an Energie aufnehmen – in der Praxis limitiert jedoch das 275-Watt-Powerlimit, welches per Tool auf ca. 300 Watt ausgeweitet werden kann. Spannender ist der „Safe Mode“-Knopf, welcher im Falle eines unglücklich geflashten BIOS den Werkszustand wiederherstellt. Untere Bilder: Neben einer Backplate trägt die Matrix an ihrer Oberseite eine Auslastungsanzeige für Besitzer eines befensterten Gehäuses. Weißblau bedeutet „geringe Last“, rot hingegen „hohe Last“.



EVGA GTX 980 Ti Classified

EVGAs Classified-Version der GeForce GTX 980 Ti bietet die zweitbreiteste Platine im Feld (12,5 cm), auf der satte 14 VRM-Phasen allein für den Grafik-chip untergebracht werden (+3 für den Speicher). Anders als Asus und MSI setzt der Hersteller ab Werk auf einen Dual-Slot-Kühler, welcher die Karte hinter ihren Möglichkeiten zurückbleiben lässt. Spezialfunktionen wie ein LN2-BIOS und Spannungsmesspunkte runden das Paket ab.

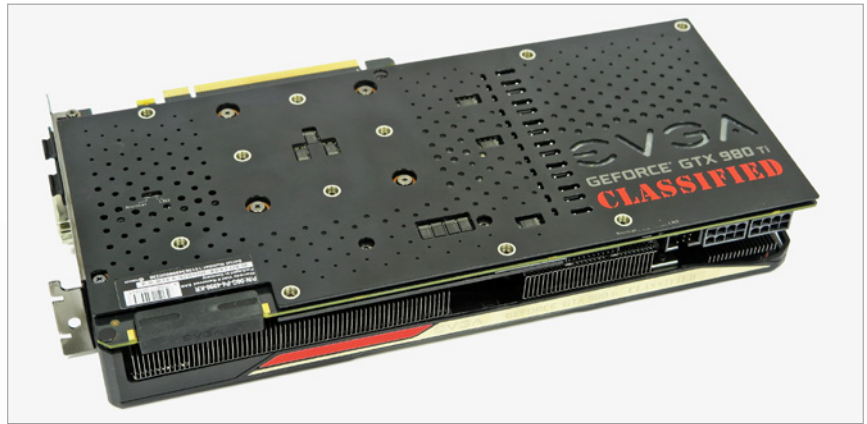
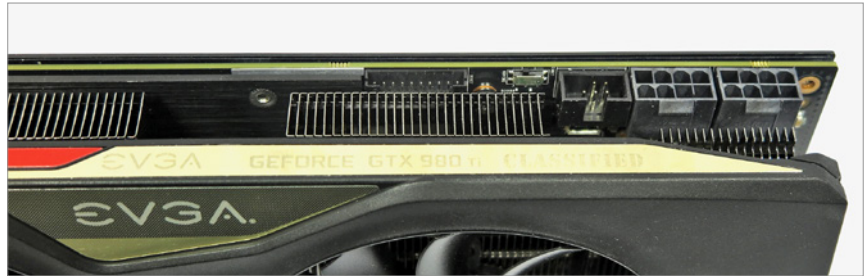


Dual-Slot, aber breit

Das Kühldesign erinnert an frühere „Classys“: Der vernickelte Radiator verfügt über insgesamt sechs Heatpipes (4 × 8, 2 × 6 mm Durchmesser), die die Wärme selbst an die äußeren Kühlrippen leiten. Die große Luftauslässe an der Slotblende sind schön, die Lamellen stehen jedoch quer dazu.

Strom wird woanders gespart

Die GTX 980 Ti Classified benötigt zwei 8-Pol-Stromstecker zum Betrieb und kann damit insgesamt 375 Watt umsetzen. Links daneben befindet sich der Andockpunkt für den EV-Bot, ein separat zu erwerbendes Hardware-Tool zum Overvolt, mit dessen Hilfe sich die Spannungen deutlich erhöhen lassen – via Precision-X-Tool sind immerhin 1,3 VGPU möglich. Noch ein Stückchen weiter links wartet der Dual-BIOS-Schalter (Normal/LN2). Die Backplate bedeckt indes das ganze PCB und nimmt auch teilweise mittels Wärmeleitpads Kontakt auf.



1&1 DSL

INTERNET & TELEFON

9,99

€/Monat*

Sparpreis für 12 Monate,
danach 24,99 €/Monat.

Auf Wunsch mit **1&1 HomeServer**:
WLAN-Router, Telefonanlage
und Heimnetzwerk in einem.



BESTES NETZ

In Deutschlands härtestem Festnetz-Test mit rund 1,7 Millionen Messungen von Sprachqualität, Datenraten und vielem mehr erzielt 1&1 als einziger von 9 Anbietern die Note „sehr gut“. Mit diesem herausragenden Ergebnis verweist 1&1 die Deutsche Telekom auf den zweiten Platz und ist der führende alternative DSL-Anbieter!

TESTERGEBNISSE

ANBIETER	1&1	T..	02	Vodafone	Kabel-Deutschland	Unitymedia
SPRACHE	173	166	147	153	154	119
INTERNET	91	81	76	69	59	67
WEB-SERVICES	91	83	81	61	55	70
WEB-TV	94	87	93	91	80	77
max. 500 Punkte	449 sehr gut	417 gut	397 gut	374 befriedigend	348 befriedigend	333 befriedigend



Jetzt bis zu 50,-€ Startguthaben sichern!*

☎ 02602/9690

* 1&1 DSL Basic für 12 Monate 9,99 €/Monat, danach 24,99 €/Monat. Inklusive Internet ohne Zeitlimit, Telefon-Flat ins dt. Festnetz und 1&1 DSL-Modem für 0,-€. Oder auf Wunsch z. B. mit 1&1 HomeServer Tarif-Option für 4,99 €/Monat mehr. Weitere Tarife mit bis zu 50,-€ Startguthaben zur Verrechnung ab dem 4. Vertragsmonat. Hardware-Versand 9,90 €. 24 Monate Vertragslaufzeit. Preis inkl. MwSt. 1&1 Telecom GmbH, Elgendorfer Straße 57, 56410 Montabaur



1und1.de

MSI GTX 980 Ti Lightning

Insgesamt 15 Wandlerphasen – zwölf für den Grafikchip, drei für den Speicher – arbeiten auf der 11,7 Zentimeter breiten Platine. Wie bei vorherigen Lightnings ist die Spannungsversorgung der einzelnen Leistungsträger getrennt, um eine gegenseitige Beeinflussung unter Last auszuschließen. Via Afterburner-Tool auslesbare Temperatursensoren für GPU, RAM und PCB runden das Paket ab.



Anschlüsse: Goldene Mitte

Keine Überraschungen hinsichtlich der Anschlussvielfalt: MSI bietet mit 1 × DVI-I (Dual-Link), 1 × HDMI 2.0 und 3 × Displayport 1.2 den gleichen Umfang wie Referenzkarten, vergoldet wie Asus die Display-Ausgänge jedoch, um den Premium-Anspruch der Lightning zu unterstreichen.



Spannung zum Anfassen

Am Heck der Karte befinden sich die von der Serie bekannten Buchsen, um die Spannung von GPU, RAM und Aux zu messen. Hierfür müssen die beigelegten Adapter eingesetzt werden, anschließend genügt ein handelsübliches Multimeter.

Strombuchsen: Dreifach hält besser

Die GTX 980 Ti Lightning benötigt zwingend drei Stromstecker vom Netzteil. Wir haben es ausprobiert: Ist die bei der 290X Lightning noch optionale 6-Pol-Buchse nicht belegt, meldet die Karte beim Start eine Unterversorgung. Insgesamt ist die Karte somit für 450 Watt Energieumsatz gerüstet, ab Werk kann sie jedoch nur 300 Watt nutzen; maximal sind per Tool ca. 365 Watt möglich (122 % Powertarget). Auf der Rückseite findet sich eine stabile Backplate, der jedoch der direkte Platinenkontakt, etwa mittels Wärmeleitpads, fehlt.



niedrigeren Auflösungen als Ultra HD wird das Limit fast nie erreicht.

Ihr gutes Abschneiden verdankt die Lightning auch dem optimal eingestellten, mächtigen Kühler. Dank semi-passiver Arbeitsweise stehen die Lüfter im Leerlauf still (0,0 Sone Lautheit). Unter Last erreichen wir schlimmstenfalls 1.470 U/Min. und 72 °C Kerntemperatur, resultierend in 1,6 Sone Lautheit. Sogar mit nur 50 Prozent PWM-Impuls genügt die Kühlleistung für die umgesetzten 300 Watt und die Lightning erzeugt lediglich 1,0 Sone Lautheit. Auf der Suche nach dem Haar in der Suppe haben wir nur zwei Kleinigkeiten gefunden. Erstens benötigt die Karte zwingend drei Stromstecker vom Netzteil, auch die ehemals optionale 6-Pol-Buchse will gefüttert werden. Zweitens passt die Karte wegen ihrer Größe nicht in jedes Gehäuse. Der stattliche Preis um 900 Euro kommt als Wermutstropfen obendrauf. Ansonsten macht MSI mit der 980 Ti Lighting alles richtig – Top-Produkt!

Asus Geforce GTX 980 Ti Matrix Platinum: Kraftpaket an der kurzen Leine. Über Geschmack lässt sich streiten, Asus' neueste Matrix bietet jedoch ein zweifellos außergewöhnliches Design: Der 2,5 Slots (4,5 cm) hohe Direct-CU-Kühler sieht mit seinen zahlreichen Kanten, der schwarzen Eloxiertung sowie den erstmals in Metallic-Orange gehaltenen Ornamenten gleichermaßen futuristisch wie martialisch aus. Technisch entspricht das Design einer vergrößerten Version der 980 Matrix Platinum, nicht dem der neueren 980 Ti Strix (siehe Einkaufsführer am Ende des Hefts). Diesmal verzichtet Asus auf einen Hybridlüfter und installiert stattdessen zwei 95-mm-Axialpropeller.

Unter dem schwarzen Radiator befindet sich eine 12,7 cm breite Custom-Platine, welche wie die EVGA Classified 14 VRM-Phasen versammelt. Auch hier gilt: Zwar hält sich der Nutzen der vielen Wandler im Normalbetrieb in Grenzen, aber wenigstens müssen sich Übertakter keine Sorgen über die Langlebigkeit machen. Deutlich spannender sind die Spezialfunktionen der Platine. Während der „Memory Heater“ nur beim Einsatz extremer Kühlmittel einen Sinn

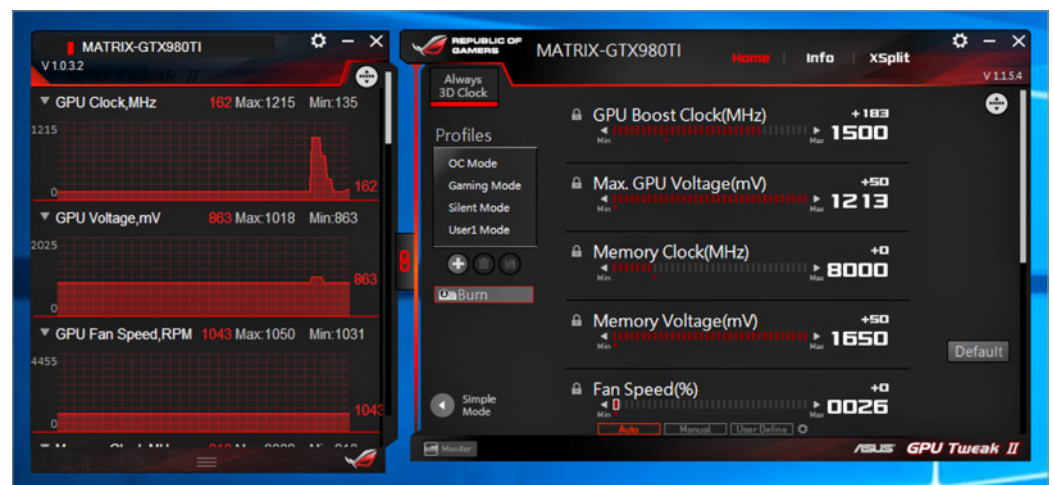
hat, stellt der „Safe Mode“-Knopf einen Mehrwert für BIOS-Tüftler dar. Mittels GPU Tweak II – siehe Bild – dürfen Sie Ihre Wunscheinstellungen direkt ins BIOS flashen. Treten Probleme auf, stellt ein Druck auf den Knopf, gefolgt von einem PC-Neustart, den Standard wieder her – und ein zweites BIOS ist auch noch an Bo(a)rd.

Asus gibt der Karte 1.215 MHz Basis- (+13 % OC) und 3.600 MHz RAM-Takt (+3 %) auf den Weg, nominell mehr als die Mitbewerber. Die Krux: Das im BIOS hinterlegte Powerlimit von 275 Watt (PCGH-Messung) hemmt die Entfaltung

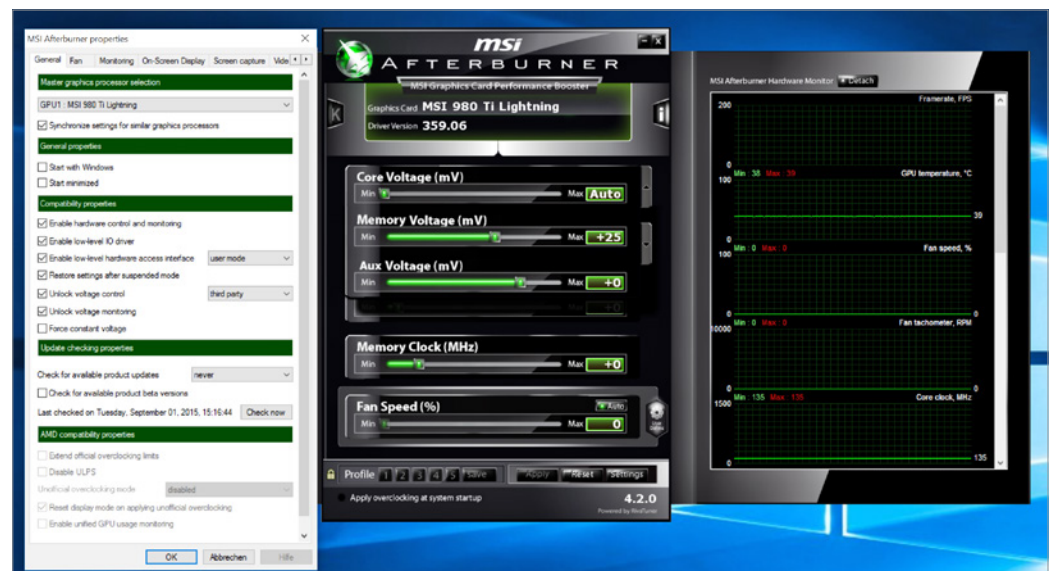
der Karte, sowohl der Lightning als auch der Classified stehen 25 Watt mehr zur Verfügung. Obwohl der Kühler den Kern auf höchstens 66 °C hält, geht der Boost daher nicht durch die Decke: Powerintensive Spiele wie Anno 2070 laufen mit mindestens 1.329 MHz, weniger fordernde mit guten 1.400 MHz. Das ist zwar sehr schnell, wird dem Anspruch an die Karte aber nicht gerecht. In OC-Tools lässt sich das Limit auf 110 % weiten, was knapp über 300 Watt entspricht – wer mehr möchte, muss die Asus-Repräsentanten in OC-Foren wie Hwbot & Kingpin Cooling kontaktieren. Immerhin: Die kurze Power-Leine

führt nicht nur zu niedriger Temperatur, der starke Kühler agiert auch leise. Unter Volllast messen wir eine maximale Lautheit von 2,7 Sone. Silent-Fetischisten könnten sich an der Tatsache stören, dass Asus auf einen semi-passiven Betriebsmodus verzichtet; die Lüfter surren hier mit 0,8 Sone Lautheit. Fazit: Asus' GTX 980 Ti Matrix Platinum ist ein gelungenes Produkt mit spannenden Spezialfunktionen, bleibt ab Werk jedoch hinter seinen Möglichkeiten zurück.

EVGA GTX 980 Ti Classified: Definitiv ein Wolf im Schafspelz. Classified, das bedeutet im Deutschen „ge-



Asus GPU Tweak II: Besitzer einer Matrix-Grafikkarte finden hier einige Spezialfunktionen, darunter Spannungsregler für den Grafikspeicher. Im Fall der 980 Ti Matrix Platinum dürfen Sie die getätigten Einstellungen mittels „Burn“-Knopf (Bildmitte) sogar dauerhaft ins BIOS brennen. Der „Safe Mode“-Button am Heck der Karte macht alles rückgängig – ein ideales Backup.



MSI Afterburner: Das Tool kann diverse Radeon- und Geforce-Modelle bedienen, die Lightning-Features stehen jedoch nur entsprechenden Modellen zur Verfügung. So lässt sich die Kernspannung auf bis zu 1,3 Volt erhöhen, die des RAMs um bis zu 100 mV und Aux/PCI-E um maximal 30 mV. Auch die Temperaturen von GPU, RAM und PCB lassen sich hier auslesen – sehr praktisch.

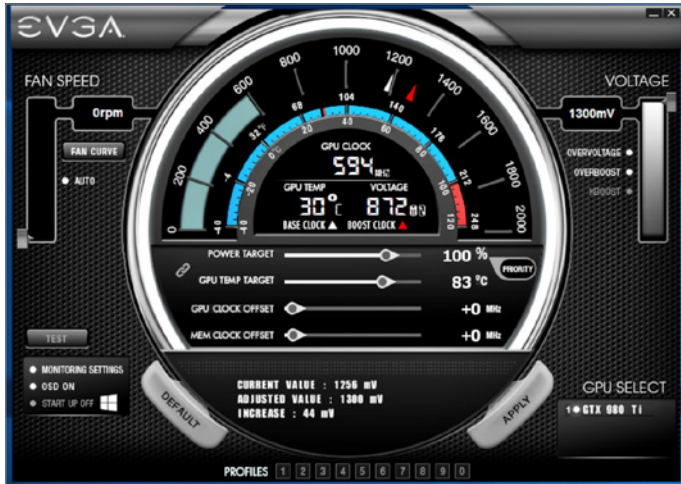
heim“ – wie gut, dass wir Zugriff auf alle Akten haben und darüber berichten können. Unsere Informanten und Analysen sind sich einig, dass EVGA eine mit Asus’ Matrix vergleichbare Platine erschaffen hat: Auf 12,5 cm Breite

bringt der Nvidia-Premiumpartner ein 14-Phasen-Design für die GPU unter, das seine Stärke erst mit Wasserkühlung oder extremen Mitteln ausspielen kann. Ab Werk ist der ACX 2.0 für die Kühlung zuständig: Das Design ist nur zwei

Slots hoch (3,5 cm), bedeckt jedoch die komplette Platine und bietet daher eine größere Oberfläche als gewöhnliche Modelle mit 10 cm Platinenbreite. Zwei 95-mm-Axialpropeller pressen Frischluft durch den Radiator. Darunter befindet sich eine Aluminiumplatte, welche Spannungsregulatoren und Speicher kühlt; eine Backplate komplettiert wie bei den Mitbewerbern das hochwertige Paket.

Auf dem Papier bietet die EVGA Classified den geringsten Takt im Feld: 1.190 MHz für GPU (+19 %) und Referenzspeichertakt (3.506 MHz) sind im BIOS hinterlegt. Da die Karte laut unseren Messungen 300 Watt in Spieleleistung und Wärme umwandeln kann, fällt der GPU-Boost im Mittel höher aus als bei der Matrix Platinum: 1.354 MHz hält unser Muster mindestens (+26 % OC), bei weniger anspruchsvollen Spielen rund 1,4 GHz. Während bei Asus das Powerlimit limitiert, rennt die Classified zuverlässig ans Temperaturlimit. Ab 83 °C, dem Standard-

Templimit bei Maxwell-Grafikkarten, setzt die Lüftersteuerung alles daran, die GPU herunterzukühlen. Wir messen schlimmstenfalls 84 °C bei rund 1.800 U/Min., resultierend in 4,8 Sone Lautheit. Das ist bedauerlich, da die Karte in Tools auf 115 % TDP (ca. 345 Watt) gehievt werden kann; mittels Precision-X-Tool sind sogar 1,3 Volt Kernspannung möglich – das ist mit Luft jedoch unkühlbar. Fazit: Kraftvolle Basis, die jedoch erst mittels BIOS-Mod und (mindestens) Wasserkühlung ausgenutzt werden kann. (rv)



EVGA Precision X16: Das Programm beherrscht alles, was das Tuner-Herz eines Classified-Nutzers begehrt – nur eine Option für höhere Speicherspannung fehlt. Die Versorgung des Kerns lässt sich jedoch auf bis zu 1,3 Volt anheben.

Fazit

Hardware

980-Ti-Giganten

Nvidias GeForce GTX 980 Ti ist sehr schnell. Die drei getesteten Karten sind sogar extrem schnell: Zwischen 15 und 20 Prozent höhere Bildraten können Sie erwarten, mittels manueller Übertaktung sogar ein gutes Drittel mehr. Besonders interessant sind jedoch die Spezialfunktionen (Dual-BIOS, Temperaturanzeige, Spannungsfühler etc.).

GRAFIKKARTEN Auszug aus Testtabelle mit 21 Wertungskriterien			
Produktname	GTX 980 Ti Lightning	GTX 980 Ti Matrix Platinum	GTX 980 Ti Classified
Hersteller/Webseite	MSI (http://de.msi.com)	Asus (www.asus.com/de)	Evga (eu.evga.com)
Ca.-Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 890,-/mangelhaft	Ca. € 890,-/mangelhaft	Ca. € 760,-/ausreichend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1316962	www.pcgh.de/preis/1349139	www.pcgh.de/preis/1275122
Shader-ALUs/Textureinheiten/ROPs	2.816/176/96	2.816/176/96	2.816/176/96
2D-Takt GPU/RAM (Spannung)	135/405 MHz (0,887 VGPU)	135/405 MHz (0,875 VGPU)	135/405 MHz (0,850 VGPU)
3D-Basis-/Boosttakt GPU/RAM (Übertaktung)	1.202 (Boost: 1.405+/-3.549 MHz (+31/+1 % OC))	1.215 (Boost: 1.329+/-3.600 MHz (+24/+3 % OC))	1.190 (Boost: 1.354+/-3.506 MHz (+26/0 % OC))
Ausstattung (20 %)	2,38	2,28	2,30
Speichermenge/Anbindung	6.144 MiByte (384 Bit)	6.144 MiByte (384 Bit)	6.144 MiByte (384 Bit)
Speicherart/Hersteller	7-Gbyps-GDDR5 (SK-Hynix H5GQ4H24MFR-R2C)	7-Gbyps-GDDR5 (SK-Hynix H5GQ4H24MFR-R2C)	7-Gbyps-GDDR5 (SK-Hynix H5GQ4H24MFR-R2C)
Monitoranschlüsse	1x DVI-I, 1x HDMI 2.0, 3x Displayport 1.2	1x DVI-I, 1x HDMI 2.0, 3x Displayport 1.2	1x DVI-I, 1x HDMI 2.0, 3x Displayport 1.2
Kühlung	Tri Frozr, 2,5-Slot, 5 Heatpipes (3x 8, 2x 6 mm), 3x 85 mm axial, versch. VRM-/RAM-Kühler + Backplate (ohne Pads)	„Direct CU 2“, 2,5-Slot, 5 Heatpipes (1x 10, 2x 8, 2x 6 mm), 2x 95 mm axial, VRM-Kühler + Backplate (RAM: blank)	ACX 2.0, Dual-Slot, 6 Heatpipes (4x 8, 2x 6 mm), 2x 95 mm axial, verschraubte VRM-/RAM-Platte + Backplate
Software/Tools/Spiele	Afterburner (Tweak-Tool), Treiber	GPU Tweak II (Tweak-Tool), Treiber	Precision X (Tweak-Tool), Treiber
Handbuch; Garantie	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Faltblatt (deutsch); 3 Jahre	Gedruckt (deutsch); 3 Jahre
Kabel/Adapter/Beigaben	2x Stromadapter: 2x6-auf-8-Pol; Spannungsfühler, SLI-Brücke	2x Stromadapter: 2x6-auf-8-Pol	2x Stromadapter: 2x6-auf-8-Pol; DVI-VGA; Poster, Aufkleber
Sonstiges	Custom-PCB mit 11,7 cm Breite; Dual-BIOS; ASIC 78,6 %; max. Powerlimit limitiert OC nur selten; Semi-passiv-Modus	Custom-PCB mit 12,7 cm Breite; Dual-BIOS; ASIC 73,0 %; max. Powerlimit limitiert OC; kein Semi-passiv-Modus (2D)	Custom-PCB mit 12,5 cm Breite; Dual-BIOS; ASIC 74,1 %; max. Powerlimit limitiert OC; Semi-passiv-Modus
Eigenschaften (20 %)	2,21	2,38	2,48
Temperatur GPU (2D/Spiel/Extremfall)	41/72/72 Grad Celsius	29/66/66 Grad Celsius	51/84/84 Grad Celsius
Lauth. (+PWM) aus 50 cm (2D/Spiel/Extremfall)	0,0 (passiv)/1,6 (58 %)/1,6 (58 %) Sone	0,8 (26 %)/2,7 (48 %)/2,7 (48 %) Sone	0,0 (passiv)/4,8 (59 %)/4,8 (59 %) Sone
Spulenpfeifen/-zirpen (unter Last)	Normal (erst ab hohen dreistelligen Fps)	Normal (leises Zirpen in Spielen; Fiepen ab dreistelligen Fps)	Normal (Zirpen in Spielen; Fiepen ab dreistelligen Fps)
Gemessener Verbrauch 2D/Blu-ray/2 LCDs	19/26/22 Watt	22/27/23 Watt	29/34/30 Watt
Verbrauch Crysis 3/Risen 3/Anno 2070/Max.	243/293/300/300 Watt (Powerlimit: 100 Prozent)	242/275/276/276 Watt (Powerlimit: 100 Prozent)	248/303/304/305 Watt (Powerlimit: 100 Prozent)
GPU-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Nein (1.545)/nein (1.615)/nein (1.685 MHz)	Ja (1.460)/nein (1.530)/nein (1.595 MHz)	Ja (1.490)/nein (1.555)/nein (1.625 MHz)
RAM-OC bestanden? (+10/+15/+20 %)	Ja (3.905)/ja (4.080)/nein (4.260 MHz)	Ja (3.960)/nein (4.140)/nein (4.320 MHz)	Ja (3.855)/ja (4.030)/nein (4.205 MHz)
Spannungsänderung in Tools möglich?	GPU bis 1,3V, RAM +100mV, Aux +30 mV, TDP bis 122 %	Ja (GPU, RAM & PEX via GPU Tweak; Powerlimit bis 110 %)	Ja (GPU via Precision bis 1,3 Volt; Powerlimit bis 115 %)
Länge/Höhe der Karte; Stromstecker	30,0 (PCB: 29,0)/4,5 cm; 2x 8-Pol + 1x 6-Pol (vertikal)	29,5 (PCB: 28,0)/4,5 cm; 2x 8-Pol (vertikal)	28,0 (PCB: 28,0)/3,5 cm; 2x 8-Pol (vertikal)
Leistung im PCGH-Index (60 %)	1,15	1,23	1,26
FAZIT	- Extrem schnell und trotzdem leise - Sinnvolle OC-Spezialfunktionen - Sehr lang (Gehäuse-Kollision möglich)	- Spezialfunktionen, darunter BIOS-Flash 3 Jahre Garantie - Relativ straffes Powerlimit (275W)	- Hochwertiges Power-Design - Bis zu 1,3 Volt Kernspannung einstellbar - Unter Vollast sehr laut
	Wertung: 1,60	Wertung: 1,67	Wertung: 1,71



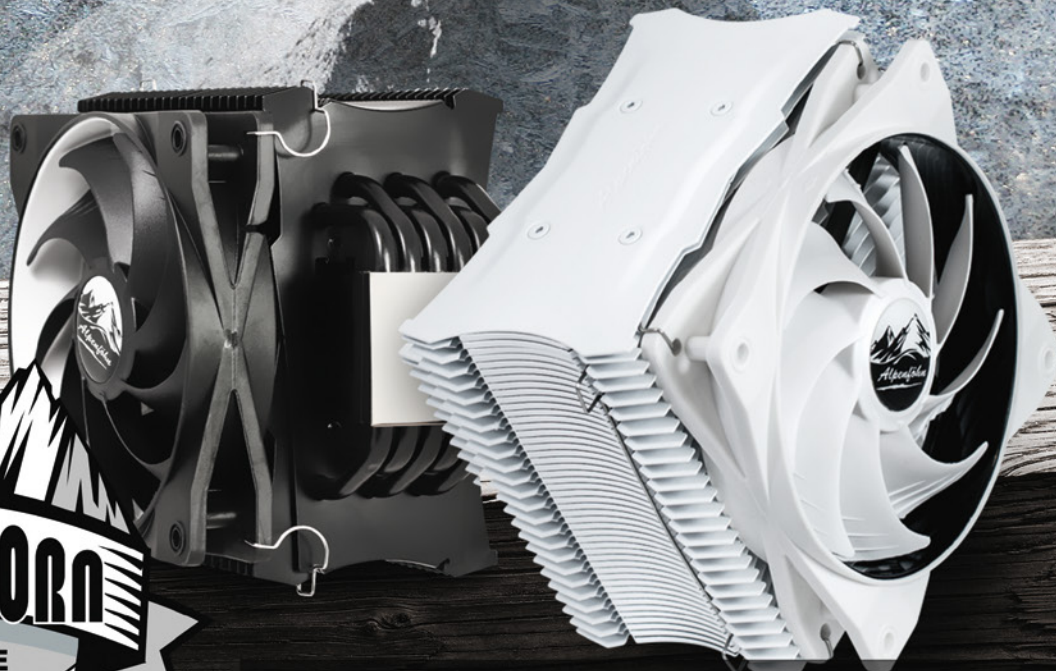
CASEKING.de

präsentiert

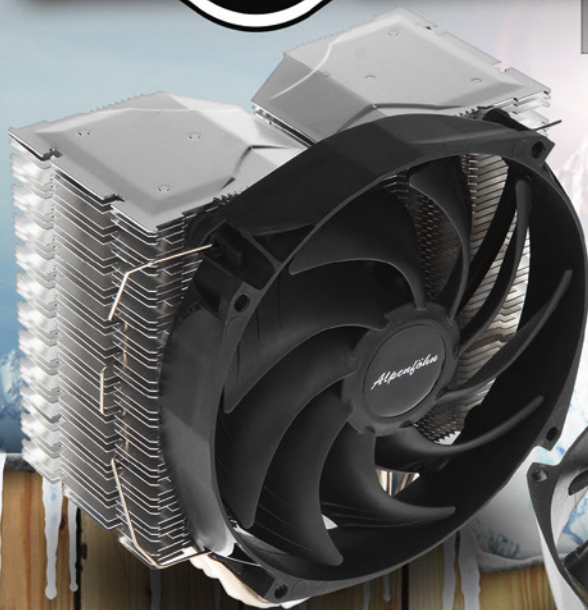


Alpenföhn

ENGINEERED
IN
GERMANY



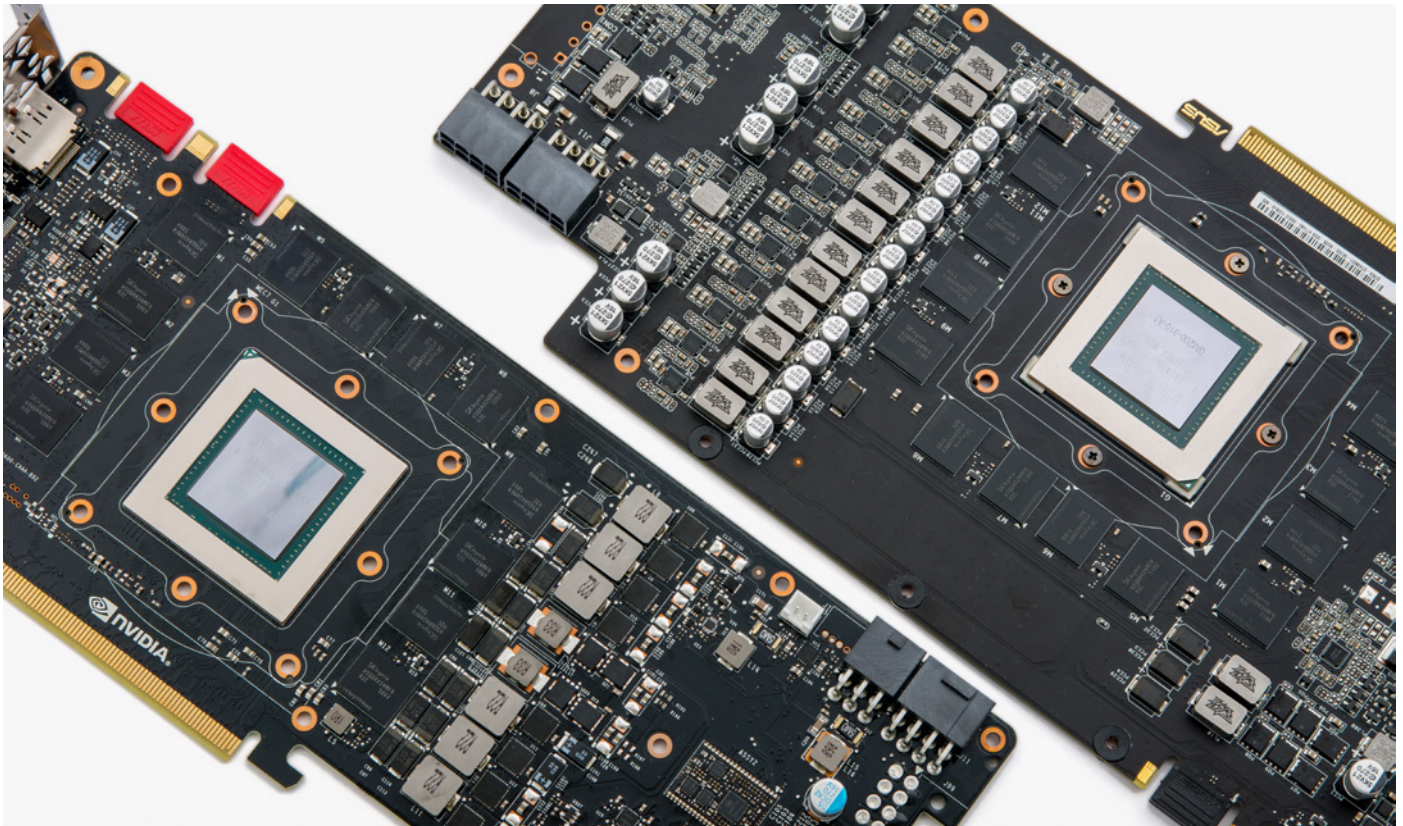
Wahlweise in weißer oder schwarzer Beschichtung
erhältlicher High-End-Kühler mit Alpenföhn
Wing-Boost-2-PWM-Lüfter für perfekte Kühlleistung.



BROCKEN²

Asymmetrischer Dual-Radiator-
Tower mit 5 vernickelten
Heatpipes & 2x Alpenföhn
140er-Wing-Boost-2-Fans.





GTX 980 Ti ausgereizt

PC Games Hardware fühlt einem Herstellerdesign der GeForce GTX 980 Ti auf den Zahn und zeigt, was beim Übertakten im Vergleich zum Referenzdesign möglich ist.

Mit Marktübersichten über Kühlertests bis hin zum Titan-X-Tagebuch behandelten wir Nvidias GM200-Chip in den vergangenen Ausgaben umfassend. Im heutigen Test stellen wir eine weitere Facette vor, die sich nicht als herkömmlicher Kühler- oder Extrem-OC-Artikel darstellt. Vielmehr wollen wir die Frage beantworten, inwieweit die viel gepriesenen Herstellerdesigns das Übertakten mit Luft- und Wasserkühlung beeinflussen und für wen sich der Griff zur Luxus-Konfiguration in Form einer protzigen Customplatine nebst passendem Wasserkühler lohnt.

Testkandidaten

Als Herstellerdesign bitten wir Asus' GeForce GTX 980 Ti Strix DC3OC (Test in PCGH 09/2015) ins Testlabor. Für den passenden Full-cover-Wasserkühler werden wir bei

EK Waterblocks fündig. Die Kosten belaufen sich mangels Alternativen auf stattliche 130 Euro. Passende Kühler für das Referenzdesign erhalten Sie dagegen in unterschiedlichsten Materialkombinationen und Designs schon ab rund 95 Euro. Bei der zweiten Testkarte handelt es sich mit MSIs GeForce GTX 980 Ti 6GD5 um den Vertreter des Nvidia-Referenzdesigns.

Beide Hersteller gewähren übrigens auch nach Kühlerwechsel bei vorschriftsgemäßer Durchführung weiterhin die dreijährige Garantie.

Das Herstellerdesign

Die in der Breite deutlich größeren Abmessungen der Strix-Platine sollten Sie bei kompakten Gehäusen beachten. Geschuldet ist dies dem Spannungswandler-Design, das bei der GPU mit starken zwölf Phasen

zu Werke rückt. Über die installierten MPSF03-Wandler sind weder Hersteller noch weitere Informationen bekannt. Auf Nachfrage erläutert uns Asus die Kapazität mit 60 Ampere pro Phase, ergo in Summe bedeutend größere Reserven als bei der Referenzplatine.

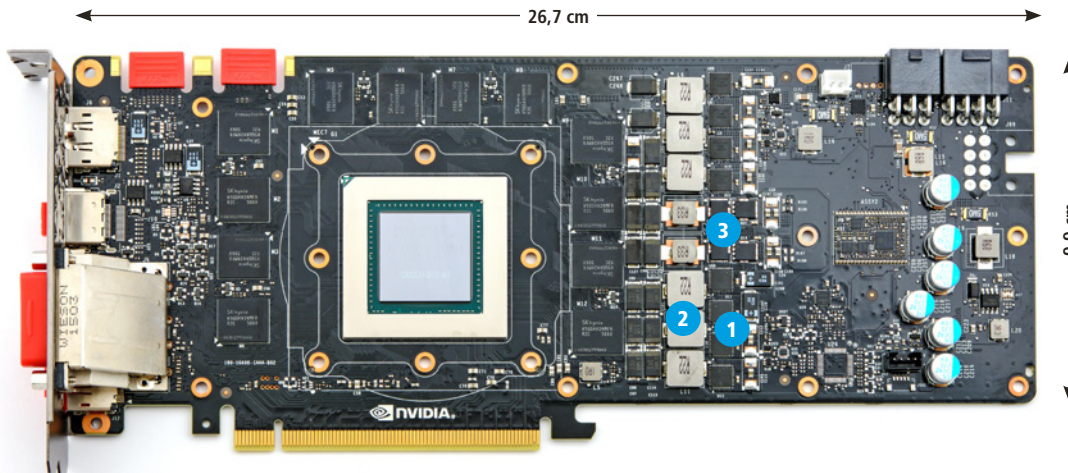
Das Referenzdesign

Nvidias Platinendesign der Referenzkarten folgt seit Einführung der GeForce GTX 780 gleichen Grundzügen. Nur geringfügige Änderungen bei Stützkondensatoren und Wandlern (VRM) begleiten die unterschiedlichen Generationen. Wir finden sechs GPU-Phasen vor, was deutlich an den großen Induktivitäten erkennbar ist. Die Fairchild-FDMF6820A-Wandler mit bis zu 55 Ampere und 150 °C Belastbarkeit sind gut dokumentiert. Nvidia bricht zudem mit dem klas-

sischen Design von einem Mosfet je Phase und bedient sich der Power-Balancing-Technologie. Hierbei kommen acht VRM-Module zum Einsatz, die sich dynamisch auf die sechs Phasen aufteilen. Einzelne Phasen können sich so aus mehreren Quellen (etwa 8-Pol-Stecker und PCIe-Steckplatz) mit Energie versorgen, um Instabilität infolge Überlastung einzelner Quellen zu verhindern.

Bei beiden Wandlertypen der unterschiedlichen Platinen handelt es sich mit den sogenannten Driver-Mosfets (kurz DrMOS) um hochintegrierte Komponenten (Driver, High- und Low-Side-Schalter in einem Bauteil). Trotz höchster Effizienz jenseits 90 Prozent erzeugen die Bauteile bei der Transformation der Spannung die größte Abwärme seitens der Wandler.

Geforce GTX 980 Ti ohne Limit: Eine Frage des PCBs



Referenzplatine
(am Beispiel MSI GeForce
GTX 980Ti 6GD5)

Stromversorgung

8- und 6-Pol-Stecker ermöglichen mitsamt PCI-E-Slot bis zu 300 Watt Leistungsaufnahme. Mehr können Sie mit dem Referenzkühler auch kaum abrufen.



Sechs GPU-Phasen

Acht Wandler (1) mit je 55 Ampere Kapazität verteilen sich mittels Power-Balancing-Technologie (siehe Fließtext) auf sechs Phasen – erkennbar an sechs Induktivitäten (2).



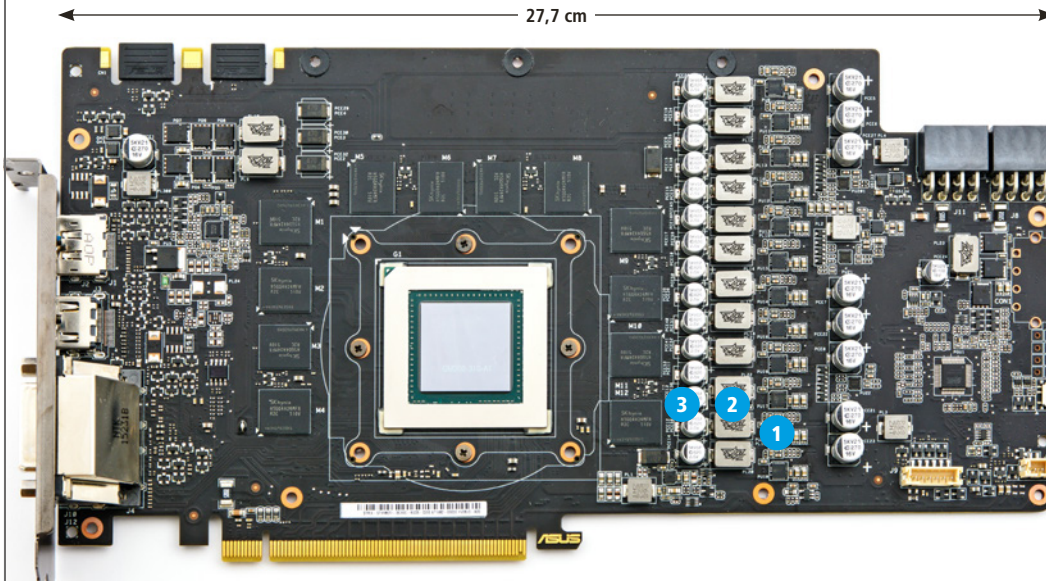
6 GiB von SK-Hynix

Die 12 Speicherchips kommen von SK-Hynix, welche sich ausgesprochen gut übertakten lassen. Versorgt wird der Speicher von zwei Wandlerphasen (3)



GM200-310-GPU

Die GPU verfügt bei unserem Sample über eine ASIC-Qualität von recht mageren 65,3 Prozent. Unter Last legt die Platine im Ausgangszustand bis zu 1,193 Volt an.



Asus GeForce 980 Ti
Strix DC30C-6GD5

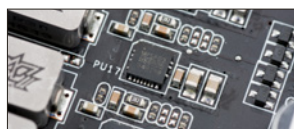
375 Watt möglich

Zwei 8-Pol-Buchsen ermöglichen bis zu 375 Watt Leistungsaufnahme, ohne dabei die PCI-Express-Spezifikation zu überschreiten.



Viel hilft viel

Starke 12 Phasen (bis zu 60 Ampere) versorgen den Grafikchip im klassischen Aufbau: Driver-Mosfet (1), induktive Spule (2) und Speicherkondensator (3).



Analog zum Referenzdesign

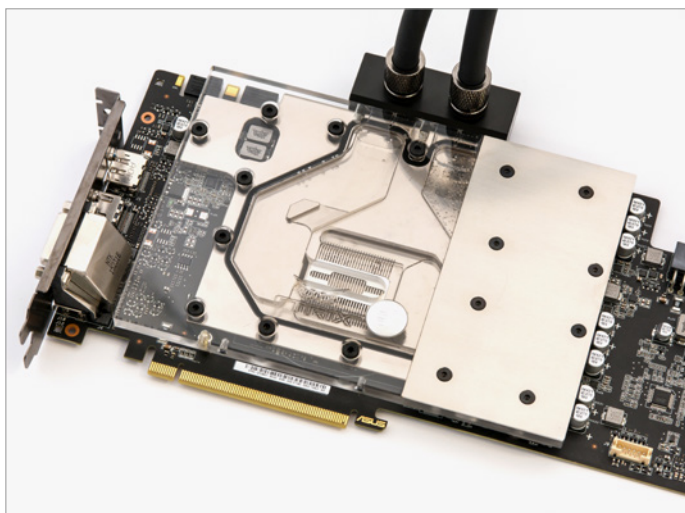
Beim RAM setzt Asus auf identische SK-Hynix-Module wie das Referenzdesign. Auch die Spannungsversorgung übernehmen hier zwei Phasen.



GM200-310-GPU

Unsere Strix verfügt über eine GPU mit der ASIC-Qualität von 71,1 Prozent (1,187 Volt unter Last). Der rückseitige Aluminiumrahmen versteift die GPU gegen Biegung.





Der EK-FC980 GTX Ti Strix passt als einziger Fullcover-Wasserkühler auf die Customplatine und verfügt über eine effektive GPU-Kühlstruktur mit zentraler Anströmung.



Bei der Referenzplatine ist die Auswahl an Kühlern deutlich größer. Wir montieren einen vernickelten Kühlblock aus dem Hause AquaComputer.

GM200 entfesselt

Die Asus Strix verfügt gegenüber dem Referenzdesign über ein höheres Powerlimit. Für unsere Vorhaben spielen wir auf beiden Platinen ein BIOS mit 375 Watt Kapazität auf, um jegliche Limitierungen bei Takt und Spannung auszuschließen. Wie dies im Detail erfolgt, zeigten wir bereits in Ausgabe 06/2015 anhand einer Titan X. Die Kühlung erfolgt über einen 140-mm-Radiator, welchen wir mit einem Lüfter mit 1.200 U/Min bestücken. Das Wasser fördert dabei eine Alphacool-DC-IT-Pumpe durch den Kreislauf. Der Aufbau zeigt, dass Wärmeströme im Bereich von über 300 Watt effektiv mittels einer kompakten Wasserkühlung abgeführt werden können.

Overclocking-Potenzial

Wir ermitteln die maximale Übertaktbarkeit für Chip und Speicher bei 1.255 mV GPU-Spannung. Hierbei bestätigt sich der ASIC-Mythos: Die Strix stemmt mit ihrem Wert von 71,1 Prozent fast 1,57 GHz Chiptakt, die dank Wasserkühlung permanent anliegen. Bei der Referenzplatine müssen wir uns nicht zuletzt wegen des günstigeren PCBs, sondern vielmehr aufgrund der niedrigen GPU-Güte (nur 65,3 Prozent) mit „nur“ 1,50 GHz begnügen. Auch bei der Übertaktbarkeit des Speichers zeichnet sich mit rund 100 MHz ein leichtes Plus für die Strix ab, was jedoch innerhalb üblicher Streubreiten liegt. Derart übertaktet erhalten wir in Ultra HD gegenüber dem Referenzboost der GTX 980 Ti (1.075 MHz) satte 38 Prozent mehr Leistung. Das Referenzdesign folgt mit +32 Prozent aber in Schlagweite.

Detailanalyse

Die nachfolgenden Untersuchungen führen wir bei identischen Einstellungen beider Testkandidaten

aus. Hierzu modifizieren wir das BIOS mit den folgenden, konstanten Taktraten sowie Spannungen und vergleichen sie hinsichtlich Temperaturentwicklung und Leistungsaufnahme:

■ Wakü 1.507/4.001 MHz, 1.255 mV

■ Wakü 1.357/3.903 MHz, 1.205 mV

■ Lukü 1.253/3.802 MHz, 1.175 mV

Um hierbei auch die Wandlertemperaturen vergleichen zu können, stattdessen wir die Platinen rückseitig auf Höhe der Wandler mit mehreren Foliensensoren aus und mitteln deren Maximalwerte in unseren je 15-minütigen Belastungstests aus vier Spielen in Ultra HD.

Imposante Resultate

Unser Vergleich mit Luftkühlern zeigt das ungleiche Kräftemessen: Der Strix-Kühler führt zu wesentlich niedrigerer GPU-Temperatur und auch die Wandler laufen rund 30 Prozent kühler. Nach Umbau auf Wasserkühlung bestätigt sich das Bild, die erweiterte Spannungsversorgung der Strix führt zu reduzierten Temperaturen. Die der Referenzplatine ist bei gesteigerten Taktraten und GPU-Spannungen thermisch deutlich stärker gefordert, bleibt aber immer kälter als mit dem Luftkühler.

Die einzige Ausnahme bildet Anno 2070, das sich einmal mehr als äußerst forderndes Szenario herausstellt und den Grenzbereich für die Referenzplatine aufzeigt. Den Test mit 1.255 mV GPU-Spannung brechen wir nach nur sechs Minuten bei über 90 °C und lautem Zirpen der Wandler ab. Die Leistungsaufnahme schöpft mit 360 Watt unser Limit nahezu vollständig aus. Die Customplatine begegnet diesem Worst-Case-Szenario deutlich gelassener, trotz 347 Watt Leistungsaufnahme vernehmen wir kein Zirpen.

Gemittelter Leistungsgewinn

Gemittelter Leistungsgewinn (3.840 × 2.160) über alle 5 Spiele

Asus Strix @ OC (1.565/4.252 MHz)	38%
Referenz @ OC (1.495/4.146 MHz)	32%
Asus Strix @ Best (1.392/3.600 MHz)	21%
Referenz @ Best (1.177/3.506 MHz)	6%
Referenz @ Std. (1.075/3.506 MHz) (Basis)	

System: Core i7-5820K @ 4,0 GHz (40 × 100), Asus Rampage V Extreme (X99), 4 × 4 GiB DDR4-3200, Win 8.1 x64, 358,50 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Die Strix liegt klar in Führung, die Referenzkarte kann durch Tuning jedoch um ordentliche 32 Prozent zulegen.

Prozent
► Besser

Leistung in UHD: Zwei 980-Ti-Karten ausgereizt

Anno 2070, Ingame-FXAA/16:1 HQ-AF – „Bäm!“

Asus Strix @ OC (1.565/4.252 MHz)	63	68,0 (+37 %)
Referenz @ OC (1.495/4.146 MHz)	60	65,3 (+31 %)
Asus Strix @ Best (1.392/3.600 MHz)	55	60,7 (+22 %)
Referenz @ Best (1.177/3.506 MHz)	49	53,8 (+8 %)
Referenz @ Std. (1.075/3.506 MHz)	45	49,7 (Basis)

Battlefield 4, 4x MSAA+FXAA/16:1 HQ-AF – „Baku“

Asus Strix @ OC (1.565/4.252 MHz)	41	47,5 (+39 %)
Referenz @ OC (1.495/4.146 MHz)	38	45,0 (+32 %)
Asus Strix @ Best (1.392/3.600 MHz)	34	41,0 (+20 %)
Referenz @ Best (1.177/3.506 MHz)	31	35,9 (+5 %)
Referenz @ Std. (1.075/3.506 MHz)	29	34,1 (Basis)

Crysis 3, max. Details, SMAA 4x (hoch), 16:1 AF – „Fields“

Asus Strix @ OC (1.565/4.252 MHz)	28	30,3 (+38 %)
Referenz @ OC (1.495/4.146 MHz)	27	29,1 (+32 %)
Asus Strix @ Best (1.392/3.600 MHz)	24	26,2 (+19 %)
Referenz @ Best (1.177/3.506 MHz)	21	23,4 (+6 %)
Referenz @ Std. (1.075/3.506 MHz)	20	22,0 (Basis)

Ethan Carter Redux, max. Details, Res. Scaling 150 %, TAA – „Tracks“

Asus Strix @ OC (1.565/4.252 MHz)	25	28,3 (+39 %)
Referenz @ OC (1.495/4.146 MHz)	24	27,2 (+33 %)
Asus Strix @ Best (1.392/3.600 MHz)	23	24,9 (+22 %)
Referenz @ Best (1.177/3.506 MHz)	19	21,5 (+5 %)
Referenz @ Std. (1.075/3.506 MHz)	18	20,4 (Basis)

Far Cry 4, max. Det. ohne Gameworks, SMAA/16:1 Treiber-AF – „Rocky Rider“

Asus Strix @ OC (1.565/4.252 MHz)	46	50,5 (+38 %)
Referenz @ OC (1.495/4.146 MHz)	44	48,2 (+32 %)
Asus Strix @ Best (1.392/3.600 MHz)	40	44,2 (+21 %)
Referenz @ Best (1.177/3.506 MHz)	35	39,1 (+7 %)
Referenz @ Std. (1.075/3.506 MHz)	33	36,6 (Basis)

System: Core i7-5820K @ 4,0 GHz (40 × 100), Asus Rampage V Extreme (X99), 4 × 4 GiB DDR4-3200, Windows 8.1 x64, 358.50 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Asus' Strix legt mit Wasserkühler im Mittel um 38 Prozent gegenüber der Referenzkarte zu.

Min. | Ø Fps
► Besser

Wandlertemperaturen von 64 °C laden zum Schmunzeln ein und belegen noch einmal deutlich die große Kapazität des Herstellerdesigns.

Bei der Leistungsaufnahme ist hingegen keine klare Beurteilung möglich. Zwar zieht die Strix durch all unsere Tests hinweg rund zehn Watt weniger aus dem Netzteil, die Messwerte werden jedoch auch hier von der höheren Chipgüte überlagert: Innerhalb des Grafikprozessors ist von geringeren Leckströmen auszugehen und eine klare Zuordnung der Einsparung an dieser Stelle daher nicht möglich. Es bleibt aber festzuhalten, dass das starke Wandlerdesign von Asus mindestens so effektiv zu Werke geht wie die korrespondierenden Bauteile der Referenzplatine.

Alltagstauglichkeit

Da wir Stabilität für unsere Versuchsreihen zeitbedingt nur für rund 15 Minuten je Spiel testen, sind die erzielten Übertaktungs-

ergebnisse mit gewisser Vorsicht zu genießen. Wir würden für den komplikationsfreien Alltagsbetrieb etwa 50 MHz bei Chip- und 150 MHz Speichertakt reduzieren. Zudem fallen beim Referenzdesign die Wandlertemperaturen bei maximaler Übertaktung ins Auge. Verglichen mit den Werten im Ausgangszustand (und mit Referenzkühler) scheint die Platine aber wohl darauf ausgelegt zu sein. (cb)

Fazit

Hardware

Klarer Sieger?

Beide Platinen durchbrechen die 1,5-GHz-Mauer. Das Referenzdesign läuft selbst mit Wakü am Limit, die Strix-Platine offenbart messbare Vorteile. Dennoch unterliegen OC-Erfolge ab 1,5 GHz maßgeblich dem Glück bei der Chipgüte. Greifen Sie daher zum Referenzdesign, wenn Ihnen moderate Taktraten ausreichen. Die Customplatine entledigt sich jeglicher Limitierung, mit höheren Anschaffungskosten.

Maximale Leistungsaufnahme unter Volllast

Mittelwert aus vier Spielen* nach 15 Minuten Aufheizzeit

Strix @ Wakü (1.507/4.001; 1.255 mV)	314	474 (+17 %)
Ref. @ Wakü (1.507/4.001; 1.255 mV)	329	483 (+20 %)
Strix @ Wakü (1.357/3.903; 1.205 mV)	273	425 (+5 %)
Ref. @ Wakü (1.357/3.903; 1.205 mV)	281	432 (+7 %)
Strix @ Lukü (1.253/3.802; 1.130 mV)	242	392 (-3 %)
Ref. @ Lukü (1.253/3.802; 1.130 mV)	251	404 (Basis)

System: Core i7-5820K @ 4,0 GHz (40 × 100), Asus Ramp. V Extreme (X99), 4 × 4 GiB DDR4-3200, Win 8.1 x64, 358.50 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Die Asus-Karte braucht durch die Bank ~10 Watt weniger, hat jedoch auch die höhere GPU-Qualität (ASIC).

Watt
VGA | PC-Ges.
◀ Besser

GPU-Temperatur unter Volllast

Mittelwert aus vier Spielen* nach 15 Minuten Aufheizzeit

Strix @ Wakü (1.507/4.001; 1.255 mV)	56 (-34 %)
Ref. @ Wakü (1.507/4.001; 1.255 mV)	56 (-34 %)
Strix @ Wakü (1.357/3.903; 1.205 mV)	52 (-39 %)
Ref. @ Wakü (1.357/3.903; 1.205 mV)	52 (-39 %)
Strix @ Lukü (1.253/3.802; 1.130 mV)	73 (-14 %)
Ref. @ Lukü (1.253/3.802; 1.130 mV)	85 (Basis)

System: Core i7-5820K @ 4,0 GHz (40 × 100), Asus Ramp. V Extreme (X99), 4 × 4 GiB DDR4-3200, Win 8.1 x64, 358.50 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Der massive Luftkühler der Strix bietet Reserven, die beiden Wasserkühler liefern eine identische Leistung um 50 °C.

Grad Celsius
◀ Besser

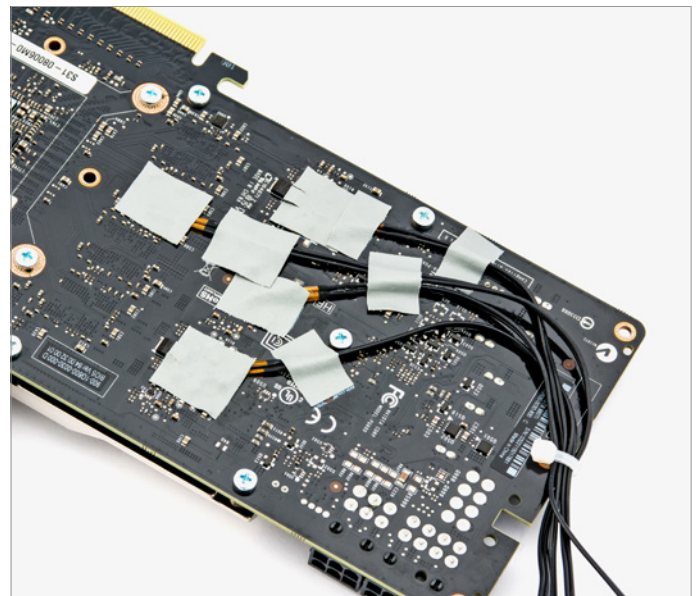
Wandler-Temperatur unter Volllast

Wandler-Temperatur unter Volllast

Strix @ Wakü (1.507/4.001; 1.255 mV)	57 (-32 %)
Ref. @ Wakü (1.507/4.001; 1.255 mV)	79 (-6 %)
Strix @ Wakü (1.357/3.903; 1.205 mV)	53 (-37 %)
Ref. @ Wakü (1.357/3.903; 1.205 mV)	73 (-13 %)
Strix @ Lukü (1.253/3.802; 1.130 mV)	59 (-30 %)
Ref. @ Lukü (1.253/3.802; 1.130 mV)	84 (Basis)

System: Core i7-5820K @ 4,0 GHz (40 × 100), Asus Ramp. V Extreme (X99), 4 × 4 GiB DDR4-3200, Win 8.1 x64, 358.50 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Hier überzeugt die Customplatine restlos, mit maximalem OC ist die Referenzplatine selbst mit Wakü am Limit.

Grad Celsius
◀ Besser



Mangels auslesbarer Temperaturüberwachung bringen wir rückseitig mehrere Folien-Temperatur Sensoren an, um die VRM-Temperaturen präzise zu erfassen.



msi

TOM CLANCY'S
RAINBOW SIX SIEGE

Kämpfe im Team und gewinne!

HOL' DIR DAS Z170A KRAIT GAMING R6 SIEGE ODER
DAS Z170A GAMING M5 UND ERHALTE
TOM CLANCY'S RAINBOW SIX SIEGE
KOSTENLOS DAZU.



MSI
Z170A GAMING M5

194,90



Das MSI Z170 GAMING M5 Motherboard bieten Spielern neueste Technologie und innovative Hardware-Eigenschaften. DDR4-Boost beschleunigt die Datenverarbeitung und Twin Turbo M.2 bietet höchste Datentransferraten mit der neuesten SSD-Generation. PC-Gamer erhalten mit Audio Boost 3 und Nahimic Audio Enhancer einen exzellenten Gaming-Sound und mit der neuesten Killer-LAN-Generation werden hohe Bandbreiten und niedrige Latenzzeiten im Spielnetzwerk garantiert.

- ATX-Mainboard • Sockel LGA 1151 • Intel Z170 Express • 4x DDR4 mit DDR4 Boost
- Killer-GB-LAN • USB 3.1 Type C + A • Audio Boost 3 7.1 HD-Sound
- 2x M.2 (NVMe) • 3x PCIe 3.0 x16

GKEM33

MSI
Z170A KRAIT GAMING R6 Siege

164,90



Das MSI Z170A KRAIT GAMING R6 SIEGE verfügt über leistungsstarke PC-Technik für die neueste Intel Prozessorgeneration. Die exklusive KRAIT-Variante stellt Spielern viele nützliche Eigenschaften bereit. So wurden gleich zwei USB 3.1 Gen2 Anschlüsse in der kompatiblen Typ-A-Version und der neuen Typ-C Variante integriert. Der Turbo M.2 Anschluss ist mit PCIe 3.0 x4 angebunden und unterstützt Transferraten von bis zu 32Gb/s. Dank der Steel Armor PCIe x16 Slots kann sich jeder Gamer sicher sein, dass die SLI-oder Crossfire-Konfiguration jederzeit sicheren Halt im Gehäuse findet.

- ATX-Mainboard • Sockel LGA 1151 • Intel Z170 Express • 4x DDR4 mit DDR4 Boost
- Intel-GB-LAN • USB 3.1 Type C + A • Audio Boost 3 7.1 HD-Sound • M.2 (NVMe)
- 2x PCIe 3.0 x16

GKEM58



inklusive
NBA 2k16-Steam Code

1.149,-

XMG A506

- 39,6 cm (15,6") • Full-HD LED TFT (1920 x 1080)
- Intel® Core™ i7-6700HQ (2,6 - 3,5 GHz)
- 8 GB DDR3 1866 RAM • 1000 GB SATA
- NVIDIA GeForce GTX 960M 2 GB VRAM
- USB 3.0, Bluetooth 4.0 • ohne Betriebssystem
- inklusive NBA 2k16-Steam Code

PL6X12



849,-

**MSI GP62-2QEi58H11FD
Leopard Pro**

- 39,6 cm (15,6") • Full-HD LED TFT (1920 x 1080)
- Intel® Core™ i5-4210H (2,90 GHz)
- 8 GB DDR3L-RAM • 128 GB SSD, 1000 GB SATA
- NVIDIA GeForce GTX 950M 2 GB VRAM
- USB 3.0, Bluetooth 4.0 • Free DOS

PL6MA2

ASUS
IN SEARCH OF INCREDIBLE

4K Ultra HD

449,-

ASUS PB287Q

- LED-Monitor • 71,12 cm (28") Bildbdiagonale • 3.840x2.160 Pixel
- 1 ms Reaktionszeit • Kontrast: 100.000.000:1 (dyn.) • Helligkeit: 300 cd/m²
- DisplayPort • HDMI/MHL, Audio

V6LO55



699,-

**EVGA GeForce GTX 980 Ti
Superlocked+ ACX 2.0+**

- Grafikkarte • NVIDIA GeForce GTX 980 Ti
- 1102 MHz Chiptakt (Boost: 1190 MHz)
- 6 GB GDDR5-RAM (7,0 GHz)
- Backplate • DirectX 12, OpenGL 4.4
- ACX2.0+ Kühlungslösung (0dB bei geringer Last)

JFXZ0A00



224,90

ASUS MAXIMUS VIII HERO

- ATX-Mainboard • Sockel 1151
- Intel® Z170 Chipset • CPU-abhängige Grafik
- Gigabit-LAN • USB 3.1 • 4x DDR4-RAM
- 6x SATA 6Gb/s, 1x M.2, 2x SATAe
- 3x PCIe 3.0 x16, 3x PCIe 3.0 x1

GKEA12



599,-

**Mushkin Scorpion Deluxe
PCIe SSD 480 GB**

- Solid-State-Drive • MKNP44SC480GB-DX
- 480 GB Kapazität • 2160 MB/s lesen
- 1960 MB/s schreiben • 4x SandForce SF-2281
- 107.000 IOPS • PCIe 2.0 x8

IMJMUX02



119,90

**Corsair DIMM 16GB
DDR4-3000 Kit**

- Arbeitsspeicher-Kit • CMK16GX4M2B3000C15
- Timing: 15-17-17-35
- DIMM DDR4-3.000 (PC4-24.000)
- Kit: 2x 8 GB

IEIGSR32



Neuheit!

149,90

**Cooler Master
MasterCase Pro 5**

- Midi-Tower • Unterstützt sechs 140mm Lüfter
- Unterstützt 240mm und 280/360mm Radiatoren gleichzeitig
- Trennplatte: Eigenkammer für das Netzteil

TQXM5001



64,90

Zalman Z11 NEO

- Midi-Tower • Einbauschächte extern: 1x 5,25"
- Einbauschächte intern: 6x 3,5", 2x 2,5"
- inkl. fünf Lüfter
- Front: 2x USB 3.0, 2x USB 2.0, 2x Audio
- für Mainboard bis ATX-Bauform

TQXZB4



Mechanisch

167,90

G.Skill Ripjaws KM780 RGB

- mechanische Cherry MX RGB Schalter
- n-Key-Rollover (NKRO) mit 100% Anti-Ghosting
- integrierte Makrofunktion mit 6 Makrotasten
- weiche Handgelenkablage, Halterung für Maus kabel

NTZW01



34,99

SHARK ZONE K20

- solide Gaming-Tastatur mit LED-Beleuchtung
- Gaming-Modus mit deaktivierter Windows-Taste
- Multi-Key-Rollover-Unterstützung
- integrierte Handballenaufgabe

NTZS62



Neuheit!

89,90

Razer Diamondback

- optische Lasermaus • 16.000 dpi
- 7 programmierbare Tasten • Scrollrad
- 50 G • 1000 Hz Ultrapolling
- On-The-Fly Sensitivitätseinstellung möglich
- Razer-Synapse-fähig

NMZM57



37,99

SHARK ZONE H30

- Stereo-Headset
- Ohrumschließend
- Lautstärkeregler
- Kopfhöreranschluss 1x 3,5 mm

KH#556

ALTERNATE

bequem online



Bild: Aird-Box

Hardware im Backofen

Viele haben es schon erleben müssen: Von heute auf morgen verweigert eine Komponente ihren Dienst. Manchmal lässt sich das gute Stück aber wiederbeleben – wir probieren den Bastler-Tipp aus.

Hitze gilt als Hardware-Feind. Eine heiße CPU drosselt ihre Leistung, zu heiße GPUs verursachen Abstürze und ein geschmolzener Spannungswandler ist das Todesurteil für die betroffene Komponente. Trotzdem gibt es Berichte von Komponenten, deren Zustand durch gezielte Wärmeeinwirkung verbessert wurde. Wertvolle Hardware im Backofen retten? Verursacht man da nicht eher Schaden?

Risiko für die Bauteile

Hier muss zunächst zwischen Erwärmung im Betrieb und Erwärmung durch externe Wärmequellen unterschieden werden. Erstere ist ein bekanntes Risiko für die Lebensdauer der Hardware, allerdings in Zusammenarbeit mit den fließenden Strömen. Halbleiter unterliegen hier besonderer Gefahr,

denn ihr elektrischer Widerstand sinkt bei steigenden Temperaturen. Da ein geringerer Widerstand bei konstanter Spannung zu höheren Stromflüssen führt, geht eine hohe

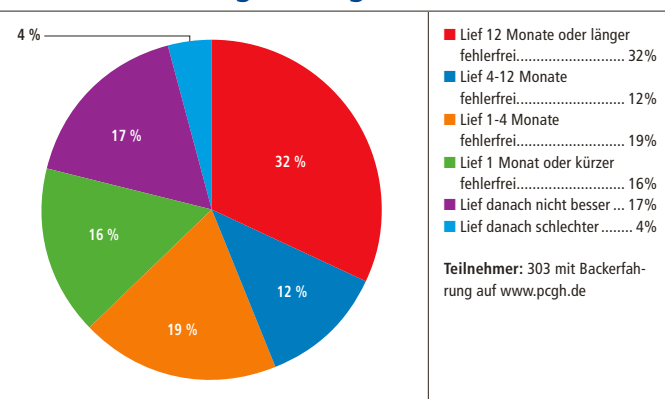
Hardwaretemperatur also direkt mit einer höheren elektrischen Belastung der Komponente einher, wodurch sich die Lebensdauer deutlich reduzieren kann.

Wärme allein ohne Stromfluss hat dagegen nur wenig Auswirkung auf Silizium. In ausgeschaltetem Zustand tolerieren Computerchips meist deutlich höhere Temperaturen; die exakten Limits hängen stark vom verwendeten Package ab und liegen zum Teil bei 300 °C, wenn die Wärme nur für wenige Sekunden einwirkt. Dies ist auch nötig, denn beim Löten der Platinen wird die Außenseite einiger Bauteile auf über 250 °C erhitzt. Für die Elektronik ist der Backofeneinsatz also eher risikoarm.

Risiko für die Hardware

Eine Grafikkarte, ein Mainboard oder andere komplexe Platinen sind aber mehr als die Summe ihrer elektronischen Bauteile – und das betrifft nicht nur die Datenverarbeitung. Auch die Tempera-

PCGHX-Erfahrungen mit gebackener Hardware



turspezifikationen beispielsweise einer Grafikkarte liegen deutlich unter denen der verbauten Elektronik, denn weder Lötverbindungen noch die verwendeten Kunststoffe sind für länger einwirkende Temperaturen von über 150 °C gedacht.

Risiko für den Nutzer!

Die Hardware ist insgesamt dennoch robust und hält den Temperaturen eines Backofens zumindest für kurze Zeit stand. Insbesondere bei den organischen Bauteilen (Kunststoffe, Lacke) ist das langsame Abfließen schädlicher chemischer Prozesse aber trotzdem ein großes Problem. Zwar dauert es, bis das PCB einer Grafikkarte Schaden durch Erwärmung nimmt – aber es werden von der ersten Minute an Substanzen freigesetzt.

Die genaue Zusammensetzung dieser Dämpfe hängt stark von der Temperatur und den verwendeten Kunststoffen beziehungsweise Lacken ab, gesundheitlich unbedenklich sind sie aber alle nicht. Obwohl bei den von Bastlern verwendeten Temperaturen die Freisetzung von Schwermetallen aus den Lötverbindungen unwahrscheinlich ist und obwohl besonders schädliche Flussmittel normalerweise nur bei der ersten Verlötlung im Herstellerwerk zum Einsatz kommen, birgt das Erhitzen von Hardware also gesundheitliche Gefahren.

Wir schließen uns hier der Einschätzung der Berufsgenossenschaft ETEM an (siehe rechts): Die Nachahmung der beschriebenen Methoden geschieht auf eigene Gefahr und sollte nicht in der heimischen Küche durchgeführt werden. Neben Risiken bei der Zubereitung von Lebensmitteln im Hardware-Backofen muss auch die Wirkung von Dämpfen auf den Raum bedacht werden. Eine gute Belüftung während des Backens ist im Interesse der eigenen Gesundheit Pflicht. Aber auch so roch es in unserem Fall noch Tage später nach heißer Hardware.

Technische Hintergründe

Die Risiken haben wir angemessen ausführlich dargestellt – aber was sind eigentlich die gewünschten, positiven Folgen des Hardware-Backens? In erster Linie natürlich die Wiederherstellung der vollen

Funktionalität. Welche Prozesse dafür sorgen, ist aber unklar. Drei Erklärungsansätze kämen in Frage, möglicherweise stimmen sie alle:

Hypothese 1: Reflow kalter Lötstellen

Die älteste Vermutung geht von einer Neuverlötung der Bauteile aus, ähnlich der Vorgänge im Heißluftofen bei der Herstellung. Bei dieser werden alle Kontakte mit einer lothaltigen Paste versehen und die Bauteile lose aufgesetzt. Ein spezieller Lötoven mit genauem Temperaturprofil sorgt anschließend dafür, dass das Lot kurzfristig auf über 250 °C erhitzt wird und schmilzt, ohne dass die Bauteile geschädigt werden. Nach dem Abkühlen sind alle Teile miteinander verlötet – mehr oder minder dauerhaft, denn unsaubere Verlötlung oder externe Einflüsse können den Kontakt im Laufe der Zeit wieder zerstören.

Die Annahme, dass das Lot im Backofen erneut schmilzt und so den Werkzustand wiederherstellt, ist jedoch relativ realitätsfern. Zwar wurden alte, besonders gesundheitsschädliche bleihaltige Lote bereits bei 220 °C Lufttemperatur im Lötoven verarbeitet. Ein Backofen ermöglicht aber keine derart konzentrierte Erwärmung und müsste somit höhere Gesamttemperaturen erreichen. Moderne Lote erfordern zudem eher 260 °C und auch diese reichen in der Produktion nur deswegen für eine saubere Verlötlung, weil Lötflüssstoffe das Flussverhalten des Lotes, die Benetzungseigenschaften der Kontakte und den Wärmeübergang verbessern. Bastler bräuchten für einen sauberen Reflow ohne diese beim erstmaligen Löten verdampfenden, gesundheitsschädlichen Substanzen noch höhere Temperaturen. Reparaturen bei zum Teil unter 150 °C lassen sich so nicht erklären, auch wenn absichtlich oder unbeabsichtigt ausgelötete Bauteile beweisen, dass ein Backofen auf voller Leistung Lot schmelzen kann.

Hypothese 2: Wärmebehandlung der Lötstellen.

Besser zu den von Bastlern verwendeten Temperaturen passt ein zweiter Erklärungsansatz, der neben der Temperatur auch mechanische Einflüsse berücksichtigt. Denn das Lot wird bei mittleren Temperaturen immerhin weich – und es dehnt sich aus. Möglicher-

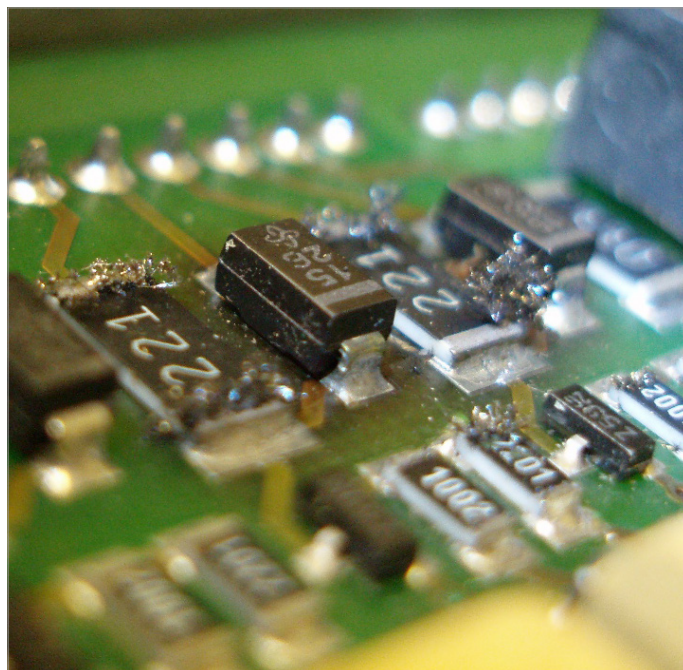


Bild: Jonathan Reinhardt

Zink-„Whisker“ erreichen mit bloßem Auge sichtbare Dimensionen, kleine Exemplare zwischen den Kontakten einer GPU würden die beobachteten Symptome erklären.

Experten der Berufsgenossenschaft raten von Nachahmung ab.

Das Erhitzen von Hardware gefährdet nicht nur die Komponente, durch die Wärme werden auch chemische Prozesse ausgelöst, die sich auf die Gesundheit des Hardware-Bäckers auswirken. Wir haben die für die Sicherheit von Lötarbeitungsplätzen zuständige Berufsgenossenschaft um eine gesundheitliche Einschätzung der Toxizität des Vorgehens gebeten.

Durch das Erhitzen im Backofen wird die gesamte Platine inklusive der Bestückung erwärmt, wodurch Pyrolyseprodukte aus organischem Material entstehen können. Diese werden z. B. aus den Grundmaterialien der Leiterplatte (Harze, Kleber usw.) sowie aufgetragenen Schichten (z. B. Lötstopplacken) freigesetzt. Üblicherweise, wenn solche Stoffe am Arbeitsplatz entstehen, werden sie abgesaugt, gefiltert und fortgeleitet. Solche Möglichkeiten für Schutzmaßnahmen bietet ein Backofen nicht.

Eine Gefährdung durch z. B. sensibilisierende, gesundheitsschädigende oder gar krebserzeugende, erbgutverändernde und fruchtbarkeitsgefährdende Stoffe ist möglich. Gesundheitlich schädigende Auswirkungen können deshalb nicht ausgeschlossen werden. Diese beginnen in der Regel mit Atemwegsreizungen, Kopfschmerzen und Schwindelgefühl, können sich aber bei häufigen Wiederholungen der Tätigkeiten bis hin zu nicht reversiblen Erkrankungen ausweiten.

Aus unserer Sicht ist deshalb der Einsatz eines Backofens für den genannten Verwendungszweck strikt abzulehnen, da das erforderliche Schutzniveau nicht gewährleistet werden kann.

Wird der Backofen anschließend für die Zubereitung von Lebensmitteln verwendet, muss die/der Nutzerin/Nutzer damit rechnen, dass im Innenraum ausgedünstete und abgelagerte Stoffe in die Lebensmittel übertreten und damit zusätzlich zu einer nicht kontrollierten oralen Aufnahme führen können. Deswegen wird von einer Verwendung für die genannten Reparaturzwecke dringend abgeraten.



MSI GeForce GTX 780 Gaming

Vorgeschichte: Die Karte wurde unregelmäßig für Spieletests eingesetzt, der Fehler trat ohne erkennbaren Anlass in immer kürzer werdenden Abständen auf.

Symptome: Das System stürzt unter 3D-Last mit einem Blackscreen ab. In synthetischen Tests nach wenigen Sekunden bis einigen Minuten, in Spielen meist innerhalb von 15 Minuten. Der 2D-/Windows-Betrieb ist unproblematisch.

Erfolgchancen: Hoch. Die Karte überhitzt nicht, Fehler an der Stromversorgung würden unmittelbar nach Wechsel in den Lastzustand für Probleme sorgen. Probleme mit den Lötstellen eines Speicherbausteins zeigen sich dagegen erst bei Auslastung der Grafikkarte und lassen sich oft mittels Backen beheben.

Behandlungserfolg: Keiner. Wider Erwarten zeigte sich keine Besserung nach dem ersten Backdurchgang. Für den zweiten Durchlauf haben wir den Ansatz modifiziert und nutzen die Frontplate der MSI-Kühlösung, um während des Backens bei 210 °C Anpressdruck auf die RAM-Bausteine beziehungsweise die Lötverbindung auszuüben, und beschweren zusätzlich die GPU. Aber auch dies behebt den Fehler nicht.



weise kommt hierdurch ein leichter, ausreichender Kontakt zustande. Zu dieser Theorie passt, dass durch Backen behobene Fehler nach kurzer Zeit erneut auftreten können. Die Ausdehnung aller Lötstellen sollte aber eigentlich den Abstand zwischen Bauteil und Platine vergrößern, sodass auch diese Erklärung spekulativ erscheint.

Hypothese 3: Zink-Haarkristalle.

Erklärungsansatz drei dreht die zugrunde liegende Annahme komplett um. Nicht schlechter Kontakt an einer Lötstelle, sondern ein Kurzschluss zwischen benachbarten Lötstellen könnten die behebbare Problemursache sein. Diese sogenannten Whisker (engl. für Schnurrhaar oder Haarkristall) sind senkrecht auf der Zinkoberfläche wachsende, haarfeine Kristalle. Deren Entstehung ist noch nicht abschließend geklärt, man versucht dem Problem aber mit Lacken, Beschichtungen und speziellen Legierungen entgegenzuwirken.

Die zum Teil mehrere Millimeter langen, im Anfangsstadium aber unter einen Mikrometer dicken

und damit empfindlichen Kristalle würden zum weiten Temperaturbereich passen, dem eine positive Wirkung zugeschrieben wird. Auch das erneute Auftreten von Problemen kann durch nachwachsende Kristalle erklärt werden. Allerdings sollten diese auch empfindlich gegenüber mechanischen Einflüssen sein, was nicht zu den an Hardware beobachteten Symptomen passt.

Backrezept: Zutaten

Allen drei Erklärungsansätzen ist die Fokussierung auf Lötstellen gemeinsam. Es ist kein Zusammenhang bekannt, der eine Reparatur defekten Siliziums oder elektrischer Bauteile durch Wärme erklären würde. Bei durchgebrannten Spannungswandlern kommt jede Hilfe zu spät, gute Chancen auf eine „Heilung“ gibt es dagegen bei Kontaktproblemen, beispielsweise zwischen GPU und RAM. Wir testen das Ganze daher mit sechs Grafikkarten, die in der Redaktion oder deren Umfeld ausgefallen sind. Die Auswahl der Probanden spiegelt dabei eher deren Einsatzhäufigkeit wider und trifft keine Aussage über Fehleranfälligkeiten.

HIS 7970

Vorgeschichte: Das Testmuster stammt aus der ersten Produktionscharge und erreichte die Redaktion unmittelbar zum Launch. Es wurde jahrelang als Referenzkarte für Spielebenchmarks genutzt, bis sich die Ausfälle häuften.

Symptome: Sobald Windows den Catalyst-Treiber lädt, wird der Bildschirm schwarz. Das System läuft im Hintergrund aber weiter und reagiert auf Eingaben.

Erfolgchancen: Mittel. Fehler bei der Bildausgabe können zwar viele Ursachen haben, die nicht auf fehlerhafte Lötverbindungen zurückgehen. Aber dass sich das System „blind“ herunterfahren lässt, spricht dafür, dass alle leistungsrelevanten Einheiten der Karte noch voll funktionsfähig sind.

Behandlungserfolg: Hoch. Nach der Behandlung bei 180 °C konnten wir zunächst keine Veränderung der Symptome feststellen. Aber im Test nach dem zweiten Durchgang bei 210 °C arbeitet die Karte fehlerfrei und hat seitdem erfolgreich mehrere 3D-Belastungsszenarien gemeistert.



MSI R7970

Vorgeschichte: Die Karte war im Rahmen von Kühlertests erhöhten Belastungen ausgesetzt. Der Fehler trat ohne erkennbaren Anlass plötzlich auf.

Symptome: Plötzlicher Absturz mit Blackscreen, seitdem reproduzierbar Systemabsturz mit Blackscreen, sobald der Treiber geladen wird. Bootvorgang sowie (2D-)Windows-Betrieb ohne installierten Catalyst sind problemlos möglich.

Erfolgchancen: Gering. Beim Wechsel von der 2D-Darstellung des Bootvorgangs zur nur geringfügig beschleunigten Darstellung des Windows-Desktops steigt die Belastung des Grafikspeichers quasi nicht an, diejenigen der Stromversorgung sinken dank Stromsparmechanismen sogar. Fehler in der Ansteuerung der GPU, die sogar das Betriebssystem lahmlegen, sind vermutlich nicht auf schadhafte Lötverbindungen zurückzuführen und können nicht repariert werden.

Behandlungserfolg: Keiner. Wie erwartet zeigt die Karte auch nach der zweiten Wärmebehandlung keine Besserung.





Die meisten Probanden zeigten einfach nur einen schwarzen Bildschirm, die HD 7950 produzierte zusätzlich diese Bildfehler im 2D-Betrieb.

Backrezept: Vorbereitung

Ehe eine Grafikkarte oder andere Hardware in den Backofen wandert, muss sie vorbereitet werden. Zwecks späterer Weiterverwendung, vor allem aber im Interesse der eigenen Gesundheit, entfernen wir so viele Plastikanbauten wie möglich. Die Erwärmung von Zierblenden, Abdeckungen und Ähnlichem würde garantiert nicht die Funktionalität verbessern, aber zu Verformungen, Verfärbungen und giftigen Dämpfen führen. Ebenfalls

entfernt werden sollten Metallteile wie Backplate und Kühler. Diese nehmen zwar im Ofen keinen Schaden, leiten Wärme aber schnell von der Umgebung an die darunterliegenden Bauteile oder die Platine – und nicht an die Lötstellen, die eigentlich erwärmt werden sollen. Das Gleiche gilt für die Slotblende, die meist mit einer Schraube an der Platine und mit zwei Sechskantbolzen an DVI- und VGA-Anschlüssen befestigt ist. Außerdem sollten GPU, RAM und Spannungswandler



Keine Chance: Bei verschmorten Bauteilen braucht man die Backofenmethode nicht auszuprobieren, zusätzliche Wärme kann nur bei fehlerhaften Lötstellen helfen.

von Wärmeleitpaste befreit werden, die sonst im Ofen austrocknet und einbrennt. Wärmeleitpads werden zwecks Wiederverwendung vorsichtig abgenommen.

Backrezept: Zubereitung

Lässt sich die Fehlerursache eingrenzen, können nun noch Teile der nackten, gereinigten Grafikkartenplatine mit Alufolie abgedeckt werden. Diese schützt beispielsweise Kondensatoren und Anschlüsse vor Wärmeeinwirkung oder bietet

eine Auflagefläche für Bauteile auf der Platinenrückseite. Mutmaßlich am Fehler beteiligte Bauteile, zum Beispiel GPU und RAM, bleiben dagegen unbedeckt, damit die Warmluft später möglichst schnell an deren Lötstellen kommt.

Backrezept: Einstellungen

Da ein Back- im Gegensatz zu einem Lötöfen keine gezielte Erwärmung der Lötstellen ermöglicht, sollte auch hier auf eine gleichmäßige Wärmeverteilung geachtet

Hercules 3D Prophet II GTS

Vorgeschichte: Die mit einem Nachrüstkühler modifizierte Geforce 2 stammt aus dem privaten Retrosystem des Autors. Seit einem Umzug lässt sich das System nicht mehr booten, sondern stürzt noch vor der ersten Bildausgabe ab.

Symptome: Nach Drücken des Einschaltknopfs bleibt der Bildschirm schwarz.

Erfolgchancen: Hoch. Die mechanischen Belastungen während eines Umzugs bringen schwache Lötstellen an ihre Grenzen, eine Wärmebehandlung könnte diese wieder reparieren. Aufgrund des hohen Alters nutzt die Karte außerdem Lote mit vergleichsweise niedriger Schmelztemperatur.

Behandlungserfolg: Durchwachsen. Die Blackscreens wurden bereits im ersten Durchgang bei 180 °C vollständig behoben, aber leider erlaubt dies nur die Diagnose eines zweiten Problems. Sobald die Bildeinstellungen über 640 × 480 Pixel bei 60 Hz angehoben werden, gibt die Karte nur noch ein kleines, rot blinkendes Feld aus. Trotz erfolgreicher Reparatur bleibt sie also unbrauchbar.



Sapphire HD 7950 Flex

Vorgeschichte: Diese Radeon HD 7950 war mehrere Monate lang nicht genutzt worden, als der Fehler zum ersten Mal bemerkt wurde.

Symptome: Zum einen zeigt die Karte während des Bootvorgangs ausgeprägte Bildfehler entlang zweier Spalten. Zum anderen stürzt das System mit einem Blackscreen ab, sobald der Catalyst-Treiber geladen wird. Der 2D-Betrieb ohne Treiber ist stabil möglich, aber durch die Bildfehler beeinträchtigt.

Erfolgchancen: Gering bis sehr gering. Das Absturzverhalten lässt sich besser mit Fehlern in der GPU-Ansteuerung erklären als mit einer fehlerhaften Lötstelle. Eine Besserung durch Wärmebehandlung ist unwahrscheinlich. Die klar begrenzten Bildfehler sind vermutlich auf einen Defekt der Bildausgabe zurückzuführen.

Behandlungserfolg: Keiner. Wie erwartet treten beide Fehler auch nach der Wärmebehandlung weiterhin auf. Vom Ausgabebefehl sind übrigens DVI- und Display-Port-Ausgänge in gleicher Weise betroffen.



Asus HD 7970 Direct CU II OC

Vorgeschichte: Die Karte zeigte bereits kleinere Artefakte unter Last, bevor sie für einen Übertaktungsartikel mit Umgebungstemperaturen von winterlichen 0 °C an ihr Limit und in einen dauerhaften Blacksreen getrieben wurde.

Symptome: Die Karte gibt an keinem der Anschlüsse ein Bild aus, das System bootet aber im Hintergrund und lässt sich blind wieder herunterfahren.

Erfolgschancen: Mittel. Wie bei den anderen Radeons ist ein vollständiger Ausfall der Bildausgabe zwar kein klassisches Beispiel für schadhafte Lötstellen, die beim winterlichen Übertakten mit großen Temperaturunterschieden auftretenden thermischen Spannungen könnten aber mechanische Schäden an Kontakten verursacht haben, die sich prinzipiell reparieren lassen. Außerdem scheinen alle leistungsrelevanten Teile im Hintergrund ordnungsgemäß zu arbeiten.

Behandlungserfolg: Keiner. Im Gegensatz zur ebenfalls Tahiti-basierten, blind arbeitenden HIS profitiert die Asus-Karte nicht von den Wärmebehandlungen.



werden. Umluftbetrieb ist somit vorzuziehen. Die Infrarotstrahlung von Oberhitze-Heizelementen dagegen heizt dunkle Chips wesentlich stärker auf als reflektierende Lötstellen. Zusätzlich platzieren wir die Grafikkarten, deren Rückseite mit Alufolie abgedeckt wurde, auf einem Rost, der Luft- und Wärmeverteilung weniger stark beeinflusst als ein Backblech.

Strittig ist die optimale Temperatureinstellung. Viele Bastler setzen auf niedrige Temperaturen bis 130 °C und eine hohe Einwirkzeit von bis zu 30 Minuten. Diese haben eher geringe Auswirkungen auf Lot mit doppelt so hoher Schmelztemperatur und oft gehen entsprechende Reparaturserfolge mit einem Rückfall nach wenigen Tagen oder Wochen einher. Wir schließen uns daher der „Kurz und heiß“-Fraktion an. Zumindest im PCGH-X-Forum wurden mit Temperaturen ab 170 °C und Einwirkzeiten von 10-15 Minuten gute Langzeiterfahrungen gesammelt. Über 40 Prozent der Anwender konnten die Hardware zumindest vier Monate problemfrei nutzen, umgekehrt berichten gerade einmal 4 Prozent von einer weiteren Schädigung der ohnehin nicht mehr voll einsatzfähigen Hardware. Wir entscheiden uns für eine zehnmündige Behandlung bei 180 °C im ersten Durchlauf und wiederholen diese bei 210 °C, wenn sich keine Besserung zeigt. Die Temperaturen haben wir sicherheitshalber mit einem Thermometer überprüft – einige Herde verfehlen die eingestellte Temperatur um 20 Kelvin und mehr.

PCGH-Weihnachtskärtchen

Die Einzelergebnisse unserer Backaktion können Sie im jeweiligen Kasten nachlesen, insgesamt sind sie aber unterdurchschnittlich. Während sich von über 300 PCGH-X-Mitgliedern gerade einmal jeder fünfte vergeblich die Mühe gemacht hat, können wir bei vier von sieben Probanden keine Besserung vermelden. Bei einer Grafikkarte wurde der ursprüngliche Fehler zudem nur behoben, um anschließend einen neuen festzustellen. Insgesamt ist nur eine von sechs Grafikkarten bereit für neue Einsätze. Immerhin konnten wir zusätzlich einen hochwertigen 30-Zoll-Monitor wiederbeleben.

Potenziellen Nachahmern empfehlen wir somit, zuerst nach Erfahrungsberichten zu suchen. Oft treten bestimmte Fehler gehäuft bei einzelnen Produkten auf, so waren in der Vergangenheit zum Beispiel die Erfolgsaussichten bei Geforce-8800-Grafikkarten sehr hoch. Unsere Tahiti-basierten Radeons scheinen dagegen lötlunabhängige Fehler entwickelt zu haben. (tv)

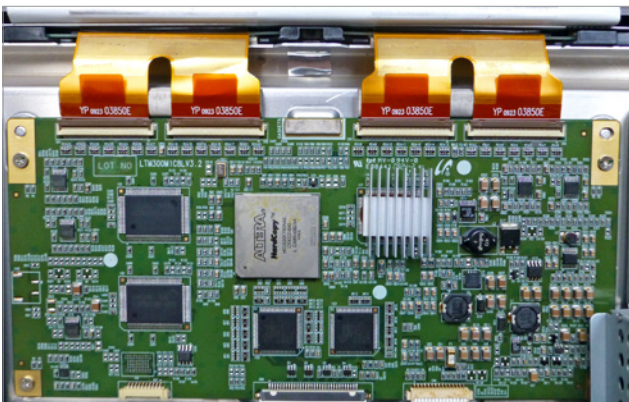
Samsung Syncmaster 305T+

Vorgeschichte: Diese Controllerplatine stammt aus Raffaels privatem Monitor und zeigte Ende 2014 das erste Mal Fehler. Nach einer ersten Back-Aktion verschwanden die Symptome, kehrten aber nach 12 Monaten zurück.

Symptome: Die linke Hälfte des Monitors zeigt nicht den gewünschten Inhalt, sondern ein stark schlierendes, dunkles, unkenntliches Bild.

Erfolgschancen: Sehr hoch. Das Problem tritt bei Monitoren dieses Typs häufiger auf und ist auf Qualitätsmängel an der Verlotung des Altera-Scalars zurückzuführen. Viele Nutzer berichten von erfolgreicher Wärmebehandlung und auch unser Exemplar hat in der Vergangenheit von dieser profitiert.

Behandlungserfolg: Hoch. Ein Test nach der ersten Wärmebehandlung entfiel wegen des Einbauaufwands. Nach der zweiten haben sich die Kabelanschlüsse verfarbt, die Platine funktioniert aber wieder wie vorgesehen und wird nun aktiv gekühlt.



Fazit



Aufwand hoch, Nutzen variabel

An schrottreifer Hardware kann man keine Verluste verursachen, ein Versuch lohnt sich also trotz geringer Erfolgschancen – wenn die nötige Infrastruktur zur Verfügung steht. Die Verwendung des heimischen Backofens können und wollen wir nicht empfehlen, mangels Alternativen scheitert das Backen somit für viele am Aufwand.

Mein Gesichtsausdruck nach dem Backen: „:O“ – zweimal!

Wer ernsthafte Zweifel an der heilsamen Wirkung des Backens hat, den verstehe ich vollkommen. Aber, und das ist der Punkt, wenn ein lieb gewonnenes Produkt über den Jordan gegangen ist, hat man nichts zu verlieren. Backen oder Sondermüll? Ich entschied mich im November 2014 zum ersten Mal für den Ofen, passend zur Jahreszeit – aber erst nachdem stundelange Recherche unter anderem im „Badcaps“-Forum Erfolg versprach. Natürlich habe ich nicht den ganzen 30-Zoll-Monitor gebacken, sondern nur die Logikplatine (siehe links). Als er dann wieder ging, brach ich in Lachen aus. Und beim zweiten Mal wieder – herzlichen Dank an Kollege Torsten! Fazit: ausprobieren.



Raffael Vötter



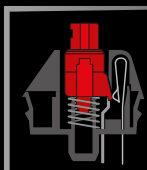
PRÄZISIONSWERKZEUG!

Für Gaming-Profis: Die mechanische Gaming-Tastatur Sharkoon SHARK ZONE MK80 RGB bietet neben der brillanten Beleuchtung auch höchste Individualität. Dank der hochwertigen Schalter aus dem Hause Kailh haben professionelle Gamer entscheidende Vorteile. Die technischen Details der MK80 können ebenso überzeugen: N-Key-Rollover, On-The-Fly-Makroaufnahme, Gaming-Modus, bis zu fünf Spiel-Profile, Onboard-Speicher, integrierter Media-Hub mit Audio- und USB-Anschlussmöglichkeiten sowie eine Polling-Rate von 1.000 Hz.

Optisch ist die MK80 allemal ein Hingucker, auch ohne installierte Software. Werkseitig sind bereits acht aufsehenerregende Beleuchtungseffekte, mit bis zu 16,8 Millionen Farben, vorprogrammiert.

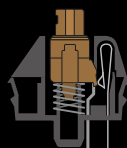
Die Gaming-Software lässt ebenfalls keine Wünsche übrig. Neben der vielfältig anpassbaren LED-Beleuchtung jeder einzelnen Taste lassen sich zudem Makros programmieren, individuelle Spiel-Profile anlegen sowie Verknüpfungen mit bevorzugten Anwendungen erstellen.

WEITERE INFOS:



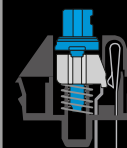
MK80 RGB Red

Schaltercharakteristik: Linear
Umschaltpunkt: Nicht spürbar
Klickpunkt: Nicht spürbar



MK80 RGB Brown

Schaltercharakteristik: Taktile
Umschaltpunkt: Spürbar
Klickpunkt: Nicht spürbar



MK80 RGB Blue

Schaltercharakteristik: Taktile
Umschaltpunkt: Spürbar
Klickpunkt: Präzise spürbar

SHARKOON SHARK ZONE | A warning for some, an adventure for you.

www.sharkoon.de

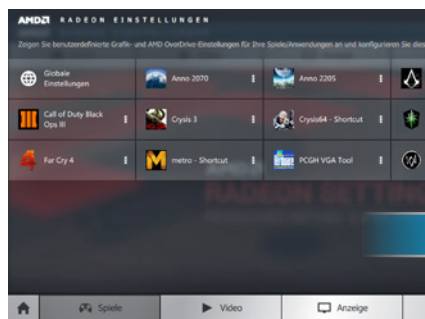
Catalyst, lebe wohl!

Neues Jahr, neuer Treiber: AMDs neue „Radeon Software Crimson Edition“, so der volle Name, bringt viel Gutes, aber auch ein paar Kinderkrankheiten mit. PC Games Hardware macht den Test.



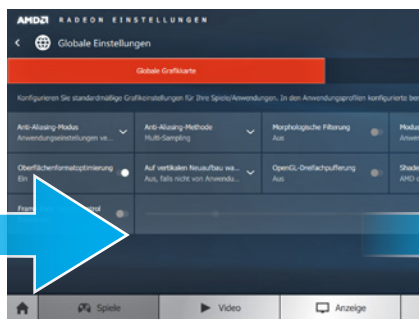
Spiele-Übersicht

Ein Klick auf „Spiele“ unten im Hauptfenster öffnet eine Liste mit Applikationen, die der Treiber gefunden hat. Steam-, Origin- und Uplay-Spiele werden zuverlässig erkannt, andere müssen Sie mit großer Wahrscheinlichkeit manuell hinzufügen.



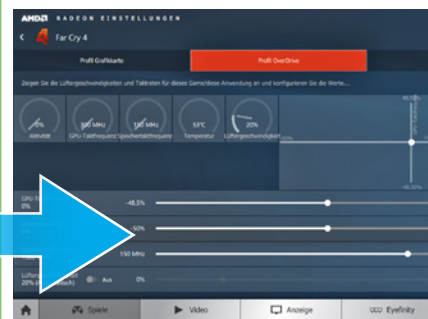
Globale Einstellungen

Klicken Sie bei den Spielen auf den Knopf „Globale Einstellungen“, landen Sie in ebendiesem. Alles, was Sie hier einstellen, gilt für alle Spiele. Rechts daneben finden Sie „Global Override“, wo Sie Taktraten, Powerlimit und Belüftung global festlegen können.



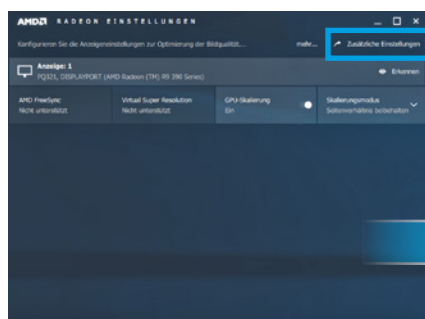
Overdrive pro Spiel

Klicken Sie hingegen auf ein Spiel, erhalten Sie die gleichen Einstellungen wie in den globalen Fenstern, mit dem Unterschied, dass die hier getätigten Einstellungen nur für dieses eine Spiel gelten – unter anderem praktisch für selektives Übertakten.



Display-Einstellungen

Ein Klick auf „Anzeige“ im Radeon-Settings-Hauptfenster öffnet alle Optionen, die mit einem angeschlossenen LCD verfügbar sind. Hier finden Sie auch die Stellschrauben für Freesync, die Bildskalierung und Virtual Super Resolution (VSR).



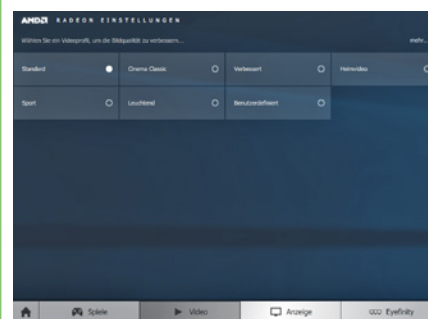
Eigenbau-Auflösungen

„Anzeige“ – „Zusätzliche Einstellungen“ öffnet ein Fenster im Retro-Look des Catalyst Control Centers, aber mit neuen Funktionen. Hier dürfen Sie unter anderem Eigenbau-Auflösungen eintragen. AMD wird dieses Fenster im Laufe der Zeit ersetzen.



Video-Verbesserungen

Unter „Video“ finden Sie nicht nur einige Voreinstellungen – nach Installation des Treibers ist „Standard“ ausgewählt –, sondern können mittels „Benutzerdefiniert“ auch selbst bestimmen, wie scharf und hell (etc.) Videos dargestellt werden sollen.



Alles hat ein Ende. In diesem Fall ist das jedoch kein Grund zur Trauer, denn AMDs Entscheidung, das Catalyst Control Center nebst Unterbau abzulösen, ist in fast jeder Hinsicht positiv.

Rundumschlag

Am 24. November 2015 endete eine Ära: AMD begräbt den Namen Catalyst und damit auch die grafische Nutzerschnittstelle Catalyst Control Center. Letzteres wurde seit der Vorstellung im September 2004 optisch und haptisch kontinuierlich verbessert. Mit jeder hinzugefügten Funktion verloren Code und GUI jedoch an Struktur, es wurde unübersichtlich und langsam. AMD hat das Problem und korrespondierendes Nutzerfeedback ernst genommen und die alten Zöpfe nun abgeschnitten. An die Stelle des Catalyst Control Centers (CCC) tritt die Radeon Software in der aktuellen Hauptversion namens „Crimson“. Hinter diesem Schritt verbirgt sich weit mehr als eine reine Namensänderung.

Neue Oberfläche

Sie kennen das bestimmt: In der Regel dauert es mehrere Sekunden, bis sich das CCC öffnet und benutzbar ist, vor allem auf schwächeren PCs ohne SSD. Das Hauptfenster der neuen Radeon Settings erscheint schon beim ersten Rechnerstart nach ein bis zwei Sekunden. Anschließend sind die nötigen Dateien gecacht und der nächste Start erfolgt beinahe sofort – ein echter Aha-Effekt! Das Hauptfenster wirkt modern, ist dezent transparent und zugleich aufgeräumt, Klicks öffnen die Untermenüs mit einer sanften Animation. Schon nach wenigen Minuten ist eine intuitive Bedienung möglich, während selbst erfahrene Radeon-Nutzer sich im CCC durch mehrere Menüs hangeln müssen, um spezielle Optionen zu finden.

All das kommt von innen: Nachdem AMD für das CCC auf Microsofts Dotnet-Framework setzte, wurden die Radeon Settings von Grund auf mit der Bibliothek Qt (sprich: cute) neu entwickelt. Diese dient zur plattformübergreifenden Erstellung grafischer Oberflächen, AMD veröffentlicht das neue Treiberpaket aber zunächst für Windows 7, 8.x und 10.

Neue Funktionen

AMD implementierte zum Launch der Radeon Software Crimson laut eigenen Angaben rund 20 neue Funktionen. Der Info-Kasten fasst für Sie das Wichtigste zusammen. Nach unzähligen Stunden mit dem neuen Treiberpaket können wir mit Sicherheit sagen, dass sich ein Testlauf für jeden Radeon-Nutzer lohnt. Selbst Anhänger des Control Centers sollten einen Blick riskieren, um die neuen Features zu begutachten. Welche Neuerung die wichtigste ist, hängt von Ihren Gewohnheiten ab, sinnvoll sind jedoch alle. Einige davon haben wir uns besonders genau angesehen.

Shader Cache: Eine naheliegende Idee, um Ladezeiten zu verkürzen und die Streaming-Engines von Spielen zu entlasten: Zur Laufzeit kompilierte Shader – die meisten werden beim Laden eines Levels erzeugt – werden nicht nach Beendigung des Programms verworfen, sondern auf dem Datenträger gespeichert. Spielen Sie erneut, sind die Daten schneller griffbereit. Nvidias Treiber bietet seit einiger Zeit ebenfalls einen Shader Cache.

Nach Installation des Treibers ist der Cache aktiv, allerdings nicht global, sondern API- und profilabhängig. AMD gibt an, dass der Treiber eine Whitelist mit kompatiblen Spielen enthält und nur dort einen Container anlegt; außerdem sollen nur DX10- und DX11-Applikationen unterstützt werden. Im Test bewahrheitet sich fast alles: Während SW Battlefield, Crysis 3 und Witcher 3, allesamt DX11-Spiele, gecacht werden, tut sich bei AC Syndicate und Just Cause 3 (keine Profile) ebenso wenig wie bei den DX9-Perlen Half-Life 2 und Skyrim. Überraschend legt der Crimson auch bei allen Open-GL-Tests Container an, unter anderem bei Call of Duty von 2003 (!), Doom 3 und Wolfenstein: The Old Blood.

Mithilfe des inoffiziellen Tools Radeon Mod (siehe folgende Seiten) können Sie den Shader Cache auf Wunsch global forcieren. Wählen Sie hierfür im Hauptfenster unten Ihre GPU aus. Klicken Sie anschließend auf „Options“ und entfernen Sie den Haken bei „Show Real names“. Den Shader Cache finden Sie nun hinter dem Reiter „UMD“.



Crimson für Radeon-Rentner

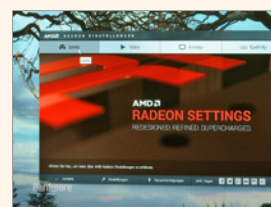
Mit der Radeon Software Crimson befördert AMD viele ältere Radeon-Modelle in den Legacy-Status („Altlasten“).

Nicht nur das Catalyst Control Center wandert aufs Abstellgleis, alle Nicht-GCN-Chips folgen ihm. Die Radeon-Serien HD 5000/6000 und darauf bauende Rebrand-Chips (7600/8400 und darunter) sowie APUs vor der Kaveri-Generation (Richland, Trinity, Llano) werden aus dem regulären Treiberaktualisierungszyklus entfernt, damit AMD alle Entwicklungsressourcen in die moderne GCN-Architektur stecken kann. Die Radeon Software Crimson 15.11.1 ist damit der offiziell letzte Treiber für Radeon HD 5870/5850/6970/6950 & Co., läuft laut unseren Tests aber tadellos mit den teilweise sechs Jahre alten DX11-Chips.

Radeon Software: Neuheiten

- **... Neue Oberfläche:** Das Catalyst Control Center ist Geschichte, begrüßen Sie die modernen und rasant schnell startenden Radeon Settings.
- **... Benutzerdefinierte Auflösungen:** Zwischenauflösungen lassen sich manuell eintragen (bspw. 3.440 × 1.440 Pixel auf einem UHD-Display) – eine langjährige PCGH-Anregung.
- **... Overdrive pro Spiel:** Sie können im jeweiligen Spielprofil Takt-, Lüfter- und Verbrauchseinstellungen vornehmen – oder wie gehabt global, d. h. für alle Applikationen gleichermaßen geltend.
- **... Shader Cache:** Einmal kompilierte Shader werden auf dem Datenträger gespeichert. Das reduziert später die Wartezeit und kann Ruckler verhindern.
- **... Direkte Eingabe:** Die Flip queue size alias pre-render limit wurde reduziert. Mit anderen Worten: Sie treffen besser – eine PCGH-Anregung.
- **... Frame Rate Target Control 2.0:** Das Limit lässt sich nun zwischen 30 und 200 Fps festsetzen (früher 55 bis 95 Fps) – eine PCGH-Anregung.
- **... Frame Doubling:** Die Low Framerate Compensation hält Freesync beim Unterschreiten der minimalen, vom Monitor unterstützten Fps-Grenze aktiv.
- **... Frame Pacing nun auch für DX9:** Hierbei handelt es sich um eine Bildausgabesteuerung, um Mikroruckeln bei Crossfire zu reduzieren.
- **... Video-Verbesserungen:** Moderne GCN-Chips beherrschen mit entsprechender Abspielsoftware (Power DVD 15, Youtube, Windows Media Player) nun Directional Upscaling und adaptiven Kontrast.

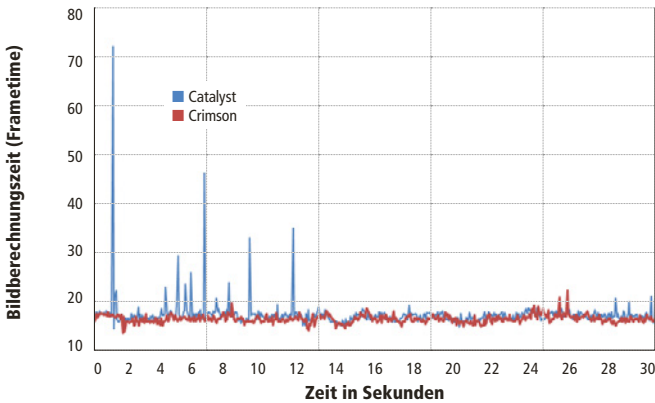
Video auf Heft-DVD



Auf dem Datenträger der DVD-Plus-Heftversion stellt Ihnen Philipp Reuther die neuen Radeon Settings sowie das Freesync-Feature Frame Doubling vor. Natürlich finden Sie den Crimson-Treiber ebenfalls auf der DVD, um selbst Hand anzulegen.

Frametimes in Star Wars: Battlefront

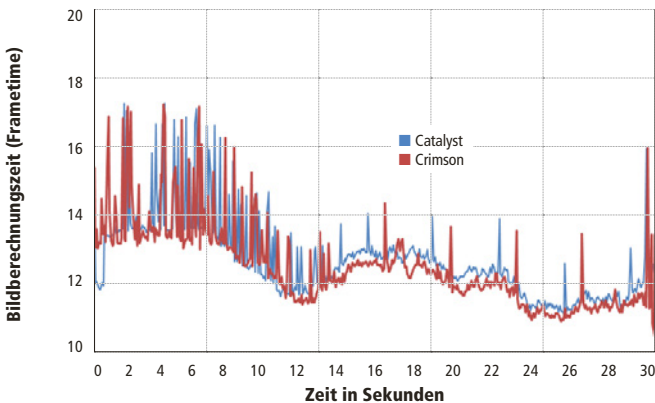
Sapphire R9 Fury Tri-X OC, 2.560 × 1.440, TAA/16:1 AF – „Racing Endor“



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64
Bemerkungen: Weniger ist besser. Battlefront profitiert vom Shader Cache des modernen Treibers. Das führt zu gleichmäßigen Bildausgabezeiten, während der Catalyst 15.11.1 (kein Cache) noch vereinzelt stockt.

Frametimes in Project Cars

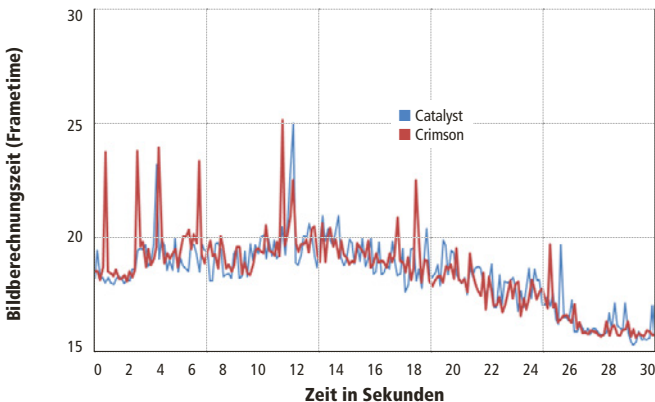
Sapphire R9 Fury Tri-X OC, 1440p, SMAA Ultra/16:1 AF – „Circuit de Spa“



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64
Bemerkungen: Weniger ist besser. Zwar kann der Crimson 15.11.1 die zeitlichen Abweichungen zwischen den Einzelbildern nicht reduzieren, das Spiel läuft im Mittel aber trotzdem ein paar Prozent flüssiger.

Frametimes in Assassin's Creed Syndicate

Sapphire R9 Fury Tri-X OC, 1440p, FXAA, kein Gameworks – „Whitechapel“



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64
Bemerkungen: Weniger ist besser. Bei AC Syndicate tut sich weder subjektiv noch objektiv etwas zwischen den beiden Treibern. Grund: Der Shader Cache wird hier nicht automatisch angelegt, man müsste ihn forcieren.

R9 280X: Crimson vs. Catalyst (1080p)

Assassin's Creed Unity, kein Gameworks, FXAA – „Ferreronnerie“

Radeon Software 15.11	25	28,1 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	26	28,2 (Basis)

Bioshock Infinite, max. Details inkl. DX11-DoF, FXAA – „New Eden“

Radeon Software 15.11	81	84,9 (-1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	81	85,4 (Basis)

CoD: Advanced Warfare, nur SSAO, 2× SSAA+SMAA 2Tx – „Seoul Survivor“

Radeon Software 15.11	53	64,7 (+3 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	53	63,1 (Basis)

Crysis 3, max. Details, 4× SMAA – „Fields“

Radeon Software 15.11	32	38,5 (+3 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	31	37,2 (Basis)

Crysis Warhead, max. Details, 4× MSAA – „Train 3.0“

Radeon Software 15.11	47	51,5 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	48	51,7 (Basis)

Dragon Age Inquisition, max. Details, 4× MSAA – „Hinterlands“

Radeon Software 15.11	24	28,0 (-1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	25	28,3 (Basis)

Far Cry 4, kein Gameworks, T-SMAA – „Rocky Rider“

Radeon Software 15.11	43	49,4 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	43	49,6 (Basis)

GTA 5, max. Details außer Gras „sehr hoch“, FXAA – „Grapeseed“

Radeon Software 15.11	33	37,1 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	32	36,6 (Basis)

Metro Last Light Redux, max. Details, 2× SSAA – „Crossing“

Radeon Software 15.11	23	28,2 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	23	28,2 (Basis)

Risen 3 Enhanced Edition, max. Details, FXAA – „Polly on fire 2.0“

Radeon Software 15.11	30	35,0 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	30	34,7 (Basis)

TES 5: Skyrim, max. Details, 8× MSAA – „Secunda's Kiss“

Radeon Software 15.11	78	83,3 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	78	83,6 (Basis)

Ethan Carter Redux, max. Details, 150 % Res. Scale, TAA – „Tracks“

Radeon Software 15.11	28	30,5 (+2 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	27	29,9 (Basis)

Witcher 3, kein Hairworks, nur SSAO, Ingame-AA – „Skellige Forest“

Radeon Software 15.11	22	24,1 (+0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	22	24,1 (Basis)

Wolfenstein: The Old Blood, max. Details, 4× MSAA – „Canals“

Radeon Software 15.11	35	45,1 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	36	44,7 (Basis)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100), 2 × 8 GiB DDR4-2800, Win 10 x64
Bemerkungen: Der Crimson 15.11 ist nicht immer schneller als der Catalyst 15.11.1, im PCGH-Gesamindex klettert die R9 280X jedoch von 49,6 auf 50,3 Prozentpunkte.

Min. **Ø Fps**
 ► Besser

ganz unten. Der Standardwert ist 0x3100 alias „AMD optimiert“, wie es in den Radeon Settings steht. Der Wert 0x3200, gefolgt von „OK“ und – wichtig – „Restart Driver“ aktiviert den Shader Cache für alle DX10-, DX11- und OGL-Applikationen; Skyrim & Co. (-> DX9) werden nach wie vor nicht behandelt. Dieser Schalter ist interessant für Experimentierfreudige, denn theoretisch sollte jedes Spiel ab dem zweiten Start mehr oder minder fühlbar flüssiger laufen. Im Test

hatten wir jedoch mit sporadischen Abstürzen nach Aktivierung des Caches zu kämpfen, die jedoch beim zweiten Testlauf ausblieben.

Flip Queue Size: Auch als Pre-Render-Limit bekannt. Queue ist das englische Wort für „Warteschlange“ und eine solche steht auch dahinter: Der Catalyst erlaubt Applikationen, bis zu drei Frames im Voraus zu berechnen, sofern der PC dazu in der Lage ist. Das führt zwar zu einer gleichmäßigen Bildausgabe,

R9 390: Crimson vs. Catalyst (1080p)

Assassin's Creed Unity, kein Gameworks, FXAA – „Feronnerie“

Radeon Software 15.11	36	39,2 (+2 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	36	38,3 (Basis)

Bioshock Infinite, max. Details inkl. DX11-DoF, FXAA – „New Eden“

Radeon Software 15.11	108	113,4 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	108	112,4 (Basis)

CoD: Advanced Warfare, nur SSAO, 2x SSAA+SMAA 2Tx – „Seoul Survivor“

Radeon Software 15.11	68	83,2 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	67	82,7 (Basis)

Crysis 3, max. Details, 4x SMAA – „Fields“

Radeon Software 15.11	46	53,3 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	46	53,5 (Basis)

Crysis Warhead, max. Details, 4x MSAA – „Train 3.0“

Radeon Software 15.11	64	71,6 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	64	70,8 (Basis)

Dragon Age Inquisition, max. Details, 4x MSAA – „Hinterlands“

Radeon Software 15.11	34	39,1 (-1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	34	39,4 (Basis)

Far Cry 4, kein Gameworks, T-SMAA – „Rocky Rider“

Radeon Software 15.11	66	74,7 (+2 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	64	73,0 (Basis)

GTA 5, max. Details außer Gras „sehr hoch“, FXAA – „Grapeseed“

Radeon Software 15.11	43	47,7 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	42	47,0 (Basis)

Metro Last Light Redux, max. Details, 2x SSAA – „Crossing“

Radeon Software 15.11	31	37,1 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	31	37,0 (Basis)

Risen 3 Enhanced Edition, max. Details, FXAA – „Polly on fire 2.0“

Radeon Software 15.11	40	46,4 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	40	46,3 (Basis)

TES 5: Skyrim, max. Details, 8x MSAA – „Secunda's Kiss“

Radeon Software 15.11	98	110,9 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	103	110,7 (Basis)

Ethan Carter Redux, max. Details, 150 % Res. Scale, TAA – „Tracks“

Radeon Software 15.11	39	42,5 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	39	42,4 (Basis)

Witcher 3, kein Hairworks, nur SSAO, Ingame-AA – „Skellige Forest“

Radeon Software 15.11	35	36,6 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	33	36,2 (Basis)

Wolfenstein: The Old Blood, max. Details, 4x MSAA – „Canals“

Radeon Software 15.11	47	58,4 (-1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	47	58,9 (Basis)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 x 100), 2 x 8 GiB DDR4-2800, Win 10 x64
Bemerkungen: Der Crimson 15.11 ist fast immer schneller als der Catalyst 15.11.1. Im PCGH-Gesamtindex klettert die R9 390 von 69,0 auf 69,5 Prozentpunkte.

Min. Ø Fps
 ► Besser

Fury: Crimson vs. Catalyst (1440p)

Assassin's Creed Unity, kein Gameworks, FXAA – „Feronnerie“

Radeon Software 15.11	25	28,1 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	25	27,8 (Basis)

Bioshock Infinite, max. Details inkl. DX11-DoF, FXAA – „New Eden“

Radeon Software 15.11	87	91,4 (-1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	89	92,7 (Basis)

CoD: Advanced Warfare, nur SSAO, 2x SSAA+SMAA 2Tx – „Seoul Survivor“

Radeon Software 15.11	55	67,7 (-1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	56	68,7 (Basis)

Crysis 3, max. Details, 4x SMAA – „Fields“

Radeon Software 15.11	38	43,5 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	38	43,0 (Basis)

Crysis Warhead, max. Details, 4x MSAA – „Train 3.0“

Radeon Software 15.11	51	54,4 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	49	54,1 (Basis)

Dragon Age Inquisition, max. Details, 4x MSAA – „Hinterlands“

Radeon Software 15.11	27	31,1 (-2 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	28	31,8 (Basis)

Far Cry 4, kein Gameworks, T-SMAA – „Rocky Rider“

Radeon Software 15.11	58	64,9 (+1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	57	64,2 (Basis)

GTA 5, max. Details außer Gras „sehr hoch“, FXAA – „Grapeseed“

Radeon Software 15.11	38	42,4 (-1 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	40	42,9 (Basis)

Metro Last Light Redux, max. Details, 2x SSAA – „Crossing“

Radeon Software 15.11	26	29,8 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	25	29,9 (Basis)

Risen 3 Enhanced Edition, max. Details, FXAA – „Polly on fire 2.0“

Radeon Software 15.11	33	37,7 (-6 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	33	39,9 (Basis)

TES 5: Skyrim, max. Details, 8x MSAA – „Secunda's Kiss“

Radeon Software 15.11	85	96,5 (-2 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	91	98,0 (Basis)

Ethan Carter Redux, max. Details, 150 % Res. Scale, TAA – „Tracks“

Radeon Software 15.11	32	35,5 (+12 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	28	31,6 (Basis)

Witcher 3, kein Hairworks, nur SSAO, Ingame-AA – „Skellige Forest“

Radeon Software 15.11	34	36,5 (+2 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	33	35,9 (Basis)

Wolfenstein: The Old Blood, max. Details, 4x MSAA – „Canals“

Radeon Software 15.11	37	42,7 (0 %)
Catalyst 15.11.1 Beta	37	42,8 (Basis)

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 x 100), 2 x 8 GiB DDR4-2800, Win 10 x64
Bemerkungen: Der Crimson 15.11 ist nicht immer schneller als der Catalyst 15.11.1, im PCGH-Gesamtindex klettert die R9 Fury jedoch von 80,6 auf 81,3 Prozentpunkte.

Min. Ø Fps
 ► Besser

da im Falle plötzlich anspruchsvollerer Frames ein Puffer „auf Vorrat“ bereitliegt, jedoch auch zu einer Eingabeverzögerung. Mit der Radeon Software Crimson hat AMD die Warteschlange per Profil für die meisten Applikationen reduziert. Welche das im Einzelnen sind, war trotz Nachfrage bei AMD nicht in Erfahrung zu bringen. Die Auswirkungen sind jedoch deutlich, insbesondere für Spieler, die in 30- bis 40-Fps-Gefilden unterwegs sind. So fühlen sich beispielsweise

The Witcher 3 und Assassin's Creed Syndicate deutlich direkter an als mit einem beliebigen Catalyst. Auch diesen Parameter können Sie im Radeon-Mod-Tool verändern. Klicken Sie hierfür unter „UMD“ – „Flip Queue Size“ auf den Eintrag unter „Current Value“. Hier sollte der Wert 0x3300 stehen. Lassen Sie sich nicht davon irritieren, dass dieser für drei vorberechnete Bilder steht, der Treiber scheint auf diesen Eintrag nur zurückzugreifen, wenn kein Profil vorhanden

ist. Tragen Sie 0x3100 ein, gefolgt von Klicks auf „OK“ und „Driver Restart“, werden alle Spiele dazu veranlasst, nur ein Bild in die Warteschlange zu legen. Ob Sie das bemerken, hängt von Ihren Spielen und Ihren Sinnen ab.

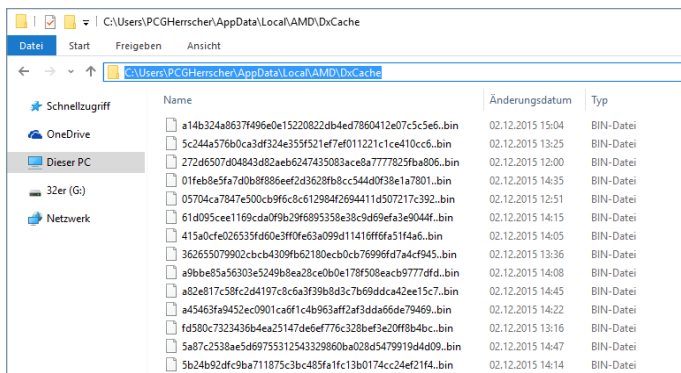
Benutzerdefinierte Auflösungen:

Hierbei handelt es sich um eine Option, für die sich noch ein CCC-Fenster öffnet. Diese Altlasten gedenkt AMD im Laufe der kommenden Monate zu entfernen. Bis

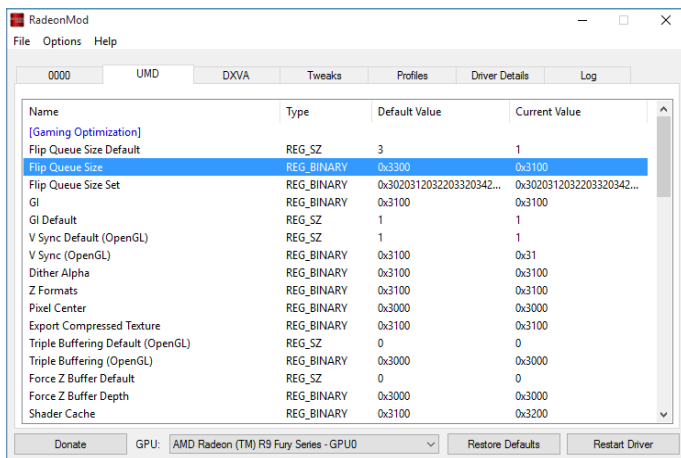
dahin erreichen Sie das Fenster unter „Anzeige“ – „Zusätzliche Einstellungen“ – „Benutzerdefinierte Auflösungen (digitaler Flachbildschirm)“. Wir haben die Custom-Auflösungen auf Grafikkarten der Typen HD 5870 bis Fury X ausprobiert und können die Funktion bestätigen – mit einem großen Aber: Es ist nicht möglich, Auflösungen weit jenseits der nativen einzustellen. Nutzer eines Full-HD-LCDs können ergo nicht einfach 2.560 x 1.440 eintragen und sich am



Das Setup für die neue AMD-Software erlaubt es nach wie vor, alle nicht benötigten Dinge abzuwählen. Sie werden nicht einmal gezwungen, die AMD Settings (= Radeon Settings, das neue CCC) zu installieren.



Shader-Cache: Je mehr Spiele Sie installiert haben, desto mehr Daten sammeln sich allmählich unter C:\Benutzer\IhrName\AppData\Local\AMD. Forcieren Sie das Caching via RadeonMod (siehe unten), füllt sich der Ordner schneller.



Radeon Mod: Das inoffizielle Tool ist noch jung und erfordert etwas Vorsicht, erlaubt jedoch u. a. das Forcieren des Shader Caches und Änderung der Flip Queue Size.



AMD-Nomenklatur erklärt. Das „Crimson Edition“ werden wir künftig weglassen, da alle Treiber dieser Hauptversion entstammen. Ab 2016 gilt: Radeon Software 16.xx

Downsampling dieser Pixelmenge erfreuen. 1.920 × 1.200 bekamen wir höchstens auf den Schirm, allerdings auf Vollbild gestreckt. Der Skalierungsschalter unter „Anzeige“ – „Skalierungsmodus“ scheint nicht bei jeder GPU-LCD-Kombination zu funktionieren.

Praktisch: Nutzer eines Ultra-HD-Bildschirms haben freies Spiel nach unten. Sie möchten die 21:9-Auflösungen 3.440 × 1.440 oder 2.560 × 1.080 ausprobieren? Funktioniert. Das obere Limit liegt indessen bei 4.096 × 2.160 Pixeln (17:9).

Frame Doubling: Wir haben das Feature mit dem Freesync-LCD Asus MG279Q ausprobiert und können eine deutliche Besserung des Spielgefühls dank der Crimson'schen „Low Framerate Compensation“ (LFC) vermelden. Sogar bei 18 Fps kommt es nicht zu Bildrissen alias Tearing, wobei diese Bildrate natürlich trotzdem nicht angenehm ist.

Neue Leistung

Neben der isolierten Betrachtung einzelner Funktionen haben wir den neuen Treiber auch auf seine Leistung im PCGH-Leistungsindex geprüft. Zum Einsatz kommen dabei drei populäre Grafikkarten: Neben einer R9 Fury, welche mit ihrer Fiji-GPU für die Treiberleistung auf Fury, Fury X und Nano steht, testen wir eine R9 390 als Vertreter der Hawaii-Fraktion R9 290(X)/390(X) sowie eine 280X als Repräsentant des altherwürdigen Tahiti (HD 79x0, 280, 280X).

Zwar unterscheiden sich die Ergebnisse von GPU zu GPU und fallen teilweise auch negativ für den Crimson aus, unterm Strich presst die Radeon Software 15.11.x jedoch etwas mehr Leistung aus allen Probanden. Mit Ausnahme von Skyrin, das mit dem Catalyst 15.11.1 reproduzierbar seltener stockt, leistet sich der neue Treiber keine groben Schnitzer und kann in Vanishing Ethan Carter Redux auf der Fury sogar fühlbar die Bildrate steigern.

Neue Probleme

Nach Veröffentlichung des Crimson am 24.11.2015 meldeten sich einige Nutzer zu Wort, deren Grafikkarten überhitzten oder gar an den Folgen starben. Diagnose: Der Treiber versäumt es unter bestimmten

Voraussetzungen, die Lüfterdrehzahl angemessen zu erhöhen. AMD schob daher nur eine Woche später die Treiberversion 15.11.1 nach, die sich der Probleme annimmt. Da an unseren Testrechnern kein solches Problem auftrat, haben wir folgenden Tipp für Sie: Behalten Sie nach Installation des neuen Treibers sowohl die GPU-Temperatur als auch die Geräuscentwicklung im Auge respektive Ohr. Ideal ist eine OSD-Einblendung während des Spielens, etwa durch den MSI Afterburner oder EVGA Precision X.

Zwei weitere Makel sind die (seltenen) Fehlermeldungen beim Windows-Herunterfahren mit Referenz zur CNext.exe (Radeon Settings-Prozess) sowie Artefakte unter anderem bei Fallout 4, The Witcher 3 und Schatten von Mordor, die jedoch nicht auf allen Systemen auftreten. Gegen den flackernden Kompass in Fallout 4 half in unseren Tests eine VSR-Auflösung.

Ausblick

Kommende Iterationen der Radeon Software werden sich der verbleibenden Wünsche und Probleme annehmen. AMD bittet hierfür explizit um Nutzerrückmeldungen. Das können Sie entweder über den Link www.amd.com/report tun oder Sie klicken im Hauptfenster der Radeon Software auf „Einstellungen“ – „Problem melden“. Nachfolgende Treiber werden übrigens nach wie vor der „Crimson Edition“ angehören, denn hierbei handelt es sich um die Hauptversion (siehe links unten). Kommende minor releases werden dem bekannten Namensschema Jahr.Monat folgen. AMD verspricht bis zu sechs WHQL-Treiber im Laufe von 2016 plus Beta-Releases, sofern sich diese anbieten. (rv)

Fazit

Radeon Software Crimson

AMDs Entscheidung, diverse Wünsche der Community und Presse zu implementieren und mit eigenen Ideen anzureichern, ist ein riesiger Schritt auf dem Weg zur Glückseligkeit. Die Radeon Software Crimson macht, von ein paar unschönen Kinderkrankheiten abgesehen, eine sehr gute Figur. Nun heißt es dranbleiben und polieren. Unser Appell an Radeon-Nutzer: Ausprobieren und Fehler an AMD melden!

PCGH-Gaming-PC Skylake-Edition

Info: Bei den PCGH-PCs werden nur hochwertige Retail-Komponenten und keine OEM-Produkte verbaut, um eine hohe Qualität und einen niedrigen Lärmpegel zu gewährleisten.

Der PCGH-Gaming-PC Skylake-Edition ist der aktuell günstigste PCGH-PC, aber dennoch sehr schnell.

Mit dem neuen Gaming-PC haben wir versucht, einen Rechner zu konfigurieren, der deutlich günstiger ist als die etwas teureren PCGH-PCs, jedoch nahezu die gleiche Leistung bietet. Einsparpotenzial haben dabei Gehäuse und Netzteil gebracht. Außerdem haben wir auf die „K“-Variante des Intel Core i5-6600 verzichtet. Nicht gespart wurde aber bei der Grafikkarte, denn die MSI Geforce GTX 970 Gaming 4G ist bei vielen Spielern die erste Wahl.

Auch 16 GByte DDR4-Speicher sind für heutige Zwecke meist noch etwas überdimensioniert. Damit die SSD mit Windows und ein paar Spielen nicht gleich voll ist, musste außerdem eine 250-GB-SSD von Crucial her. In unseren Spiele-Benchmarks Crysis 3 und The Witcher 3 ist der PC genauso schnell wie der teurere PCGH-High-End-PC. Mit maximal 1,0 Sone bleibt der PC dabei immer relativ leise. Mehr Infos unter: [www.pcgh-pc.de\(dw\)](http://www.pcgh-pc.de(dw))



					
					
					
					
					
Produkt	PCGH-Gaming-PC Skylake-Edition	PCGH-High-End-PC Skylake-Edition	PCGH-Professional-PC Skylake-Edition	PCGH-Performance-PC Fury-X-Edition V2	PCGH-Enthusiast-PC Skylake-Edition
Hersteller/Bezugsquelle	ALTERNATE	ALTERNATE	ALTERNATE	ALTERNATE	ALTERNATE
Erweiterte Informationen	www.pcgh.de/gaming-pc	www.pcgh.de/highend2-pc	www.pcgh.de/professional-pc	www.pcgh.de/furyx-pc	www.pcgh.de/enthusiast2-pc
Ausstattung					
Prozessor	Intel Core i5-6600	Intel Core i5-6600K	Intel Core i7-6700	Intel Core i7-6700	Intel Core i7-6700
Grafikkarte	MSI Geforce GTX 970 Gaming 4G	Asus STRIX-GTX970-DC20C	Asus STRIX-GTX970-DC20C	AMD Radeon R9 Fury X	Asus Strix GTX980-DC20C-4GD5
Mainboard	ASUS B150-PRO B150	Asus Z170-P	Asus H170-Pro Gaming	Asus H170-Pro	Asus H170-Pro Gaming
SSD-Laufwerk	250-GB-SSD (Crucial BX100/MX200)	500-GB-SSD (Crucial BX100/MX200)	500-GB-SSD (Crucial BX100/MX200)	250-GB-SSD (Crucial BX100/MX200)	500-GB-SSD (Crucial BX100/MX200)
HDD-Laufwerk	1.000-GB-HDD (WD Blue)	1.000-GB-HDD (WD Blue)	2.000-GB-HDD (WD Blue)	2.000-GB-HDD (WD Blue)	2.000-GB-HDD (WD Blue)
Speicher	16 GByte DDR4-2133 (Crucial)	8 GByte DDR4-2133 (Crucial)	16 GByte DDR4-2133 (Kingston)	16 GB DDR4-2400 (Corsair PCGH-Ed.)	16 GByte DDR4-2133 (Kingston)
Netzteil	Be quiet Pure Power CM L8-430W	Seasonic G-Series 550W PCGH-Ed.	Seasonic G-Series 550W PCGH-Ed.	Seasonic G-Series 550W PCGH-Ed.	Seasonic G-Series 550W PCGH-Ed.
CPU-Kühler	EKL Brocken 2 PCGH-Edition	Brocken PCGH oder Mugen 4 PCGH	Brocken PCGH oder Mugen 4 PCGH	Brocken PCGH oder Mugen 4 PCGH	Brocken PCGH oder Mugen 4 PCGH
Gehäuse	Corsair Carbide 200R	Fractal Design R5 PCGH-Edition	Fractal Design R5 PCGH-Edition	Fractal Design R5 PCGH-Edition	Fractal Design R5 PCGH-Edition
Laufwerk/Soundkarte	DVD-Brenner/Onboard-Sound	DVD-Brenner/Onboard-Sound	DVD-Brenner/Onboard-Sound	DVD-Brenner/Onboard-Sound	Blu-ray-Brenner/Onboard-Sound
Gehäuselüfter/Sonstiges	2 x Lüfter, WLAN-Karte	3 x Fractal-Lüfter, WLAN-Karte	3 x Fractal-Lüfter, WLAN-Karte	3 x Fractal-Lüfter, WLAN-Karte	3 x Fractal-Lüfter, WLAN-Karte
Leistung					
Lautstärke 2D (0,5 m)	0,6 Sone/25 dB(A)	0,3 Sone/21 dB(A)	0,3 Sone/21 dB(A)	0,6 Sone/25 dB(A)	0,3 Sone/21 dB(A)
Lautstärke 3D (0,5 m)	1,0 Sone/29 dB(A)	0,5 Sone/24 dB(A)	0,5 Sone/24 dB(A)	0,9 Sone/27 dB(A)	0,9 Sone/28 dB(A)
Leistungsaufnahme 2D/3D	42 Watt/255 Watt	45 Watt/230 Watt	47 Watt/238 Watt	50 Watt/344 Watt	44 Watt/269 Watt
3D Mark (2013-Edition)	9.608 (F), 22.921 (S), 20.240 (C)	9.508 (F), 22.369 (S), 20.332 (C)	10.048 (F), 26.216 (S), 27.838 (C)	13.358 (F), 29.786 (S), 28.767 (C)	11.778 (F), 29.356 (S), 29.099 (C)
Crysis 3/The Witcher 3	52 Fps/40 Fps	52 Fps/38 Fps	51 Fps/39 Fps	72 Fps/51 Fps	62 Fps/48 Fps
Stalker: Call of Pripyat	115 Fps (Sun Shafts, Ultra, 4x AA)	124 Fps (Sun Shafts, Ultra, 4x AA)	126 Fps (Sun Shafts, Ultra, 4x AA)	152 Fps (Sun Shafts, Ultra, 4x AA)	146 Fps (Sun Shafts, Ultra, 4x AA)
Aliens vs Predator Bench.	166 Fps (1.920 x 1.080)	163 Fps (1.920 x 1.080)	163 Fps (1.920 x 1.080)	195 Fps (1.920 x 1.080)	191 Fps (1.920 x 1.080)
Cinebench R11.5 x64 (CPU)	5,12 Punkte	7,00 Punkte	8,91 Punkte	8,82 Punkte	8,80 Punkte
PREIS ohne Betriebssystem*	€ 1.249,-	€ 1.499,-	€ 1.679,-	€ 1.829,-	€ 1.899,-
PREIS mit 64-Bit-Betriebssystem*	€ 1.349,- (inkl. Windows 10 Home)	€ 1.599,- (inkl. Windows 10 Home)	€ 1.779,- (inkl. Windows 10 Home)	€ 1.899,- (inkl. Windows 10 Home)	€ 1.999,- (inkl. Windows 10 Pro)
	 Preis-Leistungs-Verhältnis  16 GByte Arbeitsspeicher  Kein Blu-ray-Laufwerk	 Extrem leise unter 2D und 3D  Schnelle Geforce GTX 970  Kein Blu-ray-Laufwerk	 Extrem leise unter 2D und 3D  Schnelle Geforce GTX 970  Kein Blu-ray-Laufwerk	 Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis  Niedriger Lärmpegel in 2D/3D  Kein Blu-ray-Laufwerk	 Extrem leise unter 2D und 3D  Geforce GTX 980  Keine „K“-CPU

* Preiserfassung und Produktdaten vom 15.12.2015, unter www.pcgh.de/alternate finden Sie stets den aktuellen Preis. Bei der Variante mit Betriebssystem sind neben Windows auch sämtliche Treiber installiert und der PC ist sofort einsatzbereit.

FAQ: Wie installiere ich Windows selbst? Eine Video-Anleitung, wie Sie die Windows-Version Ihrer Wahl ganz einfach selbst installieren, finden Sie unter www.pcgh.de/windows.

Prozessoren

AMD- und Intel-Prozessoren, Prozessorkühler, Wärmeleitpasten

www.pcgameshardware.de/cpu



Torsten Vogel
Fachbereich Kühlung
E-Mail: tv@pcgh.de

Kommentar

Denn sie wissen nicht, was sie tun.

Einer der größten Hardware-Aufreger des Monats Dezember war wohl „Skylake-Gate“: Die (mögliche) Beschädigung Skylakes durch große CPU-Kühler während des Transportes. Kaum war die Meldung draußen, zeigten die einen mit dem Finger auf Intel, die anderen auf die Kühlerhersteller. Wer von beiden recht hat, klären wir auf den folgenden Seiten ausführlich genug und soll hier nicht das Thema sein.

Der eigentliche Skandal fand für mich nämlich im Verborgenen statt, für Leser nur bedingt erkennbar: Die Art und Weise, wie Kühlerhersteller auf die Situation reagiert haben. Sicherlich: Wer alle Vertriebskanäle bezüglich Schadensfällen befragt, der braucht seine Zeit. Auch interne Tests sind nicht von heute auf morgen erledigt und der Dienstweg von der für Öffentlichkeitsarbeit zuständigen Abteilung zur Entwicklung kann lang sein – genauso wie der Umweg über die Rechtsabteilung, wenn am Ende eine Pressemitteilung veröffentlicht werden soll.

Merkwürdig ist aber, dass mir auch Wochen nach der ersten öffentlichen Meldung kaum ein Hersteller einen Soll-Anpressdruck für die hauseigenen Kühler nennen konnte oder wollte. Selbst auf die nachgelegten PCGH-Messungen reagierte man oft nicht mit „stimmt“ beziehungsweise „kann nicht stimmen“, sondern mit einem weiteren „... aber in der Praxis ist alles okay“. Anfangs dachte ich noch, dass man nicht zugeben möchte, absichtlich zu hoch zu liegen – bei einigen Herstellern schleicht sich aber der noch erschütternde Eindruck ein, dass es überhaupt keinen Sollwert für die eigenen Produkte gibt. Solange „in der Praxis“ alles okay ist, ist alles andere wohl egal. Wohlgemerkt: „In der Praxis“, nichtmal „in eigenen Testreihen zur Überschreitung von Intels Spezifikationen“. Den Unterschied merken jetzt einige Kunden.

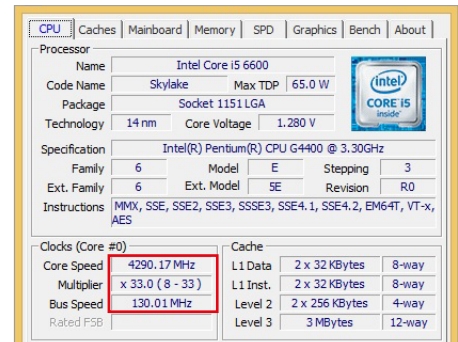


Übertaktung für non-K-Skylakes

Intels neue Sockel-1151-CPU sind technisch rundum überzeugend, aber entweder teuer oder auf niedrige Taktraten beschränkt. Bisher jedenfalls.

Core i5-6600K und i7-6700K sind derzeit sehr gefragte CPUs – und werden entsprechend teuer angeboten. Kleinere Skylake-Modelle wären zwar auch attraktiv, haben aber einen großen Nachteil: Ohne „K“-Suffix muss man sich mit den Werkstaktaten zufrieden geben. Der Multiplikator, der zusammen mit dem BCLK den Kerntakt festlegt, ist fest voreingestellt. Und der BCLK ließ sich bislang auch nur um 2-3 Prozent anheben, ehe es zu Instabilitäten kam.

Schuld hat die Verknüpfung zwischen BCLK-Frequenz und dem PCI-Express-Takt, von dem auch die Geschwindigkeit der DMI-Schnittstelle zwischen CPU und PCH abhängt. Bei Skylake-CPU sind zwar getrennte Taktraten für beide Subsysteme möglich – aber erneut nur für „K“-Modelle. Asrock ist nun vorgepreschnt und hat UEFIs veröffentlicht, welche die künstliche Koppelung bei günstigen Skylakes aufheben. Asus und MSI bereiten ebenfalls entsprechende UEFIs vor, EVGA arbeitet daran und Supermicro stattete Rekordjäger mit passend modifizierten Platinen aus.

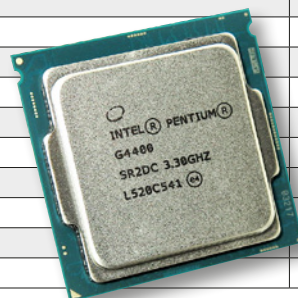


Mit einem Asus Maximus VIII Gene und einem Pentium G4400 konnten wir das BCLK-OC auch in der Redaktion nachstellen und mühelos bislang undenkbbare 30 Prozent Übertaktung erreichen, ohne auch nur an den Spannungsreglern zu drehen.

Noch befinden sich die Mod-UEFIs im Vorserienstatus, viele Funktionen wie Stromsparmechanismen, Taktturbo oder auch nur die CPU-Temperatur-Anzeige funktionieren nicht. Wir hoffen aber, in der nächsten Ausgabe ausführliche Tests präsentieren zu können. (tv)

Non-K-Übertakter-UEFIs wurden angekündigt/sind verfügbar für:

Asus	MSI	Asrock
Maximus VIII Extreme Assembly	Z170A XPower Gaming Titanium	Z170 OC Formula
Maximus VIII Extreme	Z170A Gaming M9 ACK	Z170 Professional Gaming i7
Maximus VIII Hero Alpha	Z170A Gaming M7	Z170 Gaming K6 & K6+
Maximus VIII Hero	Z170A Gaming M5	Z170 Gaming K4 & K4/D3
Maximus VIII Impact	Z170A Gaming M3	Z170 Gaming-ITX/ac
Z170-Deluxe	Z170A Gaming Pro	Z170 Extreme7+
Z170-A	Z170I Gaming Pro AC	Z170 Extreme6 & Extreme6+
Z170-E	Z170A Krait Gaming	Z170 Extreme4 & Extreme4+
	Z170A TOMAHAWK	Z170M Extreme4
	Z170A-G45 Gaming	Z170 Extreme3
	Z170A-G43 PLUS	Z170 Pro4 & Pro4/D3
	Z170M MORTAR	Z170 Pro4S
	Z170-A Pro	Z170M Pro4
	Z170A PC-Mate	Z170M Pro4S
	H170 GAMING M3	Z170M-ITX/ac
	H170A GAMING PRO	Z170A-X13.1
	H170A PC Mate	
	H170M PRO-DH & -VDH	
	B150M MORTAR	



PCGH-Index: Top 10 APUs

BESSER ► Normierte Leistung

Intel Core i7-5775C 3,3/1,15 GHz – 4c/8t – GPU 384 ALUs Preis: Ca. 375 Euro	Anno: 53/33 BF4: 88/38 Bi: 73/35 F1: 94/68 TES: 147/62 TR: 127/47 WoW: 83/39 7-Zip: 193 Lux: 713 LRS: 155 x264: 5,62	100%
Intel Core i5-5675C 3,1/1,15 GHz – 4c/4t – GPU 192 ALUs Preis: Ca. 270 Euro	Anno: 52/32 BF4: 86/38 Bi: 70/34 F1: 91/66 TES: 142/60 TR: 119/45 WoW: 79/37 7-Zip: 274 Lux: 469 LRS: 160 x264: 4,53	92,2%
Intel Core i7-6700K 4,0/1,15 GHz – 4c/8t – GPU 192 ALUs Preis: Ca. 445 Euro	Anno: 48/23 BF4: 63/28 Bi: 48/21 F1: 83/52 TES: 102/41 TR: 77/28 WoW: 52/25 7-Zip: 194 Lux: 715 LRS: 145 x264: 6,82	77,9%
AMD A10-7870K 3,9/0,87 GHz – 2m/4t – GPU 512 ALUs Preis: Ca. 140 Euro	Anno: 32/24 BF4: 66/32 Bi: 67/33 F1: 80/62 TES: 132/57 TR: 84/34 WoW: 77/37 7-Zip: 439 Lux: 248 LRS: 267 x264: 2,66	74,2%
AMD A10-7850K 3,7/0,72 GHz – 2m/4t – GPU 512 ALUs Preis: Ca. 125 Euro	Anno: 31/23 BF4: 63/31 Bi: 62/30 F1: 78/60 TES: 124/51 TR: 80/32 WoW: 71/35 7-Zip: 445 Lux: 234 LRS: 277 x264: 2,56	70,2%
AMD A10-7800 (65W) 3,5/0,72 GHz – 2m/4t – GPU 512 ALUs Preis: Ca. 120 Euro	Anno: 30/22 BF4: 60/29 Bi: 54/27 F1: 76/57 TES: 113/45 TR: 73/29 WoW: 73/36 7-Zip: 483 Lux: 230 LRS: 300 x264: 2,44	66,0%
AMD A10-7700K 3,4/0,72 GHz – 2m/4t – GPU 384 ALUs Preis: Ca. 110 Euro	Anno: 30/22 BF4: 59/29 Bi: 53/26 F1: 75/55 TES: 111/44 TR: 72/28 WoW: 71/35 7-Zip: 459 Lux: 232 LRS: 298 x264: 2,44	65,0%
AMD A8-7650K 3,3/0,72 GHz – 2m/4t – GPU 384 ALUs Preis: Ca. 100 Euro	Anno: 28/21 BF4: 57/27 Bi: 57/26 F1: 73/55 TES: 114/46 TR: 71/28 WoW: 70/34 7-Zip: 468 Lux: 230 LRS: 306 x264: 2,44	64,2%
AMD A8-7600 (65W) 3,1/0,72 GHz – 2m/4t – GPU 384 ALUs Preis: Ca. 85 Euro	Anno: 28/21 BF4: 56/27 Bi: 56/25 F1: 71/54 TES: 111/45 TR: 70/27 WoW: 70/33 7-Zip: 475 Lux: 229 LRS: 302 x264: 2,42	63,2%
Intel Core i7-4790K 4,0/1,25 GHz – 4c/8t – GPU 160 ALUs Preis: Ca. 340 Euro	Anno: 43/18 BF4: 44/21 Bi: 32/14 F1: 61/37 TES: 85/33 TR: 56/20 WoW: 34/15 7-Zip: 211 Lux: 666 LRS: 150 x264: 5,94	62,2%

Anno 2070/Battlefield 4/Bioshock Infinite/F1 2013/Skyrim/Tomb Raider: Durchschn. Fps in 768p/1080p bei niedr./mittl. Details, kein AA/AF; **World of Warcraft**: Durchschn. Fps in 1080p mit mittl./guten Details, Letzteres inkl. 4x MSAA, kein AF; **7-Zip v9.30**: Sek. (Komp. von 3 GB gemischten Daten); **Luxmark 2.0**: Punkte (Ksamples/s, Sala); **Lightroom 5.3**: Sek. (30 Raws in JPEG konvertieren, Vorgabe „kraftvoll“, Standard-Schärfen für Web); **x264**: Fps (Ultra-HD); **System**: Z87/77, A88X, 2× 4 GiB DDR3, Turbo an; Win8.1 Pro x64

Neuer Index in Vorbereitung

Was lange währt ... muss trotzdem irgendwann erneuert werden. So auch unser CPU-Index, dessen Ablösung wir in diesem Heft bereits vorstellen.

Prozessoren verfügen über eine längere Halbwertszeit als Grafikkarten und sind zudem nicht so stark von laufend weiterentwickelten Treibern abhängig. Nichtsdestotrotz beobachten wir laufend den Markt und evaluieren mögliche neue Tests zur Bestimmung der CPU-Leistung. Inzwischen hat sich hier trotz aller Unkenrufe genügend getan, um eine neue Revision des CPU-Benchmark-Parcours auf den Weg zu bringen.

Wir drucken auf dieser Seite noch einmal den bisherigen Parcours ab, da sich erst im Laufe der nächsten Wochen genügend CPUs den neuen Tests gestellt haben werden, um eine sinnvoll große Menge für den Index zu ergeben. Weitere Details zu den einzelnen neuen Tests und Veränderungen bisheriger Benchmarks sowie den ersten Schub getesteter CPUs finden Sie auf den folgenden Seiten, auf der Heft-DVD gibt's ein Video, in welchem wir das CPU-Limit und dessen Bedeutung anschaulich beleuchten.

Für den neuen Index planen wir derzeit auch mit Einzel-Balken für getrennte Darstellung von Spiele- und Anwendungsleistung. Und wie immer werden wir die Liste getesteter Modelle nach und nach erweitern, nachdem wir die verbreitetsten Varianten vermessen haben. Wünschen Sie sich spezielle CPUs, die wir im neuen Parcours noch testen sollten? Schreiben Sie mir gern eine E-Mail an cs@pcgh.de!

(cs)

PCGH-Index: Top 20 CPUs

BESSER ► Normierte Leistung

Intel Core i7-5960X 3,0 GHz – 8c/16t Preis: Ca. 1.090 Euro	Anno: 53,2 BF4: 158,3 C3: 131,7 F1: 107,1 SC2: 28,3 TESS: 72,5 7-Zip: 134 Lux: 1052 LRS: 125 x264: 8,35	100%
Intel Core i7-4960X 3,6 GHz – 6c/12t Preis: Ca. 940 Euro	Anno: 57,6 BF4: 156,9 C3: 125,6 F1: 106,4 SC2: 28,4 TESS: 74,7 7-Zip: 147 Lux: 855 LRS: 132 x264: 6,81	95,0%
Intel Core i7-6700K 4,0 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 445 Euro	Anno: 64,7 BF4: 156,9 C3: 119,6 F1: 109,6 SC2: 38,2 TESS: 77,1 7-Zip: 191 Lux: 715 LRS: 145 x264: 6,82	94,5%
Intel Core i7-5930K 3,5 GHz – 6c/12t Preis: Ca. 595 Euro	Anno: 55,7 BF4: 156,8 C3: 128 F1: 105,7 SC2: 29,5 TESS: 71,9 7-Zip: 154 Lux: 840 LRS: 134 x264: 7,11	94,3%
Intel Core i7-5820K 3,3 GHz – 6c/12t Preis: Ca. 410 Euro	Anno: 53,2 BF4: 155,6 C3: 126,4 F1: 103,7 SC2: 28,2 TESS: 70,7 7-Zip: 158 Lux: 805 LRS: 138 x264: 6,76	91,7%
Intel Core i7-4930K 3,4 GHz – 6c/12t Preis: Ca. 580 Euro	Anno: 56,8 BF4: 153 C3: 122,7 F1: 104,3 SC2: 25,8 TESS: 71,7 7-Zip: 159 Lux: 830 LRS: 136 x264: 6,7	91,6%
Intel Core i7-5775C 3,3 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 375 Euro	Anno: 61,4 BF4: 157,7 C3: 112,5 F1: 115,8 SC2: 31,8 TESS: 74,4 7-Zip: 193 Lux: 713 LRS: 155 x264: 5,65	89,6%
Intel Core i7-4790K 4,0 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 340 Euro	Anno: 58,3 BF4: 156,8 C3: 114 F1: 103,4 SC2: 35,9 TESS: 70,3 7-Zip: 198 Lux: 671 LRS: 151 x264: 6	88,7%
Intel Core i7-3960X 3,3 GHz – 6c/12t Preis: Ca. 700 Euro	Anno: 52,8 BF4: 146,9 C3: 115 F1: 102,6 SC2: 24,9 TESS: 70,1 7-Zip: 157 Lux: 796 LRS: 144 x264: 6,01	87,6%
Intel Core i7-4790 3,6 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 310 Euro	Anno: 55 BF4: 153,7 C3: 104,2 F1: 96,4 SC2: 31,9 TESS: 67,2 7-Zip: 204 Lux: 624 LRS: 161 x264: 5,53	83,2%
Intel Core i7-4770K 3,5 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 340 Euro	Anno: 54,3 BF4: 152,2 C3: 102 F1: 95,4 SC2: 31,2 TESS: 67 7-Zip: 207 Lux: 614 LRS: 167 x264: 5,39	81,8%
Intel Xeon E3-1231 v3 3,4 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 260 Euro	Anno: 52,9 BF4: 149,9 C3: 100,7 F1: 94,1 SC2: 29,7 TESS: 65,9 7-Zip: 225 Lux: 600 LRS: 170 x264: 5,22	79,6%
Intel Core i5-5675C 3,1 GHz – 4c/4t Preis: Ca. 270 Euro	Anno: 56,7 BF4: 146,8 C3: 89,2 F1: 114,8 SC2: 29,2 TESS: 71,4 7-Zip: 274 Lux: 469 LRS: 160 x264: 4,53	78,7%
Intel Core i5-6600K 3,5 GHz – 4c/4t Preis: Ca. 255 Euro	Anno: 53,6 BF4: 139,1 C3: 85,1 F1: 100,9 SC2: 32,5 TESS: 68 7-Zip: 273 Lux: 441 LRS: 157 x264: 4,97	77,0%
Intel Core i7-4820K 3,7 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 340 Euro	Anno: 51,9 BF4: 145,2 C3: 92,9 F1: 95,2 SC2: 24,7 TESS: 67,4 7-Zip: 221 Lux: 587 LRS: 169 x264: 4,41	76,4%
Intel Core i7-3770K 3,5 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 360 Euro	Anno: 51,1 BF4: 143,2 C3: 91,3 F1: 94,2 SC2: 22,6 TESS: 65,8 7-Zip: 206 Lux: 556 LRS: 177 x264: 4,51	75,0%
Intel Core i5-4690K 3,5 GHz – 4c/4t Preis: Ca. 235 Euro	Anno: 53 BF4: 120,6 C3: 77,6 F1: 94,5 SC2: 30,3 TESS: 67 7-Zip: 271 Lux: 406 LRS: 170 x264: 4,57	72,2%
Intel Core i7-990X 3,46 GHz – 6c/12t Preis: Ca. 850 Euro	Anno: 41,9 BF4: 135,5 C3: 108,1 F1: 84 SC2: 16 TESS: 58,1 7-Zip: 194 Lux: 615 LRS: 181 x264: 5,08	72,1%
Intel Core i5-6500 3,2 GHz – 4c/4t Preis: Ca. 210 Euro	Anno: 49,3 BF4: 132,2 C3: 78,6 F1: 97,4 SC2: 28,9 TESS: 63,8 7-Zip: 282 Lux: 412 LRS: 170 x264: 4,59	71,8%
Intel Core i7-2600K 3,4 GHz – 4c/8t Preis: Ca. 290 Euro	Anno: 49,1 BF4: 135,9 C3: 90,2 F1: 92,5 SC2: 21,9 TESS: 64,2 7-Zip: 236 Lux: 524 LRS: 192 x264: 4,15	71,3%

Spiele: Durchschnittliche Fps in 1.280 × 720 bei max. Details (außer Post-Processing, AO), kein AA/AF; **7-Zip v9.30**: Sekunden (Komprimieren von 3 GB gemischten Dateien); **Luxmark v2.0 x64**: Punkte (Ksamples/s, Sala-Szene); **Adobe Lightroom 5.3**: Sekunden (Konvertierung von 30 Raws in JPEG, Vorgabe „kraftvoll“, Standard-Schärfen für Web); **x264 UHD x64**: Fps (Ultra HD, 50 Mbps); **System**: Intel X99/79/Z87/77, AMD 990FX, 4 GiB DDR3 je Speicherkanal, Turbo an; Win8.1 Pro x64, Geforce GTX 780 Ti @ 875 MHz, GF 337.88 WHQL (HQ)



Bild: Audbox

Skylake erdrückt

Intels Vorgaben zur Kühlerkompatibilität werden von Kühlerherstellern seit Jahren überschritten. In Kombination mit reduzierten Sicherheitsreserven drohen bei Skylake Hardwareschäden.

Video auf Heft-DVD



Um das Schadensbild nachzuvollziehen, haben wir ein System mit Skylake-Pentium verschiedenen Belastungsszenarien ausgesetzt. Die Bildausgabe funktionierte bis zum Schluss, aber spätere Boot-Versuche mit dem Test-Mainboard waren erfolglos.

Ende November, die PCGH 01/2016 befand sich bereits im Druck, ließ Scythe die Bombe platzen: Mehrere Kühler aus dem eigenen Programm müssen kostenlos mit neuen Halterungen für den Einsatz auf Sockel-1151-CPU's nachgerüstet werden. Mit der ursprünglichen Halterung drohen Schäden bei Erschütterungen, zum Beispiel während des Transportes.

Parallel zu dieser Pressemitteilung wurden der PCGH-Redaktion Bilder von stark verformten Skylake-Prozessoren und von beschädigten Sockeln zugespielt; verschiedene Quellen sprachen hinter vorgehaltener Hand von deutlich erhöhten Rücklaufquoten bei Skylake-Fertig-PCs mit großen Kühlkörpern. Einige Versender sollen sogar die kom-

pletten Produktpaletten von gleich mehreren Marken auf einer „Blacklist“ führen und nur noch unmontiert verkaufen. Offizielle Bestätigungen derartiger Informationen waren aber nicht zu bekommen und auch in ihrer Argumentation waren die Quellen uneinheitlich: Verpackungsmethoden, Intel, Halterungsprinzipien, Hersteller – alles und jeder wurde verdächtigt.

Die Grundlagen: Skylake

Ein Aspekt war bereits aufgefallen, bevor Scythes Vorstoß die Hardware-Welt in Aufruhr versetzte: Das Substrat, also die Trägerplatine an der Unterseite der Prozessors, fällt bei Skylake dünner aus als bei vorangehenden Generationen. Dies hatte für die Kühlerkompatibilität zunächst keine Bedeutung,

denn Intel hat im Gegenzug den Heatspreader dicker gemacht; die Maße der Skylake-Prozessoren und damit die Höhe der Sockel-1151-Kühlerauflagefläche entsprechen denjenigen der alten Sockel 1150, 1155 und 1156.

Allerdings hat das Substrat neben seinem Beitrag zur Gesamthöhe des CPU-Packages sowie der elektrischen Verbindung zwischen dem eigentlichen Silizium-Chip und den Kontakten im Sockel noch eine dritte, mechanische Funktion: Es stützt sich auf Auflageflächen im CPU-Sockel und stellt damit die richtige Positionierung des Prozessors sicher und es ist Träger des integrierten Heatspreaders. Diese Metallkappe verteilt nicht nur die Wärme des eigentlichen Siliziumchips über den Boden des Kühlers, sie schützt das Innenleben des Prozessors auch vor einwirkenden Kräften – und leitet diese über das Substrat in den Sockel und das Mainboard ab. Das Substrat, die Platine mit den feinsten Leiterbahnen im ganzen PC, muss also auch alle mechanischen Belastungen übertragen, denen die CPU ausgesetzt wird.

Mechanische Details

Problematisch an dieser Übertragung ist die Geometrie von Sockel und Heatspreader. Denn die kleinen Auflageflächen im Sockel sitzen platzsparend in den Ecken, auf halber Strecke der Außenkanten und zusätzlich an der inneren Begrenzung des Kontaktfeldes zu finden. Der Heatspreader dagegen erstreckt sich nicht ganz bis zum Außenrand und drückt weiter innen auf das Substrat. Der Versatz zwischen Krafteinwirkung und Auflagefläche wandelt gradlinig einwirkenden Druck zu einem Drehmoment in der Platine, gegenüber dem die Kunstharz-Glasfasermatrix weniger beständig ist als gegenüber reinem Druck.

So kann es bei starken Scherkräften zu einer Verformung kommen: Der Bereich unter dem Heatspreader wölbt sich in Richtung des Sockels; die gestützten, weniger stark belasteten Randbereiche bleiben in gewohnter Position. Offensichtlich spielt hier die Steifheit des Substrats eine wichtige Rolle. Je dünner es ist, desto stärker wird es

sich biegen und umso größer ist die Gefahr von Schäden – wie im Falle von Skylake-CPUs mit ihrem dünneren Substrat. Der Grund für die neue Bauweise dürfte übrigens elektronischer Natur sein, zumindest ist das zusätzlich im Heatspreader verbaute Kupfer teurer, als das eingesparte Platinmaterial an der CPU-Unterseite.

Spezifizierte Lasten

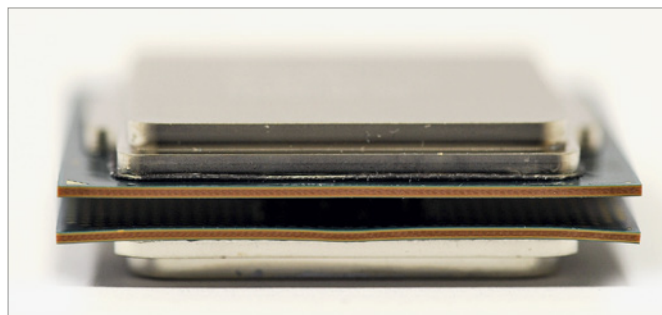
Die Empfindlichkeit eines Prozessors ist die eine Seite – tatsächlich von CPU-Kühlern ausgeübte Kräfte die andere. Zwischen beiden vermitteln normalerweise die Herstellerspezifikationen: Intel gibt präzise an, welches Bauteil welchen Druck erzeugen darf. Bis zur Haswell-Generation waren die Design-Richtlinien der Sockel sogar frei zugänglich; für Skylake hat uns Intel bestätigt, dass die mechanischen Spezifikationen von den Vorgängergenerationen übernommen wurden. Offensichtlich hat das veränderte Substrat also nur die Sicherheitsreserven beeinflusst. Die offiziell für Broadwell,

Haswell und frühere Prozessoren erlaubten Belastungen sind auch für Skylake kein Problem.

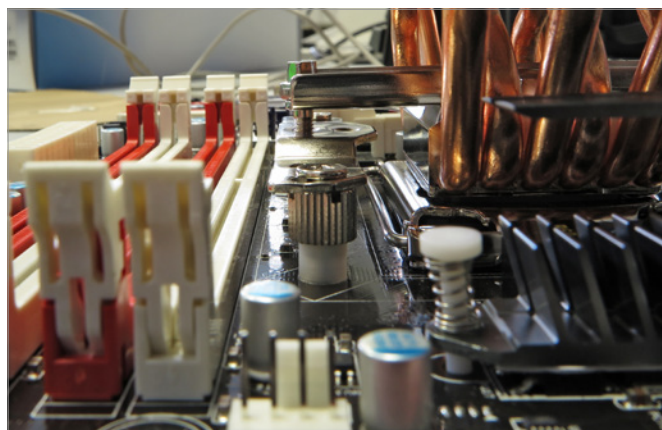
ILM static compressive load: 311 bis 600 N. Der Kühler selbst erzeugt nur einen Teil des Anpressdrucks. Um die elektrische Verbindung der CPU zu den Sockel-Kontaktfedern sicherzustellen, baut bereits der Sockelarretierungsmechanismus (Independent Loading Mechanism) einen Druck auf, der der typischen Gewichtskraft von 31 bis 60 kg Masse entspricht.

Heatsink static compressive load: 0 bis 222 N. Das Oberlimit für den Kühleranpressdruck ist deutlich geringer und beträgt knapp 75 Prozent der minimalen ILM-Last.

Dynamic compressive load: Maximal 712 N. Der statische Wert gilt allerdings nur für den Ruhezustand. Das heißt, die Kühlerhalterung und (weniger wichtig) das Kühlergewicht dürfen zusammen bis zu 222 N Kraft auf die CPU ausüben. Wird der Rechner transpor-



Skylake im Originalzustand (oben) und nach dem extremen PCGH-Falltest (unten). Das Substrat ist deutlich verformt, überraschenderweise funktioniert die CPU noch.



So sehen die Mugen-4-Original-Halterungsschrauben aus, wenn der von Intel spezifizierte Anpressdruck erreicht ist. Bis zum von Scythe vorgesehenen Anschlag sind es noch drei weitere Umdrehungen, mit Skylake-Nachrüst-Kit immerhin noch eine.



HIGH PERFORMANCE COOLING SOLUTIONS
www.thermal-grizzly.com

WÄRMELEITPASTEN

Conductionaut NEW!
Liquid Metal 73 W/mk



Maximale Wärmeleitfähigkeit
Gesteigerter Indiumanteil
Optimale Handhabung
durch Kunststoffnadel

Kryonaut
Overclocking
12,5 W/mk



Top-Performance
einfache Anwendung
wechselbarer Applikator



Kryonaut
ETeknix.com



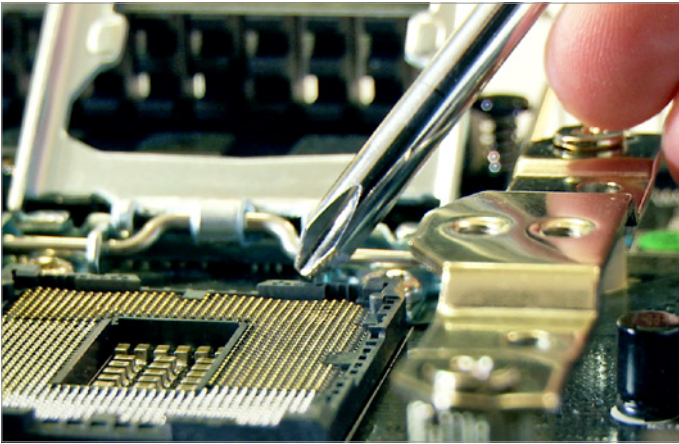
Conductionaut
overclocking.guide

„Für meine High-End-Systeme ist die Thermal Grizzly Kryonaut Wärmeleitpaste das absolute Top Produkt!“

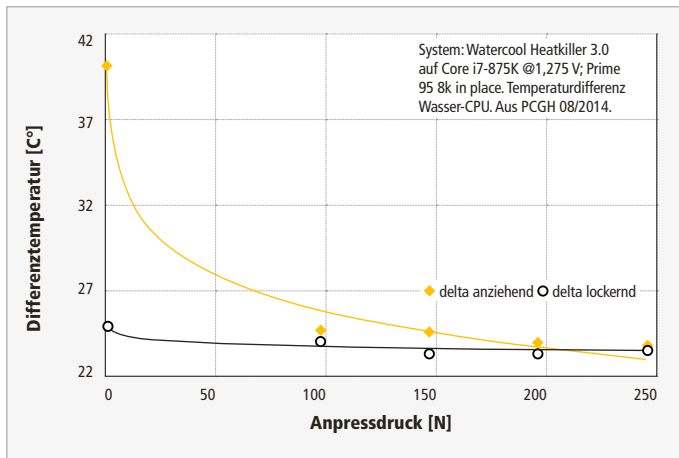
DEP BAUER

JETZT ERHÄLTICH BEI

CASEKING.de



Der PCGH-Falltest hinterlässt deutliche Dellen im Kontaktfeld des CPU-Sockels. Ohne elektrische Verbindung ist das System nicht mehr funktionsfähig.



Bereits vor 1,5 Jahren haben wir den Einfluss des Anpressdrucks auf die Kühlleistung gemessen. Ergebnis: Viel Kraft bringt nur wenig bessere Temperaturen. Wurde der Kühler erst einmal fest an die CPU gedrückt, kann man die Halterung sogar ganz ohne Nachteile wieder lockern.

tiert oder erschüttert, entstehen über Masse und Eigenbewegung des Kühlkörpers zwangsläufig zusätzliche Kräfte. Für diese spezifiziert Intel weitere 490 N, zusätzlich zum statischen 222-N-Limit.

Anpressdruck messen

Wie schneiden nun die real verfügbaren Produkte im Vergleich mit den Intel-Vorgaben ab? Sehr gut, wenn man den Herstellerstellungnahmen (www.pcgh.de/skst/) vertraut. Mit Ausnahme von Scythe, die ihre ursprüngliche Meldung mittlerweile auf den Mugen 4 eingeschränkt haben und auf Anfrage ein Skylake-Nachrüstkit verschicken, wurde kein einziger Kühler als Skylake-inkompatibel gebrandmarkt. Verdächtig oft besagen die Pressemitteilungen aber nur, dass „keine Probleme bekannt“ wären – und nicht dass die Kühler tatsächlich spezifikationskonform sind.

Wir haben uns daher ein Druckmessgerät besorgt (Tekscan ELF) und nachgemessen. Aufgrund der Einzelpunktmessung berücksichtigen unsere Ergebnisse keinen einseitig erhöhten Druck, außerdem hebt der Sensor die Kühlerauflagefläche um 0,1 mm an. Dies steigert den Anpressdruck von Kühlern mit sehr starrer Halterung geringfügig. Nach Vergleichen mit Herstellermessungen und der von 100 bis 250 N Vorgabewert frei einstellbaren Halterung eines Watercool

Heatkiller 3.0 gehen wir aber trotzdem davon aus, auf wenige dutzend Newton genau zu messen. Dies reicht für eine grobe Einschätzung; unterschiedliche dynamische Belastungen haben im Alltag weit größere Lastunterschiede zur Folge.

Störender ist eine zweite Einschränkung des Messgerätes: Der Anzeigebereich reicht nur bis 547 N. Das ist zwar ungefähr 2,5 Mal so viel wie Intel erlaubt, aber zu wenig für einige Testkandidaten. Um deren realen Anpressdruck abschätzen zu können, haben wir die Halterung Stück für Stück gelockert und anhand der Schraubendrehungen einen Näherungswert für die Federkonstante der Halterung ermittelt. Anhand dieser wurde dann linear der Anpressdruck bei normaler Installation hochgerechnet. Bitte beachten Sie, dass diese Methode fehleranfällig ist und nur einen groben Anhaltspunkt geben soll. Aufgrund des Aufbaus der Halterungen gehen wir davon aus, dass die berechneten Werte aber eher zu niedrig als zu hoch ausfallen.

Hersteller im Überblick

Um keine CPU-Schäden zu riskieren, haben wir alle unsere Messungen auf einem identisch spezifizierten Sockel-1155-System durchgeführt. Neben dem gebrandmarkten Mugen 4 besteht das Testfeld vor allem aus Kühlern, die sich aktuell im PCGH-Einkaufsführer

311 bis 600 N Anpressdruck durch ILM

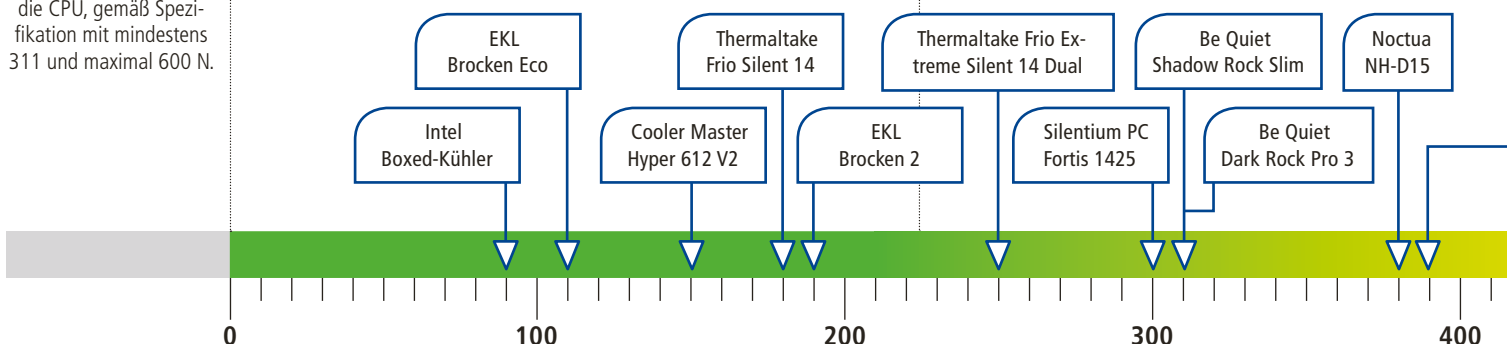
Zusätzlich zum Kühler drückt auch die Sockel-Verriegelung selbst auf die CPU, gemäß Spezifikation mit mindestens 311 und maximal 600 N.

0 bis 222 N zulässiger statischer Anpressdruck

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

222 bis 712 N zulässige dynamische Last

Bei Bewegungen übt der Kühler zusätzlich zum Anpressdruck der Halterung Kräfte auf die CPU aus. Insgesamt darf der Druck maximal 712 N betragen und auch dies nur bei gleichmäßiger Lastverteilung.



finden (siehe Seite 120) und lässt sich in vier Gruppen gliedern:

Intel, Cooler Master, EKL, Thermal-take: Die Vorbildlichen. Dass Intels Boxed-Kühler sich an die hauseigenen Spezifikationen hält, war abzu-sehen. Genauso unbedenklich sind die beiden Alpenföhn-Brocken-Preis-Leistungs-Brecher von EKL und deren direkte, etwas mehr auf Silent-Betrieb fokussierten Gegenstücke von Cooler Master. Zu unserer eigenen Überraschung schafft es mit Thermaltakes Frio Dual auch ein waschechter High-End-Bolide, in der Nähe der Spezifikationen zu bleiben. Kühler mit so hohem Gewicht sollte man für Transporte dennoch demontieren.

Silentium PC, Be Quiet, Noctua: Die Akzeptablen. Typischer für High-End-Produkte ist dagegen ein erhöhter Anpressdruck – in der Annahme, dass dieser für eine höhere Kühlleistung sorgen würde. Unsere eigenen Messungen (siehe links) bestätigen dies zwar nicht, aber solange der Rechner vorsichtig bewegt wird, halten wir Anpressdrücke bis 400 N für unproblematisch. Für Transporte empfehlen dagegen sowohl Be Quiet als auch Noctua eine Demontage der eigenen, übergewichtigen Kühlbolide.

Cryorig: Grenzwertig. Auch Cryorig schließt sich der Empfehlung zum vorsichtigen Transport an. Zumin-

dest hingelegt sollte der Rechner werden, denn auch hier wurde der Anpressdruck absichtlich über die Spezifikationen hinaus erhöht – unter anderem, um die Hebelwirkung der bis zu 1,3 kg schweren Kühler in vertikaler Lage auszugleichen. Absolut messen wir immerhin 460 N, womit man weit in den Bereich dynamischer Lastreserven vordringt. Da die Wirkung konstant wirkender Lasten auf Materialverbünde und federnde Strukturen anders ausfallen kann als bei schnell wieder nachlassenden Erschütterungen, lässt sich diese Strategie nicht abschließend einschätzen. Vorsicht ist auf alle Fälle beim Transport des PCs geboten, schon ein Entgleiten aus geringer Fallhöhe dürfte dynamische Kräfte verursachen, die in Kombination mit der hohen statischen Belastung den Maximalwert überschreiten.

Scythe, Thermalright: Bedenklich. Ab einem statischen Anpressdruck von 600 N ist es unserer Einschätzung nach auch bei vorsichtiger Handhabung nicht mehr zuverlässig möglich, die spezifizierten Grenzen einzuhalten. Eigengewicht und Hebelwirkung des Kühlers, Erschütterungen, kleine Montagefehler (wie fest werden Schrauben angezogen?) oder Fertigungstoleranzen: Viele Auslöser können jede für sich die wirkenden Kräfte über das zulässige Maximum steigern. Trotzdem erreichen neben dem

originalen Mugen 4 noch vier weitere Kühlerkonfigurationen diesen Bereich.

Thermalright teilte als Reaktion auf unsere Messwerte mit, dass kein einziger Schadensfall mit den hauseigenen Produkten bekannt sei, obwohl diese von mehreren Komplett-PC-Versendern genutzt würden. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme werde man aber trotzdem zum Jahreswechsel 2015/2016 ein kostenloses Nachrüstkit mit Unterlegscheiben anbieten, das den Anpressdruck weiter reduzieren soll.

Auch Scythe verweist auf die bislang gute Praxiserfahrung; nur für den Mugen 4 liegen Schadensmeldungen vor und diese beschränken sich auf den Versand von Komplett-PCs mit montiertem Kühler. Das kostenlose Nachrüstkit, das ab sofort allen Kühlern beiliegt, soll derartige Schäden in Zukunft ausschließen – obwohl es unseren Messungen nach weiterhin einen hohen Anpressdruck ermöglicht. In Zukunft wird Scythe das hauseigene Montagesystem weiter überarbeiten, akuten Nachbesserungsbedarf sieht man aber nicht. Dies schließt den Ninja 4 trotz eines sehr hohen Anpressdrucks mit ein, da dieser auf den konvexen Boden des Mugen 4 verzichtet. Für den Transport wird allgemein empfohlen, den Kühler zu montieren oder zumindest ausreichend zu sichern.

OEM-PC-Anbieter Mifcom bestätigt diese Einschätzung. Nicht einmal für den originalen Mugen 4 konnte man uns eine erhöhte Rücklaufquote bestätigen. Nach eigenen Angaben reicht die sorgfältige Umverpackung nebst Innenpolsterung aus, um Garantiefälle zu verhindern.

PCGH-Falltest

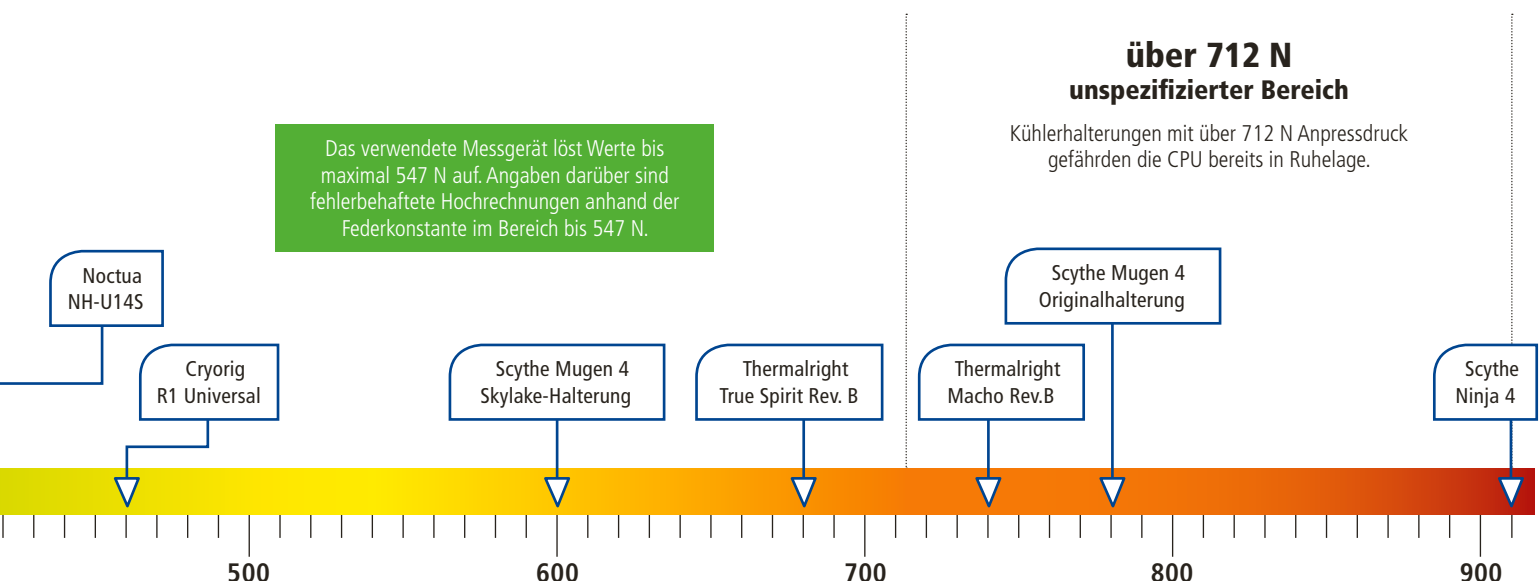
Um das Schadensbild beurteilen zu können, haben wir eine Kombination aus günstigem Skylake-Pentium und einem Mugen 4 mit Originalhalterung diversen Belastungen ausgesetzt (siehe DVD). Trotz starker Verformung blieb die CPU dabei funktionsfähig und der Rechner gab bis zum Schluss ein Bild aus. Demnach kann die CPU von Skylake-PCs beschädigt sein, ohne dass der Anwender Symptome bemerkt. In unserem Fall wurde zusätzlich der Sockel so stark eingedrückt, dass erneutes Booten mit dem Mainboard unmöglich ist. (tv)

Fazit



Skylake oder kein Skylake?

Unser Praxistest und Nutzerberichte sprechen zum Glück dafür, dass diese shakespearesche Frage selten mit dem Tod einer 430-Euro-CPU beantwortet werden muss. Dass so viele Kühlerhersteller sich zum Teil weit über die Spezifikationen hinwegsetzen, ist dennoch erschreckend – und unnötig, wie mehrere aus gut getestete Kühler zeigen.



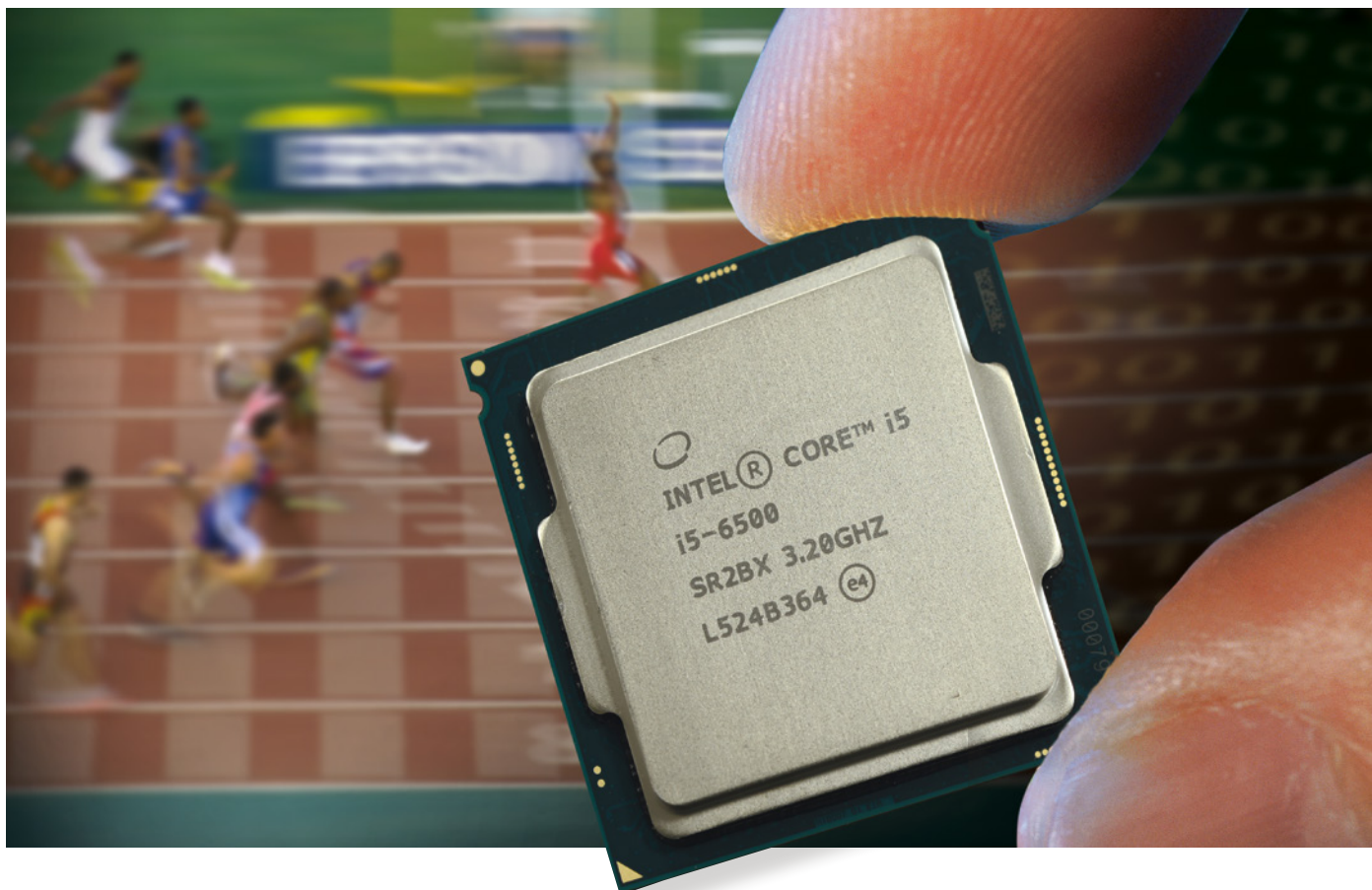


BILD: MEV

Prozessorleistung 2016

Wie viel „CPU“ brauchen Sie für das kommende Jahr? Genügt ein Quadcore – möglicherweise noch aus einer älteren Generation – oder ist das Zeitalter der Sechskerner gekommen? PCGH klärt auf.

Laufend werden neue Prozessoren vorgestellt und genauso regelmäßig wird kritisiert, dass sich ein Upgrade kaum noch lohnt, sofern man schon einen Quadcore-Prozessor jenseits der 3 Gigahertz besitzt, den Hersteller jedoch nicht wechseln mag. Dieses Vorurteil stimmt so nicht ganz, wie wir im Pro-MHz- und Generationenvergleich in der vorigen Ausgabe bereits zeigen konnten. Allerdings ändern sich die Anforderungen an CPUs mit der Zeit – daher renovieren wir auch turnusmäßig unseren Testparcours für Prozessoren.

Wie schlägt sich nun ein typischer, flotter Vierkern-Prozessor der letzten drei, vier Generationen in Spielen mit aktuellen Engines, die auch 2016 noch aktuell sind? Und

vor allem: Lohnt es sich, bei einem eventuell anstehenden Neukauf direkt zu einem Sechskern-Modell zu greifen? Diese Fragen und mehr beantworten wir in diesem Artikel.

Neue Tests – und mehr

Eigentlich sollte dieser Artikel „nur“ unser regelmäßiges Update des Benchmark-Parcours beinhalten,

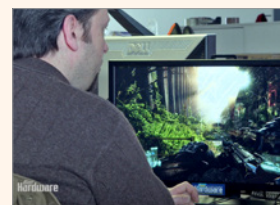
doch im Laufe der Recherchen und Evaluierung der Tests zeigte sich, dass mehr darin steckt. Immer mehr Spiele – und diese bilden nach wie vor eindeutig den Schwerpunkt bei PCGH-Tests – nutzen inzwischen die Möglichkeit, mit mehr als vier CPU-Kernen zu skalieren, das heißt in der Leistung nochmals zuzulegen. Natürlich werden zum einen

die Engines immer mehr auf die verbreiteten Mehrkern-Prozessoren ausgelegt, zum anderen aber trägt hier auch die plattformübergreifende Entwicklung von Spielen für PC und Konsole Früchte. Denn in Xbox One und Playstation 4 schufteten im Gegensatz zu ihren Vorgängern inzwischen Scharen herkömmlicher x86-Kerne – acht, um genau zu sein.

Kernskalierung 2.0

Da verwundert es wenig, dass sowohl die Lizenz-Engines wie die Unreal Engine 4, Unity oder die Cryengine als auch die Eigengewächse der großen Publisher wie EA (u. a. Frostbite) oder Ubisoft (Dunia, Disrupt, Anvil Next) sich die Rechenkraft von immer mehr Prozessoren zunutze machen. Entsprechend kam bei unseren Ska-

Video auf Heft-DVD



Auf dem Datenträger der DVD-Plus-Version finden Sie ein Video, welches erklärt, warum wir Prozessoren in der niedrigen 720p-Auflösung testen. Außerdem befindet sich im Begleitmaterial das PDF des Pro-MHz-Vergleiches der vorigen Ausgabe.

Altes Testsystem: Teilweise im Grafiklimit

Anno 2070 – „Megacity 2013“

GTX 980 Ti @ 1.380 MHz  63 | 72,2 (+0 %)

GTX 780 Ti @ 875 MHz  63 | 72,1 (Basis)

Battlefield 4 – „Fishing in Baku“

GTX 980 Ti @ 1.380 MHz  183 | 258,0 (+62 %)

GTX 780 Ti @ 1.000 MHz (!)  135 | 159,6 (Basis)

Crysis 3 – „Fields“

GTX 980 Ti @ 1.380 MHz  178 | 200,8 (+50 %)

GTX 780 Ti @ 1.000 MHz (!)  110 | 134,3 (Basis)

F1 2013 – „Catalunya“

GTX 980 Ti @ 1.380 MHz  112 | 120,5 (+1 %)

GTX 780 Ti @ 875 MHz  112 | 119,6 (Basis)

Starcraft 2 HotS – „Veteranen 2013“

GTX 980 Ti @ 1.380 MHz  24 | 46,9 (+0 %)

GTX 780 Ti @ 875 MHz  23 | 46,9 (Basis)

The Elder Scrolls V: Skyrim – „Weißblau 2013“ (mod)

GTX 980 Ti @ 1.380 MHz  80 | 91,4 (+1 %)

GTX 780 Ti @ 875 MHz  82 | 90,8 (Basis)

System: Intel Core i7-5960X OC (4,3 GHz), Asus X99-Deluxe, 4 x 4 GiB DDR4-2666, Windows 8.1 Pro (64 Bit), Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** In Crysis 3 und BF4 bremsen bei extrem schnellen CPUs selbst in 720p ohne AA/AF die Grafikkarte.

Min. | Ø Fps
➤ Besser

lierungstests der weitaus meisten im Jahr 2015 erschienenen Spiele heraus, dass durchaus noch ein Leistungszuwachs beim Schritt von vier auf sechs Rechenherzen festzustellen war. Intels Hyperthreading (HTT) allerdings erwies sich bei Vorhandensein vieler physischer Kerne oft als mehr oder minder starke Bremse – ganz im Gegensatz zu Dualcores, die teils deutlich von HTT profitierten. Beim Quadcore-Einsatz hielten sich Nutzen und Bremse durch die virtuellen Kerne in etwa die Waage. Dies haben wir im großen Spiele-Special der vorigen Ausgabe ausführlich beleuchtet – unter anderem anhand von Star Wars Battlefront, Anno 2205, Call of Duty: Black Ops 3 und Fallout 4. Zur Erinnerung: Ersteres zeigte keinen HTT-Gewinn bei sechs Kernen, konnte aber wie bei Anno 2205 (Flyby, nicht identisch zum Benchmark in diesem Artikel!) immerhin mit HTT-Quadcores noch etwas zulegen während diese Konfiguration in Codblops 3 sogar Fps-Nachteile in Kauf nehmen musste. Dualcores

profitierten durch die Bank von den zusätzlichen virtuellen Threads und erreichten dadurch im Schnitt rund 29 Prozent Leistungszuwachs. Das entsprechende Diagramm der Fallout-4-Skalierung haben wir als kleinen Service noch einmal auf der rechten Seite eingebunden.

Doch natürlich gibt es auch viele Ausnahmen von dieser begrüßenswerten Entwicklung, sodass wir mit dem erneuerten Starcraft-2-Benchmark auch weiterhin einen Titel im Parcours führen, der nicht von mehr als zwei Kernen, dafür aber von Cache, schnellem RAM und hohen Taktfrequenzen profitiert. Den anderen wenig mehrkernoptimierten Titel Skyrim, haben wir aus dem CPU-Parcours entfernt.

Altes und Neues

Unser alter CPU-Parcours bestand aus sechs Spielen und vier Anwendungen. Für die 2016er-Edition haben wir diese Auswahl erheblich erweitert und umgestellt. Einzelheiten finden Sie in den jeweiligen

High-End-Hyperthreading in Spielen

Anno 2205 – „Walbruck 67k“

Hyperthreading aus  44 | 45,3 (+5 %)

Hyperthreading an  42 | 43,1 (Basis)

Assassin's Creed: Syndicate – „Bishopsgate“

Hyperthreading aus  121 | 131,3 (+2 %)

Hyperthreading an  118 | 128,9 (Basis)

Crysis 3 – „Fields“

Hyperthreading aus  163 | 186,2 (-7 %)

Hyperthreading an  178 | 200,4 (Basis)

Dragon Age: Inquisition – „Hinterlands“

Hyperthreading aus  126 | 151,6 (-1 %)

Hyperthreading an  124 | 152,4 (Basis)

Far Cry 4 – „Banapur“

Hyperthreading aus  109 | 135,4 (+22 %)

Hyperthreading an  94 | 110,8 (Basis)

F1 2015 – „Stormy Spain“

Hyperthreading aus  106 | 133,3 (-6 %)

Hyperthreading an  92 | 141,4 (Basis)

Starcraft 2 LotV – „Zerg Rush“

Hyperthreading aus  37 | 55,6 (+0 %)

Hyperthreading an  36 | 55,4 (Basis)

The Witcher 3 – „Hierarch Square“

Hyperthreading aus  140 | 149,0 (+1 %)

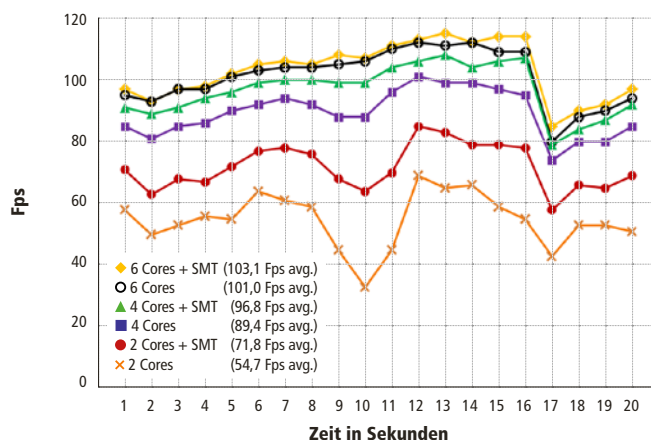
Hyperthreading an  140 | 147,4 (Basis)

System: Intel Core i7-5960X OC (4,3 GHz), Asus X99-Deluxe, 4 x 4 GiB DDR4-2666, GF GTX 980 Ti/6G OC; Win10 Pro (64 Bit), Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Bei genügend physischen Kernen bremsen Hyperthreading des Öfteren, der Nutzen ist begrenzt.

Min. | Ø Fps
➤ Besser

Fallout 4: Prozessor-Kernskalierung

1.280 x 720, max. Details, TAA/Ingame-AF – „Dark Road“



System: Core i7-5820K @ 2,5 GHz (!), GTX Titan X @ 1.500/4.207 MHz, Asrock X99X Killer, 4 x 4G DDR4-2200 (1T), Win10 Pro (64 Bit), Gef. 358.91 WHQL **Bemerkungen:** Der Einbruch am Ende der Messungen markiert den Punkt, an dem ein neues Grid geladen wird. Die Skalierung ist gut, mehr Kerne bringen mehr Leistung.

Seasonic®

GEWINNER DES EUROPEAN HARDWARE AWARD

ALTERNATE

BORA

BRACKCH

CASEKING.de

cyberport

d

digitec.ch

K&M

Mindfactory.de

**EUROPEAN
HARDWARE
AWARDS
2015**

BEST PSU SERIES

Seasonic Platinum



Anno 2205



Für die Benchmarkszene haben wir einige Stunden lang unsere Firma auf rund 67.000 Angestellte ausgebaut. Die Fps-Rate ist nur in der Iso-Perspektive so niedrig, in der weniger schönen Draufsicht sind fast durchweg mehr als 60 Fps möglich.

„Walbruck 67k“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-5775C	41	42,0 (+53 %)
i7-6700K	35	36,8 (+34 %)
i7-4790K	33	33,5 (+22 %)
i7-5820K	31	32,2 (+18 %)
i7-3770K	28	29,3 (+7 %)
i7-5960X	25	29,0 (+6 %)
i5-3570K	27	28,0 (+2 %)
i7-2600K	27	27,4 (Basis)
FX-8350	21	22,1 (-19 %)

System: X99-/Z170A-/Z97-/Z77-/990FX-Chip, 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. laut max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (v1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Fps-Rate durch Iso-Perspektive deutlich niedriger.

Min. Ø Fps
Besser

Assassin's Creed Syndicate



Assassinin Evie Frye schicken wir 20 Sekunden lang über das Glasdach des Bishops-gate-Bahnhofs in White Chapel, sodass die Menschenmenge auf den Bahnsteigen noch mitberechnet werden muss, aber den Benchmarkverlauf nicht weiter stört.

„Bishopsgate“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-5775C	120	127,3 (+39 %)
i7-5960X	118	127,1 (+39 %)
i7-5820K	113	122,0 (+34 %)
i7-6700K	113	120,1 (+32 %)
i7-4790K	103	110,0 (+20 %)
i7-3770K	92	100,2 (+10 %)
i7-2600K	83	91,3 (Basis)
i5-3570K	74	82,1 (-10 %)
FX-8350	70	76,0 (-17 %)

System: X99-/Z170A-/Z97-/Z77-/990FX-Chip, 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. laut max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (v1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Hohe Sichtweite treibt die CPU-Last nach oben.

Min. Ø Fps
Besser

Crysis 3



Alt, aber gut ist unsere Crysis-3-Szene, die durch animierte Vegetation viele Kerne zu belasten vermag. Die Threads sind jedoch vergleichsweise „leicht“, sodass wir per Timer-Tool die maximale CPU-Frequenz forcieren.

„Fields“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-5960X	145	164,4 (+78 %)
i7-5820K	131	149,0 (+61 %)
i7-6700K	119	136,7 (+48 %)
i7-5775C	113	128,5 (+39 %)
i7-4790K	113	128,5 (+39 %)
i7-3770K	86	101,6 (+10 %)
i7-2600K	80	92,6 (Basis)
FX-8350	72	88,0 (-5 %)
i5-3570K	68	80,3 (-13 %)

System: X99-/Z170A-/Z97-/Z77-/990FX-Chip, 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. laut max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (v1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Windows-Timer per Tools auf 0,5 ms forciert.

Min. Ø Fps
Besser

Benchmarkkästen und entsprechende Video-Illustrationen im Laufe des Januar 2016 auch auf unserer Website www.pcg.de.

Insgesamt sind nun jeweils acht Vertreter von Spielen und Anwendungen vorhanden, wobei der Fritz-Schachbenchmark und der Physiktest des 3D-Mark schon ein wenig Richtung Spieleignung gehen. Da bei PC Games Hardware der Fokus nach wie vor auf dem mittleren Namensteil – also den Spielen – liegt, mussten wir nun eine Gewichtung vornehmen, welche zuvor durch das 6:4-Verhältnis von Spielen zu Anwendungen automatisch bestand – dieses Verhältnis haben wir für die Leistungsnote wieder hergestellt.

Bei der Auswahl der Tests haben wir uns sowohl an der Beliebtheit einzelner Titel als auch an der Eignung als Benchmark orientiert. Außerdem spielte auch das jeweilige Anwendungsgebiet beziehungsweise Spielegenre eine gewisse Rolle. Während sich viele Anwendungen inzwischen sehr gut parallelisieren lassen, spricht sehr gut mit der Kernzahl skalieren, trifft das auf

Spielen nicht im selben Umfang zu. Zwar sind neuere Titel in der Regel gut mehrkernoptimiert, bei manchen ist allerdings schon nach vier oder gar zwei Kernen Schluss. In unserem Parcours trifft das zum Beispiel auf das runderneuerte Starcraft 2 zu, welches sowohl mit zwei Kernen komplett zufrieden ist als auch durch Locksteps für Physik und Wegfindung mit hoher Taktrate mehr als nur linear skaliert (s. PCGH 03/2015, S. 67). Auf andere Titel haben wir aus verschiedenen Gründen verzichtet. Das Reboot Star Wars: Battlefront etwa ist bis auf das Tutorial ein reiner Multiplayer-Shooter mit zu geringer Reproduzierbarkeit.

Bei den Anwendungen haben wir Lightroom auf die letzte Version vor dem Cloud-Zwang aktualisiert und geben die erzeugten Fotos nun in Ultra-HD-Breite von 3.840 Pixeln aus. Das x264-Transcoding ist mit der neuen x264-Version 2638-10b nun in der Lage, neben 10-Bit-Encoding auch beim Herunterrechnen auf die Full-HD-Auflösung viele CPU-Kerne vernünftig auszulasten. Daher geben wir nun sowohl den Wert des

Dragon Age: Inquisition



Unser 20-sekündiger Weg über die Wegkreuzung in den Hinterlanden dürfte PCGH-Lesern schon bekannt sein. Die hohe Sichtweite und viele Personen sorgen für vergleichsweise hohe CPU-Last.

„Hinterlands“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-5775C	116	138,9 (+48 %)
i7-6700K	110	133,3 (+42 %)
i7-5960X	106	130,0 (+39 %)
i7-5820K	106	128,6 (+37 %)
i7-4790K	90	112,8 (+20 %)
i7-3770K	83	102,7 (+10 %)
i7-2600K	75	93,7 (Basis)
i5-3570K	70	86,1 (-8 %)
FX-8350	61	75,8 (-19 %)

System: X99-Z170A-Z97-Z77-7990FX-Chip, 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. laut max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (v1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Ohne AA/AF und Post-Processing bremst die CPU.

Min. | Ø Fps
► Besser

Transcodings als auch des Resizing auf Full-HD an. Das Packprogramm 7-Zip haben wir lediglich auf die aktuelle Version geupdated. Der Fritz Chessbench und der Physiktest des 3D Mark Firestrike schlagen eine Brücke zu unseren In-Game-Spielenbenchmarks. Das kostenlose Rendering-Programm Blender ergänzt den Parcours ebenso wie der Cinebench-R15-Benchmark. Y-Cruncher ist ein Numbercruncher, der sich gut dazu eignet, auch moderne Architekturen auszulasten und zudem eigene Codepfade für verschiedene Architekturen nicht nur von Intel mitbringt – entsprechend schneiden auch AMDs FX-Prozessoren hier vergleichsweise gut ab.

Weitere Details zu den einzelnen Tests und Einstellungen finden Sie in der Tabelle am Ende des Artikels.

Der Wechsel auf Windows 10 hingegen hat in den allermeisten Fällen nur minimale Auswirkungen auf die CPU-Leistung. Hier wird erst mit kommenden DX12-Titeln zusätzliches Potenzial freigesetzt werden können. Bei geeigneten Titeln werden wir unseren Parcours passend erweitern.

Auswahl Testfeld

Wie bei den Spielen haben wir auch bei der Auswahl der geprüften CPUs auf einen Mix aus Verbreitung und Sinnhaftigkeit zurückgegriffen. Um die Benchmarks auf Skalierbarkeit auch mit hohem Takt abzuklopfen, mussten wir sowieso auf den wenig verbreiteten Core i7-5960X zurückgreifen, den wir dazu noch übertaktet vermessen haben, um ein sich ankündigendes Grafiklimit nach Möglichkeit ausschließen

F1 2015



Mit aktuellem Patch profitiert F1 2015 von bis zu 12 CPU-Threads und hat auch keine Probleme mehr mit Hyperthreading. Der Start im regennassen Spanien ist eine sehr fordernde Stelle, da aufwendige Partikel und 19 KIs berechnet werden müssen.

„Stormy Spain“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-5960X	89	115,4 (+76 %)
i7-5820K	83	102,3 (+56 %)
i7-5775C	72	94,5 (+44 %)
i7-6700K	59	79,7 (+21 %)
i7-4790K	57	71,2 (+9 %)
i7-3770K	54	68,6 (+5 %)
i7-2600K	51	65,6 (Basis)
FX-8350	46	56,6 (-14 %)
i5-3570K	42	51,6 (-21 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/7990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Win10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Hyperthreading ist endlich kein Problem mehr für F1.

Min. | Ø Fps
► Besser

zu können. Da lag es nahe, diese CPU auch im Normalmodus durch den Parcours zu jagen, da zu erwarten war, dass es sich nach wie vor um die 100-Prozent-Marke handeln würde. Außerdem haben wir mit ihr das Verhalten von Hyperthreading in unseren Benchmark-Titeln analysiert – das Ergebnis sehen Sie auf der vorigen Doppelseite. Merkliche Zuwächse gibt es in F1 2015 und Crysis 3, Negativnutzen vor allem in Far Cry 4. Darüber hinaus haben wir uns an der Verbreitung der CPUs innerhalb der PCGHX-Community orientiert (s. Umfrage auf Seite 71), 4770K-Nutzer etwa können sich grob am 4790K orientieren und circa 5 Prozent abziehen.

Ist das alles?

Nein, natürlich nicht! Wer PCGH kennt, weiß, dass wir nicht nur das

High-End im Fokus haben. In der kommenden Ausgabe werden wir die Benchmarks in einem gesonderten Artikel um viele zusätzliche Modelle erweitern. Fest auf dem Plan stehen unter anderem Core-i5-Modelle verschiedener Generationen und mehrere AMD-FX-Prozessoren wie die günstigen FX-6300 und -4300. Außerdem in den Startlöchern: Sockel-2011-Modelle der Ivy-Bridge-Generation, AMDs 220-Watt-Centurion-Varianten, Core i3 und Pentium sowie – falls die Zeit es erlaubt – einige spannende Exoten.

Neue Wertungen 2016

Darüber hinaus werden wir zur nächsten Ausgabe auch unser Wertungssystem umstellen. Das ist natürlich zum einen bedingt durch die neuen Tests, welche unterschiedliche Abstände, in der Regel leicht



SEASONIC QUALITÄT ZUM EINSTIEGSPREIS!

ALTERNATE

BORA

BRACK.CH

CASEKING.de

cyberport



620W / 520W / 430W / 350W

digitec.ch

K&M

COMPUTER

Mindfactory.de

Far Cry 4



Unsere Quad-Fahrt vom Dorf Banapur weg führt durch Landschaften mit hoher Sichtweite, sodass das Streaming der Dunia-Engine zum Tragen kommt. Die skaliert allerdings nur bis maximal vier Kerne gut und mag Hyperthreading nur bei Dualcores.

„Banapur“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-5775C	101	128,4 (+46 %)
i7-6700K	94	123,5 (+41 %)
i7-4790K	89	113,0 (+29 %)
i5-3570K	76	97,0 (+10 %)
i7-3770K	68	92,2 (+5 %)
i7-5820K	70	91,5 (+4 %)
i7-2600K	71	87,8 (Basis)
i7-5960X	64	84,3 (-4 %)
FX-8350	57	74,2 (-15 %)

System: X99-/Z170A-/Z97-/Z77-/990FX-Chip, 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. laut max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (v1511, 64 Bit), GeForce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Intels Hyperthreading brems in Far Cry 4.

Min. Ø Fps
Besser

Starcraft 2 Legacy of the Void



Neue Engine, alte Kampagne: Der Spielstand musste aus Kompatibilitätsgründen neu angelegt werden, läuft aber dank Verbesserungen in der Engine nun trotz zusätzlicher Zergs etwas flüssiger als zuvor. Trotzdem noch ein Worst-Case.

„Zerg Rush“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-6700K	32	54,9 (+138 %)
i7-5775C	22	46,7 (+102 %)
i7-4790K	26	44,4 (+92 %)
i7-5820K	15	31,6 (+37 %)
i7-5960X	15	31,4 (+36 %)
i7-3770K	13	26,8 (+16 %)
i5-3570K	13	26,1 (+13 %)
i7-2600K	10	23,1 (Basis)
FX-8350	8	14,2 (-39 %)

System: X99-/Z170A-/Z97-/Z77-/990FX-Chip, 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. laut max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (v1511, 64 Bit), GeForce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Die SC2-Szene ist ein sehr harter IPC-Test.

Min. Ø Fps
Besser

The Witcher 3



Für viele das Spiel des Jahres 2015, darf der Witcher 3 auch im PCGH-CPU-Parcours nicht fehlen. Die Menschenmenge (<50 Personen) auf dem Novigrader Marktplatz sorgt für vergleichsweise hohe CPU-Last im ansonsten grafiklimitierten Witcher 3.

„Hierarch Square“ (720p, kein AA/AF/min. Post-Processing)

i7-5775C	125	131,1 (+46 %)
i7-5960X	120	123,5 (+38 %)
i7-6700K	113	118,5 (+32 %)
i7-5820K	108	115,0 (+28 %)
i7-4790K	99	104,6 (+17 %)
i7-3770K	89	95,1 (+6 %)
i7-2600K	84	89,5 (Basis)
FX-8350	72	76,4 (-15 %)
i5-3570K	72	75,7 (-15 %)

System: X99-/Z170A-/Z97-/Z77-/990FX-Chip, 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. laut max. CPU-Spez.), Windows 10 Pro (v1511, 64 Bit), GeForce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Getestet ohne Post-Processing/AA/AF und Hairworks.

Min. Ø Fps
Besser

zugunsten zusätzlicher CPU-Kerne, erzeugen. Zum anderen werden wir einige Gewichtungen anpassen und dabei auch aktuellen Entwicklungen Rechnung tragen. Eine Vorschau der neuen Testtabelle finden Sie auf der nächsten Doppelseite – allerdings noch Work-in-progress und daher auch ohne Endnoten!

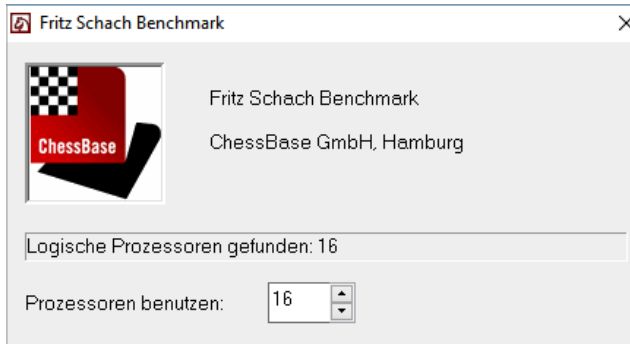
Warum Tests in realitätsfernen 720p?

Das Thema Grafiklimit in CPU-Tests begleitet Letztere wie ein roter Faden. Praxisnah lässt sich natürlich argumentieren, wo im Spielealltag kaum Abstände zu spüren sind, sollten auch in Tests keine zu sehen sein. Doch das ist nur die halbe Wahrheit: CPUs haben eine immer längere Halbwertszeit, während bei Grafikkarten die Entwicklung immer noch schneller voranschreitet, sodass sich mit der Zeit das Grafiklimit in immer niedrigere Auflösungen verschieben wird. Einen Eindruck davon vermittelt unser Begleitvideo auf der Heft-DVD (nur DVD Plus) sowie der Benchmark auf Seite 65. Wer hätte gedacht, dass eine 1 GHz schnelle GTX 780 Ti in 1.280 × 720 ohne Kantenglättung,

Post-Processing und anisotrope Filterung Crysis 3 und Battlefield 4 das die Fps-Leistung begrenzende Element ist? Denn nicht nur der übertaktete Achtkerner, sondern auch reguläre CPUs legen mit der neuen Grafikkarte in Crysis 3 deutlich zu. Testeten wir in höherer Auflösung, träte dieses Problem noch viel früher auf und die objektiv und messbar schnelleren CPUs würden durch die zu langsame Grafik immer weiter zusammengebrems, bis in 1440p oder gar UHD schließlich nur noch ein Bruchteil des Unterschiedes sichtbar wäre, wie auch der Extrakasten auf Seite 72 zeigt. Das ist jedoch nicht im Sinne eines Produkttests, sodass wir diesem Thema regelmäßig Praxisartikel widmen, CPUs jedoch weiter in 720p testen.

Kurz noch zur Leistungsaufnahme. Wir messen bei unseren Spielen und Anwendungen den Stromverbrauch des gesamten Systems. Ist eine CPU schneller, muss auch die Grafikkarte mehr ackern, sodass auch deren Verbrauch dabei steigt. Daher ist selbst ein Gleichstand beim absoluten Systemverbrauch als positiv für die CPU zu werten, welche höhere Fps-

Fritz Chessbench v4.3



Der Fritz-Schachbenchmark nutzt die sehr gut mehrkernoptimierte Engine des ausgewachsenen Fritz-Programms und schlägt eine Brücke zwischen Anwendungen und Spielen. Wir vermessen den Standard-Durchlauf mit einem und allen Threads.

Standalone-Tool, Standarddurchlauf, Single- und Multithread (ST, MT)

i7-5960X	2877	23.164 (+77 %)
i7-5820K	2936	18.880 (+44 %)
i7-4790K	3588	16.360 (+25 %)
i7-6700K	3351	16.191 (+24 %)
i7-5775C	3083	14.590 (+12 %)
i7-3770K	2941	13.908 (+6 %)
i7-2600K	2852	13.079 (Basis)
FX-8350	2454	13.024 (-0 %)
i5-3570K	2908	10.891 (-17 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Der Single-Thread-Wert ist ein Indiz für die Pro-MHz-Leistung.

Punkte
ST MT
Besser

3D Mark Physiktest



Obwohl die Spielphysik immer wichtiger wird, lassen sich nur wenige unabhängige Physik-Engines einzeln vermessen. Hier schlägt die Stunde des 3D-Mark-Physiktests, von dem wir sowohl die Fps- als auch die Punkteergebnisse angeben.

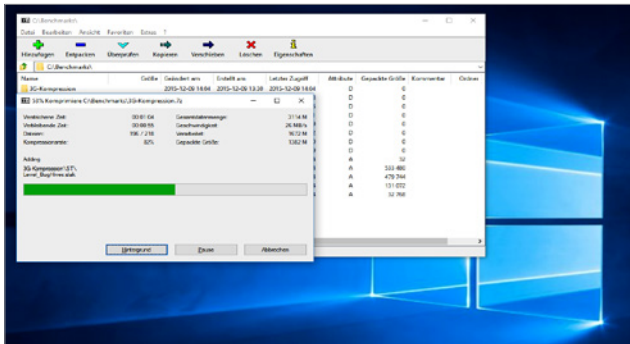
Einzeldurchlauf Physiktest

i7-5960X	151.44	16.203 (+80 %)
i7-5820K	143.14	13.589 (+51 %)
i7-6700K	41.36	13.028 (+45 %)
i7-5775C	38.98	12.278 (+36 %)
i7-4790K	37.86	11.924 (+33 %)
i7-3770K	31.51	9.926 (+10 %)
i7-2600K	28.56	8.997 (Basis)
FX-8350	24.90	7.844 (-13 %)
i5-3570K	22.07	6.953 (-23 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Die 3D-Mark-Physik ist stark mehrkernoptimiert.

Fps Punkte
Besser

7-Zip 15.12 x64



Wie gehab komprimieren wir das rund 3 GiByte große Spielverzeichnis von Starship Troopers mit „Ultra“-Stufe im LZMA2-Verfahren inklusive AES256-Verschlüsselung mit 50 Prozent „Reservethreads“. Wir halten die nötige Zeit in Sekunden fest.

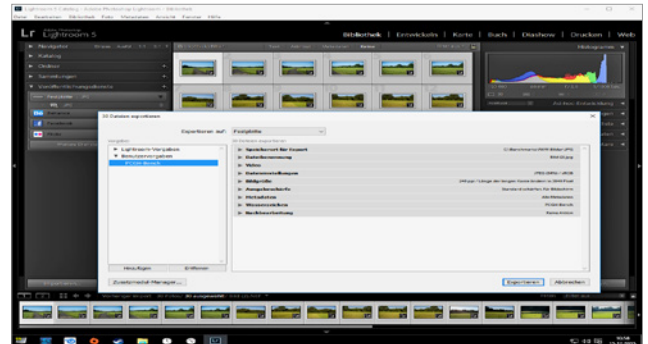
Datenkomprimierung (~3 GiByte, Ultra, LZMA2, AES256-Verschlüsselung)

i7-5960X	135 (-44 %)
i7-5820K	168 (-30 %)
i7-6700K	195 (-19 %)
i7-5775C	195 (-19 %)
i7-4790K	197 (-18 %)
i7-3770K	217 (-10 %)
FX-8350	219 (-9 %)
i7-2600K	241 (Basis)
i5-3570K	285 (+18 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Threads = Logische CPU-Kerne + 50 Prozent.

Sekunden
Besser

Adobe Lightroom 5.7.1 (64 Bit)



Wir testen mit Lightroom 5.7.1 die letzte Version des Raw-Konverters vor der Creative-Cloud-Ära – für viele Fotografen noch das Mittel der Wahl. Die 30 D800-Raws werden „kraftvoll“ entwickelt, geschärft, verkleinert und mit Wasserzeichen versehen.

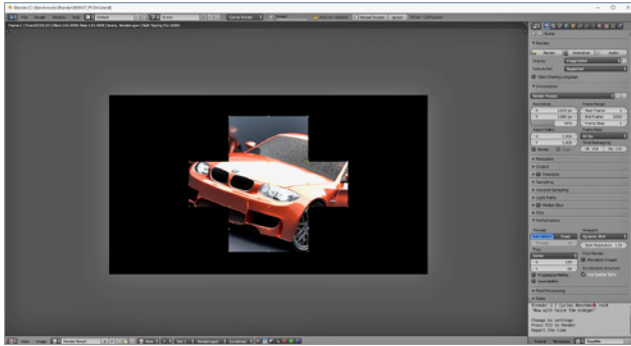
Raw-Fotoumwandlung (30 Bilder aus Nikon D800)

i7-5960X	108 (-36 %)
i7-5820K	119 (-30 %)
i7-6700K	127 (-25 %)
i7-4790K	132 (-22 %)
i7-5775C	133 (-22 %)
i7-3770K	154 (-9 %)
FX-8350	158 (-7 %)
i5-3570K	159 (-6 %)
i7-2600K	170 (Basis)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Hier kann der AMD FX seine Stärke ausspielen.

Sekunden
Besser

Blender 2.76



Blender ist ein kostenloses Rendering-Programm, welches sich großer Beliebtheit in der Community erfreut. Die Standard-Benchmarkszene ist „BMW27“, welche wir bis auf die angepasste Tile-Size in den vorgegebenen Einstellungen rendern.

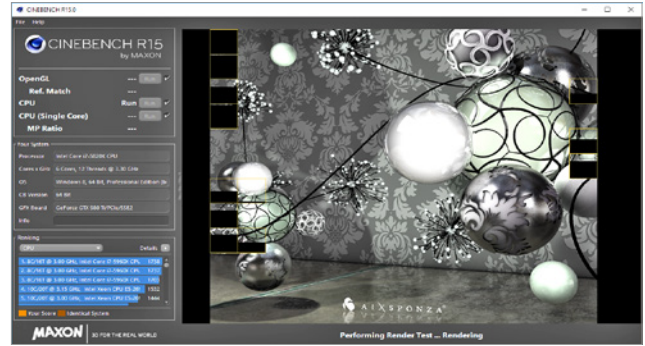
Rendering (BMW27.blend, Full-HD 50%, 20 Samples, Tile-Size 120x68)

i7-5960X	161 (-54 %)
i7-5820K	203 (-42 %)
i7-6700K	222 (-37 %)
i7-4790K	231 (-34 %)
i7-5775C	257 (-27 %)
i7-3770K	316 (-10 %)
i7-2600K	351 (Basis)
i5-3570K	431 (+23 %)
FX-8350	466 (+33 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Der FX 8350 liegt weit abgeschlagen hinten.

Sekunden
▲ Besser

Cinebench R15



Der Cinebench R15 ist ein sehr beliebter, weil einfach zu bedienender und kostenlos erhältlicher Standard-Benchmark, der zudem ohne Installation auskommt. Von früherer besonders ausgeprägter Intel-Lastigkeit ist nicht viel zu spüren.

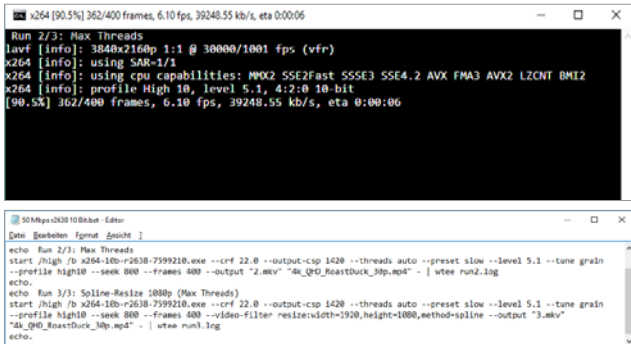
Rendering, Standard-Durchlauf, Single- und Multithread (ST, MT)

i7-5960X	139	1.329 (+115 %)
i7-5820K	142	1.022 (+66 %)
i7-6700K	183	890 (+44 %)
i7-4790K	175	857 (+39 %)
i7-5775C	155	787 (+28 %)
i7-3770K	142	679 (+10 %)
FX-8350	100	641 (+4 %)
i7-2600K	133	617 (Basis)
i5-3570K	134	524 (-15 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Den integrierten Open-GL-Test lassen wir aus.

Punkte
ST MT
▲ Besser

x264-Videoencoding



Die aktuelle Version des x264-Encoders nutzt auch beim Full-HD-Resizing nun alle CPU-Kerne, daher geben wir zusätzlich zur gewerteten Ultra-HD-Recode-Zeit (kleiner Balken) auch die 1080p-Resize-Zeit an.

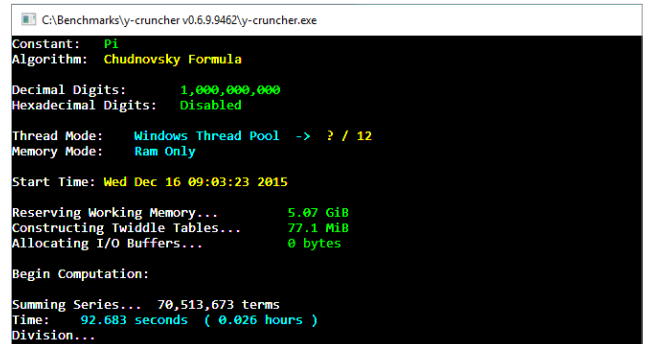
2160p-Clip (~60mpbs), Profile High10 4:2:0, CRF22, Recode & Resize

i7-5960X	4,96	15,9 (+117 %)
i7-5820K	3,85	12,8 (+75 %)
i7-6700K	3,92	12,5 (+71 %)
i7-4790K	3,29	10,9 (+49 %)
i7-5775C	3,19	10,5 (+43 %)
FX-8350	2,60	8,5 (+15 %)
i7-3770K	2,45	8,3 (+14 %)
i7-2600K	2,12	7,3 (Basis)
i5-3570K	2,01	7,0 (-4 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Wir geben die Recode- und die Resize-Zeit an.

Fps
Recode Resize
▲ Besser

y-Cruncher 0.6.9.6942



Der Numbercruncher eignet sich nebenbei prima als Stabilitätstest, da er die Ergebnisse validiert. Zudem nutzt er verschiedene Optimierungspfade je nach CPU und liefert daher für viele Architekturen das jeweils optimale Ergebnis.

1 Mrd. Nachkommastellen von Pi, multithreaded

i7-5960X	81,2 (-74 %)
i7-6700K	106,0 (-66 %)
i7-5820K	110,4 (-65 %)
i7-4790K	127,8 (-59 %)
i7-5775C	139,3 (-56 %)
FX-8350	270,5 (-14 %)
i7-3770K	291,5 (-7 %)
i7-2600K	313,8 (Basis)
i5-3570K	348,3 (+11 %)

System: X99/Z170A/Z97/Z77/990FX-Chip 2x 8/4x 4 GiB RAM (Geschw. lt. max. CPU-Spezifikation), Windows 10 Pro (1511, 64 Bit), Geforce GTX 980 Ti OC (1,38/3,9 GHz, 359.06 WHQL, HQ) **Bemerkungen:** Skylake arbeitet deutlich schneller als Has- und Broadwell.

Sekunden
▲ Besser

Raten erzielt. Aus diesem Grund bewerten wir keine reinen Wattwerte, sondern die Leistung pro Watt (Effizienz).

2016: Quad- oder Hexacore?

Wie eingangs bereits angesprochen, skalieren immer mehr Spiele mit mehr als vier Threads. Ein Vierkerner mit hoher Pro-MHz-Leistung ist daher das sinnvolle Minimum bei einer Neuanschaffung für einen Spiele-PC. Sofern es das Budget erlaubt, sind auch sechs Kerne kein sinnloser Luxus – hier bieten sich zudem verschiedene Tuningmöglichkeiten, etwa zum Stromsparen, an, wenn sechs Kerne mit niedrigerem Takt und Spannung dieselbe Leistung wie vier Rechenherzen erzielen können. Besitzer von Quadcore-PCs mindestens der Sandy-Bridge-Generation (Core i5/7-2xxx) sind wohl auch 2016 noch gut für die meisten Spiele gerüstet – insbesondere mit übertakteten CPUs.

Acht (Intel-) Kerne hingegen werden in Spielen so gut wie nie ausgenutzt und Hyperthreading wirkt

hier oftmals sogar kontraproduktiv, sodass nicht nur der extreme Preis des Core i7-5960X vom Kauf abschrecken dürfte. Aufseiten von AMD hingegen sind Spieler mit einem FX der 8000- oder 9000-Reihe noch gut bedient, sodass hier kein akuter Aufrüstdruck herrscht. Dasselbe vermuten wir derzeit noch für den FX 6300/6350, welchem wir in der nächsten Ausgabe auf den Zahn fühlen werden. (cs)

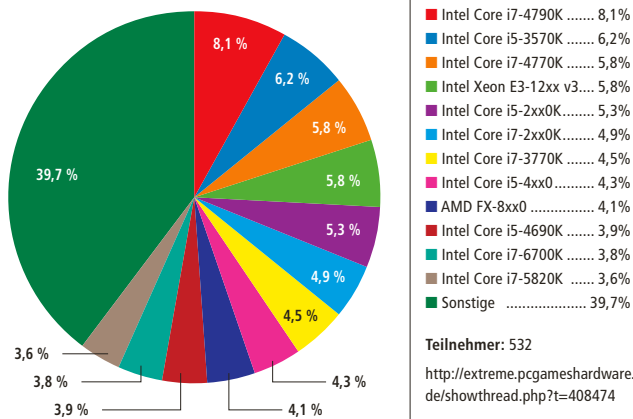
Fazit

Hardware

Prozessoren 2016

Wer einen Quadcore – womöglich noch übertaktet – aus mindestens der Core-i-2000-Reihe besitzt, braucht auch 2016 noch nicht unbedingt eine neue CPU. Nutzer älterer oder nur mit zwei Kernen ausgestatteter CPUs können über eine Neuanschaffung nachdenken, sofern es sich um einen Spiele-PC handelt. Aufgrund der aktuellen Preisstruktur erscheint auch ein Sechskerner für die Sockel-2011-v3-Plattform dabei als eine, wenn auch nicht die effizienteste Alternative.

Top-12 Prozessoren der PCGHX-Community



Versions- und Bit-Vergleich: x264-Transcoder

Version/Optionen	1 Core	All-Core (8)	1080p-Resize (Spline-Filter)	Dateigröße (Multi-Thread)
x264_r2377_x86-64 (alt)	1,38	10,12	10,42	44.005.238 Byte
x264_r2638_x86-64	1,35	10,18	28,59	43.993.932 Byte
x264_10b-r2638_x86-64				
+10-Bit 4:2:0	0,90	7,08	21,41	40.996.552 Byte
+10-Bit 4:2:2	0,82	6,39	19,68	45.429.365 Byte
+10-Bit 4:4:4	0,73	5,42	18,03	40.677.896 Byte

ASRock®



FATAL1TY
GAMING GEAR

ASRock
FATAL1TY

GET THE GEAR
USED BY THE PROS

FATAL1TY SERIES
100 GAMING
MOTHERBOARDS



www.asrock.com
FATAL1TY.COM

• The specification is subject to change without notice. • The brand and product names are trademarks of their respective companies. • Any configuration other than original product specification is not guaranteed.
 • The Fatal1ty name, Fatal1ty logos and the Fatal1ty likeness are registered trademarks of Fatal1ty, Inc., and are used under license. © 2014 Fatal1ty, Inc. All rights reserved. All other trademarks are the property of their respective owners.

Crysis 3: Spieleleistung CPU-Limit (720p) vs. Grafiklimit (1080p/1440p)

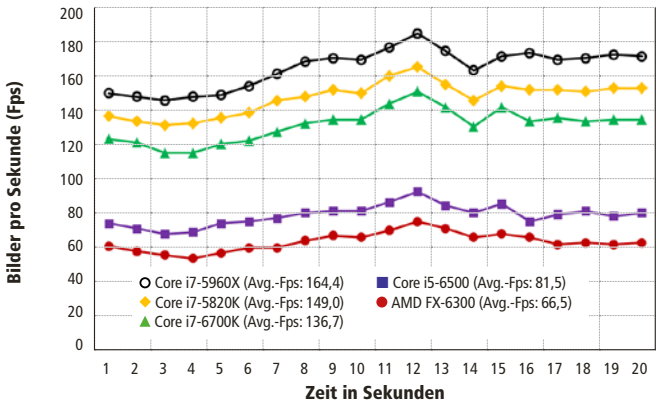
Mit Crysis 3 gelang der Spieleschmiede Crytek ein weiterer Dauerbrenner im PCGH-Benchmarkreigen, welcher auch in der für 2016 aktuellen Ausgabe mit dabei sein wird.

Auch für diese Sonderbetrachtung haben wir natürlich die neue Grafiklösung des CPU-Parcours gewählt: Eine per BIOS-Mod fix auf knapp 1,4 GHz laufende EVGA GeForce GTX 980 Ti Classified sorgt für die nötige Pixel-Power in den Verlaufsdiagrammen – sie ist mehr als 1,5 Mal so schnell wie die zuvor genutzte 780 Ti.

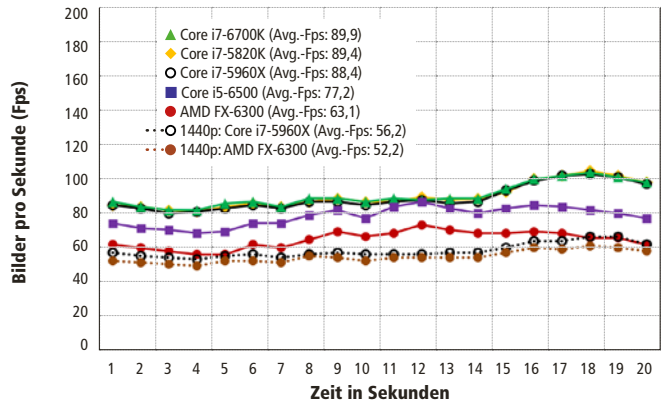
Lohn der Mühen ist eine Skalierung der 720p-Resultate bis hinauf zu einem Durchschnittswert von 165 Fps (beim i7-5960X) – mit OC auf 4,3 GHz fiel sogar die

200-Fps-Marke! Doch trotz all der Grafikleistung zeigt sich, dass sich das Feld bereits in 1.920 × 1.080 Pixeln (Full HD) mit maximalen Details, SMAA 4x und 16:1 AF deutlich zusammenschiebt. Der Vorsprung der 1.000-Euro-CPU Core i7-5960X vor dem 100-Euro-Modell FX-6300 schrumpft – bei Quasi-Gleichstand zum i7-6700K sowie i7-5820K – von 149 Prozent auf nur noch 40 Prozent. Auch ein eher günstiger 200-Euro-Quad wie der Core i5-6500 liegt nur noch um 13 anstelle von 51 Prozent hinten. Der Schritt auf eine Auflösungsstufe höher, 2.560 × 1.440 Bildpunkte, drängt die CPUs dann schließlich so weit zusammen, dass wir im Diagramm nur noch den i7-5960X und den FX-6300 abgebildet haben (Differenz: knapp 8 Prozent). Spielen Sie häufig im Grafiklimit, ist die Wahl der CPU in gewissen Grenzen eher Nebensache und Sie können viel Geld mit einem Vernunftkauf sparen.

720p: „Fields“, max. Details (kein AA/AF, min. Post-Processing)



1080/1440p: „Fields“, max. Details, SMAA 4x, 16:1 AF



System: X99/Z170/990FX-Chip, 16 GiByte DDR4-2133 (4× 4/2× 8), 2×8 GiByte DDR3-1866, EVGA GTX 980 Ti Classified @1,38/3,9 GHz; Windows 10 Pro (64 Bit), Geforce 355.82 WHQL (HQ)

PROZESSOREN

Vorläufige Testtabelle ohne Effizienz- und Preis-Leistungs-Wertungen



Prozessor	Intel Core i7-6700K	Intel Core i7-5775C	Intel Core i7-5820K	Intel Core i7-4790K	AMD FX-8350
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1290371	www.pcgh.de/preis/1275291	www.pcgh.de/preis/1121100	www.pcgh.de/preis/1119923	www.pcgh.de/preis/852989
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 445 Euro/k. Angabe	Ca. 375 Euro/k. Angabe	Ca. 410 Euro/k. Angabe	Ca. 340 Euro/k. Angabe	Ca. 175 Euro/k. Angabe
Für Mainboards mit Sockel ...	LGA 1151	LGA 1150	LGA 2011-v3	LGA 1150	AM3+ (942 Kontakte)
Codename	Skylake-S	Broadwell-H	Haswell-E	Haswell DT	Vishera (Piledriver)
Anzahl Kerne/Module, Uncore-/L3-Takt	4 (8), wie Basistakt	4 (8), wie Basistakt	6 (12), wie Kerntakt	4 (8), wie Kerntakt	4 (8), 2.200 MHz
Basistakt (Turbo für alle und einen Kern)	4,0 GHz (4,0 bis 4,2 GHz)	3,3 GHz (3,6 bis 3,7 GHz)	3,3 GHz (3,4 bis 3,6 GHz)	4,0 GHz (4,2 bis 4,4 GHz)	4,0 GHz (4,1 bis 4,2 GHz)
L1-Cache (Daten/Befehle, je Kern/Modul)	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	32 KiByte/32 KiByte	16 KiByte/64 KiByte
L2-Cache (je Kern/Modul)/LLC (gesamt)	256 KiByte/8 MiByte	256 KiByte/6 MiByte+128 MiByte	256 KiByte/15 MiByte	256 KiByte/8 MiByte	2.048 KiByte/8 MiByte
Transistoren, Fertigung, Die-Size	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	Unbekannt, 14 nm, unbekannt	2.600 Millionen, 22 nm, 356 mm²	Unbekannt, 22 nm, 177 mm²	1.200 Millionen, 32 nm, 315 mm²
Ausstattung (20 %)	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung
Grafikeinheit	HD Graphics 530 (max. 1,15 GHz)	Iris Pro Graphics 6200 (max. 1,15 GHz)	Nicht vorhanden	HD Graphics 4600 (max. 1,25 GHz)	Nicht vorhanden
Erweiterungen und Befehlssätze (Auswahl)	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 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX bis 2, AES, FMA3	SSE bis 4.2, AVX, AES, XOP, FMA3/4
Integrierte PCI-Express-Lanes	16× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	28× PCI-Express 3.0	16× PCI-Express 3.0	Nicht vorhanden
Eigenschaften (20 %)	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung
Offener Multiplikator	Ja (bis 80)	Ja (bis 80× 100)	Ja (bis 80× 100)	Ja (bis 80× 100)	Ja (bis 31,5× 200)
Übertaktung per Referenztakt?*	Ja	Stark eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Stark eingeschränkt	Ja
Speicher-Kanäle u. -Geschwindigkeit	2 × DDR4-2133/DDR3(L)-1600 (kein ECC)	2 × DDR3(L)-1600 (kein ECC)	4 × DDR4-2133 (kein ECC)	2 × DDR3-1600 (kein ECC)	2 × DDR3-1866 (ECC)
TDP laut Hersteller	95 Watt	65 Watt	140 Watt	88 Watt	125 Watt
Leistungsaufn. Leerlauf (abzgl. Grafikk.)	21 Watt	20 Watt	46 Watt	18 Watt	40 Watt
Leistungsaufnahme (Anno/C3/TW3)**	214/302/277 Watt	215/287/275 Watt	231/340/298 Watt	219/320/278 Watt	278/355/333 Watt
Verbrauch Spiele (Durchschnitt)**	256 Watt	252 Watt	278 Watt	261 Watt	312 Watt
Verbrauch Anwendungen (Durchschn.)**	126 Watt	120 Watt	176 Watt	134 Watt	218 Watt
Leistung (60 %)	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung	vorläufig ohne Wertung
Leistungsindex Spiele (nur CPU)	96,9%	100,0%	81,5%	70,6%	56,2%
Leistungsindex Anwendungen (nur CPU)	74,7%	67,9%	83,9%	73,6%	48,4%
FAZIT	⬆️ Sehr hohe Spiele- und hohe Anwendungsleistung ⬆️ Sehr teuer, schlecht verfügbar	⬆️ Sehr hohe Spieleleistung ⬆️ Schnelle integrierte Grafik ⬆️ Zu teuer	⬆️ Sehr gute Allroundleistung ⬆️ 6 Kerne für künftige Aufgaben ⬆️ Etwas ältere Plattform	⬆️ Sehr gute Allroundleistung ⬆️ Hohe Taktraten ⬆️ Immer noch hoher Preis	⬆️ Gutes Preis-Leistungs-Verhältnis ⬆️ Problemlos übertaktbar ⬆️ Stromdurstig
	Wertung: K.A.	Wertung: K.A.	Wertung: K.A.	Wertung: K.A.	Wertung: K.A.

* Angabe dient nur der Information, gewertet wird über alle Spiele und die Anwendungen 7z, UR5 und x264. ** Setzt Unterstützung durch das Mainboard voraus

Benchmarkeinstellungen im Detail

Spiel	Version	Name	Einheit	Einstellungen
Anno 2205	1.2	Walbruck 67k	Bilder/Sek. *	Detailstufe hoch, Sichtweite ultrahoch, Nachbearbeitung niedrig, Anti-Aliasing und verbesserte Reflexionen aus
Assassin's Creed: Syndicate	1.21	Bishopsgate	Bilder/Sek. *	Umgebung ultrahoch, Texturen hoch, Schatten niedrig, Umgebungsverdeckung (AO) aus, Anti-Alias aus
Crysis 3	1.2.1.1000	Fields	Bilder/Sek. *	Maximale Details; Antialiasing, anisotropes Filtern, Bewegungsunschärfe und Blendenflecken aus, Postprocessing niedrig
Dragon Age: Inquisition	1.12	Hinterlands	Bilder/Sek. *	Maximale Details; Multisample-/Post-Process-Antialiasing sowie Ambient Occlusion aus, Post-Processing-Qualität niedrig, Framelimit von 200 Fps per Konsolenbefehl „GameTime.MaxVariableFps 0“ deaktiviert
Far Cry 4	1.10.0	Banapur	Bilder/Sek. *	Maximale Details; Motion Blur, Ambient Occlusion, Anti-Aliasing, Godrays, Fur und Tree relief aus; Post FX niedrig
F1 2015	1.0.21.2086	Stormy Spain	Bilder/Sek. *	Maximale Details; Intel-Optionen, Anti-Aliasing und anisotrope Filterung aus, Post-Processing und Umgebungsverdeckung niedrig, Bewegungsunschärfe-Stärke minimal
Starcraft 2: Legacy of the Void	3.1.0.39576	Zerg Rush 2016	Bilder/Sek. *	Maximale Details: Anti-Aliasing und Indirekte Schatten aus
The Witcher 3	1.11	Hierarch Square	Bilder/Sek. *	Detailstufe Ultra, Postprocessing: alles aus, Hairworks aus/minimal, Grasdichte niedrig

Anwendungen	Version	Art	Einheit	Einstellungen
7-zip	15.12	Datenkomprimierung	Sekunden**	Spielverzeichnis Starship Troopers (~3 GiByte), Ultra, LZMA2, 48 MB Wörterbuch, Wortgröße 64, AES-256-Verschlüsselung inkl. Dateinamen, Threads: CPU×1,5
3D Mark Fire Strike	1.1	Physikberechnung	Bilder/Sek. *	Fire Strike Standard, nur Physiktest
Adobe Lightroom	5.7.1	Raw-Konvertierung	Sekunden**	Konvertierung von 30 Raws aus Nikon D800, Lightroom-Vorgabe „Kraftvoll“, JPEG87 sRGB, Ausgabe-größe Lange Kante 3.840 Pixel, Schärpen für Bildschirmansicht Standard, Copyright-Watermark Text
Blender	2.76	Rendering	Sekunden**	BMW27-Projekt, CPU-Standard-Rendering, Samples 20, Dynamic BVH, Tile-Size 120×68
Cinebench	R15	Rendering	Punkte*	Standard Single-/Multithread-Durchlauf, nur CPU-Leistung
Fritz Chess	4.3	Schach-Engine	kNodes/Sek. *	Standard Single-/Multithread-Durchlauf, nur CPU-Leistung
x264	2638-10b	Video-Transcoding	Bilder/Sek. *	400 Frames von http://e-nautia.com/disk/download.php?id=2148840 mit 10-Bit 4:2:0-Ausgabe recodieren (Profile High10, CRF 22, preset slow, level 5.1, tune grain) und 1080p-resizen.
y-Cruncher	0.6.9.9462	Number-Crunching	Sekunden**	Pi-Benchmark, multithreaded, 1 Mrd. Nachkommastellen.

Alles Spiele-Tests in 1.280 × 720 Bildpunkten, vertikale Synchronisation bei allen Spiele-Tests deaktiviert, ebenso eventuell vorhandene Framelimiter.

* Mehr ist besser ** Weniger ist besser



Händleranfragen erwünscht!
Per E-Mail unter verkauf@aquatuning.de
oder per Fax an 05205 / 991 98-22

viel mehr unter:
WWW.AQUATUNING.COM

Alphacool HardTube Plexi UV-Blau

ALPHACOOL
ALPHACOOL – THE COOLING COMPANY

Material: UV-Reaktives PMMA
Erhältlich in den Längen 20, 40, 60 und 80cm
UVP Preise ab: 1,89€

Auch erhältlich in Sets mit je 4 Teilen
UVP Preise ab 6,89€

Infrastruktur

Boards, RAM, Eingabegeräte, Festplatten, SSDs, Netzteile, Notebooks

www.pcgameshardware.de/hardware



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

Kommentar

Steam Machine statt Spiele-Mini im heimischen Wohnzimmer? Ach nee, lass mal!

„Was lange währt, wird endlich gut“, lautet eine deutsche Redewendung. Ob diese auch für den seit Kurzem erhältlichen Steam Controller sowie die ersten, von Händlern wie Alienware, Alternate und Zotac angebotenen „Dampfmaschinen“ gilt, weiß ich als Besitzer eines für das Spielen am Fernseher voll tauglichen Mini-Rechners noch nicht so recht. Einerseits ersetzt das zugegebenermaßen wirklich innovative Valve/Steam-eigene Eingabegerät weder Maus und Tastatur noch das klassische Xbox-360-/Xbox-One-Gamepad. Andererseits scheue ich mich echt davor, trotz möglicher Dual-Boot-Funktion das Steam OS, dessen Unterbau ein Debian Linux bildet, auf meinem dank Core i7-3770K und GTX 770 4GB potenten Spiele-Mini zu installieren, der sozusagen meine eigene Steam Machine mit Windows-10-Basis darstellt. Geht man nämlich von der Optik aus, so ist kein Unterschied zwischen der Oberfläche von Steam OS und dem Steam’schen Big Picture Modus unter Windows auszumachen. Dazu kommt, dass viele aktuelle Spiele per Open-GL-Wraper für Linux fit gemacht werden und daher meist deutlich langsamer als unter Windows 10 laufen. Ich frage mich, wofür also das Ganze? Soll ich etwa dem OS-Riesen aus Redmond die Stirn bieten oder zu viel Geld für teils doch mit renderschwacher Hardware bestückte Rechner im Kleinformat ausgeben? Da sage ich nein, zocke weiter mit Störs Spiele-Mini und bleibe auch bei dem erst vor vier Wochen aufgespielten Windows 10.



Logitech 920: G27-Nachfolger im Test

Im direkten Vergleich mit dem G27 bietet das G920 kaum Änderungen, sogar weniger Ausstattung. Serviert uns Logitech alten Wein in neuen Schläuchen?

Mit vier rechts oberhalb der Mittelachse positionierten analogen sowie fünf auf dem Aluminium-Radspeicher verteilten Mikroschalter-Knöpfen verfügt das Logitech G920 über neun und damit fünf Tasten weniger als das G27. Das D-Pad befindet sich beim G920 nun schräg links von der Lenkradmitte, da Logitech auf der nicht im Paket enthaltenen Schalteinheit (Knüppel, ca. 55 Euro) keine Extraknöpfe verbaut. Dazu kommt, dass man beim G920 auf die Drehzahl- und Schalt-LEDs verzichtet. Die beiden Schaltwippen aus Metall mit Mikroschaltern sowie das mit Glatteleder bezogene Lenkrad (28 cm Durchmesser) des G27 findet man auch am G920 wieder. Allerdings ist das Volant an der unteren Seite abgeflacht.

Die Bodengruppe des G920 ist identisch mit der des G27, so bleiben die Pedale nur horizontal modifizierbar. Das Bremspedal reagiert jedoch nicht mehr linear. Dafür garantiert die Teppichkralle eine optimale Rutschfestigkeit. Selbiges gilt für die von G27 übernommenen Tischklemmen der Basis mit ihrem sehr griffigen, ergonomischen und im Test mit Project Cars direkt reagierenden Lenkrad. Das von der Zahnradmechanik der beiden Motoren erzeugte Force-Feedback sowie die

Vibration fallen ordentlich, aber etwas zu schwach aus. Zusammen mit den insgesamt gut bis sehr gut reagierenden und somit für eine feine Dosierung von Gas und Bremse geeigneten Pedale kommt bei einem Rennspiel mit mittlerem Simulationsgrad annähernd realistischer Fahrspaß auf. (fs)



G920 Driving Force

Fazit: Abgesehen davon, dass Logitech die Schalteinheit und Drehzahl-LED des G27 einspart, macht man mit dem G920 wenig falsch, präsentiert aber auch wenig Neues. Insgesamt eignet sich das G920 gut für den Einstieg in den virtuellen Rennsport.

Hersteller: **Logitech**

Web: www.logitech.de

Preis: **Ca. € 330,-** | Preis-Leistung: **Befriedigend**

➤ Kraftiges Force-Feedback	Ausstattung	1,64
➤ Ergonomie/Reaktion Lenkrad	Eigenschaften	1,30
➤ Auslöseweg der Schaltwippen	Leistung	1,65

PCGH-Preisvergleich www.pcgh.de/preis/1279252

WERTUNG

1,58

Shark Zone MK80 RGB: Sharkoons Mechanik-Debütant

Bisher waren Sharkoons Tastaturen im Preis-Tipp-Segment angesiedelt. Bricht man mit der Premium-Tastatur MK80 RGB erfolgreich mit der Tradition?

Bei der Ausstattung der Shark Zone MK80 RGB ist definitiv kein Sparkurs angesagt. Die vierstufige, RGB-Beleuchtung kann für jede der 106 Tasten einzeln festgelegt werden. Alternativ bietet die MK80 RGB sieben Lichteffekte, die anders als die Einzeltastenbeleuchtung direkt, ohne die umfangreiche Software, mit den doppelt be-

legten Pfeiltasten (links/rechts) gewählt werden können. Besonders unterhaltsam ist der Audio-Effekt, bei dem sich die Lichtspender als eine Art Equalizer dem Rhythmus der wiedergegebenen Musik anpassen. Dazu muss allerdings der Audio-Hub der Shark Zone MK80 RGB genutzt werden, der sich neben zwei USB-2.0-Ports befindet.

Dazu kommen Features wie der unlimitierte Key-Rollover (NKRO), die 1.000-MHz-Polling-Rate, der 4 MB große Speicher für fünf Profile sowie die Makrofunktion. Die ist jedoch auf eine Länge von 30 Tastensequenzen begrenzt. Dafür können die Tastenkombis auch ohne die einfach bedienbare, aber visuell schlicht gehaltene Software programmiert werden. Obwohl bei der MK80 RGB die komplette F-Tastenreihe (Profile/Multimedia) sowie die Pfeiltasten (Beleuchtung) doppelt belegt sind, verliert

man dank des Standard-MF-Layouts nie die Übersicht. Die Handballenablage ist ausreichend groß dimensioniert, so fällt die Ergonomie optimal aus. Da die Höhenverstellung über Gummielelemente verfügt, rutscht die MK80 auch auf glatten Flächen nicht. Bei den Tastenschaltern hat man die Wahl zwischen den roten (taktile, 50 g) oder braunen (taktile, haptisch, 45/55 g) Kailh-RGB-Modellen. Beide Varianten sind ideal für Viel-Tipper und -Spieler, es emittiert allerdings viel Licht auf die Platinenabdeckung. (fs)



Shark Zone MK80 RGB

Fazit: Sharkoons Shark Zone MK80 RGB gibt ein absolut gelungenes Debüt und ist eine empfehlenswerte, ergonomische mechanische Tastatur, die zum günstigen Preis von 135 Euro auch bei der Ausstattung keine Wünsche offen lässt.

Hersteller: **Sharkoon**

Web: <http://de.sharkoon.com>

Preis: **Ca. € 135,-** | Preis-Leistung: **Gut bis sehr gut**

⚙️ Ausstattung, u. a. Beleuchtung	Ausstattung	1,83
⚙️ Druckpunkt/Anschlag Tasten	Eigenschaften	1,50
⚙️ Ergonomie/Rutschfestigkeit	Leistung	1,25

PCGH-Preisvergleich www.pcgh.de/preis/1369386

WERTUNG 1,41

Teufel Turn DJ-Kopfhörer

Teufel zeigt sich von innovativer Seite und bringt mit dem Turn einen interessanten Kopfhörer auf den Markt, der speziell für DJs ausgelegt wurde.

Der Turn ist zwar ein DJ-Kopfhörer, aber natürlich zielt Teufel nicht nur auf diese recht kleine Zielgruppe ab. Allerdings bringt der neue Kopfhörer einige für DJs sehr praktische Features mit sich. Zum einen ist er außerordentlich robust gebaut, sämtliche Gelenke sind massiv und metallverstärkt, der Bügel aus Federstahl ist biegsam und mit dickem, haptisch angenehmen Silikon ummantelt. Auch die Lautsprechermuscheln wirken extrem stabil. Diese Stabilität bringt jedoch auch ein sehr hohes Gewicht von rund 480 Gramm mit sich, das sich allerdings dank der

ergonomischen Memory-Foam-Polster aus Protein-Kunstleder sehr gut verteilt. Das hohe Gewicht und der recht kräftige Anpressdruck sorgen für einen sehr guten Halt. Allerdings ist der Kopfhörer stets deutlich spürbar, langes Tragen schmerzt dank ausgeklügelter Gewichtsverteilung zwar nicht, kann aber schon etwas anstrengend werden.

Der Turn ist sehr beweglich und kann bequem in einer Hand gehalten, um den Hals gelegt oder versetzt getragen und dann mit einem Cup ans Ohr gedrückt werden – oder natürlich wie ein ganz normaler Kopfhörer genutzt werden. Zum Transport liegt eine gepolsterte Tragetasche bei (der „Turn-Beutel“).

Cool sind einige der Features, die Teufel für den Turn erdacht hat: Die Arretierung der Lautsprechermuscheln erfolgt per Magnet, genau wie die Befestigung der wechselbaren Ohrpolster, die sich auf diese Weise sehr leicht austauschen lassen. Das 3,5-mm-Klinkenkabel ist abnehmbar und kann beidseitig angebracht werden, zudem kann das Audiosignal mit einem weiteren Kabel zu einem zweiten Kopfhörer übertragen werden. An der rechten Seite kann weiterhin per Drehregler eine Bassverstärkung zugeschaltet werden, die den 40-mm-Neodym-Treibern zu einem 10-dB-Bassboost bei 40 Hz verhilft. Diese spielen sehr klar und differenziert auf, die Höhen sind gar etwas spitz, der Bass ohne Boost zurückhaltend, mit Boost tiefschwarz und kräftig. (pr)



Teufel Turn

Fazit: Der Turn ist eher kein Hörer für feingeistige Hi-Fi-Fans. Aber klanglich ist der extrem robuste Hörer durchaus ansprechend und Spaßig. Dazu kommen innovative und praktische Features. Der Turn wird sicher seine Fans finden.

Hersteller: **Teufel**

Web: www.teufel.de

Preis: **Ca. € 200,-** | Preis-Leistung: **Befriedigend**

⚙️ Innovative Features	Ausstattung	1,75
⚙️ Klarer, differenzierter Klang	Eigenschaften	1,58
⚙️ Sehr schwer	Leistung	1,85

PCGH-Preisvergleich Nicht gelistet

WERTUNG 1,78



Bild: Intel

Skylake-Laptops im Test

Mit der Einführung von Intels neuer Prozessorarchitektur kommt Skylake nun auch in Gaming-Notebooks zum Einsatz. PCGH hat einige davon zum Test zitiert – und macht den Desktop-Vergleich.

Grundsätzlich stehen Gaming-Laptops vor der Herausforderung, die Leistung eines Desktop-Systems auf wesentlich geringerem Raum unterzubringen. Das ist mit Aufwand und Kosten verbunden, denn gleichzeitig sollen die Klapprechner ja auch als alltags-taugliche und vor allem mobile Alleskönner glänzen. Deswegen kommt ein Refresh bei Prozessorarchitekturen und Fertigungsgrößen gerade recht, denn nur so lässt sich ohne höheren Verbrauch die Leistung kontinuierlich steigern. Mit Skylake soll dies einmal mehr gelingen; Intels neue Architektur auf 14-nm-Fertigungsbasis ermöglicht zudem den Einsatz von schnellem DDR4-RAM – dieser kommt nun flächendeckend im Mobilbereich zum Einsatz. Unser Testfeld besteht

ausschließlich aus Notebooks mit 6700HQ-CPU; dabei handelt es sich um den „kleinsten“ i7-Prozessor mit echten vier Kernen im Mobile-Segment von Skylake, der aktuell große Verbreitung in Gaming-Laptops findet.

Skylake Mobile: Eher dezentere Modernisierung

Der 6700HQ – ähnlich seinem Namensvetter aus dem Desktop-Bereich – arbeitet also mit vier physischen Kernen, die dank SMT bis zu acht Threads gleichzeitig abarbeiten, einem Basistakt von 2,6 GHz und einem maximalen Turbo von 3,5 GHz (auf einem Kern). Außerdem verfügt der neue HQ über einen sechs MiByte großen Level-3-Cache. Die TDP wird mit 45 Watt spezifiziert; das sind rund zwei

Watt weniger als bei den jeweiligen Broadwell- und Haswell-Vorläufern. Weitere Unterschiede zur letzten Generation sind auf dem Datenblatt auf den ersten Blick nur mit der Lupe zu finden. Einer leicht gestiegenen Pro-MHz-Leistung steht jedenfalls ein deutlich abgesenkter Quad-Core-Turbo gegenüber (3,1 GHz von ehemals 3,5 GHz beim Core i7-5700HQ). Damit ist kein großer Performancesprung zu erwarten, eventuell profitiert aber der Energieverbrauch – für Laptops von erheblicher Bedeutung.

Von den höher positionierten Skylakes im Mobile-Bereich trennen den 6700HQ vor allem der kleinere Cache sowie geringere Basis- und Turbo-Taktraten. Zudem ist eine Übertaktung per Multiplikator im

Gegensatz zum nächsthöheren 6820HK nicht ohne Weiteres möglich. Als echter Vierkerner mit SMT eignet sich der 6700HQ dennoch sehr gut für den Einsatz in Gaming-Notebooks.

Aufgrund der im Skylake eingesetzten Intel HD-Graphics-530-IGP können Notebooks mit dedizierter Grafikkarte die Verwaltung der Rechenlast zwischen beiden Adaptern aufteilen. Die als Nvidia Optimus schon länger etablierte Technologie hat den Vorteil der Stromersparnis und daher – wenigstens theoretisch – auch den Vorteil niedriger Temperaturen und Lautheitswerte. Idealerweise geschieht das Umschalten vom Nutzer unbemerkt, denn das System entscheidet selbständig, ob sich

der Einsatz der dedizierten Grafikkarte lohnt. In der Praxis funktioniert das sehr gut, in grafikintensiven Anwendungen wie Spielen wird erwartungsgemäß die diskrete GPU gefordert.

Die Auswahl: Geht's auch gut und günstig?

Vorab ein Wort zur Auswahl: Wir beschränken uns dieses Mal also auf die erschwingliche Mittelklasse. Anstelle eher hochpreisiger Modelle (siehe Ausgabe 02/2015) vermeiden wir mit einer Ausnahme den Sprung über die 2.000-Euro-Marke. Potenzielle Kostentreiber wie SLI-Setups, 4K-Displays und SSD-Raids sind daher nicht machbar. Tatsächlich arbeiten alle Testmuster mit einer nativen Auflösung von 1.920 × 1.080 Pixeln. Dafür dürften die Probanden aber auch interessant für Erstkäufer sein, die vor Investitionen in extremer Höhe eventuell absehen – auch im Desktop-Bereich ist die Suche nach der idealen Kombination aus gut und günstig schließlich stark nachgefragt.

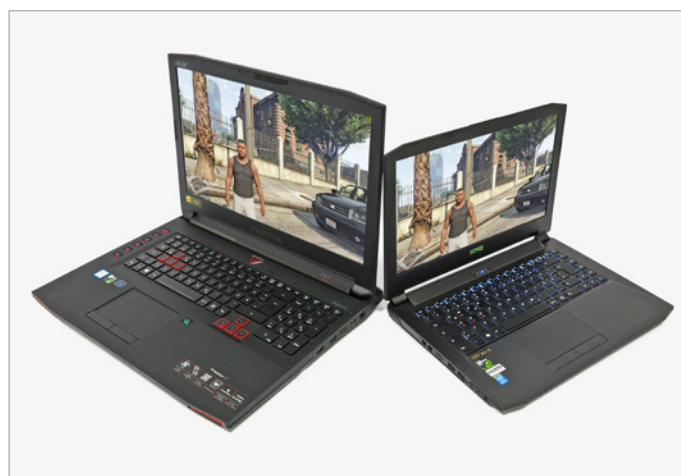
Dass es mit entsprechendem (Preis-)Aufwand natürlich auch ganz anders geht, zeigen wir im zweiten Teil des Artikels (ab Seite 82). Ziel ist im Übrigen nicht die Beschränkung auf CPU-Leistungsmessungen, sondern eine ganzheitliche Herangehensweise an die Bestandsaufnahme aktueller Gaming-Notebooks im gewählten Preissegment. Daher gilt: Auch Ausstattung, Laufzeit, Temperaturmanagement und Lautstärke sind wie immer Gegenstand der Beobachtung. Alle Notebooks verfügen über ein vorinstalliertes Windows 10 x64, für den Test erneuern wir lediglich die Treiber.

Acer Predator 17: Größter Proband im Test. Über vier Zentimeter in der Höhe misst das Predator 17 und ist damit der dickste Kandidat im Vergleich – und mit rund 1.900 Euro Anschaffungspreis der zweitteuerste. Das kommt nicht von ungefähr, denn trotz identischer CPU-GPU-Paarung wie bei der Konkurrenz hat Acer eine Vielzahl an Zusatzfeatures im Laptop untergebracht. Das wohl interessanteste Extra ist der optionale Cooler-Master-Lüfter, der anstelle des Blu-ray-Brenners seitlich eingesetzt werden kann.

Nötig für das „Frostcore“ genannte Feature ist lediglich die Betätigung eines Schiebeschalters an der Unterseite, ähnlich der Verriegelung wechselbarer Laptop-Akkus. Das hat positive Auswirkungen auf die Temperaturbilanz, unter künstlich erzeugter Volllast bleibt das Predator 17 etwas kühler als die Konkurrenz. Der Boost-Takt des 6700HQ bleibt deshalb stabil bei 3.1 GHz auf vier Kernen. Ein Leisetreter ist das Notebook aber nicht, mit Zusatzlüfter messen wir bis zu 3,3 Sone im 3D-Betrieb. Zudem macht sich eines der Lüfterlager mit niederfrequentem Brummen bemerkbar. Apropos Niederfrequenz: Die Soundlösung des Predator 17 ist nicht von schlechten Eltern – dazu aber später mehr.

Neben dem i7-6700HQ werkelt eine Nvidia GTX 970M als Grafikkarte mit drei GiByte Speicher; die zweitgrößte Maxwell-Mobile-GPU verfügt über einen Basistakt von 924 MHz und 1.280 Shadereinheiten, ein Vergleich mit der wesentlich potenteren GTX 970 für den Desktop verbietet sich also. 16 GiByte DDR4-Arbeitsspeicher laufen mit 2.133 MHz Takt. Das reicht im Durchschnitt immerhin für über 35 Fps in unserem Crysis-3-Benchmark – bei maximalen Details und vierfachem SMAA wohlgezeichnet. Etwas missverständlich ist die Bewerbung von G-Sync; dieses ist nur über extern angeschlossene Monitore nutzbar. Dem integrierten Display fehlt der notwendige Scaler zur Bildratensynchronisierung; als IPS-Panel mit ordentlicher Regelbarkeit und Helligkeitsverteilung gibt es aber wenig zu beanstanden.

Haptik, Ergonomie und äußere Verarbeitung sind beim Predator 17 recht gelungen. Die Größe des Notebooks erlaubt einen separaten Nummernblock, programmierbare und beleuchtete Funktionstasten auf der linken Seite erlauben eine hohe Personalisierung und Anwendungsbreite. Ein mattes Coating auf dem Gehäuse verhindert allzu viele Fingerabdrücke, von echter Resistenz kann aber keine Rede sein. Stilistische Zurückhaltung überlässt man anderen; vom LED-Schema über das Logo bis zu den gezackten Lüfterauslässen suggeriert das Design – wie schon der Name – eine Art Bissigkeit. Das ist



David gegen Goliath? Nicht ganz. Zwar ist das XMG P406 (rechts) mit 14 Zoll weitaus kleiner als das Predator 17, die Leistungswerte sind allerdings identisch.



Die Brushed-Aluminium-Oberfläche des GE72 Apache Pro ist extrem schick, zieht Fingerabdrücke jedoch magisch an. Ein Staubtuch ist Pflicht.



Dynaudio, Onkyo, Klipsch: Alles große Namen aus dem HiFi-Bereich. Ohne richtigen Klangkörper vollbringt aber auch ein Mini-Woofer keine Wunder.

Spiele-Benchmarks: GTX 980M überlegen

Anno 2070, 1080p max. Detail, HQ-AF

Alienware 15 R2 (GTX 980M)	59	62,5
Medion Erazer X7841	47	49,9
Schenker XMG P406	45	49,8
MSI GE72 6QF Apache Pro	45	49,1
Acer Predator 17	45	48,3

Battlefield 4, 1080p, max. Detail, 4x MSAA, HQ-AF

Alienware 15 R2 (GTX 980M)	48	58,1
Acer Predator 17	44	54,5
Schenker XMG P406	43	53,5
Medion Erazer X7841	45	49,9
MSI GE72 6QF Apache Pro	39	47,2

Crysis 3, 1080p max. Detail, 4x SMAA

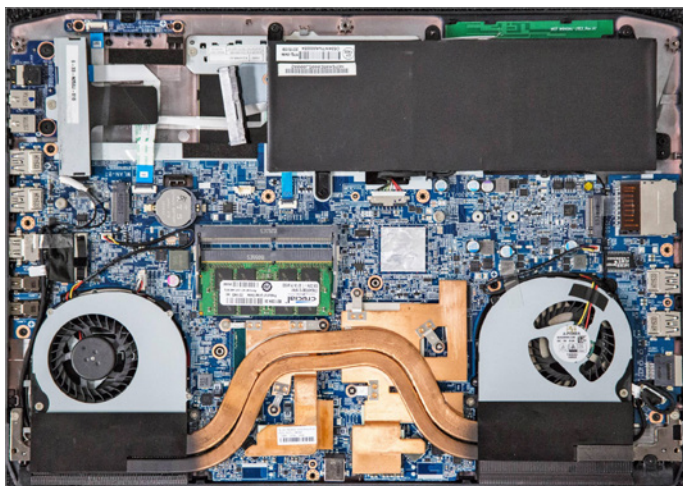
Alienware 15 R2 (GTX 980M)	39	44,2
Schenker XMG P406	32	35,5
MSI GE72 6QF Apache Pro	31	35,5
Acer Predator 17	30	34,5
Medion Erazer X7841	30	34,5

System: Windows 10 x64, Geforce Mobile 359.06 WHQL **Bemerkungen:** Die Kombination aus i7-6700HQ und GTX 970M liefert in Full-HD und maximalen Details durchgehend gute Bildraten. Wie zu erwarten setzt sich die teurere GTX 980M klar ab.

Min. | Ø Fps
► Besser



Beim Predator lässt sich das optische Laufwerk gegen einen Zusatzlüfter tauschen – gut fürs Temperaturbudget. Leider wird das Notebook dadurch nicht gerade leiser.



Um die Abwärme von i7-6700HQ und GTX 970M auf dem geringem Raum des XMG P406 abzuführen, sind beide Kühler mit Heatpipes verbunden.

sicherlich Geschmackssache. Zum Top-Award fehlt trotz interessanter Eigenschaften schließlich das absolute Alleinstellungsmerkmal, zumal sich das Predator seinen Platz nicht zuletzt mit höherem Gewicht, Volumen und vergleichsweise hoher Lautheit erkaufte.

Schenker XMG P406: Kompakt, schnörkellos und schnell. Weniger ist manchmal mehr. Schenkers Mittelklasse-Entwurf eines Gaming-Laptops kommt ohne viele Gimmicks oder ein optisches Laufwerk daher, setzt außerdem als einziger Testkandidat nur auf ein 14,6-Zoll-Panel (mit Full-HD-Auflösung). Mit zwei Kilogramm Gesamtgewicht ist das P406 gerade einmal halb so schwer wie das Predator 17, der Fokus liegt hier also eher auf Mobilität und Alltagstauglichkeit. Bei maximaler Helligkeit und deaktivierten Energiesparfunktionen im Betrieb hält das P406 im 2D-Betrieb immerhin fast fünf Stunden durch. Nicht so glorreich sieht es unter 3D- beziehungsweise Vollast aus, der mit 45 Wh leistungsschwächste Akku im Feld liefert bei gleichen Voreinstellungen dann nur knapp 50 Minuten lang genügend Strom.

Abermals sehen wir eine Kombination aus i7-6700HQ, GTX 970M und DDR4-2133-RAM im Einsatz, die Leistungswerte sind identisch mit dem Acer-Modell. Das ist trotz ähnlicher Spezifikationen nicht selbstverständlich, denn von der Kühlleistung her arbeitet das schlanke Schenker hart am Limit. Mit Prime 95 erreichen wir bis zu 89 °C Kerntemperatur, in den Spielebenchmarks scheint die Taktratenstabilität aber nicht beeinträchtigt zu werden. Unter Windows und sehr niedriger Auslastung schalten sich die Lüfter zum Teil fast vollständig ab; dadurch kann die Lautheit im Betrieb auf bis zu 0,1 Sone sinken – nicht schlecht und gerade für den Arbeitskontext vorteilhaft. Bei häufigen Lastwechseln kann das Steigen und Absinken der Lüfterdrehzahl aber auch latent stören und muss entsprechend eingestellt werden.

Trotz der beschränkten Abmessungen sind die verfügbaren Schnittstellen reichhaltig. Vier mal USB 3.0, HDMI 2.0 sowie zwei Minidisplayports ergänzen sich mit den selbstverständlichen 3,5-Zoll-Klin-

kenanschlüssen für Kopfhörer und Mikrofon, Multi-Kartenleser und S/PDIF-Port. Für einen Ziffernblock oder Sondertasten ist kein Platz, dafür gefallen die leichtgängigen Tasten und Trackpad-Buttons, die sich nicht schwammig oder unpräzise anfühlen. Als einziges Notebook im Vergleich ist das XMG P406 übrigens wirklich resistent gegen Fingerabdrücke. Über die Herstellerseite sind, abgesehen von der Grafikkarte, die meisten Komponenten konfigurierbar, sodass auch die Variante mit Core i7-6820HK, größerer SSD, zusätzlichen Softwarepaketen oder sogar DDR-4-2400-Arbeitsspeicher denkbar wäre – natürlich gegen entsprechenden Aufpreis.

Dell Alienware 15 R2: 15-Zöller mit GTX 980M und hervorragender Verarbeitung. Leistungsmäßig gibt sich das Alienware 15 R2 keine Blöße. Anders als die restlichen Kandidaten setzt das Notebook auf eine Nvidia GTX 980M mit vier GiByte Speicher und damit auf die Topreferenz mobiler Maxwell-Chips. Aber Vorsicht: Wie für die GTX 970M gilt, dass Shader-Einheiten und Taktraten gegenüber der Desktop-Variante deutlich abgespeckt sind. Der Abstand zur 970M-Riege ist dennoch beachtlich und unterstreicht, dass auch im Notebook-Bereich die Grafikkarte den wichtigsten Leistungsfaktor im System darstellt, sofern keine völlig unterdimensionierte CPU zum Einsatz kommt. In Battlefield 4 kratzt das Notebook an der 60-Fps-Marke. Dafür ist der Preisunterschied aber auch beachtlich (siehe Testtabelle). Wem das noch nicht ausreicht, der kann einen Grafikverstärker dazukaufen und über einen speziellen Anschluss an der Rückseite verbinden. Wir haben das R2 aber ohne den Amplifier getestet, der einem auf Mobilität abzielenden Notebook unserer Meinung nach den Charakter einer Machbarkeitsstudie verleiht.

Kopfzerbrechen bereitet uns indes die eigentlich schnelle NVMe-SSD von Samsung. Neben exzellenten Schreibwerten von nahezu 1.500 MB/s zeigt der AS-SSD-Benchmark leider nur bescheidene Schreibraten und vor allem eine ungewöhnlich hohe Reaktionszeit – das verwundert. Ursächlich ist ein

Treiberproblem, denn es ist nicht nur der gänzlich falsche Treiber installiert; dank der Bevormundung durch ein „mitdenkendes“ Windows 10 gelingt es uns auch in mehreren Anläufen nicht, den geeigneten Treiber nachträglich aufzuspielen, weil der vorhandene eine höhere Aktualität aufweist. Dieser umgeht den Schreibcache der verbauten PM951-SSD und sorgt für eine zu hohe Zahl von sogenannten Force-Unit-Access-Befehlen. Im Endergebnis führt das zu schlechteren Leistungswerten, als theoretisch möglich wären. Nicht zwangsläufig sind diese auch im Alltagsbetrieb spürbar, höchstens beim Schreiben größerer Datenmengen könnte gegenüber einer korrekt arbeitenden SSD ein Nachteil entstehen. Die Problematik ist in ähnlicher Form bereits aus dem Surface Pro 4 bekannt, in dem dasselbe SSD-Modell zum Einsatz kommt.

Ein zweischneidiges Schwert ist das im Vergleich leuchtschwache Display, das einerseits für pompöse 2D-Laufzeiten sorgt, bei hellem Umgebungslicht aber zu dunkel wirkt und überdies die mit Abstand höchste Helligkeitsverteilung aller Geräte aufweist (20 cd/m² im Durchschnitt, maximale Abweichung 30 cd/m²). In Sachen Verarbeitung liegt das Alienware aber ganz vorne – hier flex, knarzt oder wackelt nichts, es wurden hochfeste Kunststoffe und viel Metall verbaut. Das ist löblich, macht den 15-Zöller aber auch vergleichsweise schwer und klobig (3,2 Kilogramm bzw. 3,5 cm Dicke). Das Keyboard-Backlight kann farblich justiert werden; sogar das Trackpad selbst leuchtet kräftig, wie im Bild auf der rechten Seite gut zu sehen ist.

MSI GE72 6QF Apache Pro: Edles Gaming-Notebook mit 17-Zöller. Edles Gaming-Notebook mit 17-Zöller. Der kleinere Bruder des GE72 6QF Apache Pro, nämlich das GE62, machte in unserem Kurztest bereits eine gute Figur. Inhaltlich unterscheiden sich beide Notebooks kaum: Auch im größeren Modell kommt mit dem 6700HQ der weit verbreitete Mobile-Skylake zum Einsatz. Eine GTX 970M sorgt für Grafikleistung in Spielen, 16 Gi-Byte DDR4-2133-Arbeitsspeicher sind sowohl in puncto Kapazität

als auch Geschwindigkeit eine vollkommen ausreichende Bestückung. In der uns vorliegenden Konfiguration arbeitet eine flotte M.2-SSD mit 256 GB als Systemplatte, ergänzt von einer 1.000-GB-HDD als Massenspeicher. Im Spielbetrieb bewährt sich das GE72 mit guten Leistungswerten; wer auf die in unseren Benchmarks eingesetzte, Leistung fressende HQ-Kantenglättung verzichtet, stößt in sehr flüssige Framerate-Bereiche vor. Allein im Battlefield-4-Benchmark fällt das GE72 leicht ab, denkbar ist Throttling als Ursache. Zwar führt das Notebook die Abwärme der internen Komponenten nicht nur über die Lüfter, sondern auch über das Metallgehäuse ab (siehe Wärmebildaufnahme unten rechts); im Härtestest mit Prime 95 (Small FFTs) erreichen wir mit 84 °C aber die zweithöchste gemessene Kerntemperatur im Test. Die CPU drosselt sich dann kurzzeitig auf 2.800 bis 2.900 MHz.

Mit zweimal USB 3.0 zuzüglich USB 3.1 Typ-C, HDMI und Mini-Displayport sind zeitgemäße Schnittstellen vorhanden. Zudem findet trotz moderater Abmessungen ein DVD-Brenner Platz. Neben dem voluminöseren Predator 17 ist das GE72 das einzige Gaming-Notebook im Test, das über ein optisches Laufwerk verfügt. Das farbtreue IPS-Panel überzeugt mit einem guten Helligkeitsregelbereich, scheint sich aber reichlich Energie abzugeben – bei maximaler Helligkeit und deaktivierter Verdunkelung sinkt die 2D-Laufzeit auf 175 Minuten; im 3D-Betrieb sind maximal 60 Minuten drin.

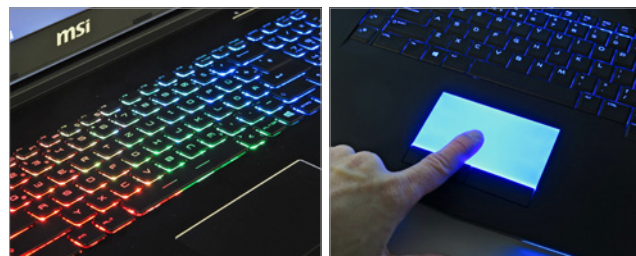
Mit 2,9 Kilogramm ist das GE72 übrigens der leichteste 17-Zöller im Feld und bleibt mit drei Zentimetern Höhe für Gaming-Verhältnisse recht schlank. Das ist zwar ein Mobilitätsvorteil, die dünne Bauweise sorgt allerdings auch für eine etwas geringere Stabilität. So sollte die Panel-Rückseite aufgrund sichtbarer Flexibilität keinesfalls belastet werden, was sich bei Notebooks aber wohl ohnehin nicht empfiehlt.

Optisch interessant: Neben der MSI-typischen Einkleidung in ein schwarz eloxiertes, gebürstetes Aluminium-Gehäuse fällt vor allem die RGB-Hintergrundbeleuchtung

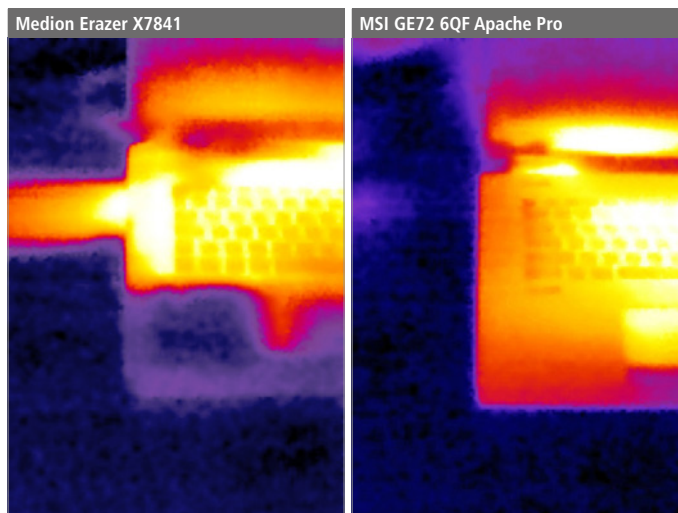
Ohne Lightshow geht's nicht mehr

Nahezu alle Hersteller setzen auf starke Farb- und Lichtakzente auf den Eingabe- und Zierelementen. Nicht immer ist das auch funktional.

Von der Full-RGB-Farbpalette der GE72-Tastatur bis zum bei Berührung leuchtenden Trackpad des R15, praktisch keines unserer Testmuster verzichtet auf extravagante Lichteffekte. Am buntesten treibt es das GE72 6QF Apache Pro, dessen Full-RGB-Tastatur softwareseitig nach Belieben eingestellt werden kann. Auch beim Alienware 15 R2 staunen wir nicht schlecht: Hier leuchtet sogar das Touchpad bei Berührung – allerdings derart dominant, dass sich hier die Sinnfrage stellt, denn nur bei völliger Dunkelheit und deaktiviertem Display könnte man das Feature als Suchhilfe durchgehen lassen. Das Acer-Modell setzt auf farbcodierte Funktionstasten-Gruppen, eine durchaus sinnvolle Implementierung. Auch die anderen Kandidaten im Feld lassen sich nicht lumpen und setzen ausnahmslos auf Tastaturen mit Hintergrundbeleuchtung. Abschalten kann man das Spektakel meist übrigens auch.



Der schlankste Vertreter im Feld: Das 14-Zoll XMG 406 von Schenker passt in so ziemlich jede Tasche – keine Selbstverständlichkeit bei Gaming-Notebooks.



Kühlkonzepte im Vergleich: Das Erazer beseitigt Warmluft ausschließlich durch die Lüfterauslässe (rechts im Bild). Beim GE72 wird ein Teil der Abwärme hingegen über das Metallchassis abgeführt (links). Unter Last arbeiten beide aber fast gleich laut.

der Steelseries-Tastatur ins Auge, deren Farbmodi sich softwareseitig und sogar per Knopfdruck einstellen lassen. Wie beim Predator 17 kann die Lüfterdrehzahl per Schalter maximiert werden, wenn größtmögliche Kühlleistung gefordert ist.

Medion Erazer X7841: Leiser 970M-Vertreter mit kleiner SSD. In geringem Abstand folgt das immer noch sehr gute Erazer X7841, der letzte unter den Vertretern mit einer Paarung aus Core i7-6700HQ, GTX 970M und 16 GiByte DDR4-2133-RAM. Die Leistungswerte decken sich mit den Ergebnissen der Konkurrenz, allerdings ist mit 128 GB eine kleinere SSD als Systemspeicher verbaut als im Rest des Testfeldes. Obwohl nur relativ kleine Auslässe für die Wärmeabfuhr zur Verfügung stehen, bleibt das Medion mit 2,7 Sone unter Volllast ganz knapp am leisesten. Außerdem punktet das Medion mit dem bei Weitem leuchtstärksten IPS-Panel im Feld, verbunden mit einer sehr

geringen Helligkeitsabweichung. Das geht wenig überraschend zu Lasten der Laufzeit, im 2D-Betrieb ist bei maximaler Helligkeit schon nach knapp 140 Minuten Schluss. Bei den Anschlüssen wird nicht geizt, vierfach USB 3.0 und zweimal Minidisplayport stehen unter anderem zur Verfügung.

Außerlich gehört das X7841 zu den gediegeneren Kandidaten, was nicht viel heißen will – auch hier wird mit zahlreichen Farbakzenten gearbeitet, etwa rings um das Trackpad. Die matte Beschichtung auf der gesamten Gehäuseoberfläche fühlt sich angenehm an.

Klangvolle Namen

Fast alle Notebooks im Testfeld werfen Audio-Marken in die Waagschale, die wir eher aus dem Hifi-Bereich kennen. Das Alienware 15 R2 schmückt sich mit Lautsprechern von Klipsch, Schenker verbaut Onkyo-Technik, MSI setzt auf die Hifi-Edelschmiede Dynaudio. Beim Erazer X7841 und XMG P406

kommen Creative X-Fi-MB5-Soundchips zum Einsatz, beim Alienware sogar der außer Konkurrenz spielende Recon 3Di. Fast alle Vertreter verbauen zudem miniaturisierte Woofer, wobei sich die Klassifizierung als echter Tieftöner eigentlich jeweils verbietet. Eine Ausnahme ist das Predator 17, dessen als „Subwoofer“ beworbener rückseitiger Lautsprecher tatsächlich schon Frequenzen bis hinab zu 50 Hertz vernünftig wiedergeben kann. Damit entsteht etwas, das man trotz geringen Schalldrucks zu Recht als Bass bezeichnen darf. Dabei schwingt die Lautsprechermembran allerdings so rabiat, dass sich die Vibrationen ab mittlerer Lautstärke auf das Gehäuse übertragen – ziemlich gewöhnungsbedürftig und definitiv störend, wenn statt Maus das Trackpad genutzt werden soll.

Trotzdem: Die Anstrengung, dem sehr limitierten Resonanzraum adäquate Tonqualität abzurufen, verdient Anerkennung. Im Vergleich wirkt der Sound des Alienware 15

R2 am ausgewogensten und erreicht ein befriedigendes Niveau, gefolgt vom GE72 6QF Apache Pro und dem Acer Predator 17. Wenn die Audioausgabe mit hoher Lüfteraktivität kollidiert, heißt es aber weiterhin: Kopfhörer aufsetzen.

Spieleleistung: Kein großer Sprung durch Skylake

Vergleichen wir die Ergebnisse unserer Benchmarks mit denen aus unserem letzten Vergleichstest für Gaming Notebooks, sind keine nennenswerten Performance-Unterschiede an Skylake festzumachen. Etwaige Vorteile im Stromverbrauch werden mit energiehungrigen IPS-Panels (die ein helles Backlight benötigen) und teils unterdimensionierten Akkus egalisiert, sodass keines der Geräte im netzunabhängigen Betrieb wirklich ausdauernd ist. Der tatsächliche Verwendungszweck beschränkt sich also auf den Desktop-Ersatz. Wie sich Skylake Mobile im Vergleich zu den ausgewachsenen Prozessoren schlägt, untersuchen wir im Folgenden. (ms)

GAMING-NOTEBOOKS Auszug aus Testtabelle mit 34 Wertungskriterien					
    					
Produkt	Predator 17	XMG P406	Alienware 15 R2	GE72 6QF Apache Pro	Erazer X7841
Hersteller/Vertrieb	Acer/www.acer.de	Schenker/www.mysn.de	Dell/www.alienware.de	MSI/de.msi.com	Medion/www.medion.com/de
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	ca. 1.900 Euro/gut	ca. 1.720 Euro/gut	ca. 2.150 Euro/befriedigend	ca. 1.700 Euro/gut	ca. 1.650 Euro/gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1332420	Nicht gelistet	www.pcgh.de/preis/1352322	www.pcgh.de/preis/1330115	www.pcgh.de/preis/1366471
Gewicht	3,9 kg	2,0 kg	3,2 kg	2,9 kg	3,5 kg
Garantie	2 Jahre Pickup & Return	2 Jahre Pickup & Return	1 Jahr Herstellergarantie	2 Jahre Pickup & Return	2 Jahre Herstellergarantie
Ausstattung (20 %)	1,27	1,25	1,56	1,27	1,47
Prozessor	Intel i7-6700HQ, 4 x 2.60 GHz	Intel i7-6700HQ, 4 x 2.60 GHz	Intel i7-6700HQ, 4 x 2.60 GHz	Intel i7-6700HQ, 4 x 2.60 GHz	Intel i7-6700HQ, 4 x 2.60 GHz
Grafikkarte	Nvidia GeForce GTX 970M/3G	Nvidia GeForce GTX 970M/3G	Nvidia GeForce GTX 980M/4G	Nvidia GeForce GTX 970M/3G	Nvidia GeForce GTX 970M/3G
Hauptspeicher	16 GiByte DDR4-2133	16 GiByte DDR4-2133	16 GiByte DDR4-2133	16 GiByte DDR4-2133	16 GiByte DDR4-2133
Interner Speicher	256 GB SSD, 1 TB HDD	250 GB M.2 SSD, 1 TB HDD	256 GB M.2 SSD, 1 TB SSD	256 GB M.2 SSD, 1 TB HDD	128 GB SSD, 1 TB HDD
Display	17,3 Zoll, 1.920 x 1.080 Pixel	14 Zoll, 1.920 x 1.080 Pixel	15,6 Zoll, 1.920 x 1.080 Pixel	17,3 Zoll, 1.920 x 1.080 Pixel	17,3 Zoll, 1.920 x 1.080 Pixel
Anschlüsse	1 x DP, 1 x HDMI, 4 x USB 3.0, RJ-45, Line-Out, Mikrofon, SD-Reader	2 x Mini-DP, 1 x HDMI, 4 x USB 3.0, RJ-45, Line-Out, Mikrofon, SD-Reader	1 x HDMI, 3 x USB 3.0, RJ-45, Line-Out, Mikrofon, SD-Reader, Alienware Port	Mini-DP, HDMI, 1 x USB 3.1 Typ-C, 2 x USB 3.0, 1 x USB 2.0, RJ-45, Line-Out, Mikrofon, SD-Reader	2 x Mini-DP, 1 x HDMI, 4 x USB 3.0, RJ-45, Line-Out, Mikrofon, SD-Reader
Akkukapazität (Herstellerangabe)	90 Wh	45 Wh	92 Wh	51 Wh	60 Wh
Sonderausstattung	Beleuchtete Tastatur, HD-Webcam, IPS-Display, Sondertasten, optionaler Zusatzlüfter, Blu-ray-Brenner	Beleuchtete Tastatur, Onkyo-Soundsystem, FHD-Webcam, IPS-Display	Beleuchtete Tastatur, Klipsch-Soundsystem, IPS-Display, Sondertasten, Anschluss für Grafikverstärker	Beleuchtete Tastatur, Dynaudio-Sound, HD-Webcam, IPS-Display, Softwarepaket	Beleuchtete Tastatur, FHD-Webcam, IPS-Display, Softwarepaket
Eigenschaften (20 %)	1,47	1,30	1,47	1,37	1,40
Haptik	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut
Ergonomie	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Sehr gut	Gut
Verarbeitung	Gut	Gut	Sehr gut	Gut	Sehr gut
Leistung (60 %)	1,79	1,95	1,96	2,10	2,13
Cinebench 11.5 (CPU)	7,30 Punkte	7,51 Punkte	7,51 Punkte	7,47 Punkte	7,47 Punkte
Crysis 3 „Fields“ (1080p, max. Detail, 4x SMAA)	35,5 Fps	35,5 Fps	44,2 Fps	34,5 Fps	34,5 Fps
Anno 2070 (1080p max. Detail „Riesige Stadt“)	48,3 Fps	49,8 Fps	62,5 Fps	49,1 Fps	49,9 Fps
Battlefield 4 (1080p, Ultra, 4x MSAA)	54,5 Fps	53,5 Fps	58,0 Fps	47,2 Fps	53,5 Fps
FAZIT	+ Hohe Leistung, starker Akku + Optionaler Slot-Lüfter - Schwer, laut unter Volllast	+ Schnell + Kompakt und leicht - Leuchtschwaches Display	+ Sehr schnell + Ausdauernder Akku - SSD-Treiberprobleme	+ Gutes Display + Stilvolles Aluminiumchassis - Geringe 2D-Akkulaufzeit	+ Moderate Lautstärke unter Last + Onkyo-Soundsystem - Kleine SSD
	Wertung: 1,62	Wertung: 1,68	Wertung: 1,78	Wertung: 1,79	Wertung: 1,85

4 PCGH-Hefte ab 7,90 Euro

Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

PCGH-Monatsheft + Sonderheft abstauben



Magazin-Miniabo

**3 x PCGH (Magazin-Version)
+ Sonderheft
7,90 Euro**

Jetzt bestellen unter:
www.pcgh.de/miniabo-sohe



DVD-Miniabo

**3 x PCGH (DVD-Version)
+ Sonderheft
11,00 Euro**

Jetzt bestellen unter:
www.pcgh.de/miniabo-sohe2

Notebook gegen Desktop, das Duell



Bei Schenkers High-End-Notebook U726 sorgen große Luftauslässe im Boden dafür, dass der GTX 980 (ohne M) nebst Skylake-CPU nicht zu warm wird.

Auf den vorherigen Seiten haben Sie erfahren, welche Produkte die Notebook-Hersteller aus der Skylake-Basis kreieren. Da uns regelmäßig Fragen nach der Leistung mobiler Chips im Vergleich mit „echten“ Grafikkarten erreichen, liefern wir Ihnen hier einen aktuellen Vergleich.

Mobil gegen stationär

Auf der Agenda stand ein umfassender Vergleich mobiler GPUs mit ihren Desktop-Pendants nebst weiterer Vergleichsmodelle. Trotz Anstrengungen, eine mobile Radeon-GPU zu bekommen, erreichte uns für diesen Test kein entsprechendes Gerät. Daher tragen wir das Duell hauptsächlich zwischen den GPUs aus, die Sie in der unten stehenden Tabelle finden – Vergleichswerte mit weiteren Mobil-Geforces finden Sie auf den folgenden Seiten.

Zum Vergleich angetreten sind das Acer Predator 17 mit Geforce GTX 970M und das Schenker U726 mit Geforce GTX 980. Letzteres ist kein Versehen, Nvidia benennt seine mobile Speerspitze tatsächlich wie die Desktop-Grafikkarte. Damit nimmt dieses Modell eine Sonderrolle ein, denn während es üblich ist, dass die Leistung zwischen der Desktop- und jeweiligen M-Version stark differiert, herrscht hier Gleichstand: Nvidia spendiert beiden Karten – da die Mobil-GPU wie rechts zu sehen auf einem MX-Steckmodul sitzt, passt die Bezeichnung – den GM204-Vollausbau mit 2.048 Shader-Einheiten und

256-Bit-Speicherschnittstelle. Lediglich der Basistakt, gleichbedeutend mit der minimal abrufbaren Leistung, fällt bei der mobilen GTX 980 etwas geringer aus als bei ihrer Desktop-Schwester, um die Leistungsaufnahme im Ernstfall gering zu halten. Während die Transfer-rate zum Speicher dank gleicher Taktfrequenz identisch ist, verfügt der Mobilchip über 8.192 anstelle von 4.096 MiByte GDDR5-Speicher. Analog zum Desktop-Duell GTX Titan X (12 GiB) gegen GTX 980 Ti (6 GiB) stellen sich dadurch keine praxisrelevanten Vorteile ein, doch das könnte sich in Zukunft ändern. Viele Spieler wünschen sich 8-GiB-Versionen der Desktopkarte, aber diese sind nicht mehr zu erwarten.

Die Geforce GTX 970M hat bis auf den Namen nur wenig mit dem Desktop-Pendant GTX 970 zu tun, sie unterliegt der „echten“ Grafikkarte klar. So stehen dem Mobilgerät nur 1.280 ALUs mit einer Taktfrequenz um 1 GHz zur Verfügung, während die GTX 970 mit 1.664 Shadern und höheren Frequenzen arbeitet. Während Nvidia beim Kassenschlager an der fragwürdigen Speichersegmentierung festhält (siehe PCGH 04/2015), verfügt die GTX 970M über eine ehrlich, das heißt offensichtlich abgespeckte Speicherschnittstelle: 192 der 256 physikalisch vorhandenen Datenbahnen sind aktiv, was wegen der symmetrischen Belegung zu 3 GiByte Speicherkapazität führt. Mit dieser Spezifikation bewegt sich die GTX 970M zwischen GTX 960 und GTX 970 (jeweils Desktop).

GTX 970M und GTX 980 im Vergleich mit ihren Desktop-Pendants

	Desktop	Mobile	Desktop	Mobile
Modell	Geforce GTX 980	Geforce GTX 980	Geforce GTX 970	Geforce GTX 970M
Shader-/SIMD-/Textureinheiten	2.048/16/128	2.048/16/128	1.664/13/104	1.280/10/80
Raster-Endstufen (ROPs)	64	64	64	48
GPU-Basistakt (Megahertz)	1.126	1.064	1.050	924
GPU-Boost-Takt (Megahertz)	~1.216	~1.228	~1.178	~1.038
Rechenleistung SP (GFLOPS)*	4.981	5.030	3.920	2.657
Durchsatz Pixel/Texel (GPixel/s)*	77,8/155,6	78,6/157,2	61,3/122,5	41,5/83,0
Dreiecksdurchsatz (Mio./s)*	6.485	6.549	5.105	3.460
Takt Grafikspeicher (MHz)	3.506	3.506	3.506	2.506
Speicheranbindung (parallele Bit)	256	256	224+32**	192
Speicherübertragungsrate (GB/s)	224,4	224,4	196,4+28,0**	120,3
Speichermenge (MiB)	4.096	8.192	3.584+512**	3.072

* Angabe bei Boosttakt (Basis bei Notebooks: reale Werte der Testgeräte) ** RAM-Segmentierung, siehe PCGH 04/2015

Benchmarks voraus

Wie für GPU-Tests üblich, testen wir nach Möglichkeit im Grafiklimit. Sie werden daher keine Benchmarks mit reduzierten Details oder geringerer Auflösung als Full HD vorfinden – die meisten Gaming-Notebooks bieten längst höhere Auflösungen. Da die Testgeräte über flinke Skylake-Vierkerner verfügen, ist ein CPU-Limit nur selten zu befürchten, aber niemals ganz auszuschließen. Alle Vergleichswerte stammen vom aktuellen PCGH-Grafikkarten-Testsystem mit Core i7-6700K @ 4,5 GHz.

Mobile PCI-Express-Module, kurz MXM: Die Notebook-Grafikkarte

MXM, Normalgröße 1

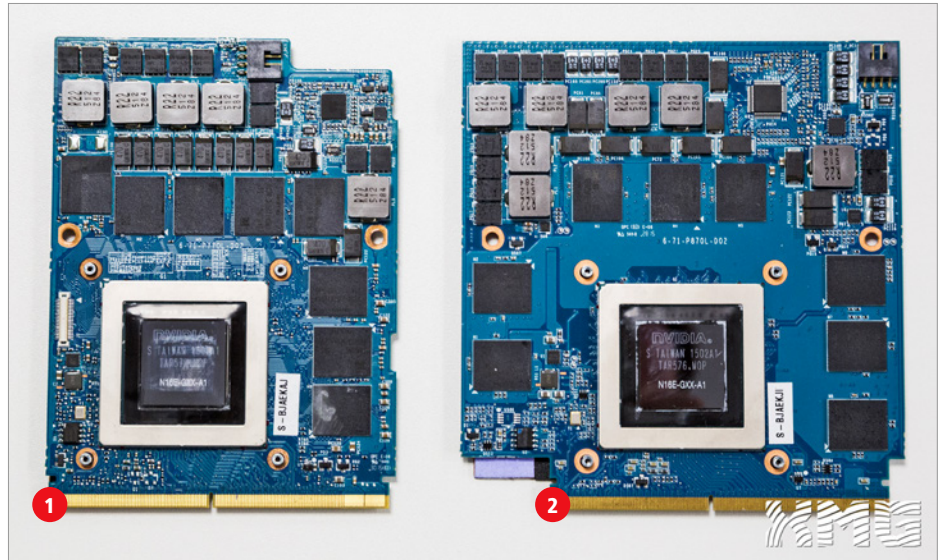
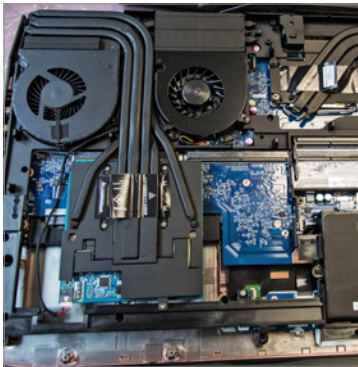
Ein MX-Modul (hier: eine GTX 980M) entspricht im Notebook den Grafikkarten in normalen PCs, man kann sie ein- und ausstecken. Gegenüber Desktop-Grafikkarten sind die Platinen aber stark geschrumpft, da in Laptops wenig Platz herrscht. Das Kühlsystem wird von den Notebooks bereitgestellt.

MXM mit Anbau 2

Bei High-End-Mobilchips wie der GTX 980 fällt die Platine etwas größer aus, da unter anderem die Spannungswandlung üppiger dimensioniert werden muss. Bei Nvidia basieren GTX 970M, 980M und GTX 980 aber auf dem gleichen Chip – jeweils in anderer Konfektion.

Kräftiges Kühlsystem

High-End-Notebooks mit GeForce GTX 980 und Skylake-CPU müssen zusehen, rund 200 Watt an Abwärme aus ihrem Gehäuse zu pressen. Dafür kommt eine Phalanx an Radiallüftern nebst reichlich Kupfer und Heatpipes (hier jeweils schwarz eloxiert) zum Einsatz.



Bilder: XMG

Mobile-GPUs unter sich

Bioshock Infinite „New Eden“, 1080p, max. Details, FXAA

Nvidia GTX 980M/8G (MSI GT80)	146	163,2 (+121%)
Nvidia GTX 980M/8G (MSI GT72)	78	84,7 (+15%)
Nvidia GTX 970M/3G (MSI GS70)	62	73,9 (Basis)
Nvidia GTX 965M/2G (MSI GE62)	44	47,5 (-36%)
Nvidia GTX 960M/2G (MSI GE72)	39	43,4 (-41%)
Nvidia GTX 950M/2G (MSI GP60)	28	31,2 (-58%)

Crysis 3, „Fields“, 1080p, SMAA „High“

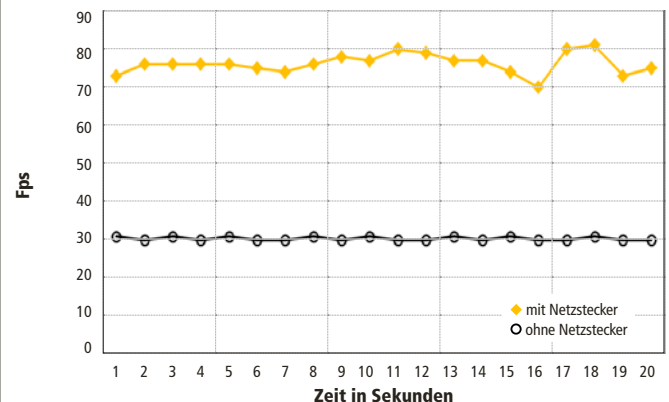
Nvidia GTX 980M/8G SLI (MSI GT80)	71	80,7 (+143%)
Nvidia GTX 980M/8G (MSI GT72)	39	42,5 (+28%)
Nvidia GTX 970M/3G (MSI GS70)	29	33,2 (Basis)
Nvidia GTX 965M/2G (MSI GE62)	19	23,6 (-29%)
Nvidia GTX 960M/2G (MSI GE72)	17	19,8 (-40%)
Nvidia GTX 950M/2G (MSI GP60)	11	12,5 (-62%)

System: Intel i7-4980HQ (GT80), i7-4710HQ (GT72), i7-4720HQ (GS70, GE62, GE72, GP60) **Bemerkungen:** Die GTX 980 ist deutlich schneller als die bislang schnellste Notebook-GPU GTX 980M. Erst gegen ein SLI-Gespann verliert Nvidias neue mobile GTX.

Min. | Ø Fps
Besser

Frameverlauf: Steckdose dringend benötigt

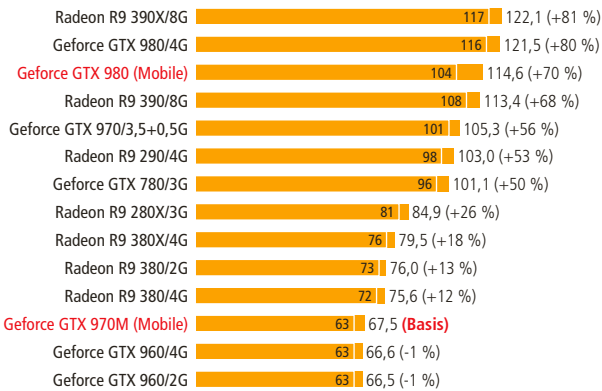
Star Wars Battlefront auf Schenker U726 mit und ohne Netzstecker



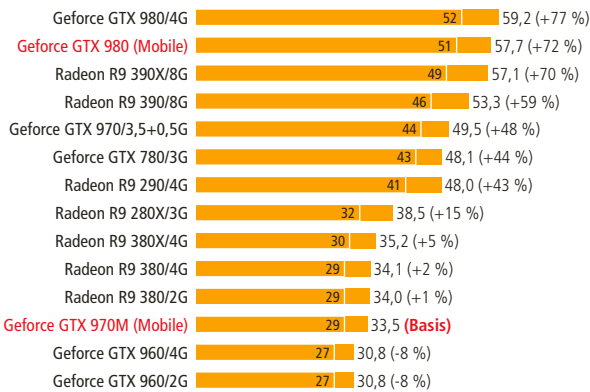
System: Schenker U726, Intel Core i7-6700K, GTX 980/8G, 32 GiByte DDR4-2133 RAM; Geforce 359.06 WHQL, Win 10 x64 **Bemerkungen:** Nur mit Netzstecker liefert das Notebook volle Leistung. Wird dieser gezogen, greifen Stromsparmechanismen, die die GPU taktet so, dass 30 Fps im Spiel möglichst gehalten werden.

Notebook vs. Desktop: Full-HD-Leistung

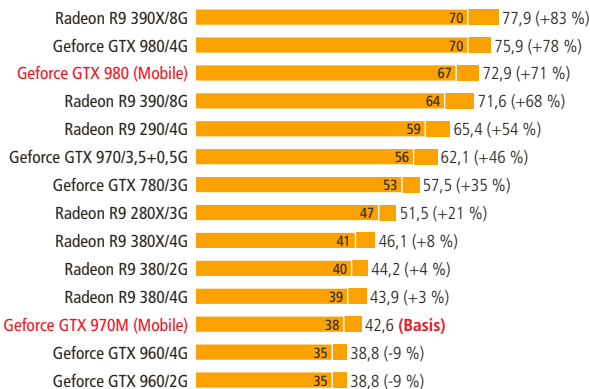
Bioshock Infinite, max. Details inkl. DX11-DoF, Ingame-AA/16:1 AF – „New Eden“



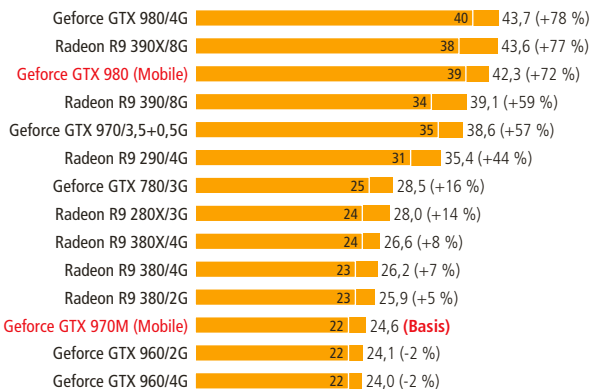
Crysis 3, max. Details, 4x SMAA/16:1 AF – „Fields“



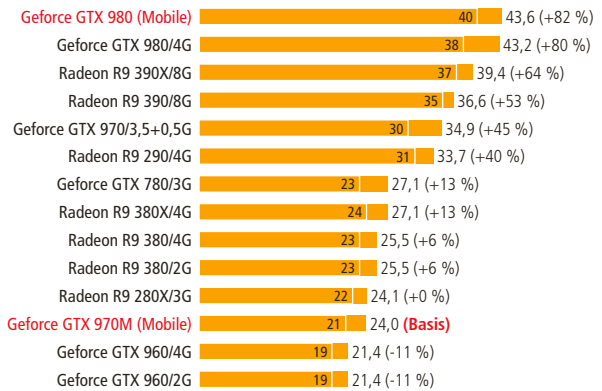
Crysis Warhead, Enthusiast-Details, 4x MSAA/16:1 AF – „Train 3.0“



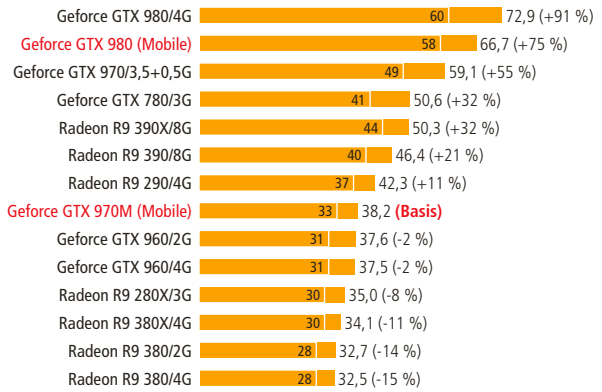
Dragon Age Inquisition, max. Details, 4x MSAA+FXAA/16:1 AF – „Hinterlands“



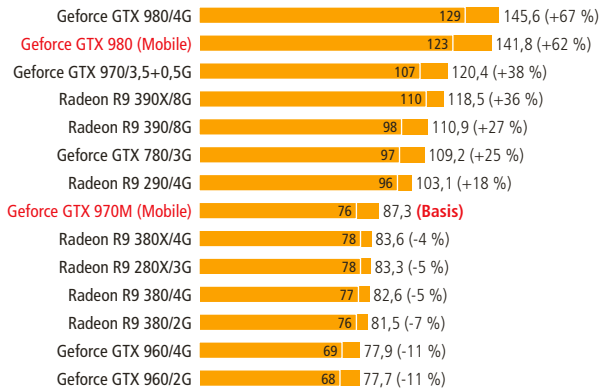
The Witcher 3, kein Hairworks/HBAO+, Ingame-AA/16:1 AF – „Skellige Forest“



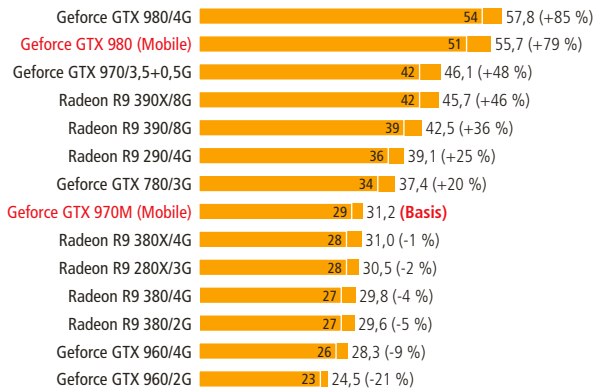
Risen 3 Enhanced Ed., max. Details, Ingame-AA/16:1 AF – „Polly on fire 2.0“



TES 5: Skyrim, max. Details, 8x MSAA/16:1 AF – „Secunda's Kiss“



Ethan Carter Redux, max. Details, 150 % Res.-Scale + TAA/16:1 AF – „Tracks“



System: Desktop: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, 4 x 4 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64; Notebook: Schenker U726, Intel Core i7-6700K, GTX 980/8G, 32 GiByte DDR4-2133 RAM; Win 10 x64

Bemerkungen: Das Notebook erzielt beinahe die gleiche Leistung wie das mit einer GTX 980 ausgestattete, übertaktete Desktop-Testsystem. 8 GiByte Grafikspeicher bringen in Full HD keine Vorteile.

Min. FPS
Besser

Wie Sie den Testwerten entnehmen, hält die mobile GTX 980, was sie auf dem Papier verspricht. Innerhalb des Schenker U726 hält sie dank einer TDP von 200 Watt selbst bei anhaltender Last ihren Boost auf 1.228 MHz und liegt damit minimal über dem typischen Wert, den Nvidia für GTX-980-Desktopreferenzkarten angibt (1.216 MHz). In einigen Fällen unterliegt der Mobilchip nur, weil der Prozessor zeitweise leicht limitiert (u. a. Bioshock Infinite).

Die GeForce GTX 970M liegt erwartungsgemäß deutlich hinter ihrem Desktop-Pendant, schlägt aber zumindest die GTX 960 in jedem Szenario mehr oder minder deutlich. Das verdankt sie ihrer höheren Rohleistung. Das gelingt aber nur, solange 3 GiByte Grafikspeicher ausreichen, ansonsten hätte die GTX 960/4G Vorteile.

Die GTX 980M rangiert übrigens zwischen 980 und 970M. Sie besitzt 1.536 Shader bei voller Speicherschnittstelle und kann es daher

spielend mit der Desktop-GTX-970 aufnehmen. Der Mobilchip ist auch dank seiner 8 GiByte Speicher die flinkere Wahl.

Die Sache mit dem Strom

Obwohl es sich um Notebooks handelt, die prinzipiell portabel sind, raten wir davon ab, diese ohne Netzteil zu betreiben. Die Begründung sehen Sie rechts: High-End-Geräte entfalten ihre Leistung nur an der Steckdose. Fehlt diese Energiezufuhr, schalten sie in einen rigorosen Stromsparmodus, um die Laufzeit zu verlängern. (ru/pr)

Fazit



Notebook gegen Desktop

Das Schenker U726 ist praktisch genauso schnell wie ein Desktop-PC mit GTX 980 und Core i7-6700K. Das ist durchaus beeindruckend. Wie andere Notebooks drosselt das U726 die Leistung kräftig, wenn der Netzstecker gezogen wird. Dies lässt sich zwar umgehen, doch dann ist der Akku schnell am Ende – genau wie das mobile Spielen.

Drosselung durch Battery Boost

Das Schenker U726 ist so schnell wie ein Desktop-PC. Wird der Netzstecker gezogen, sinkt die Leistung mit aktiviertem Battery Boost allerdings drastisch ab.

Bildrate mit Strom aus dem Netzteil



Bildrate im Akkubetrieb



Die Antwort ist „JA!“

Ist das Silent Base 600 ein wahrer Alleskönner?

Absolut! Das neue be quiet! Silent Base 600 Gehäuse hat einfach alles was man braucht, um jeden System-Wunsch zu erfüllen. Es bietet die perfekte Symbiose aus leisem Betrieb, Kühlleistung, Benutzerfreundlichkeit und viel Platz für High-End-Hardware.

- Herausragende Kühlleistung
- Flüsterleiser Betrieb
- Großzügiges Platzangebot und werkzeugfreie Montage
- Mit und ohne doppelverglastem Seitenfenster erhältlich

Produktkonzeption, Design und Qualitätskontrolle in Deutschland. Mehr Infos auf bequiet.com.

Erhältlich bei: alternate.de · arlt.de · atelco.de · bora-computer.de · caseking.de · conrad.de · cyberport.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · reichelt.de · snogard.de

* GfK Panelmarkt, 2007-2015

GERMANY'S NO. 1
PSU MANUFACTURER

be quiet!



BILD: NEV

Technikduell: Revanche

SSDs sind viel schneller als mechanische Festplatten. Aber macht aktuelle Software davon auch Gebrauch? Wir spüren erneut dem „SSD-Gefühl“ nach und versuchen den Alltag in Zahlen zu fassen.

Die Leistung von Laufwerken wird meist mit synthetischen Benchmarks und Kopiervorgängen getestet. Beide Szenarien hängen kaum von der Leistung anderer Systemkomponenten ab, sondern geben 1:1 die Leistung eines Laufwerks wieder. Aber wer findet schon Benchmarks unterhaltsam oder verschiebt tagelang Daten?

Nutzung im Alltag

Spieler spüren die Leistung ihres Massenspeichers am ehesten bei Ladevorgängen – was je nach Spieldesign und -erfolg durchaus störende Ausmaße annimmt, wenn oft Spielstände oder Levellemente vom Laufwerk geladen werden müssen. Um die Lage genauer zu analysieren, haben wir schon in

der PCGH 10/2015 einen umfangreichen Ladezeiten-Test mit sechs Spielen gemacht. Dazu kamen sechs Anwendungsszenarien, die entweder im Verdacht standen, laufwerkslastig zu sein oder aber besonders oft genutzt zu werden. Schließlich nerven auch kurze Ladezeiten, wenn man nur mal schnell in eine Datei gucken wollte.

Nutzung in Tests

Die Ergebnisse der Tests (siehe Heft-DVD) illustrierten leider weniger die Vorteile schneller Laufwerke für Anwender, sondern eher die Vorteile von Benchmarks für Laufwerkstests: Trotz aufwendiger Praxismessungen maßen wir so gut wie keine Unterschiede zwischen SSD und mechanischer Festplatte.

Die Performance in realen Anwendungen und in Spielen wird von derartigen Standardmessungen leider nicht adäquat erfasst, denn sie hängt vom gesamten System ab. So profitieren zwar datenintensive Anwendungen wie Videoschnitt und insbesondere -transcodierung von schnellen Laufwerken, die Framerate in Spielen wird aber ausschließlich von CPU und GPU bestimmt.

PDF auf Heft-DVD

Spiele: Laufwerkeinfluss gering	
Dragons Age Impulsions, Ladezeit „Mittelstufe“ aus Menü	
WD Black 4000ZEX 85ATA.2	16,7 (±1 %)
WD Black 4000ZEX 85ATA.2	16,8 (±1 %)
Crucial MX100 512 GB 85ATA.3	16,9 (±0,4%)
Crucial MX100 512 GB 85ATA.2	16,9 (±0 %)
Battlefield 4 Single Player, Ladezeit Level 1 aus Menü	
Crucial MX100 512 GB 85ATA.3	27,0 (±0 %)
WD Black 4000ZEX 85ATA.2	28,0 (±0 %)
Crucial MX100 512 GB 85ATA.2	28,0 (±0,4%)
WD Black 4000ZEX 85ATA.3	28,1 (±0,4%)
GTA V Singleplay, Ladezeit „Franklin und Lamar“ aus Spiel	
Crucial MX100 512 GB 85ATA.3	16,7 (±0,4%)
WD Black 4000ZEX 85ATA.2	17,0 (±0,4%)
Crucial MX100 512 GB 85ATA.2	17,0 (±0,4%)
WD Black 4000ZEX 85ATA.3	17,0 (±0,4%)
Call of Duty: Advanced Warfare, Ladezeit Level 3 aus Menü	
WD Black 4000ZEX 85ATA.2	17,0 (±0,4%)

Im der PCGH 10/2015 konzentrierten wir uns auf gut und leicht reproduzierbare Messungen. So konnten mehr Szenarien geprüft werden, die Ergebnisse werden aber von Caching dominiert. Den Original-Artikel finden sie auf der Heft-DVD.



Dieses Ergebnis war ebenso unerwartet wie unbefriedigend, spiegelte es doch in keiner Weise die subjektive „SSD-Erfahrung“ wider, von der nahezu alle Anwender berichten. An den Testmustern konnte dies nicht liegen; die theoretischen Tests bescheinigten große Unterschiede sowohl bei der Datentransferrate als auch bei den Zugriffszeiten zwischen Referenz-

renz-SSD und Festplatte. Was war also (klischeehafterweise) bei der Übertragung der Theorie in die Praxis(-Szenarien) schiefgelaufen?

Magisches Caching

Eine erste Spekulation äußerten wir schon im Originalartikel. Von der SSD profitiert hatten die Bootgeschwindigkeit und der Virensan, subjektiv wurde auch beim ersten Start von Programmen nach dem Rechner-Neustart ein Unterschied wahrgenommen. Alle drei Szenarien haben eins gemeinsam: Die Daten müssen frisch vom Massenspeicher gelesen werden. Beim erneuten Laden von Spielen, Anwendungen und insbesondere Spielständen können dagegen Teile der benötigten Ressourcen schon im Arbeitsspeicher vorliegen.

Sogenanntes Caching ist nicht auf spezialisierte SRAM- oder DRAM-Speicher beschränkt, in denen CPUs wichtige Informationen zwischenspeichern oder mit denen langsame Flash-Laufwerke ankommende Daten vor dem Schreibvorgang puffern. Auch Betriebssystem und Anwendungen können den normalen RAM für Caching nutzen.

Diese Ablage von Programmteilen im Arbeitsspeicher wird seit Langem genutzt, um dem Anwender Wartezeiten auf langsame Festplatten zu ersparen. Laufwerkstests werden dadurch aber gestört, denn die Nutzererfahrung lässt sich nur durch händisches Stoppen von Ladezeiten messen. Zufällige Fehler von einigen Zehntelsekunden sind hierbei unvermeidbar. Für einen verlässlichen Mittelwert haben wir deswegen im ersten Test alle Messungen bis zu zehnmal repliziert. Dieses Zugriffsmuster ist etwas realitätsfern und ein Musterszenario für Caching – was bekannt war. Vom Ausmaß der Ladebeschleunigung wurden wir aber überrascht.

Neue Fragestellung

Für die jetzt vorliegenden Messungen haben wir das Testverfahren grundlegend überarbeitet. Leicht reproduzierbare Messungen für einen hochpräzisen Mittelwert standen nicht mehr im Fokus, aber trotz des zusätzlichen Aufwands wurden alle Messungen drei bis sechs Mal repliziert. Die Mittelwerte sind auf $\pm 0,5$ Sekunden verläss-

lich. Dafür konzentrieren wir uns ganz auf die getrennte Erfassung von Laufwerks-Performance und Caching-Einflüssen.

Neues Messverfahren

Hierzu wurde vor jedem Messdurchgang das System vollständig heruntergefahren. Um die Windows-Schnellstart-Modi zu überlisten, nutzen wir hierfür das Tool Poweroff 3.0 von Jorgen Bosman, das auch moderne Windows-Versionen zu einem echten Shut Down zwingt. Nach dem Bootvorgang, dessen Länge wir vom Drücken des Einschaltknopfes bis zum Erscheinen des Desktops protokollieren, starten wir anschließend die Anwendungen wie ein normaler Nutzer. Auch hier wird die Zeit, die vom Auslösen des Startbefehls bis zum Erscheinen des ersten Programmdialogs respektive bis zum Erscheinen des Spiels oder Spielstandes vergeht, von Hand gestoppt. Um den programmübergreifenden Einfluss des Betriebssystems konstant zu halten, sind hierbei nicht nur die Startparameter jeder einzelnen Messung festgelegt, sondern auch deren Reihenfolge vorgeschrieben:

- Bootvorgang
- AS-SSD-Durchlauf
- HD-Tach-Durchlauf
- Excel-Start
- Photoshop-Start
- GTA V Spielstand aus Menü
- GTA V Spielstand aus Spiel
- Battlefield 4 Singleplayer
- Battlefield 4 Multiplayer 1
- Battlefield 4 Multiplayer 2
- Battlefield 4 Multiplayer 1 reload
- Battlefield 4 Multiplayer 2 reload
- Witcher 3 Spielstand aus Menü
- Witcher 3 Spielstand aus Spiel
- Erneuter Start Excel
- Erneuter Start Photoshop
- Battlefield 4 Singleplayer reload
- GTA V Spielstand aus Menü reload
- Witcher 3 reload aus Menü

Jede Störung dieses Ablaufs führte zum Abbruch und zur Wiederholung des gesamten Durchlaufs. Nur so lässt sich verhindern, dass beispielsweise ein Start des Battlefield-Multiplayer-Servers auf der falschen Map neben den folgenden Battlefield-Ladezeiten auch die Größe des für andere Anwendungen zur Verfügung stehenden Caches beeinflusst. Informationen werden nämlich von Windows nur so lange

Synthetische Messungen Zugriffszeit

AS-SSD zufällige Lesezugriffe, Latenz [ms]

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	0,12 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	0,15 (+18 %)
Western Digital Black 6 TB	12,47 (+9.892 %)

AS-SSD zufällige Schreibzugriffe, Latenz [ms]

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	0,05 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	0,05 (+4 %)
Western Digital Black 6 TB	11,38 (+23.510 %)

System: i7-4790K, B85, 2x 8 GiB DDR3-2133, Windows 8.1 **Bemerkungen:** HD-Tach misst kürzere 9,3 ms HDD-Zugriffszeit und 0,1 ms SSD-Zugriffszeit. Reale Zugriffe sind nicht zufällig über das gesamte Laufwerk verteilt, was HDDs zugutekommt.

Millisek.
▲ Besser

Synthetische Messungen Datentransfer

AS-SSD sequenzielle Lesegeschwindigkeit [MB/s]

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	510 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	262 (-49 %)
Western Digital Black 6 TB	195 (-62 %)

AS-SSD sequenzielle Schreibgeschwindigkeit [MB/s]

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	465 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	252 (-46 %)
Western Digital Black 6 TB	193 (-59 %)

HD-Tach long bench durchschnittliche Lesegeschwindigkeit [MB/s]

Western Digital Black 6 TB	210,8
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	208,6
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	148,2

System: i7-4790K, Asus B85 Pro Gamer, 2x 8 GiB DDR3-2133, GTX 980, Windows 8.1 **Bemerkungen:** HD-Tach ist mit SSD-Geschwindigkeiten überfordert, berücksichtigt aber die variable Lesegeschwindigkeit von Festplatten.

MB/s
► Besser

Ladezeiten Spiele

GTA V Singleplayer, Spielstand „Franklin und Lamar“ aus Hauptmenü

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	25,6 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	26,4 (+3 %)
Western Digital Black 6 TB	36,4 (+42 %)

GTA V Singleplayer erneut gestartet, „Franklin und Lamar“ aus Hauptmenü

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	24,9 (Basis)
Western Digital Black 6 TB	25,0 (+0 %)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	25,1 (-1 %)

GTA V Singleplayer, Spielstand „Franklin und Lamar“ aus Spiel

Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	16,6 (-3 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	17,2 (Basis)
Western Digital Black 6 TB	17,6 (+3 %)

Witcher 3, Spielstand „Flieger und Stachelbeeren“ aus Hauptmenü

Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	23,6 (-0 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	23,6 (Basis)
Western Digital Black 6 TB	23,7 (+1 %)

Witcher 3 erneut gestartet, „Flieger und Stachelbeeren“ aus Hauptmenü

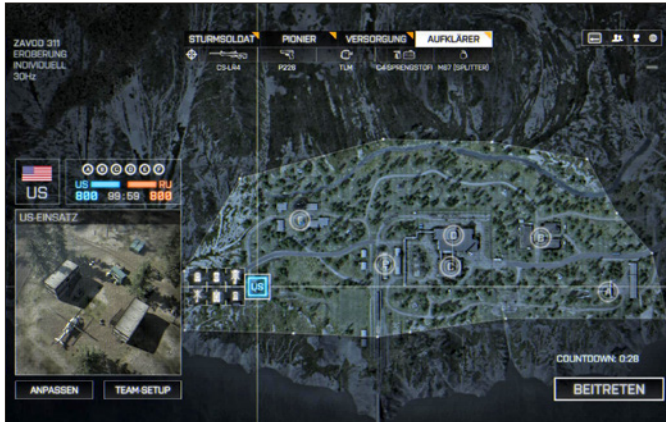
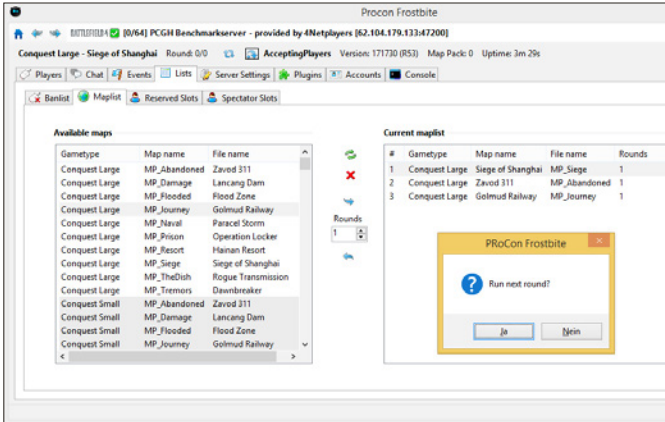
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	23,4 (-1 %)
Western Digital Black 6 TB	23,5 (-0 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	23,5 (Basis)

Witcher 3, Spielstand „Flieger und Stachelbeeren“ aus Hauptmenü

Western Digital Black 6 TB	23,8 (-0 %)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	23,8 (-0 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	23,9 (Basis)

System: i7-4790K, B85, 2x 8 GiB DDR3-2133, GTX 980, Windows 8.1 **Bemerkungen:** Witcher 3 lädt immer gleich schnell; GTA V profitiert beim ersten Ladevorgang von kurzen SSD-Zugriffszeiten. Später sorgen Caching-Algorithmen für Gleichstand.

Sekunden
▲ Besser



So testet PCGH Ladezeiten im Battlefield-4-Multiplayer-Modus

Für präzise Ladezeitmessungen ist Reproduzierbarkeit von höchster Bedeutung. Aber was macht man mit einem Multiplayer-Titel?

„Wer spielt Battlefield schon im Singleplayer-Modus?“, fragten uns einige Leser nach dem letzten Artikel – zu Recht, denn die Antwort lautet „kaum jemand“. Wesentlich beliebter sind die Online-Modi der Multiplayer-Reihe. Schwieriger zu beantworten ist die Frage: „Wie misst man Ladezeiten in Mehrspieler-Titeln?“ Denn Reproduzierbarkeit ist bei Ladezeitmessungen sehr wichtig. Zwischen Messungen mit verschiedenen Komponenten vergeht zwangsläufig Zeit für das Runterfahren und den Umbau des Systems. Testet man zusätzlich auf Caching-Effekte und startet mehrere Programme in fester

Reihenfolge, kommt es zu weiteren Verzögerungen. Der PCGH-Parcours benötigt auf einer Festplatte beispielsweise bis zu zwei Stunden je Durchgang.

Für Singleplayer-Messungen ist dies kein Problem, denn alle Rahmenparameter sind unter Kontrolle des Testers. Selbst nach mehreren Wochen können die Testbedingungen nachgestellt werden, solange einem keine DRM-Mechanismen mit Zwangsupdates in Quere kommen. Die Ladezeiten von Online-Titeln können dagegen von der Internetanbindung und vom Spielverlauf abhängen. Unterschiedliche Spielteilnehmer, gegebenenfalls sogar deren Anbindung, zufällig wechselnde Karten und die Server-Belastung beeinflussen, welche Daten zu welchem Zeitpunkt geladen werden müssen.

Für unsere Tests nutzen wir deswegen einen eigenen Battlefield-4-Server von 4netplayers.de, auf dem sich außer dem Testrechner keine weiteren Nutzer befinden. Mit dem Tool ProCon Frostbite lösen wir von einem zweiten PC manuell Wechsel zwischen drei großen Conquest-Modus-Karten für 64 Spieler aus. Auf „Siege of Shanghai“ folgen „Zavod 311“ und „Golmud Railway“; gemessen wird jeweils die Zeit vom Beginn des Kartenwechsels auf dem Server bis zum Erscheinen der „Beitreten“-Meldung auf dem Client. Die Netzwerk- und damit Internetanbindung bremsen wir dabei auf 10 MBit/s ein; so haben auch größere Lastschwankungen auf der 100-MBit/s-Leitung des Hausnetzwerks keine direkte Auswirkung auf die Verbindungsgeschwindigkeit zwischen Battlefield-4-Client und -Server.

Ladezeiten Battlefield

Singleplayer, Kampagne Level 1 aus Menü

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	31,0 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	31,1 (+0 %)
Western Digital Black 6 TB	56,3 (+81 %)

Singleplayer erneut gestartet, Kampagne Level 1 aus Menü

Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	30,8 (-0 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	30,9 (Basis)
Western Digital Black 6 TB	30,9 (+0 %)

Multiplayer, Wechsel Siege of Shanghai nach Zavod 311

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	25,6 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	25,7 (+1 %)
Western Digital Black 6 TB	47,7 (+86 %)

Multiplayer, Wechsel Zavod 311 nach Golmud Railway

Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	24,9 (-1 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	25,1 (Basis)
Western Digital Black 6 TB	37,6 (+50 %)

Multiplayer, Wechsel Siege of Shanghai nach Zavod 311 (zweite Runde)

Western Digital Black 6 TB	25,3 (-1 %)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	25,5 (-1 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	25,7 (Basis)

Multiplayer, Wechsel Zavod 311 nach Golmud Railway (zweite Runde)

Western Digital Black 6 TB	24,7 (-0 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	24,8 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	24,9 (+0 %)

System: i7-4790K, 2x 8 GiB DDR3-2133, GTX 980, Internetanbindung 10 MBit/s, Windows 8.1 **Bemerkungen:** Zwischen den Single- und Multiplayermessungen wurde Battlefield beendet und neu gestartet. Bei wiederholten Ladevorgängen dominiert Caching.

Sekunden
▲ Besser

im Arbeitsspeicher belassen, wie keine andere Anwendung diesen beansprucht. Jeder Unterschied im Speicherverbrauch durch Absturz eines Spiels verändert die für Caching-Zwecke genutzte Menge des RAMs und gute Caching-Algorithmen berücksichtigen auch die Wiederholung von Ladevorgängen. Schließlich ist es sehr wahrscheinlich, dass eine bereits mehrfach geladene Datei in Zukunft noch einmal benötigt wird.

Testsystem

Auch die Hardwareausstattung haben wir im Vergleich zum ersten Test geändert. So kommt jetzt mit Intels Core i7-4970K eine deutlich schnellere CPU zum Einsatz, praxisrelevante Limitierungen durch die Prozessorleistung sind nicht zu erwarten. Das ebenfalls neue Sockel-1150-Mainboard bietet dank des Intel-B85-PCHs aber weiterhin native SATA-3-GBit/s- und SATA-6-GBit/s-Anschlüsse. Den älteren Standard nutzen wir, um die eigentlich über 500 MB/s liegende Datentransferrate von Crucials

MX-100-SSD künstlich einzubremsen. Je nachdem welchem Benchmark man traut, ist sie so nur noch knapp 30 Prozent schneller oder sogar etwas langsamer als die zum Vergleich herangezogene Western Digital Black, die jetzt in der besonders flotten 6-TB-Variante gegen die SSDs antritt. Möglicherweise stimmt sogar beides – abhängig davon, wie stark die Zugriffsmuster einer Anwendung denen des AS-SSD-Benchmarks oder denen von HD-Tach ähneln.

So oder so gibt die Platzierung der eingebremsten SSD einen Hinweis darauf, ob deren durchgehend niedrige Zugriffszeit oder die stark unterschiedlichen Datentransferaten im Alltag entscheidend sind. Gerne hätten wir dies zusätzlich durch Benchmarks mit zwei Laufwerken im RAID-Modus untermauert; hier wird mit zwei schnellen, aber via SATA-1,5-GBit/s angebundenen Festplatten theoretisch genau die gleiche Bandbreite wie bei einer mit durch SATA-3-GBit/s limitierten SSD erreicht. Leider haben

wir aber kein aktuelles Mainboard gefunden, das eine künstliche Beschränkung der SATA-Geschwindigkeit auf diesen niedrigen Wert erlaubt, und RAID-Betrieb wird auf dem günstigen B85-PCH von Intel prinzipiell nicht unterstützt.

Testergebnisse SSD vs. HDD

Aber auch ohne ein Duell bei exakt gleichem Datendurchsatz erlauben unsere Messungen Rückschlüsse auf die Balance zwischen Transfer rate und Zugriffszeit. So gibt es in keiner Anwendung große Performanceunterschiede, wenn die SSD nur mit 3 GBit/s statt 6 GBit/s angebunden ist. Ladevorgänge von der mechanischen Festplatte mit nicht wesentlich geringerer Transferrate, aber vielfach höherer Zugriffszeit dauern dagegen in fast allen Szenarien spürbar länger. Einzig Witcher 3 kümmert sich herzlich wenig um den verwendeten Massenspeicher und startet von allen Laufwerken gleich schnell.

Für den SSD-Markt bedeutet das: Immer höhere Transferraten dank PCI-Express-Anbindung sind für Endanwender von geringer Bedeutung. Außerhalb von CPU-Limits könnten sich aber die reduzierten Zugriffs latenzen des neuen NVMe-Protokolls positiv auswirken.

Testergebnisse Caching

Diese Aussage gilt wohlgerne nur, wenn auch tatsächlich Zugriffe auf das Laufwerk erfolgen. Unsere Caching-Tests zeigen daher ein komplett anderes Bild und schlagen den Bogen zum letzten HDD-SSD-Vergleich. Auch diesmal messen wir nämlich bei wiederholten Testdurchläufen so gut wie keine Leistungsunterschiede in GTA V, Battlefield 4 und Photoshop.

Wird eine Anwendung erneut gestartet, ein Spielstand aus dem laufenden Spiel heraus geladen oder auf eine bereits zuvor gespielte Map gewechselt, ist die Performance der Massenspeicher jedes Mal zum Verwechseln ähnlich. Das gilt natürlich auch für Witcher 3 – die Ladezeit von rund 23,7 Sekunden ist von der Vorgeschichte genauso unabhängig wie vom Laufwerk. Offensichtlich limitieren andere Aspekte die Leistung. In GTA V verbessert Caching die Performance dagegen spürbar; um fast

ein Drittel sinkt die Ladezeit, wenn wir das Spiel ein zweites Mal starten – und eine Festplatte nutzen. Die SSD verbessert sich dagegen nur um rund eine Sekunde, ehe sie sich bei circa 25 Sekunden Ladezeit mit dem HDD-System auf Augenhöhe trifft. Diese Grenze wird offensichtlich von anderen Komponenten des PCs vorgegeben und kann nur unterschritten werden, wenn man den Spielstand aus einem bereits geladenen Spiel aufruft – in diesem Fall spielt das Speichermedium aber ebenfalls keine Rolle.

Das gleiche Bild beobachten wir im Battlefield-4-Singleplayer-Modus. Ohne Caching ziehen die SSD-Konfigurationen mit 31 Sekunden Ladezeit davon, der Rückstand der Festplatte beträgt sehr deutliche 25 Sekunden beziehungsweise 81 Prozent. Aber sobald die Daten einmal im RAM waren, ist davon nichts mehr zu spüren; SSD und HDD liegen gleichauf. Im Multiplayer greift dieser Effekt sogar graduell. Beim ersten Kartenwechsel hat die Festplatte über 80 Prozent Rückstand, beim zweiten sind es nur noch 50 Prozent. Offensichtlich werden einige Elemente weiterverwendet. Wird die gleiche Karte dann erneut geladen, benötigen alle Konfigurationen um die 25 Sekunden.

Von diesen Beobachtungen gibt es zwei Abweichungen. Die erste ist der Systemstart, bei dem Caching naturgemäß unmöglich ist. Hier zeigt sich auch der größte Abstand zwischen SATA-3- und -6-GBit/s-Anbindung. Die zweite Ausnahme ist Excel, das bereits im ersten Anlauf von allen Laufwerken sehr schnell startet. Vermutlich nutzt Microsoft die Kontrolle über das Betriebssystem und lädt Teile des Programmcodes bereits beim Windows-Start in den Arbeitsspeicher. (tv)

Fazit

Hardware

Geschwindigkeit ist relativ

Sind SSDs schneller als HDDs? Eindeutig. Aber auf einem modernen PC maskieren Anwendungen und Windows die Unterschiede so gekonnt, dass man sie erst bei der Nutzung sehr vieler verschiedener Programme merkt. Startet man nur 1-2 Spiele am Feierabend, ist eine SSD zwar subjektiv schneller, spart objektiv aber nur 1-2 Minuten am Tag.

Ladezeiten Anwendungen

Bootzeit PC-Einschalten bis Desktop

Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	18,3 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	20,3 (+11 %)
Western Digital Black 6 TB	37,6 (+105 %)

Starten von Excel 2013

Western Digital Black 6 TB	1,6 (-3 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	1,7 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	2,5 (+47 %)

Erneutes Starten von Excel 2013

Western Digital Black 6 TB	1,0 (-13 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	1,2 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	1,4 (+25 %)

Starten von Photoshop CC

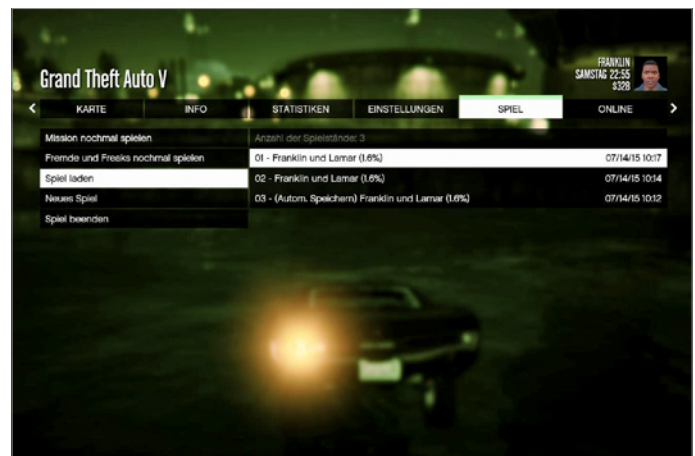
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	4,9 (Basis)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	5,2 (+8 %)
Western Digital Black 6 TB	6,3 (+30 %)

Erneutes Starten von Photoshop CC

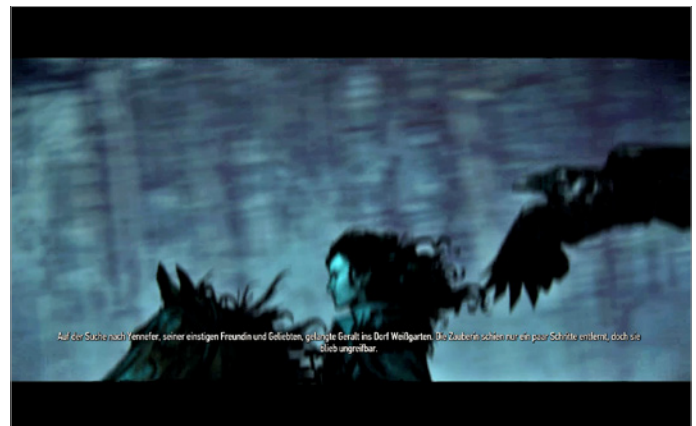
Western Digital Black 6 TB	3,7 (-13 %)
Crucial MX 100, SATA 3 GBit/s	4,0 (-5 %)
Crucial MX 100, SATA 6 GBit/s	4,3 (Basis)

System: i7-4790K, Asus B85 Pro Gamer, 2x 8 GiB DDR3-2133, GTX 980, Windows 8.1
Bemerkungen: Microsoft lädt Teile der hauseigenen Office-Suite beim Systemstart in den RAM. Unmittelbar nach der Installation benötigte Excel noch über 4 Sekunden zum Start.

Sekunden
 ⬇️ Besser



Wer in GTA V in eine ausweglose Situation gerät, freut sich über zügiges Neuladen der Spielwelt aus dem RAM, unbeeinflusst vom genutzten Massenspeicher.



Die Ladebildschirme von Witcher 3 stören einige Spieler, aber weder schnelle Laufwerke noch Caching-Algorithmen haben Einfluss auf die Wartezeit.



Bild: Digital Revolution

Erste Hilfe für Daten

Einmal kurz nicht mitgedacht und die Daten verschwinden durch einen unbeabsichtigten Löschvorgang in das virtuelle Nirwana. Wir überprüfen, wie erfolgreich Datenrettung bei SSDs ist.

Das Betätigungsfeld der Datenrettung ist so alt wie das Speichern von Daten selbst. Denn immer kann etwas Unvorhergesehenes passieren, das in einem Datenverlust resultiert. Wohl dem, der in diesem Fall bereits vorher für ein Backup gesorgt hat. Alle anderen müssen sich an eine Datenrettung heranwagen. Während die Möglichkeiten bei Festplatten inzwischen relativ bekannt sind, herrschen bei SSDs noch Unklarheiten, was die Rettung von Daten angeht.

Bisherige Funktionsweise der Datenrettung

Die klassische Rettung von gelöschten Daten ist überhaupt erst wegen einiger Eigenheiten möglich, die Festplatten wie auch die von den Betriebssystemen verwendeten

Dateisysteme aufweisen. Das Verhalten des Dateisystems ist dabei deutlich wichtiger als das der Festplatte. Neben dem Datenvolumen, das die Partition absteckt, gibt es für selbige immer noch ein Inhaltsverzeichnis, in dem gespeichert wird, welche Blöcke auf dem Datenträger zur Datei gehören. Heutzutage ist das meist der MFT („Master File Table“), der ab Partitionen mit 2 TiB Größe vom GPT („GUID Partition Table“) abgelöst wird.

Wenn im Betriebssystem nun eine Datei gelöscht wird, wäre es eine Zeitverschwendung, die Datei auch auf der Magnetscheibe selbst zu entfernen. Denn bei der Festplatten-Technologie können die immer noch vorhandenen Daten problemlos überschrieben werden, wenn

der Platz erneut benötigt wird. Das nutzt das Betriebssystem aus und entfernt statt der kompletten Datei auf der Festplatte nur den Verweis auf die Datei im Inhaltsverzeichnis der Partition.

Wie Sie hier leicht nachvollziehen können, ist es für eine Datenrettungssoftware recht einfach, die gelöschten Daten wiederherzustellen. Sie muss einfach die Partition durchsuchen, bis sie auf Dateien stößt, die nicht mehr im MFT gelistet sind. Solange jene Bereiche nicht überschrieben wurden, ist die Rettung problemlos möglich, bei teilweise überschriebenen Daten können die Daten vielleicht noch aus dem Kontext wiederhergestellt werden. Anders als oft angenommen, ist es für das sichere

Löschen aber nicht notwendig, eine Festplatte zig Mal zu überschreiben – laut Forensik-Experte Craig Wright reicht ein einziges Mal. Die Chance für das korrekte Wiederherstellen eines einzigen überschriebenen Bits liegt laut seinen Untersuchungen bei 56 Prozent. Mit zunehmender Länge n der überschriebenen und zu rettenden Datensequenz sinkt die Chance exponentiell ab ($0,56^n$). Bei einem Wort mit einem Byte Länge liegt die Wahrscheinlichkeit für eine korrekte vollständige Wiederherstellung bei unter einem Prozent, bei einem Kilobyte ist sie praktisch nicht mehr existent.

Alles anders mit SSDs

SSDs unterscheiden sich dagegen in mehrerlei Hinsicht von Festplat-

ten, was die Möglichkeiten zur Datenrettung stark beeinflusst. Wird auf einer SSD-Partition eine Datei gelöscht, verfährt das Betriebssystem erst mal genauso wie bei einer Festplatte – der Verweis wird aus dem MFT gelöscht. Jedoch ist es bei SSDs damit nicht getan: Die neuen Flash-Speicher sind anders als Festplatten nämlich nicht in der Lage, bereits beschriebene Bereiche einfach mit den aktuellen Daten zu überschreiben. Sollte dies notwendig sein, muss der SSD-Controller die zuvor gespeicherten Daten erst löschen, damit er die neuen Informationen in die Zelle schreiben kann. Das sorgt für eine Verlangsamung der Schreibgeschwindigkeit und will vermieden werden. Da der SSD-Controller aber nicht selbstständig ohne Weiteres erkennen kann, welche Daten gelöscht wurden, kann er diese Löschaufgaben nicht auf eigene Faust vorab erledigen. Dafür wurde der ATA-Befehl Trim eingeführt, mit dem das Betriebssystem dem SSD-Controller mitteilt, welche der Daten gelöscht und damit obsolet sind und folglich aus dem Flash-Speicher entfernt werden dürfen. Anhand dieser Informationen leert der SSD-Controller die entsprechenden Blöcke zu einem für ihn günstigen Zeitpunkt.

Was für die Geschwindigkeit der SSD ein großer Vorteil ist, stellt für die Wiederherstellung von Daten aber ein riesiges Hindernis dar: Denn anders als bei Festplatten müssen die Speicherbereiche nicht erst durch neue Nutzdaten überschrieben werden, um eine Wiederherstellung unmöglich zu machen. Es reicht bereits, dass der Controller die betreffenden Zonen für eine erneute Verwendung vorbereitet. Zwar lässt sich Trim mit den Bordmitteln des Betriebssystems ausschalten, jedoch ist es nach dem Löschen der Daten dafür meist schon zu spät, da die Markierung obsoletter Blöcke auf dem Laufwerk selbst erfolgt.

Je nach SSD-Controller, Last und freiem Speicher auf der SSD kann es zwischen wenigen Sekunden und mehreren Stunden dauern, bis der Controller ein vom Betriebssystem ausgegebenes Trim-Kommando auch in die Tat umsetzt und die Dateien endgültig löscht. Sobald das aber passiert ist, gehen

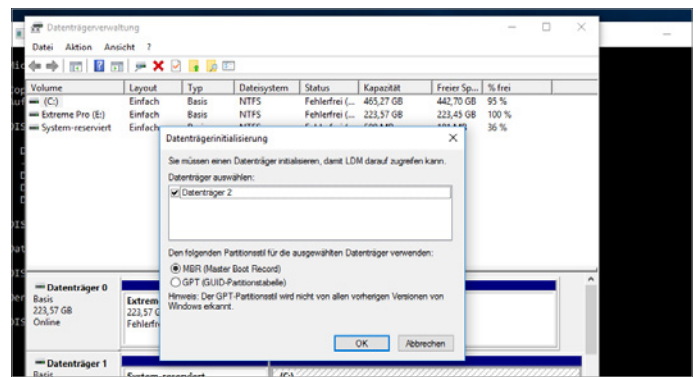
die Chancen, aus den betreffenden Bereichen noch sinnvolle Informationen zu extrahieren, gegen null.

Was tun bei gelöschten Daten?

Sobald Ihnen klar wird, dass Sie gerade etwas gelöscht haben, was Sie eigentlich noch brauchen, sollten Sie zuerst den Computer so schnell wie möglich ausschalten. Denn solange das SSD-Laufwerk nicht mit Strom versorgt wird, kann Trim auch keine Daten löschen. Der Energiesparmodus ist hier nicht ausreichend, der Computer muss wirklich ausgeschaltet sein. Der nächste Schritt besteht aus der Entscheidung, ob Sie die Datenrettung selbst vornehmen wollen oder ob Sie ein darauf spezialisiertes Unternehmen beauftragen. Sollte nicht ein versehentliches Löschen, sondern ein kaputter Controller die Ursache sein, ist Letzteres sogar Ihre einzige Möglichkeit, wieder an die Daten zu kommen.

Datenrettungsfirmen haben wie auch bei Festplatten deutlich mehr Möglichkeiten zur Verfügung, was das Retten von Daten auf Flash-Laufwerken angeht. Notfalls sind sie sogar in der Lage, den verbauten Controller zu umgehen, indem der Chip virtuell nachgebildet, jeder Flash-Chip entlötet und dann einzeln ausgelesen wird. Der Preis für die Diagnose, bei der nur ermittelt wird, ob – und falls ja, welche – Daten gerettet werden können, liegt beim Marktführer Koll Ontrack bei rund 215 Euro im Standardtarif. Als Resultat der Diagnose erhält der Kunde eine Liste mit den Dateien, die gerettet werden könnten, zusammen mit einem Kostenvoranschlag, was die Rettung kosten würde. Die Höhe des Betrages bemisst sich am Aufwand und kann stark schwanken. Ist das Laufwerk verschlüsselt – bei sogenannten SED-Laufwerken („Self encrypting devices“), wie etwa bei Sandforce-Controllern, kann das grundsätzlich der Fall sein –, kann die Wiederherstellung am Controller vorbei sogar unmöglich sein.

Da aber bereits für die Diagnose ein Betrag fällig wird, der die Kosten eines neuen Laufwerks oft übersteigt, dürfte diese Option nur in seltenen Fällen wirklich attraktiv sein. Verlorene Urlaubsfotos



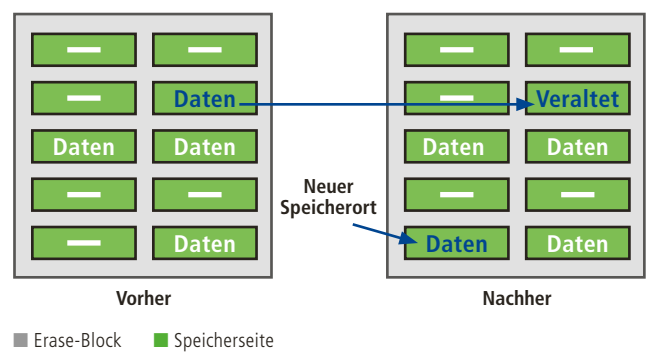
Beim Formatieren eines fabrikneuen Datenträgers legen Sie fest, welche Art von Dateitabelle verwendet werden soll. Diese dient als Inhaltsverzeichnis der Partition.

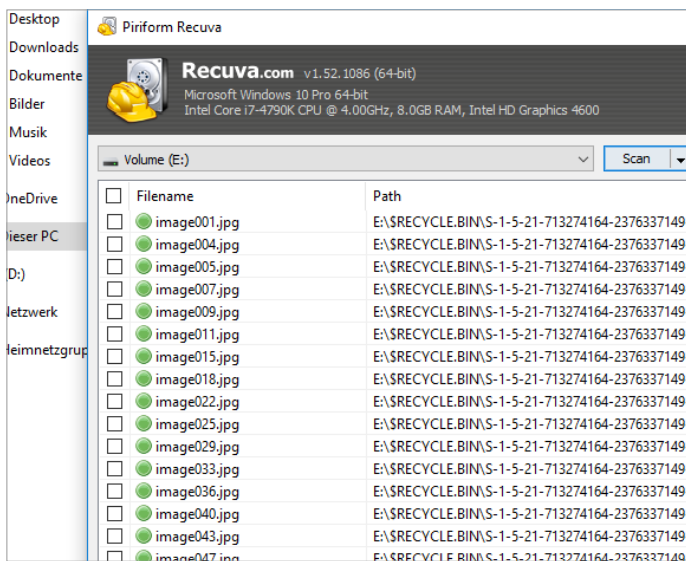
Wear Leveling als Backup?

Auf SSDs gibt es nur eine Kopie einer Datei? Nicht immer – wegen Wear Leveling gibt es eine Datei oft mehrmals.

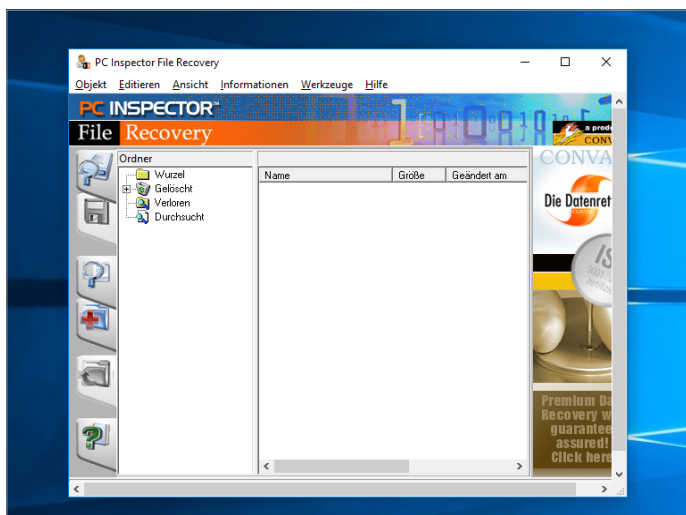
Neben Trim gibt es noch eine zweite Verhaltensweise von SSDs, die man so nicht von Festplatten kennt: das Wear Leveling. Dabei handelt es sich um einen Algorithmus, der darauf achtet, dass alle Speicherzellen auf der SSD möglichst gleichmäßig abgenutzt werden, damit in der logischen Adressierung des Laufwerks weiter vorne gelegene, weit häufiger benötigte Speicherbereiche nicht verschlissen sind, bevor in den Bereichen ganz hinten im Adressbereich überhaupt das erste Bit in eine der Zellen geschrieben wurde.

Das Ganze ist so organisiert, dass Speicherseiten (in der Regel 4.096 Bytes) getrennt gelesen und geschrieben werden können. Das Löschen funktioniert aber nur für eine gemeinsame Gruppe von Speicherseiten, die man als Block (oder auch Erase-Block) bezeichnet. Diese sind meist 128 Speicherseiten (512 KiByte) groß. Füllt eine Datei den gesamten Erase-Block komplett aus, kann der Erase-Block nach dem Löschen dieser Datei vom Laufwerk komplett geleert werden. Wird eine Datei jedoch nur geändert oder befindet sie sich zusammen mit einer anderen im gleichen Erase-Block, sorgt das nur dafür, dass die Speicherseiten der nun geänderten oder gelöschten Datei als veraltet markiert werden. Bei gelöschten Daten reicht das auch aus, geänderte Speicherseiten müssen aber erneut als Kopie gespeichert werden. Das kann im gleichen Erase-Block erfolgen, aber auch anderswo auf der SSD. Komplette gelöschte wird der Erase-Block nach Möglichkeit erst dann, sobald alle in ihm enthaltenen Speicherseiten veraltete Daten enthalten. Damit wird die begrenzte Anzahl von Write-Erase-Zyklen der Zellen bestmöglich ausgenutzt. Dieses Verhalten schont nicht nur den Flash-Speicher, sondern hilft auch bei der Datenrettung, da in den einzelnen Seiten Daten trotz ausgegebenen Trim-Kommandos sehr lange erhalten bleiben können. Jedoch ist es nicht garantiert, dass man als normaler Nutzer auch etwas davon hat: Viele SSDs implementieren die Techniken DRAT oder DZAT, durch welche der Controller beim Abfragen getrimmter Speicherseiten festgelegte Dummy-Daten oder einfach nur Nullen zurückgibt. Ein Datenrettungsunternehmen kann auf diese Bereiche aber durchaus zugreifen und verwertbare Daten auslesen.

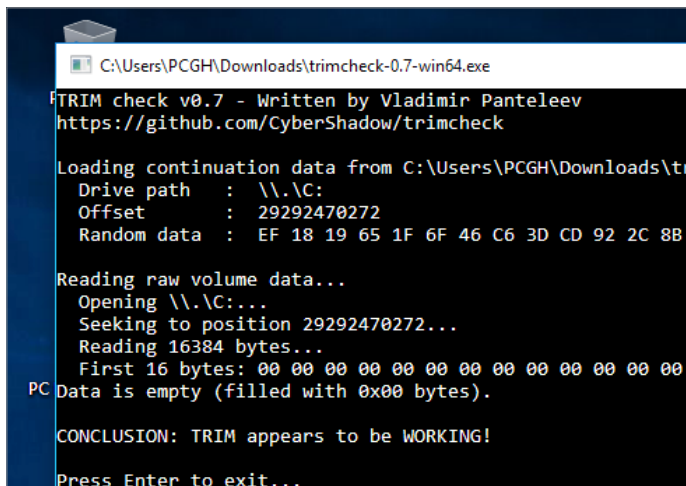




Laut Recuva sind alle Dateien auf unserem Laufwerk in bestem Zustand. Der Schein trügt jedoch: In Wirklichkeit sind wegen Trim bereits alle Bilder nicht wiederherstellbar.



Das alte und kostenlose PC Inspector File Recovery hat sich seit vielen Jahren nicht verändert. Nichtsdestotrotz funktioniert das Programm immer noch.



Mit dem Tool Trimcheck überprüfen Sie, ob Trim funktioniert. Zudem bekommen Sie eine Einschätzung, wie lange es ungefähr dauert, bis die Löschung erfolgt.

sind zwar eine bittere Erfahrung, allerdings wird wohl kaum jemand den Gegenwert eines kompletten Urlaubs investieren, um diese Bilder zu retten. Anders mag das bei einer fast fertigen Diplomarbeit aussehen, die Tage vor dem Abgabetermin plötzlich im Datennirwana verschwindet und kein aktuelles Backup vorhanden ist. Bei weniger wertvollen Daten kann man sich auch selbst an die Rettung heranwagen – allerdings nur mit dem Wissen, dass man die zu rettenden Informationen damit auch für eine professionelle Datenrettung unwiederbringlich zerstören kann.

Selbst Hand anlegen

Sollten Sie sich dafür entscheiden, das Bergen eventuell noch vorhandener Datenreste selbst in Angriff zu nehmen, sollten Sie die zu rettende SSD erst einmal vom Rechner trennen und auf einer anderen Festplatte ein Rettungssystem vorbereiten oder gar ein anderes System verwenden. Als Betriebssystem bietet sich Linux an, da dieses Datenträger problemlos im Nur-Lese-Modus mounten kann. Damit verhindern Sie, dass im Hintergrund vorgenommene Schreibzugriffe eventuell Daten auf der SSD beschädigen. Jedoch verhindert das Einbinden der Laufwerke auf diese Art und Weise nur, dass das Betriebssystem selbst keine Änderungen vornehmen kann: Der Controller selbst kann ungehindert (und partitionsübergreifend) arbeiten und damit auch die durch die Löschung angefallenen Trim-Aufgaben durchführen.

Falls Sie dagegen lieber bei Windows bleiben, ist auch dort ein Read-only-Mount von Laufwerken und Partitionen möglich, wenn auch unüblich. Dazu benutzen Sie das Programm mountvol. Starten Sie eine Eingabeaufforderung mit Administratorrechten und geben Sie anschließend den Befehl

```
mountvol /n
```

ein. Dieser verhindert, dass neu angeschlossene Laufwerke eingebunden werden. Nun können Sie das zu untersuchende Laufwerk mit dem System verbinden. Mit dem Parameter /e machen Sie den Befehl wieder rückgängig. Auf unserer Windows-10-Installation

funkionierte das Ausschalten von Automount nur unzuverlässig. Sollte wider Erwarten das Laufwerk eingebunden werden, können Sie es mit

```
mountvol X: /d
```

aushängen, wobei X den Laufwerksbuchstaben darstellt. Alternativ öffnen Sie die Datenträgerverwaltung, rechtsklicken die Partition und wählen den Punkt „Laufwerksbuchstaben und -pfade ändern“. Im folgenden Dialog klicken Sie auf „Entfernen“ und bestätigen die Auswahl.

Der nächste Schritt ist das schreibgeschützte Einbinden des Volumes durch diskpart. Das erledigen Sie im Konsolenfenster, indem Sie mit

```
diskpart
```

das Windows-Programm aufrufen. Nun geben Sie in diskpart nacheinander folgende Befehle ein:

```
list volume
select Volume x
att vol set readonly
```

„Volume x“ steht dabei für die Partition, die Sie schreibgeschützt einbinden wollen. Falls Sie die Nummer des Volumes nicht kennen, können Sie alle Partitionen mit „list volume“ auflisten. Der letzte Befehl der Auflistung markiert das Laufwerk beziehungsweise die Partition als schreibgeschützt. Am Schluss hängen Sie die Partition per mountvol oder Datenträgerverwaltung wieder in das System ein. Beim Schreibschutz unter Windows besteht jedoch ein großer Unterschied zum Read-only-Mount in Linux: Während sich Letzterer nur auf die aktuelle Maschine und den aktuellen Vorgang bezieht, ändert Windows das Read-only-Attribut der Partition selbst, was bedeutet, dass dabei Daten auf das Laufwerk geschrieben werden und die Partition auch nach einem Neustart oder dem Einbau in ein anderes System nicht wieder beschreibbar ist. Der Schreibschutz kann mit

```
attr vol clear readonly
```

für das betreffende Volume aufgehoben werden. Natürlich können Sie auch komplett auf den Schreib-

schutz verzichten. Dann riskieren Sie allerdings, dass das Betriebssystem oder Programme auf das Laufwerk schreiben.

Datenrettungssoftware

Für das Aufspüren der gelöschten Daten bieten sich diverse Programme an, viele davon sind sogar kostenlos. Die bekanntesten kostenlosen Produkte sind das kaum weiterentwickelte PC Inspector File Recovery von Convar sowie Recuva vom Entwickler Piriform, der vielen wegen des beliebten Tools Ccleaner bekannt sein dürfte. Daneben gibt es noch diverse kostenpflichtige Programme, die angesichts des kurzen Reaktionsfensters bei gelöschten Daten auf SSDs keine nennenswerten Vorteile bieten können. Recuva besitzt im Vergleich zum PC Inspector File Recovery eine übersichtlichere Oberfläche. Zudem muss PC Inspector File Recovery manuell mit Adminrechten gestartet werden, da ansonsten keine logischen Laufwerke gefunden werden.

Für einige Praxistests haben wir einige zufällig ausgewählte SSDs mit unserem System verbunden und eine leere, die komplette Kapazität auszunutzende Partition erstellt. Unsere Testdaten bestehen aus 2.500 Bildern, die wir auf das Laufwerk kopieren und löschen. Nachdem wir den Papierkorb geleert haben, starten wir mit den Datenrettungswerkzeugen sofort einen Suchdurchgang. Hier stellt sich heraus, dass es keinen großen Unterschied macht, welche Datenrettungssoftware wir verwenden: Sowohl PC Inspector File Recovery als auch Recuva schaffen es ohne Weiteres, eventuell noch vorhandene Daten wiederherzustellen, sofern die SSD das zulässt. Jedoch sollte man dabei nicht zu viel auf die Zustandsanzeige für die einzelnen Dateien geben. So wurden uns mehrere bereits gelöschte Dateien als „good“ angezeigt beziehungsweise, dass keine Überschreibungen gefunden werden konnten. Erst beim Anzeigen der Voransicht und auch nach dem Wiederherstellen der Daten zeigte sich, dass es sich bei den geretteten Daten um leere Dateihüllen ohne Inhalt handelte. Verglichen mit den Tools hat die SSD einen weit größeren Einfluss auf den Erfolg: Der größte Teil der von uns getesteten

Laufwerke trimmt unseren Erfahrungen zufolge sofort nach dem Löschen der Daten. Wenn wir in Recuva in kurzen Abständen erneute Scans durchführen, können wir praktisch live verfolgen, wie die Dateien nach und nach verschwinden. In der Praxis dürfte man in dieser Zeit gerade so realisiert haben, dass man soeben einen Fehler gemacht hat. Für das Herunterladen eines Datenrettungsprogramms oder gar das Wiederherstellen reicht die Zeit definitiv nicht aus.

Aber es gibt auch Ausnahmen: Einige Laufwerke löschen nur einen kleinen Teil der Daten sofort, der Rest war auch eine Stunde nach dem Leeren des Papierkorbs noch wiederherstellbar. Die Inhalte auf anderen SSDs konnten wir dagegen selbst eine Stunde nach dem Löschen vollständig wiederherstellen. Mit etwas Glück ist es also durchaus möglich, noch etwas vorzufinden. Darauf verlassen sollte man sich nicht. Eine Möglichkeit zum drastischen Steigern der Chancen bei einer Wiederherstellung ist das Deaktivieren von Trim, was aber vor dem Löschen geschehen muss. Falls Sie die Möglichkeit in Betracht ziehen wollen, deaktivieren Sie Trim unter Windows mit dem Befehl

```
fsutil behavior set disabledeletenotify 1
```

Wenn Sie die Eins mit einer Null ersetzen, machen Sie den Befehl wieder rückgängig. Beachten Sie aber, dass das Deaktivieren von Trim die Leistung sowie die Haltbarkeit des Laufwerks negativ beeinflusst. Wesentlich einfacher und mit weniger Nachteilen behaftet ist dagegen das automatische Anlegen von Backups. Diese helfen auch dann, wenn die SSD kaputt geht. (rs)

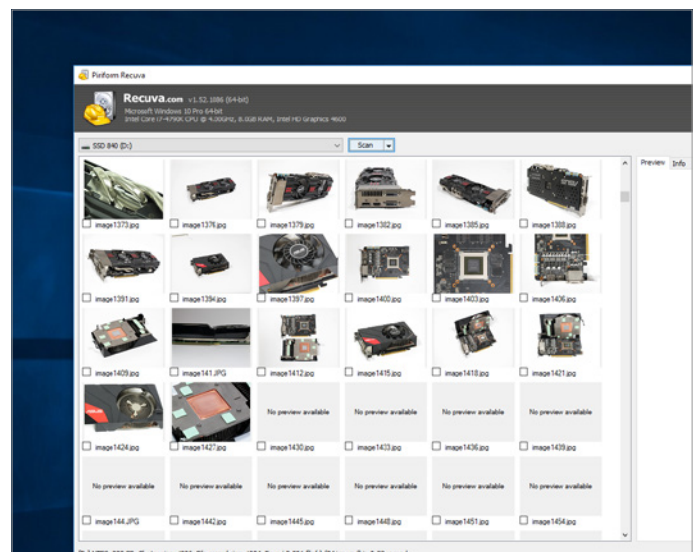
Fazit

Möglich, aber nicht garantiert

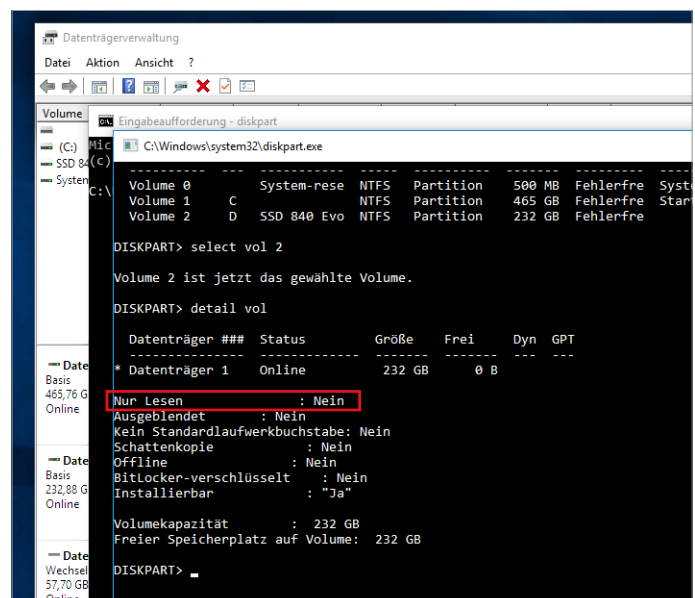
Sobald Sie feststellen, dass Sie noch benötigte und auf SSDs gespeicherte Daten gelöscht haben, sollten Sie keine Sekunde ungenutzt lassen. Wegen Trim können die Daten bereits nach Sekunden verschwunden sein, was vor allem auf Samsung- und Sandforce-Kontrollern zutreffen scheint. Andere Laufwerke lassen sich dagegen Zeit.

Datenrettung auf SSD – Stichproben

SSD	Zustand der gelöschten Daten
Samsung SSD 840 (250 GB)	Daten Sekunden nach dem Löschen verschwunden und nicht wiederherstellbar
OCZ Vector 150 (240 GB)	Daten auch nach einer Stunde noch vollständig erhalten
Crucial MX200 (500 GB)	Wenige Bilder sofort gelöscht, restliche Daten auch nach einer Stunde noch erhalten
SSD 850 Pro (1.024 GB)	Daten Sekunden nach dem Löschen verschwunden und nicht wiederherstellbar
Kingston SSD Now V300 (128 GB)	Daten Sekunden nach dem Löschen verschwunden und nicht wiederherstellbar
Sandisk Extreme Pro (240 GB)	Daten Sekunden nach dem Löschen verschwunden und nicht wiederherstellbar
Intel SSD 510 (120 GB)	Daten Sekunden nach dem Löschen verschwunden und nicht wiederherstellbar



Bereits nach dem Einlesen einiger weniger Vorschaubilder löscht der Controller der SSD 840 Evo die getrimmten Daten. Für die Datenrettung selbst bleibt keine Zeit.



Ob eine Partition oder ein Laufwerk schreibgeschützt ist, finden Sie heraus, indem Sie in diskpart das Volume auswählen und den Befehl „detail vol“ eingeben.

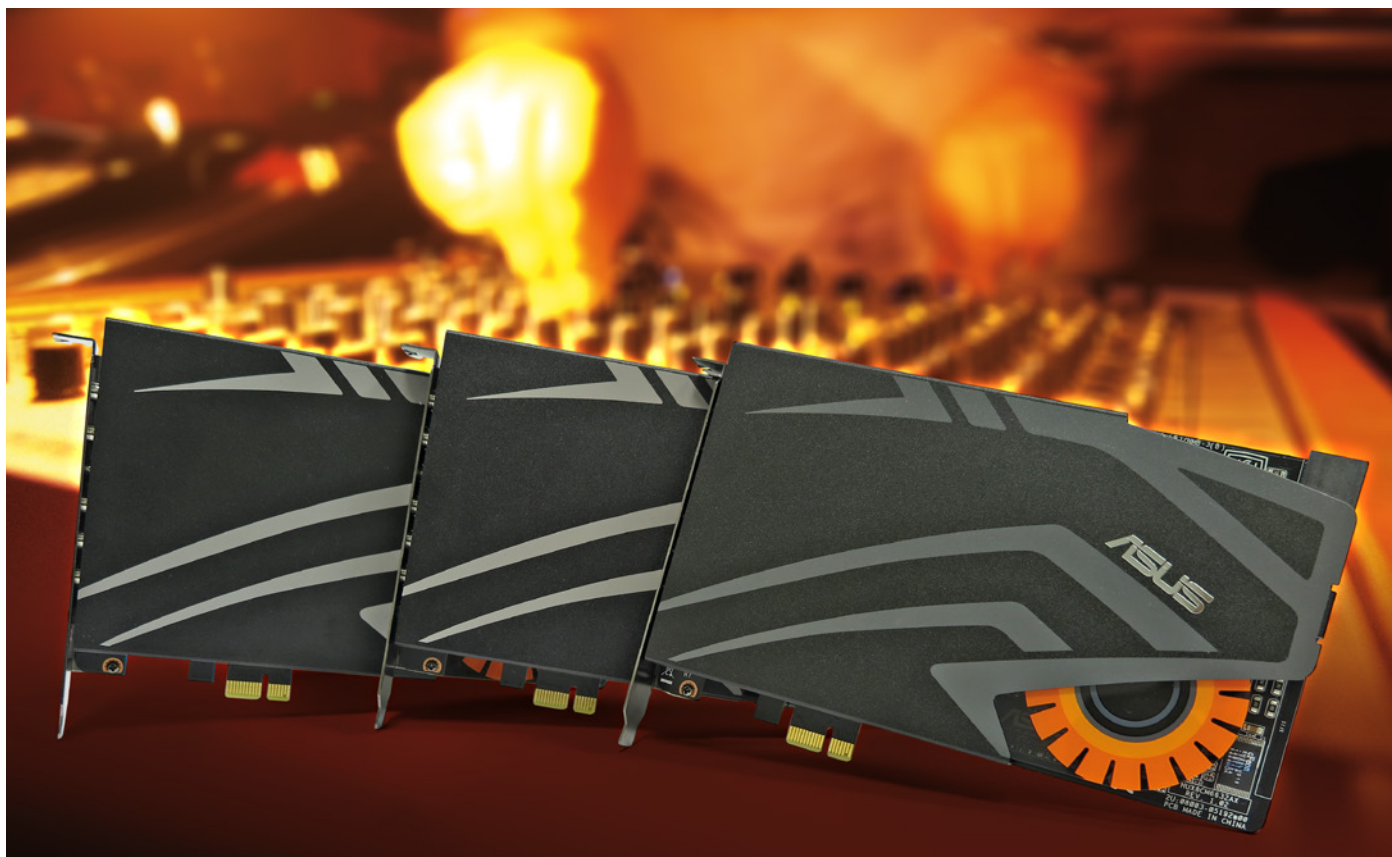


Bild: Audbox

Ein Trio singt Duett

Mit Strix Soar, Strix Raid Pro und Strix Raid DLX erweitert Asus das Angebot von Soundkarten um drei neue Modelle mit Spielefokus. Soar und Raid Pro sind allerdings technisch identisch.

Mit Strix Soar, Strix Raid Pro und Strix Raid bringt Asus drei neue Soundkarten auf den Markt – doch halt, eigentlich handelt es sich um nur zwei neue Klangbretter, denn die Modelle Soar und Raid Pro nutzen die gleiche tonangebende Hardware. Bei der Raid Pro ist lediglich die Tischfernbedienung mit dem namensgebenden Raid-Button mit enthalten. Auf diesen lassen sich vier verschiedene Funktionen legen, darunter beispielsweise die Bassverstärkung oder die Surround-Virtualisierung, und dann mittels Drehregler anpassen. Diese Tischbox fehlt beim Einstiegsmodell Soar, das sich ansonsten nicht von der Raid Pro unterscheidet, dafür allerdings knapp 50 Euro günstiger angeboten wird. Auch die Raid DLX kommt mit Fern-

bedienung und Raid-Knöpfchen, unterscheidet sich aber auch technisch und klanglich recht deutlich von Soar und Raid Pro. Die Bezeichnung der drei Soundkarten wird also stark von der Dreingabe der Raid-Fernbedienung und weniger von der eigentlich klangrelevanten Hardware auf dem PCB hergeleitet. Wir halten die Namensgebung für potenziell missverständlich, zudem sehen sich selbst die technisch unterschiedlichen Karten Raid DLX und Soar äußerlich zum Verwechseln ähnlich. Achten Sie im Falle eines Kaufs also darauf, die richtige Karte auszuwählen! Falls Sie gedenken, den Digitalausgang zu nutzen, sollten Sie beachten, dass keine der drei Soundkarten die Standards Dolby Digital Live oder DTS Connect unterstützt –

wichtig für die Kodierung eines digitalen Surround-Signals. Wenn Sie beispielsweise planen, in naher Zukunft in Dolby Atmos und ein entsprechendes Surround-System zu investieren, sollten Sie sich besser nach einer anderen Soundkarte umsehen.

Asus Strix Raid DLX: Klangstarke Soundkarte für Spieler. Die Raid DLX ist das Spitzenmodell der neuen Strix-Serie. Sie soll Spieler und Audiofans in höchstem Maße zufriedenstellen und setzt dazu auf den DAC ESS Sabre32 9016, der mit 124 dB für sowohl Kopfhörer- als auch Frontausgang einen sehr hohen Rauschabstand bietet und theoretisch acht Audiosignale mit bis zu 32 Bit und 384 kHz wiedergeben kann. Allerdings gibt die

Raid DLX maximal 24 Bit bei 192 kHz aus. Das ist natürlich etwas un schön, in der Praxis aber kaum von Belang, da sich erstens nur recht wenig entsprechendes Audiomaterial finden lässt und zweitens die Qualitätszunahme bei so hohen Bit- und Abtastraten gering ausfällt, auch wenn eine höhere Auflösung tendenziell kleinere Vorteile bringen kann. Der qualitativ hochwertige Digitalwandler verfügt zudem über einen patentierten „Time Domain Jitter Eliminator“, der Taktzittern reduzieren und dem Klang so zu mehr Klarheit verhelfen soll – anders als der Name suggeriert, lässt sich Jitter auf diese Weise allerdings nicht vollständig vermeiden. Für den Line-in/Mikrofoneingang ist ein Cirrus Logic CS5381-KZZ Analog-zu-Digitalwandler verbaut.

Ein Blick auf Asus' Soundkarten-Software Sonic Studio

Das Sonic Studio ist die neue Nutzeroberfläche für Asus-Soundkarten und zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass praktisch alle Funktionen in einem Fenster angezeigt werden können.

Im Sonic Studio finden Sie fast alle Optionen in einem einzelnen Fenster. Hier lassen sich die Aufnahme- und Wiedergabequelle wählen und Bit- sowie Abtastrate festlegen. Einige zusätzliche Optionen verstecken sich in Untermenüs oder müssen per Rechtsklick aufgerufen werden, beispielsweise die Vorverstärkung für Kopfhörer. Die Oberfläche wirkt dadurch für unser Empfinden ein wenig überladen und verschachtelt. Für die Anpassung des Klangs steht unter anderem ein guter 10-Band-Equalizer zur Verfügung, zusätzlich kann ein variabler Bassboost sowie eine Stimmverbesserung zugeschaltet werden. Mit dem Kompressor können Sie auf Wunsch den Dynamikumfang reduzieren und Lautstärkeschwankungen ausgleichen. Außerdem können Sie hier den virtuellen Surround zuschalten, mit drei verschiedenen Profilen lässt sich die Betonung nach vorne, hinten oder in die Mitte legen. Unser subjektiver Eindruck des virtuellen Surrounds über Kopfhörer ist gut, der dreidimensionale Effekt aber nicht deutlich besser als bei der älteren Asus-Soundkarte mit Gaming-Fokus, der Asus Xonar Phoebe. Die Hall-Effekte sind noch ein Überbleibsel aus frühen EAX-Zeiten und keine wirkliche Neuerung, lassen sich aber immerhin in ihrer Intensität konfigurieren.

Mit dem Strix-Raid-Mode können Sie Bassboost, virtuellen Surround, Equalizer oder die Aufnahmelautstärke auf die Raid-Fernbedienung legen. Mit einem Klick auf den Raid-Button kann dann die ausgewählte Option direkt an der Fernbedienung verstellt werden. Praktisch ist das vor allem beim Bassboost und der Aufnahmelautstärke, ein Klick auf den Drehregler schaltet hier zudem die Aufnahme stumm beziehungsweise den Bassboost aus. Ist der Raid-Button deaktiviert, lässt sich mit der Fernbedienung



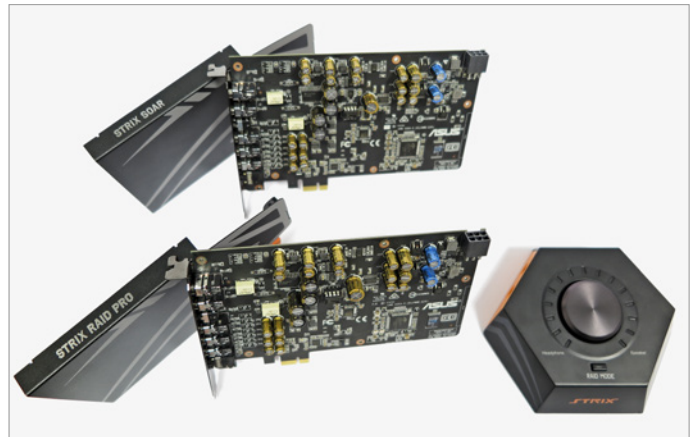
die Lautstärke regeln, mit einem Klick die Mute-Funktion aktivieren. Der Surround-Sound sowie der Equalizer sind leider nur beschränkt mit der Fernbedienung nutzbar. Leider ist immer nur eine Funktion neben der Lautstärke regelbar, obwohl die Raid-Tischbox groß ausfällt und reichlich Raum für weitere Knöpfe bieten würde. Dass die Fernbedienung tatsächlich so wichtig ausfällt, dass durch sie der Name der Soundkarten diktiert wird, erscheint uns ein wenig zweifelhaft.

Auf dem PCB finden sich zudem drei wechselbare LME49720NA-Operationsverstärker von Texas Instruments, die Fans von Op-Amp-Rolling eine Möglichkeit geben, den Klang der Karte zu individualisieren. Um diese angeordnet sind acht knallrote Wima-Folienkondensatoren, ergänzt werden diese durch Nichicon-„Fine Gold“-sowie sehr hitzebeständige blaue Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren der KT-Serie. Gleich zwei LME49600 Kopfhörerverstärker von Texas Instruments treiben den entsprechenden Ausgang kräftig an, versorgt wird das Tandem von vier Nichicon Muses-Elkos. Neben den Kondensatoren setzt Asus wie gewohnt auf eine zusätzliche Absicherung von Spannungsschwankungen mittels eines 6-Pol-Stromanschlusses.

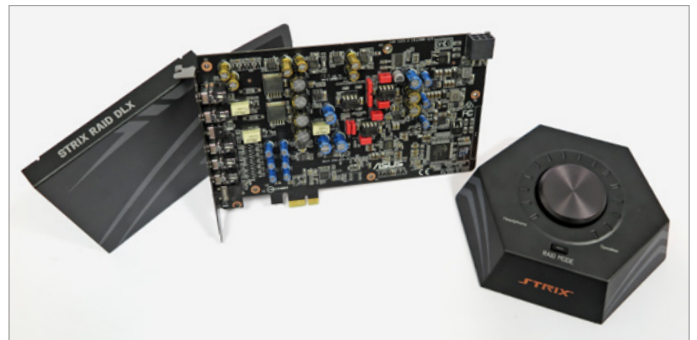
Klanglich bewegt sich die Raid DLX auf hohem Niveau: Sie bietet ein sehr ausgeglichenes, detailliertes und lebendiges Klangbild und entfaltet bei entsprechend hochwertigen Kopfhörern oder Lautsprechern eine beeindruckende Räumlichkeit. Einzelne Klänge lassen sich aufgrunddessen sehr präzise orten. Klare, differenzierte

Höhen, ein knackiger, straffer Bass und ein harmonischer Mittelton sorgen für einen transparenten, analytischen Höreindruck, keine Frequenz tritt auffällig hervor oder geht im Klangbild unter.

Mit diesen Klangeigenschaften ähnelt die Strix Raid DLX stark der bisherigen High-End-Soundkarte Asus Xonar STX II, allerdings hat letztere noch immer ihre Existenzberechtigung: Die STX II klingt noch einen Tick dynamischer, zudem besitzt sie eine kräftigere Verstärkung für den Kopfhörerausgang. Wir messen mit einer Sinus-Kurve von 20 bis 20.000 Hz und einer Amplitude von 1,0 maximal rund 560 mA am Kopfhörerausgang der Raid DLX. bei der STX II sind es 800 mA. Wenn Sie also schwierig anzutreibende Hi-Fi-Kopfhörer besitzen, die sehr viel Leistung benötigen und Sie auf die erweiterten Software-Features der Strix-Soundkarten verzichten können, würden wir die STX II der Strix Raid DLX vorziehen. Für die allermeisten Kopfhörer liefert die Raid DLX allerdings reichlich Leistung und auch typische sowie hochwertige Headsets sind ein Klacks für das Strix-Top-Modell.



Strix Soar und Strix Raid Pro unterscheiden sich technisch nicht. Nur die Tischfernbedienung kommt bei der Raid Pro hinzu. Dafür erscheint uns der Aufpreis etwas hoch.



Anders als es die Namensgebung vermuten ließe, unterscheidet sich die Raid DLX technisch recht deutlich von der Raid Pro – Interessenten müssen hier aufpassen!

Asus Strix Raid Pro und Soar: Gut klingende Zwillinge. Die beiden technisch identischen Soundkarten Strix Soar und Strix Raid Pro setzen wie die Raid DLX auf einen DAC von ESS. Hier handelt es sich allerdings um die Budget-Variante ESS 9006AS. Auch hier stehen maximal 24 Bit bei 192 kHz zur Verfügung, dies markiert allerdings auch die maximale Bit- und Samplingrate des DACs. Außerdem findet sich nur ein einzelner gesockelter LME49720NA-Operationsverstärker auf dem PCB, dazu fehlen die Wima- sowie alle bis auf zwei Nichicon-KT-Kondensatoren. Für den Kopfhörerverstärker Texas Instruments TPA6120A stehen aber auch hier vier Muses-Elkos zur Verfügung. Leider liefert der Kopfhörerausgang nur recht wenig Leistung, wir messen lediglich 60 mA und das bei maximaler Verstärkung. Das ist zu wenig für anspruchsvolle Kopfhörer: Unser bekanntermaßen recht leistungshungriger AKG Q-701 Referenz-

hörer wird nicht ausreichend angetrieben, das Klangbild leidet bereits recht deutlich. Für weniger schwierig zu befeuernde Geräte oder Headsets ist die Leistung aber zumindest ordentlich. Klanglich kann die kleine Strix mit ihrem detailreichen, klaren und differenzierten Sound ansonsten aber auch anspruchsvolle Hörer überzeugen. Für 90 Euro ist die Strix Soar ein faires Angebot, wenn Sie Wert auf guten, ausgewogenen Klang sowie gute Spiele-Features legen. (pr)

Fazit

Die neuen Asus-Soundkarten

Besonders für Spieler sind die Strix-Soundkarten interessant. Die Soar ist eine gute Einsteiger-Soundkarte, für anspruchsvolle Kopfhörer ist sie aber zu schwach. Die Raid DLX schlägt sich in dieser Kategorie deutlich besser. Die Raid-Fernbedienung ist praktisch, 50 Euro Preisaufschlag von Soar zu Raid Pro nur dafür ist aber etwas happig.



Mit Sonic Radar Pro kann eine Anzeige aktiviert werden, die optisch unterlegt, aus welcher Richtung bestimmte Klänge beziehungsweise Frequenzen kommen.



Dies funktioniert in der Praxis relativ gut, auch mit virtuellem Surround. Jedoch befanden wir es für intuitiver, unseren Ohren die Ortung von Klängen zu überlassen.

SOUNDKARTEN Auszug aus Testtabelle mit 17 Wertungskriterien			
Produkt	Strix Raid DLX	Strix Raid Pro	Strix Soar
Hersteller	Asus (http://www.asus.com/de/)	Asus (http://www.asus.com/de/)	Asus (http://www.asus.com/de/)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. 200 Euro/gut	Ca. 140 Euro/befriedigend	Ca. 90 Euro/gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1326584	www.pcgh.de/preis/1326531	www.pcgh.de/preis/1326618
Art	Interne Soundkarte	Interne Soundkarte	Interne Soundkarte
Kanäle/Abtastrate/Rauschabstand	Bis 7.1/24 Bit bei 192 kHz/SNR: 124 dB (Headphone-Out)	Bis 7.1/24 Bit bei 192 kHz/SNR: 110 dB (Headphone-Out)	Bis 7.1/24 Bit bei 192 kHz/SNR: 110 dB (Headphone-Out)
Ausstattung (20 %)	1,58	1,58	2,25
Anschlüsse	3,5-mm-Mic/Line-In; 4 x 3,5-mm-Klinkenausgänge (Kopfhörer, Front, Rear, Center), 1 x Toslink/Klinkenkombi (Digitalausgang, Side), 1 x Box Link; 6-Pol-Stromanschluss	3,5-mm-Mic/Line-In; 4 x 3,5-mm-Klinkenausgänge (Kopfhörer, Front, Rear, Center), 1 x Toslink/Klinkenkombi (Digitalausgang, Side), 1 x Box Link; 6-Pol-Stromanschluss	3,5-mm-Mic/Line-In; 4 x 3,5-mm-Klinkenausgänge (Kopfhörer, Front, Rear, Center), 1 x Toslink/Klinkenkombi (Digitalausgang, Side), 1 x Box Link; 6-Pol-Stromanschluss
Adapter/Zubehör	3,5-mm-Toslink-Adapter	3,5-mm-Toslink-Adapter	3,5-mm-Toslink-Adapter
Besonderheiten	EMI-Shield, 600-Ohm-Kopfhörerverstärker (LME 49600), Tischbox mit programmierbarer Raid-Funktion (Aufnahmelautstärke, Equalizer, Bassboost, Surround)	EMI-Shield, 600-Ohm-Kopfhörerverstärker (TPA6120A2), Tischbox mit programmierbarer Raid-Funktion (Aufnahmelautstärke, Equalizer, Bassboost, Surround)	EMI-Shield, 600-Ohm-Kopfhörerverstärker (TPA6120A2)
Eigenschaften (20 %)	1,94	1,94	2,06
Auffälligkeiten/Treiber	Keine Probleme; Menü skaliert nicht mit der Desktop-Auflösung, wohl aber mittels Windows-Skalierungsregler (Anzeigeoptionen)	Keine Probleme; Menü skaliert nicht mit der Desktop-Auflösung, wohl aber mittels Windows-Skalierungsregler (Anzeigeoptionen)	Keine Probleme; Menü skaliert nicht mit der Desktop-Auflösung, wohl aber mittels Windows-Skalierungsregler (Anzeigeoptionen)
Einstellungselemente logisch angeordnet?	Alle Funktionen gut zugänglich; Menü etwas überladen; einige Optionen praktisch per Raid-Fernbedienung regelbar	Alle Funktionen gut zugänglich; Menü etwas überladen; einige Optionen praktisch per Raid-Fernbedienung regelbar	Alle Funktionen mit Ausnahme von dem Sonic Radar in einem einzelnen Fenster und gut zugänglich; Menü etwas überladen
Dolby Digital Live/DTS Connect	Nein/nein	Nein/nein	Nein/nein
Leistung (60 %)	1,55	1,65	1,65
Hochtonbereich	Sehr gut aufgelöster und dynamischer Hochtonbereich; spritzig, ohne dabei hart zu wirken	Sehr lebendiger, klarer Hochton mit sehr guter Detailabbildung	Sehr lebendiger, klarer Hochton mit sehr guter Detailabbildung
Mittenbereich und Stimmwiedergabe	Sehr harmonischer, feiner und unverfärbter Mittenbereich; präsen- und natürliche Stimmwiedergabe	Ausgewogen mit sehr guter und authentischer Stimmwiedergabe; minimale Schwächen bei der Detailabbildung	Ausgewogen mit sehr guter und authentischer Stimmwiedergabe; minimale Schwächen bei der Detailabbildung
Tiefenbereich	Knackige, straffe Bässe; keine Tiefenbetonung	Schneller und knackiger Bass ohne Betonung	Schneller und knackiger Bass ohne Betonung
Räumlichkeit	Exakte Ortung dank sehr guter Räumlichkeit und feiner Detailabbildung sowie hoher Präzision	Sehr gute Ortung und hohe Räumlichkeit; etwas geringere Präzision und Bühne als Strix Raid DLX	Sehr gute Ortung und hohe Räumlichkeit; etwas geringere Präzision und Bühne als Strix Raid DLX
Spielleistung	Sehr gute Software mit vielen Spiele-Features; speicherbare Profile, Sonic Radar und gute Surround-Virtualisierung	Sehr gute Software mit vielen Spiele-Features, speicherbare Profile, Sonic Radar und gute Surround-Virtualisierung	Sehr gute Software mit vielen Spiele-Features, speicherbare Profile, Sonic Radar und gute Surround-Virtualisierung
FAZIT	- Sehr detaillierter Klang mit hoher Räumlichkeit - Praktische Raid-Fernbedienung - Leistungsfähiger Kopfhörerverstärker	- Detaillierter und ausgewogener Klang - Praktische Raid-Tischfernbedienung - Aufpreis gegenüber Strix Soar; etwas wenig Leistung	- Detaillierter und ausgewogener Klang - Gutes Preis-/Leistungs-Verhältnis - Kopfhörerverstärker könnte mehr Leistung liefern
	Wertung: 1,63	Wertung: 1,69	Wertung: 1,85

4NETPLAYERS

● Gameserver ● Teamspeak-Server ●



BATTLEFIELD 4 SERVER



TRAFFIC-FLATRATE

BIS ZU 64 SPIELER IM MULTIPLAYER

OFFIZIELLER EA-PARTNER

HIGH-END-HARDWARE FÜR BESTEN PING

AB 10,57 €/MONAT

Landwirtschafts- Simulator 15 SERVER



TRAFFIC-FLATRATE

EIGENER DEDICATED SERVER

ÜBER 40 FAHRZEUGE, INKL. ALLER DLC'S

BIS 4GB SPEICHER VERFÜGBAR

AB 3,23 €/MONAT

teamspeak 3 SERVER



BIS 500 SLOTS MÖGLICH

OFFIZIELLER ATHP-HOSTER

SERVER SOFORT ONLINE

INKL. TS3MUSICBOT FÜR MUSIK

AB 3,39 €/MONAT

WWW.4NETPLAYERS.DE

Ein Produkt der **compuTEC**
MEDIA

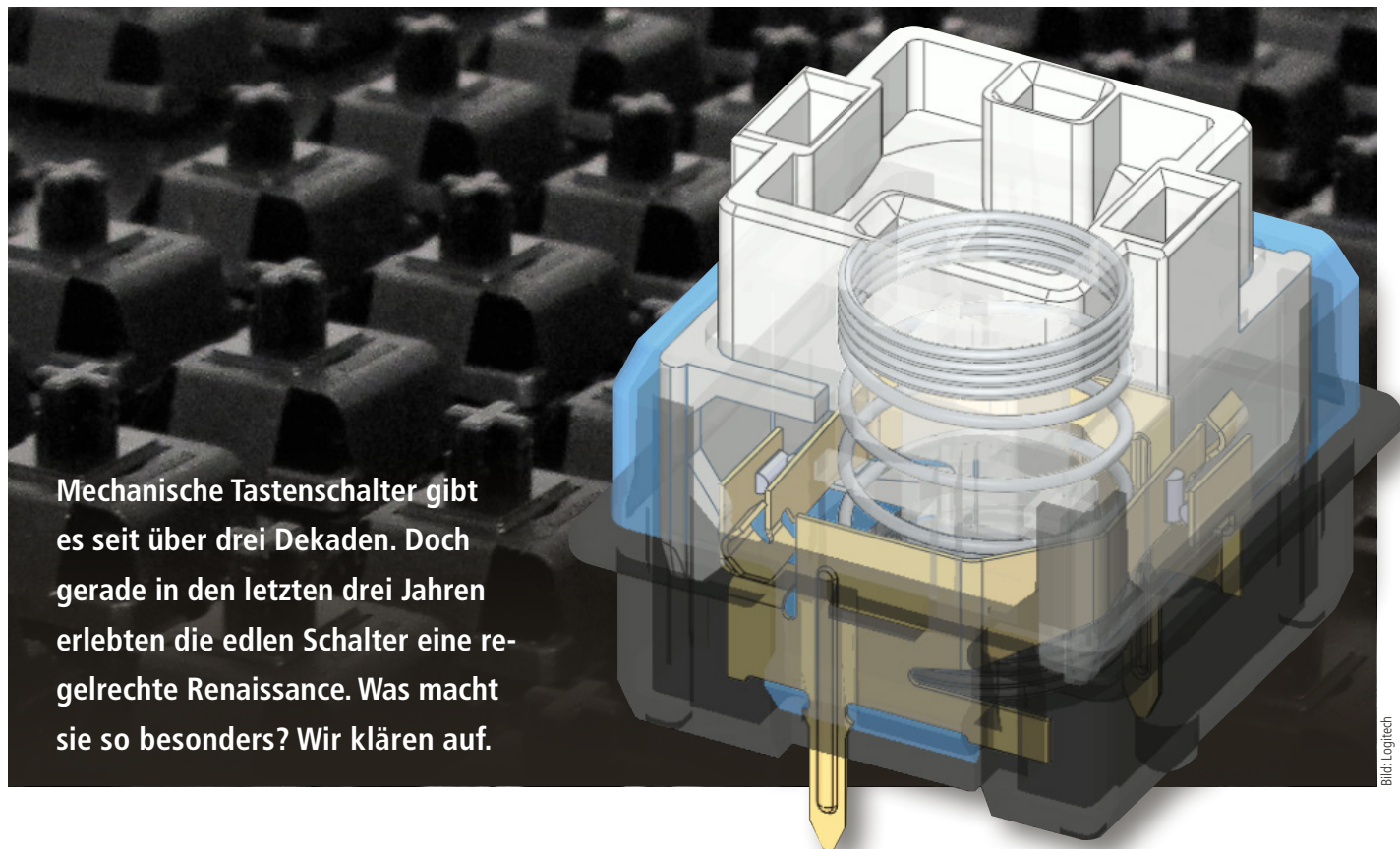


Bild: Logitech

Mechanische Tastenschalter gibt es seit über drei Dekaden. Doch gerade in den letzten drei Jahren erlebten die edlen Schalter eine regelrechte Renaissance. Was macht sie so besonders? Wir klären auf.

PCGH-Schalterkunde

Mechanische Tastenschalter, deren Auslöse- und Anschlagmechanik nicht auf Gummiglocken-Technik (Rubberdome) basiert, gibt es im Prinzip schon sehr lange. Vor allem in den Achtzigerjahren des letzten Jahrtausends, als der Computer noch recht jung war, erfreute

sich dieser Schaltertyp einer sehr hohen Popularität, die gerade in den letzten drei Jahren neu aufgeflammt ist. Zu den Pionieren unter den Herstellern von mechanischen Tastenschaltern gehören die Firmen IBM, Alps Electric und Cherry. Gerade der in Deutschland ansässige

Hersteller Cherry ist aktuell immer noch einer der Marktführer bei der Entwicklung, Fertigung und dem Vertrieb der mechanischen Schalter für Tastaturen. Die unterscheiden sich dank ihrer klar definierten Druckkraft sowie ihres festgelegten Anschlags- und Auslösewegs deutlich von den auf Rubberdome-Technik basierenden Modellen. Bei letztgenannter, in Fachkreisen auch als semimechanischer Tastenschalter bezeichneten Variante werden die Druckkraft sowie der Auslöse- und Anschlagsweg nämlich durch eine Art Kuppel aus Gummi oder Silikon bestimmt, die sich beim Loslassen der Taste wieder nach oben drückt. Während sich die Charakteristika bei mechanischen Tastenschaltern über mehrere Jahre hinweg nur marginal verändert, fangen Rubberdome-Schalter bereits nach einigen Monaten an, ihr Tippverhalten zu verschlechtern. Dies äußert sich meist darin, dass das Feedback der Taste immer ungenauer wird und die Taste sich immer schwammiger anfühlt.

Langlebige Schaltertechnik

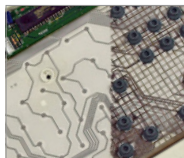
Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Tastenschaltertypen ist ihre Lebensdauer. Während bei Modellen mit Rubberdome-Technik eine Angabe von ca. 5 Millionen Betätigungen realistisch ist, schaffen mechanische Vertreter wie beispielsweise von Cherry garantiert mindestens 50 Millionen Anschläge. Wie unsere Recherchen ergeben, legt Kailh, respektive die Firma Razer, die ihre Schalter von den Chinesen mit klaren Vorgaben fertigen lässt, noch einmal 10 Millionen drauf und garantiert 60 Millionen Tastenbetätigungen. Erzielt wird das laut Razer durch eine eigens entwickelte Kunststoffmischung für den Stößel und das Gehäuse, spezielle Metalle für die Feder sowie vergoldete Kontaktpunkte für eine zuverlässige Signalübertragung – bei Cherry heißt letztgenannte, sogar patentierte Technologie übrigens Gold-Crosspoint-Kontakt.

Ein weiterer Schaltertyp, dessen Lebensdauer der Hersteller mit 60

Vergleich: Mechanische und Gummiglocken-Tastenschalter

Tastenschalter mit Gummiglocken-Technik

- + Der Vorteil der Tasten mit Rubberdome-Mechanik sind ihre Kosten. Die Schalter sind deutlich billiger.
- Auslösepunkt ist nicht präzise. Die Anschlagcharakteristik verändert sich, da der Widerstand des Rubberdomes mit der Häufigkeit der Betätigung abnimmt.



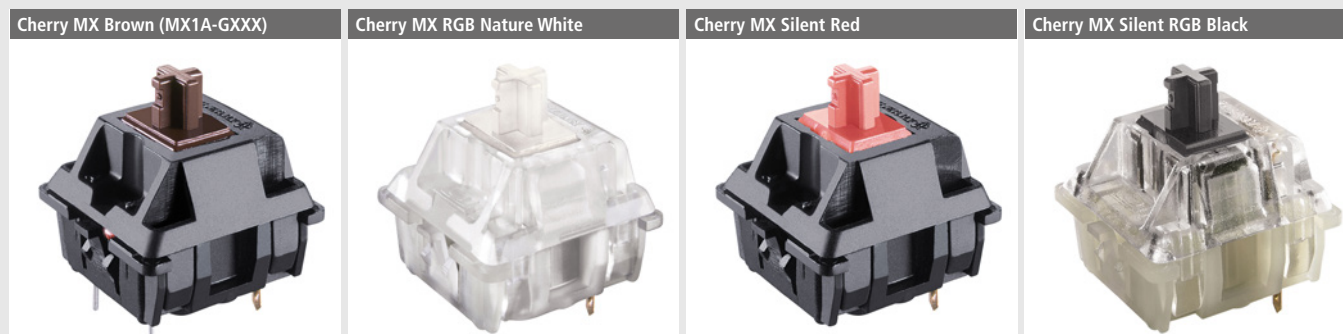
Tastenschalter mit spezifischer Mechanik

- + Die Schalter sind hochwertig gefertigt und langlebig (ca. 50 Mio. Betätigungen). Dabei bleibt die Anschlagcharakteristik unverändert. Die Taktile Rückmeldung und der präzise definierter Auslöseweg sparen Kraft.
- Hoher Preis sowie hohe Geräuschentwicklung vor allem bei Schaltern mit akustischem Feedback.



Cherry-Tastenschalter: Die verschiedenen Module in der Übersicht*

Die MX-Schalter des deutschen Herstellers Cherry sind neben Alp- und IBM-Buckling-Spring-Modellen die am weitesten verbreitete Variante von Mikroschaltern in mechanischen Tastaturen. Cherry-MX-Schalter wurden Anfang der 1980er-Jahre erfunden und patentiert (Patent US4467160.). Mittlerweile gibt es die Edel-Switches in 18 Ausführungen (Stand 1.1.2016).



Schaltertyp	Farbcodierung (Stempel)	Taktil (Feedback)/Linear	Schaltbetätigungs-/Druckpunktkraft	Betätigungsweg (Anschlagsweg)	Vorlaufsweg (Auslöseweg)	Beleuchtung
Cherry MX (MX1A-LXXX)	Rot	Linear	45 (± 15 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX (MX1A-1XXX)	Schwarz	Linear	60 (± 20 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX (MX1A-2XXX)	Grau	Linear (straff)	80 (± 25 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX (MX1A-GXXX)	Braun	Taktil (haptisch)	45 (± 20 cN)/55 (± 25 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX (MX1A-EXXX)	Blau	Taktil (haptisch & akustisch)	50/60 (± 15 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX (MX1A-FXXX)	Grün	Taktil (haptisch & akustisch)	70/80 (± 20 cN)	4,0-0,5 mm	2,2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX (MX1A-AXXX)	Weiß	Taktil (haptisch)	70/80 (± 20 cN)	4,0-0,5 mm	2,2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX (MX1A-CXXX)	Farblos (Clear)	Taktil (haptisch & akustisch)	55/65 (± 20 cN)	4,0-0,5 mm	2 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX RGB (MX1A-LXXA/B)	Rot	Linear	45 (± 15 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	SMD-LED (transparent)
Cherry MX RGB (MX1A-1XXA/B)	Schwarz	Linear	60 (± 20 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	SMD-LED (transparent)
Cherry MX RGB (MX1A-GXXA/B)	Braun	Taktil (haptisch)	45 (± 20 cN)/55 (± 25 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	SMD-LED (transparent)
Cherry MX RGB (MX1A-EXXA/B)	Blau	Taktil (haptisch & akustisch)	50/60 (± 15 cN)	4,0-0,5 mm	2,2 ± 0,6 mm	SMD-LED (transparent)
Cherry MX RGB Nature White	Farblos	Linear	52 (± 15 cN)	4,0-0,4 mm	2 ± 0,6 mm	SMD-LED (transparent)
Cherry MX Silent Red	Rot	Linear (Geräuschkämpfung)	45 (± 15 cN)	3,7-0,4 mm	1,9 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX Silent Black	Schwarz	Linear (Geräuschkämpfung)	60 (± 20 cN)	3,7-0,4 mm	1,9 ± 0,6 mm	Diode (Vorderseite)
Cherry MX Silent RGB	Rot	Linear (Geräuschkämpfung)	45 (± 15 cN)	3,7-0,4 mm	1,9 ± 0,6 mm	SMD-LED (transparent)
Cherry MX Silent RGB	Schwarz	Linear (Geräuschkämpfung)	60 (± 20 cN)	3,7-0,4 mm	1,9 ± 0,6 mm	SMD-LED (transparent)

* Quelle: www.cherry.de/cid/tastemodule.htm

Millionen Anschlägen angibt, sind Steelseries' höchstwahrscheinlich ebenfalls von Kailh gefertigte QS-1-Switches. Die mit 70 Millionen Betätigungen höchste Lebensdauer jedoch versprechen Logitech in Kooperation mit Omron entstandene Romer-G-Schalter sowie Epic Gears erst vor Kurzem präsentierte EG-Switches (siehe Extrakasten S. 101).

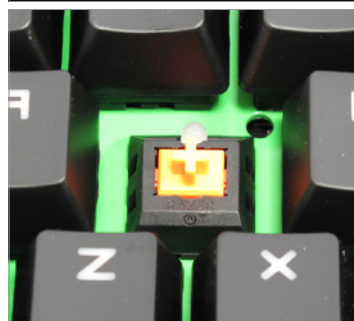
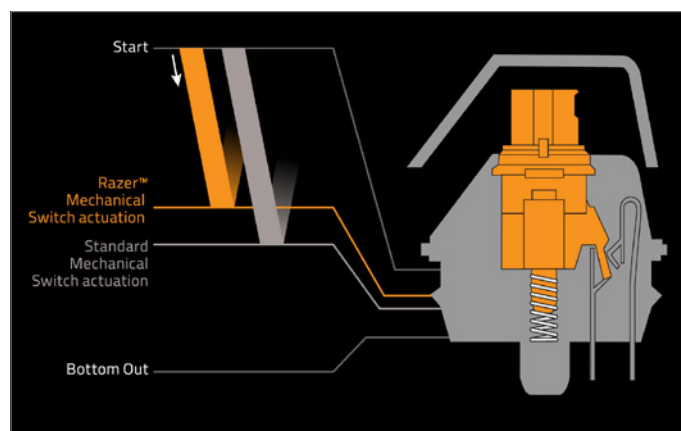
Qualität mit Kirschsymbol

Die Firma Cherry, die ihren Hauptsitz seit 1979 in Auernbach (Oberpfalz) hat, ist einer der bekanntesten und weltweit größten Hersteller von Mikroschaltern in mechanischen Tastaturen. Mit der Entwicklung der Cherry-MX-Schalter Anfang der 1980er und deren Patentierung (Patent US4467160) begann das Erfolgsrezept der MX-Switches mit Kirschsymbol. Bis heute ist deren Popularität nicht zuletzt dank der hohen Fertigungsqualität gerade bei den Fans mecha-

nischer Tastaturen ungebrochen. Wie in der Tabelle oben zu sehen gibt es die MX-Schalter in verschiedenen, nach der Farbe des Stempels benannten Ausführungen, die sich durch die nötige Betätigungskraft und Betätigungsart unterscheiden. Bei der Betätigung eines taktilen Schalters muss beispielsweise auf halbem Weg (2 mm) ein in Gramm oder Centinewton angegebener Widerstand überwunden werden, der ein taktils Feedback zurückmeldet. Die „blaue“, „grüne“ und „farblose“ Variante besitzt zusätzlich dazu noch einen beweglichen Schlitten, der beim Auslösen den typischen Klick-Ton produziert. Dabei verfügt der Cherry MX Green über das stärkste taktile und akustische Feedback und wird gern mit den Knickfederschaltern aus IBMs Model M verglichen.

Es wird bunt und sogar leise

Der Tatsache, dass der Controller für die Schalterplatine mittlerwei-

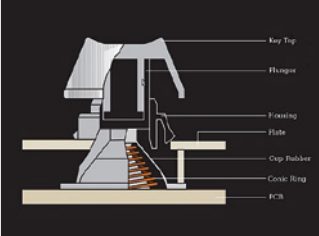


Razer lässt den hauseigenen Orange-Schalter (taktil: haptisch/45 g) beim Cherry-Konkurrenten Kailh fertigen. Wie bei der grünen Variante (taktil: haptisch und akustisch/60 g) hat man den Auslöseweg von 2,0 mm (Cherry MX Brown) um 0,1 mm auf 1,9 mm (Razer Orange Switch) verkürzt. Gleichzeitig sinkt der Weg zum erneuten Auslösen von 0,1 mm (Cherry MX Brown) auf 0,05 mm.

le viel komplexer programmiert werden kann, sowie dem Trend, dass sich mechanische Keyboards im Laufe der letzten drei Jahre zur Referenz für den PC-Spieler entwickelt haben, trägt Cherry mit der Erweiterung der MX-Modelle um eine Leuchtdiode Rechnung. Die befindet sich bei MX-Schaltern vorn im Gehäuse eingelassen und ist abhängig vom Typ ein-, manchmal auch zweifarbig (Ducky-Shine-3/4-Modelle). Den RGB-Farbraum kann der Lichtspender nicht abdecken. Doch auch hier präsentiert der deutsche Schalterprimus Ende 2014 mit den erstmalig in Corsairs K70 RGB zum Einsatz kommenden Cherry MX RGB Switches eine Lösung respektive Weiterentwicklung. Anders als bei regulären (beleuchteten) MX-Switches wird jetzt eine als Surface Mounted bezeichnete LED (SMD-LED) auf die Schalterplatine gelötet. Die Lichtbündelung erfolgt mittels einer Linse im durchsichtigen Schaltergehäuse (siehe Extrakasten S. 101). Davon abgesehen, dass die MX-RGB-Schalter nun auch mit 16,8 Millionen Farben beleuchtet werden können, hat Cherry aber die Farbcodierungen und damit auch die spezifischen Eigenschaften der MX-Varianten beibehalten (siehe Tabelle S. 99).

Wer glaubte, dies war Cherrys letzter Schalter-Coup, den überraschten die Auerbacher im August auf der Gamescom mit einer weiteren Modellvariante, dem Cherry-MX-Silent-Schalter. Und der Name ist bei den ohne und mit RGB-Beleuchtung erhältlichen MX Silent auch Programm. Wie wir selbst beim Test

Mechanische Tastenschalter: Exoten und Klassik

 Buckling Spring (Knickfeder) Typ: Taktile Akustisches und haptisches Feedback: Ja Auslöseweg: 2,3 mm Anschlagsweg: 3,7 mm Aktivierungsdruck: 65-70 g Eigenschaften: Knickfeder-Schalter reagieren sehr direkt und geben eine optimale haptische und akustische Rückmeldung, die genau dann auftritt, wenn der Auslösepunkt erreicht wird.	 Black/White Alps Typ: Taktile Akustisches Feedback: Ja (Klick) Auslöseweg: K. A. Anschlagsweg: 3,5 mm Aktivierungsdruck: 60/70 g Eigenschaften: Weiße Alps (z. B. Apple Keyboard) sind populärer als schwarze Alps. Ihre taktile Rückmeldung ist besser ausgeprägt und sie lassen sich mit weniger Kraft bis zum Anschlag durchdrücken.	 TOPRE Taktile: Ja (kapazitiv) Akustisches Feedback: Nein Auslöseweg: K. A. Anschlagsweg: 4 mm Aktivierungsdruck: 30/35/45/55 g (je nach Modell) Eigenschaften: Edler Hybrid-Schalter (Feder unter dem Gummidiem wird zusammengeedrückt), der sehr leise ist und ein sehr angenehmes weiches Tippgefühl bietet.
--	---	---

der Corsair Strafe MX Silent RGB feststellten, sind die neuen Schalter nicht zuletzt dank der ebenfalls patentierten Geräuschdämpfung durch die integrierten Zwei-Komponenten-Stößel wirklich leiser als ihre normalen MX-(RGB)-Pendants.

Kailh: Kopie als Konkurrenz

Wie bereits erwähnt, erfuhren mechanische Tastaturen in den letzten drei Jahren einen regelrechten Boom. Das führte dazu, dass nahezu jeder Peripherie-Hersteller ein, oft sogar zwei solcher Keyboards in seinem Portfolio führte. Mit dieser Renaissance der mechanischen Schalter hatte Cherry wohl nicht gerechnet, denn es kam zu Lieferengpässen. Dies erwies sich für den in China ansässigen Schalterhersteller Kaihua (Kailh) als Glücksfall, denn

mit den Switches der PG1511-Serie hatte der in Asien führende Hersteller gleich einen Cherry-Klon parat, der ab sofort in immer mehr mechanischen Tastaturen zum Einsatz kam. Den Anfang machte Razer, allerdings erteilte man Kailh einen Fertigungsauftrag, bei dem man die Materialien vorgab (u. a. Goldkontakte). Das Ergebnis waren die grünen und orangen Razer-Schalter, bei denen es im Vergleich mit Cherry beispielsweise Modifikationen am Auslöseweg gab (siehe Extrakasten S. 99 unten).

Anders als Razer kauften viele Tastaturhersteller die geklonten Cherrys mit der Seriennummer PG1511, die spätestens seit dem Erscheinen der Razer Chroma RGB auch mit einer RGB-Diode bestückt werden

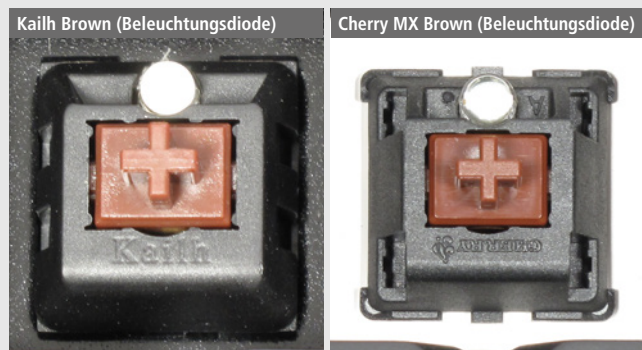
konnten, direkt bei Kailh, darunter Tesoro, Rapoo, Mad Catz und Qpad. Diese Wahl wird vor allem durch die Tatsache begünstigt, dass Kailh die mit geringfügigen Änderungen beim Gehäuse und ohne Goldkontakte gefertigten PG1511-Switches in denselben Farbcodierungen wie Cherrys MX anbietet und damit auch die Eigenschaften (Druckkraft, Auslöse-/Anschlagsweg und taktile/linear) übernimmt. Dazu kommt, dass Kailh-Schalter auch günstiger sein dürften als Cherrys Originale.

Eigenentwicklungen

Neben den Herstellern, die zu Cherry-Alternativen griffen, gab es auch Firmen, die ähnlich wie Razer auf Eigenentwicklungen setzten. So präsentierte Logitech im November 2014 die hauseigenen, in Zusam-

Schaltervergleich: Cherry vs. Kailh

Bei der Gehäuseform gibt es kleine Unterschiede zwischen den Kailh- und Cherry-Schaltern. Von Cherrys Crosspoint-Goldkontakten abgesehen ist die Mechanik die gleiche.



Schon 28 Jahre und kein bisschen leise

Nein, nicht ich, sondern eine meiner Model-M-Tastaturen von IBM. Die wurde tatsächlich 1987 hergestellt und funktioniert noch heute wie am ersten Tag. Inklusive lautem und daher zu Großraumbüros inkompatiblem Tippgeräusch bei optimalem taktilem Feedback durch Knickfedermechanik. Daher kämen für mich am ehesten auch entsprechende Silent-Versionen von Cherrys MX-Schaltern in Frage. Ob nun mit SMD-LEDs inklusive RGB-Farbverläufen oder nicht spielt für mich eigentlich keine Rolle – Hauptsache man kann die Festbeleuchtung auch deaktivieren. Wichtig ist neben dem Feedback für den Büroeinsatz am ehesten das Geräusch, denn sonst bleibe ich bei meiner Model M.



Carsten Spille

menarbeit mit dem japanischen Schalterspezialisten entstanden Romer-G-Switches. Deren besondere Eigenschaften sind ein auf 1,5 mm (Cherry: 1,9 bis 2,2 mm) verkürzter Auslöseweg (45 g), eine RGB-LED mit sehr guter Lichtbündelung (siehe unten) sowie eine hohe Lebensdauer von 70 Millionen Betätigungen. Den auf 1,5 mm verkürzten Auslöseweg bieten auch die von Steelseries entwickelten aber von Kailh gefertigten QS1-Schalter. Zusätzlich verkürzt Steelseries bei den QS1 den Anschlagsweg und bestückt sie mit niedrigeren Tastenkappen. Wie bei den Romer G sitzt die RGB-Diode auch hier zentral im Stempel. Die nach aktuellem Stand letzte Eigenentwicklung kommt von Epic Gear in Form der im August 2015 vorgestellten EG-Schalter. Die debütieren mit geänderten Schalterwegen und einer hohen Lebensdauer von 70 Millionen Anschlägen.

Alt, aber immer noch beliebt

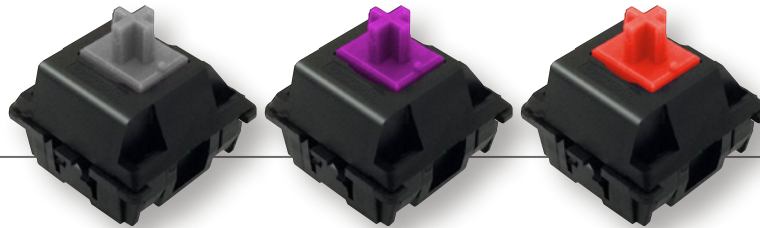
Der Klassiker unter den Veteranen und Exoten ist der von IBM patentierte Knickfeder-Schalter (Buckling Spring) der in den Tastaturen der Modellreihe F/M zu finden ist. Dessen optimales haptisches/akustisches Feedback wird sehr geschätzt und gebrauchte IBM-Model-Ms erzielen bei Ebay noch Höchstpreise. In

Apple-Keyboards häufig, in PC-Tastaturen selten anzutreffen sind die mechanischen Alps-Switches (Japan), für deren weiße Variante die kanadische Firma Matias die Ersatzschalter Matias Click (KS101) und Quiet Click (KS101Q) in den eigenen Tastaturen einbaut. Ein weiterer, wenn auch wegen seiner Hybrid-Konstruktion umstrittener Typ ist der japanische Topre-Schalter (siehe Seite 100). Der Hybrid kommt in Realforce-Keyboards und der CM Storm Novatouch TKL zum Einsatz. (fs)

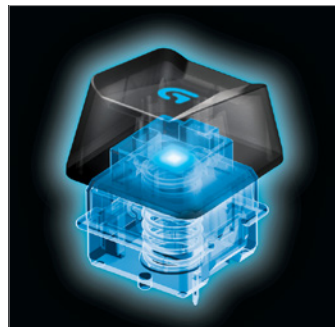
Epic Gear: Ein weiterer Cherry-Konkurrent

Mit den EG Mechanical Switches gehört Epic Gear zu den Peripherieherstellern, die ihre mechanischen Tastaturen mit hauseigenen Schaltern ausstatten. Was sind deren Merkmale?

Der auf 1,5 mm verkürzte Auslöseweg (Cherry: 1,9 bis 2,2 mm) ist das Hauptmerkmal der EG Mechanical Switches, die nur in Epic Gears Dezimator X verbaut werden. Den Auslösedruck der EG-Schalter mit drei Farbcodes (Grau: linear/Lila: taktil, haptisch und akustisch/Rot: taktil, haptisch) gibt Epic Gear mit 50 g an und wie bei Cherrys MX-Pendants schlägt auch hier der Stempel nach 4 mm am Gehäuseende an. Eine weitere Besonderheit sind die 70 Millionen garantierten Betätigungen durch die spezielle patentgeschützte Kontaktabauform. Anders als bei Cherry verfügen die EG-Schalter über einen Doppelkufen-Kontaktpunkt sowie eine Dual-Crosspoint-Bauweise mit großen vergoldeten Kontaktflächen (siehe rechts).



Bilder: Epic Gear

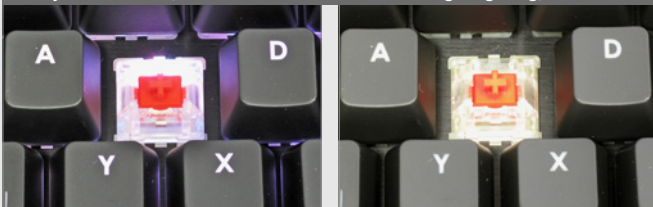


Bilder: Logitech

Mit der G920 debütierten Ende 2014 Logitechs in Zusammenarbeit mit Omron entwickelte Romer-G-Schalter. Die geben ein haptisches Feedback und lösen schon nach 1,5 mm aus.

Details: Schalter und Beleuchtung

Cherry MX RGB Red (Linear; 2 mm Auslöse- und Anschlagsweg; 45 g)



Bei den Corsair-exklusiven Cherry-MX-RGB-Schaltern ist die als Surface Mounted (SMD-LED) bezeichnete Leuchtdiode auf das PCB gelötet. Das Licht wird durch eine Linse im durchsichtigen Schaltergehäuse gebündelt, streut aber trotzdem sichtbar.

Logitech Romer G (Taktil; hapt.; 1,5 mm Auslöseweg, Betätigungsweg: 3 mm; 45 g)



Die optimale Lichtbündelung erzielt Logitech mit den von Omron mitentwickelten Romer-G-Schaltern. Hier liegt die LED, deren Struktur dem umgedrehten Facettenauge eines Insekts entspricht, am Ende einer durch das Gehäuse abgedeckten Röhre.

Razer (Kailh) Green RGB (Taktil; haptisch/akustisch; 1,9 mm/2,0 mm; 50 g)



Die RGB-Diode (16,8 Mio. Farben) befindet sich bei Kailh-Schaltern sowie den für Razer speziell gefertigten Green-RGB-Tastenschaltern an der Oberseite des Schaltergehäuses. Da der offen liegende Lichtspender nicht gebündelt wird, kommt es zu starker Streuung.

Steelseries QS1 (Linear; Auslöseweg: 1,5 mm, Betätigungsweg: 3 mm; 45 g)



Steelseries' QS1-Schalter besitzen einen Aktivierungsdruck von 45 g. Der Auslöse-/Betätigungsweg ist auf 1,5 mm/3 mm verkürzt. Da die Diode für die Beleuchtung zentral im Stempel sitzt, wird das emittierte Licht sehr gut gebündelt und strahlt kaum unterhalb der Key-Cap heraus.

Spiele & Software

Spiele, Software, Tools, Windows, Freeware, Praxistipps

www.pcgameshardware.de/spiele



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

Kommentar

Ein bisschen Rummel muss sein: Das neue Unreal Tournament, Shooter des Jahres!

Welches? 2015. 2016 wahrscheinlich auch, zumindest sehe ich derzeit keine Gefährdung durch einen anderen Titel. Falls Sie es nicht mitbekommen haben: Die Spieleschmiede Epic Games verkündete im Mai 2014 – wie die Zeit vergeht –, an einem neuen Unreal Tournament zu arbeiten. Diesmal ist die Community von Anfang an im Boot, das Spiel wird in Zusammenarbeit von Epic und Hobby-Entwicklern erstellt, das Feedback der Tester hat großes Gewicht. Falls Sie sich zu Recht fragen, wie die Finanzierung vorstattengeht: Mapper und Modder können ihre Kreationen im spielinternen Marktplatz verkaufen und Epic wird am Erlös beteiligt. Auch wird eine Provision fällig, wenn aus der Engine-Bastelei ein kommerzielles Spiel wird. Nun, gute eineinhalb Jahre später, nimmt „UT4“ Form an – und was für eine! Die aktuelle Pre-Alpha-Version spielt sich schon jetzt besser als sein Vorgänger: Direkte, schnelle Action, knackiger Surround-Sound inklusive Klassik-Map-Remakes – und all das kostenlos. Schon für CTF-Face lohnt sich der Blick. Worauf warten Sie noch? -> www.unrealtournament.com



Verkaufs-CHARTS*

Platz	Titel	Hersteller
1.	Fallout 4 (Day One Edition)	Bethesda
2.	SW: Battlefront (Day One Ed.)	Electronic Arts
3.	Die Sims 4	Electronic Arts
4.	Just Cause 3 (Steel Edition)	Electronic Arts
5.	Anno 2205	Ubisoft
6.	Star Wars: Battlefront	Electronic Arts
7.	Tom Clancys Rainbow Six Siege	Ubisoft
8.	Starcraft 2: Legacy of the Void	Blizzard
9.	Call of Duty: Black Ops 3 D1	Activision
10.	Die Sims 4: Zeit für Freunde	Electronic Arts

* Quelle: Saturn, Top 20 vom 12.12.2015



Star Citizen: Sternzeit Alpha 2.0

Star Citizen entwickelt sich beständig weiter. Seit dem 12. Dezember können sich Backer gemeinsam in einem Open-World-Szenario austoben.

Die Entwicklung von Star Citizen hat einen weiteren, entscheidenden Meilenstein erreicht. Damit meinen wir nicht etwa die 100 Millionen Dollar, welche eine größtenteils enthusiastische Community mittlerweile in das Projekt investiert hat, sondern das Update auf Version Alpha 2.0. Dieses bringt viele Neuerungen mit sich, unter anderem können Backer nun erstmals in einem Open-World-Szenario gemeinsam oder gegeneinander spielen.

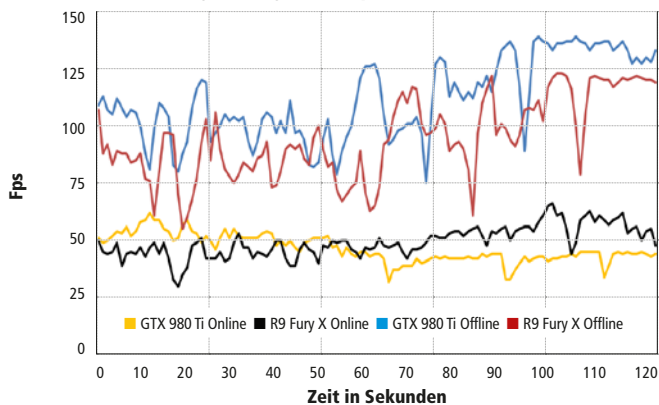
Die Alpha 2.0 enthält dabei das auf der Gamescom vorgestellte Multi-Crew-Modul, das außerdem die eindrucksvolle Spielphysik mit voneinander unabhängigen Schwerkräftssystemen, die komplexen Flugmodelle, das Shooter- sowie Dogfighter- und Social-Modul zu einem großen Ganzen vereint. Noch ist der Raum, den Spieler erkunden können, relativ begrenzt, doch es gibt bereits einiges zu entdecken: Um den Gasriesen Crusader, dessen feine, dynamische Texturierung die dort durch die Atmosphäre tobenden Stürme optisch sehr eindrucksvoll in Szene setzt, kreisen die als zentraler Hub dienende Orbitalstation Olisar und auf weiter entfernten Umlaufbahnen die Monde Daymar, Cellin und Yela. Jeder der Monde wurde sehr schön in

Szene gesetzt: So schwebt über der steinigen und von einem gigantischen Meteoriteneinschlag zernarbten Oberfläche des Trabanten Cellin die umkämpfte Sicherheitsstation Kareah, im dichten Asteroidengürtel von Yela lauern Piraten auf unvorsichtige Spieler. Im Orbit des Mondes Daymar kann das verlassene Coalex Shipping Hub in der Ego-Perspektive erkundet werden. Hier sind die Schwerkräftssysteme offline, Möblierung und andere Gegenstände gleiten durch das Vakuum und nur die Notbeleuchtung erhellt die schummrigen und staubverhangenen Gänge. Die Monde selbst können noch nicht betreten und erkundet werden, die Landung auf Planeten und anderen größeren Himmelskörpern wird erst in Zukunft in Star Citizen integriert werden.

Die zentralen Räume der riesigen Station Olisar hingegen sind hell, aber nicht weniger atmosphärisch ausgeleuchtet, unzählige einzelne Lichtquellen verstreuen ihr vielfarbiges Spektrum volumetrisch. Durch stimmungsvoll in Szene gesetzte Luftschleusen gelangt man zu den durch düstere Gänge verbundenen Landeplattformen. Hier kann man die riesigen rotierenden Schwerkräftssysteme der Station bewundern, die dank der Echtzeitbeleuchtung dynamische Schatten werfen, sollten sie vor die Sonne treten. Oder man hüpft von der Plattform, schwebt dann plötzlich schwerelos im Raum und testet so die unterschiedlichen zum Einsatz kommen-

Performance online vs offline

Frameverlauf „Boarding the Origin“, 1.080p



System: Intel Core i7-6700K @ 4,5 GHz, 16 GiB DDR4-2400 RAM; Geforce 359.06 WHQL, Radeon Software 15.11.1 Beta **Bemerkungen:** Die Messungen offline zeigen die Streaming-Probleme auf, online limitieren bis einschließlich 1440p CPU und Server. Das Spielgefühl mit GTX 980 Ti und R9 Fury X ist hier recht ähnlich.

den Physiksysteme oder bricht zu einer der 17 Missionen auf – allein oder mit anderen Spielern gemeinsam. Neben dem neuen Open-World-Szenario sind außerdem sämtliche bereits erhältlichen Module über das Spielmenü einzeln zugänglich.

Technisch sollten sich Backer allerdings auf Probleme einstellen, immerhin handelt es sich bei Star Citizen weiterhin um ein sehr frühes Projekt, das sich noch im Alpha-Stadium befindet. Mit dem Massively-Multiplayer-Aspekt ist nun außerdem ein neues Element hinzugekommen, das besonders fehleranfällig ist. Wollen Sie als Backer online spielen, dürfen Sie zum jetzigen Zeitpunkt weder gute Performance noch Stabilität erwarten, sonst dürfte das Erlebnis für Sie enttäuschend ausfallen. Wir hatten mit sehr vielen Abstürzen, Disconnects und teils miserabler Leistung auch mit sehr potenten Grafikkarten zu kämpfen. Tatsächlich hatten wir große Schwierigkeiten, online verwertbare Ergebnisse zu erhalten, je nach Server und -Last erhielten wir völlig unterschiedliche Werte. Zu Stoßzeiten konnten wir uns zudem selten länger als einige Minuten im Spiel halten, dann wurde zumeist die Verbindung gekappt.

Wir haben uns daher nach unzähligen gescheiterten Benchmark-Versuchen dazu entschieden, unsere Messungen offline anzufertigen. Dies ist offiziell nicht möglich, wir griffen aus diesem Grund auf

einen Trick zurück, der dem Spiel vorgaukelt, wir würden das Dog-fightermodule Arena Commander starten, dabei wird jedoch das Multi-Crew-Szenario geladen. Diese Methode erfordert das Umnennen einiger Dateien sowie einen Eingriff mit dem Tool Cheat Engine. Eine Anleitung finden Sie auf Reddit beziehungsweise unter dem Link <http://tinyurl.com/zyr4amj>.

Auf diese Weise gelang es uns, die Grafikkarten-Benchmarks rechts zu erstellen. Wir laufen an der Oberfläche der Olisar-Station einen vorher abgesteckten Weg ab, eine Vielzahl Evaluationen im Inneren von Stationen, im Cockpit und um die verschiedenen Monde herum ergaben, dass diese Ergebnisse ein anspruchsvolles Szenario widerspiegeln, um einen Worst-Case-Benchmark handelt es sich jedoch nicht. Den Ergebnissen nach haben schnelle Radeons in Full HD deutliche Auslastungsprobleme, besonders die Fiji-GPUs schneiden verhältnismäßig schwach ab. So kann sich die stark übertaktete Nvidia GTX 780 Ti vor AMDs Topmodell R9 Fury X schieben. In WQHD relativiert sich die Performance etwas, richtig positionieren können sich die High-End-Radeons aber erst in Ultra HD. In der Praxis und online ist davon allerdings kaum etwas zu bemerken, denn hier limitieren die Server und die CPU. Von Letzterer wird im Online-Modus ein Kern fast zur Gänze ausgelastet, was die Frameraten stark drückt (s. Diagramm oben).

(pr)

Star Citizen Alpha 2.0 GPU Benchmarks

„Olisar Station“, 1.920 × 1.080, max. Details, HQ-AF

Palit GTX 980 Ti Super Jetstream/6G	80	87,6 (Basis)
Asus GTX 980 Strix/4G	75	79,2 (-10%)
Gainward GTX 780 Ti Phantom/3G	67	70,8 (-19%)
AMD Radeon R9 Fury X/4G	65	69,2 (-21%)
Sapphire R9 Fury Tri-X OC/4G	62	66,3 (-24%)
MSI GTX 970 Gaming/3,5+0,5G	58	66,1 (-25%)
HIS R9 390X IceQ X2 Turbo/8G	51	58,7 (-33%)
Sapphire R9 290 Tri-X OC/4G	51	54,4 (-38%)
Gigabyte GTX 770 Windforce OC/2G	46	48,8 (-44%)
Sapphire R9 380X Nitro/4G	43	45,9 (-48%)
EVGA GTX 960 Superclocked/4G	40	43,8 (-50%)
HIS R9 280X IceQ X2 Turbo/3G	40	42,6 (-51%)
MSI GTX 760 Gaming/2G	30	37,1 (-58%)
Asus R9 270X DC2 TOP/2G	28	32,6 (-63%)

„Olisar Station“, 2.560 × 1.440, max. Details, HQ-AF

Palit GTX 980 Ti Super Jetstream/6G	54	64,3 (Basis)
Asus GTX 980 Strix/4G	44	48,3 (-25%)
AMD Radeon R9 Fury X/4G	44	47,8 (-26%)
Sapphire R9 Fury Tri-X OC/4G	43	46,9 (-27%)
Gainward GTX 780 Ti Phantom/3G	41	45,4 (-29%)
HIS R9 390X IceQ X2 Turbo/8G	39	41,5 (-35%)
MSI GTX 970 Gaming/3,5+0,5G	37	41,1 (-36%)
Sapphire R9 290 Tri-X OC/4G	35	36,7 (-43%)
Gigabyte GTX 770 Windforce OC/2G	30	31,5 (-51%)
Sapphire R9 380X Nitro/4G	28	30,2 (-53%)
HIS R9 280X IceQ X2 Turbo/3G	26	28,7 (-55%)
EVGA GTX 960 Superclocked/4G	25	28,2 (-56%)
MSI GTX 760 Gaming/2G	22	23,2 (-64%)
Asus R9 270X DC2 TOP/2G	20	20,9 (-67%)

„Olisar Station“, 3.840 × 2.160, max. Details, HQ-AF

Palit GTX 980 Ti Super Jetstream/6G	26	29,4 (Basis)
AMD Radeon R9 Fury X/4G	23	24,9 (-15%)
Sapphire R9 Fury Tri-X OC/4G	22	24 (-18%)
Asus GTX 980 Strix/4G	20	22,6 (-23%)
HIS R9 390X IceQ X2 Turbo/8G	19	21,5 (-27%)
Gainward GTX 780 Ti Phantom/3G	19	21,3 (-28%)
Sapphire R9 290 Tri-X OC/4G	18	18,8 (-36%)
MSI GTX 970 Gaming/3,5+0,5G	17	18,6 (-37%)
Sapphire R9 380X Nitro/4G	14	14,9 (-49%)
HIS R9 280X IceQ X2 Turbo/3G	13	14,6 (-50%)
EVGA GTX 960 Superclocked/4G	10	12,1 (-59%)
Gigabyte GTX 770 Windforce OC/2G	6	8,5 (-71%)
MSI GTX 760 Gaming/2G	5	7,1 (-76%)
Asus R9 270X DC2 TOP/2G	3	3,5 (-88%)

System: Intel Core i7-6700K @ 4,5 GHz, 16 GiByte DDR4-2400 RAM; Geforce 359.06 WHQL, Radeon Software Crimson 15.11.1 Beta **Bemerkungen:** Gemessen im inoffiziellen Offline-Modus; High-End-Radeons haben zumindest in Full HD Auslastungsprobleme.

Min. | Ø Fps
➤ Besser



Ist auf den Servern wenig los, ist der Online-Modus immerhin brauchbar. Bei hohem Spieleraufkommen sinken die Fps stark ab und es häufen sich Abstürze.

DEUTSCHER ENTWICKLERPREIS 2015

**Wir gratulieren allen Gewinnern des Deutschen Entwicklerpreises 2015!
Herzlichen Glückwunsch an:**



Bestes Deutsches Spiel	Anno 2205
Beste PR-Einzelaktion	Retro Invasion
Beste Marketing-Kampagne	Indie Arena Booth
Bester Publisher	Kalypso Media
Händler des Jahres präsentiert von EA Eurovideo, gamesbusiness.de, Razer und Ubisoft	<i>expert</i>
Bestes Game Design	Grand Ages: Medieval
Bester Sound	The Book of Unwritten Tales 2
Beste Story	Renu und die Sari Revolution
Beste Grafik	Anno 2205
Beste Technische Leistung präsentiert von ASUS	Galaxy on Fire - Manticore Rising
Bestes Studio präsentiert von BIU.Dev und BIU.Net	HandyGames
Sonderpreis für soziales Engagement	HandyGames Charity Day
Innovationspreis	Cloud Chasers
Blue Byte Newcomer Award	FAR (1. Platz) Spencer (2. Platz) Papair (3. Platz)
Bestes PC-Spiel präsentiert von Intel®	Anno 2205
Bestes Konsolenspiel	The Book of Unwritten Tales 2
Bestes Mobile Game präsentiert von Amazon Appstore	Clouds and Sheep 2
Bestes Browsergame	Drakensang Online: Rise of Balor
Bestes Indie Game	The Curious Expedition
Hall of Fame	Rolf Duhnke

Wir danken unseren Partnern, Förderern und Sponsoren!



Minister für Bundesangelegenheiten,
Europa und Medien
des Landes Nordrhein-Westfalen
und Chef der Staatskanzlei



Stadt Köln





Windows-Evolution

Seit dem Erscheinen von Windows 10 gab es bislang keine größeren Aktualisierungen. Wir nutzen das zuletzt erschienene Threshold-2-Update, um einen Blick auf die Neuerungen zu werfen.

Microsoft hatte schon vor dem Release von Windows 10 verkündet, dass es sich hierbei um das vorerst letzte Windows handeln würde. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Entwicklung des Redmonder Betriebssystems stillsteht: Neben den normalen Sicherheitsaktualisierungen gab es mit Threshold 2 nun das erste echte Funktions-Update, für das Microsoft auch erstmals die Build-Nummer von Windows 10 anhebt. Das nehmen wir zum Anlass, um Windows 10 einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

Neues Namensschema

Mit der Aktualisierung durch das November-Update geht Microsoft ein (bislang theoretisches) Problem an, das mit Windows 10 als sich kontinuierlich weiter entwickelnde

Plattform besteht. Bislang bietet Windows nämlich noch keine für Entwickler und Anwender gleichermaßen praktikable Lösung, um den Versionsstand des Betriebssystems abzufragen und zu erkennen. Bisher erfolgte das über den Namen des Betriebssystems, beispielsweise Windows Vista, 7 oder 8, und wurde bei Bedarf durch die Angabe der selten erscheinenden Service Packs ergänzt. Theoretisch ließe sich das Gleiche über die Build-Nummer von Windows erreichen. Diese dürfte aber kaum einem Anwender bekannt sein.

Microsoft löst das Problem zukünftig, indem Windows fortan das gleiche Namensschema wie Ubuntu benutzt und eine Versionszahl hinter den Namen stellt, die sich

aus Jahr und Monat des Release-Datums zusammensetzt. Deshalb trägt Threshold 2 nun die Bezeichnung 1511, womit sowohl für Nutzer als auch Entwickler problemlos erkennbar ist, auf welchem Stand sich die vorliegende Windows-Version befindet.

Für den Bezug des Updates gibt es mehrere Möglichkeiten. Am einfachsten klappt die Installation über Windows Update. Jedoch hat Microsoft auch eine neue Version des Media Creation Tools veröffentlicht, mit dem Sie ein aktualisiertes ISO für eine Neuinstallation herunterladen können (Build 10586). Bislang erhielt man so nur die inzwischen reichlich gepatchte Build 10240, wobei es sich um die Release-Version handelt.

Cortana drückt die Schulbank

Natürlich erschöpfen sich die Änderungen nicht mit der Namensgebung. Mit dem November-Update hat auch Cortana dazugelernt. Die Mindestvoraussetzungen für den Einsatz des persönlichen Assistenten sind gesunken: So ist nicht mehr die zwangsweise systemweite Verwendung eines Microsoft-Accounts notwendig. Es reicht, sich alleine unter Cortana mit dem Microsoft-Account anzumelden. Zwar stellt sich nach der Anmeldung in Cortana das System erstmal komplett auf den Microsoft-Account um, jedoch konnten wir die Verbindung zum Microsoft-Account in den Einstellungen anschließend problemlos lösen, ohne dass Cortana dadurch deaktiviert wurde.

Windows 10 mit Windows-7- oder Windows-8-Key aktivieren

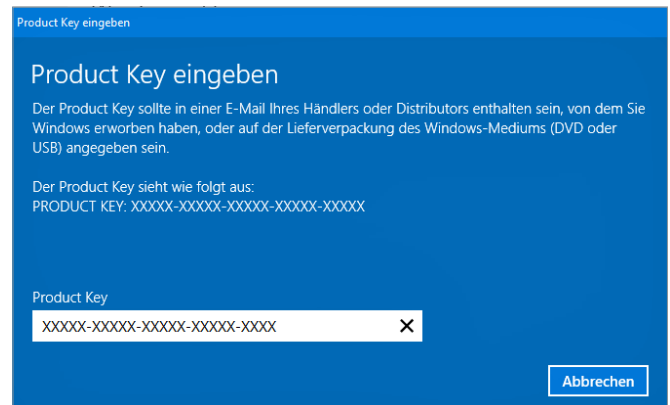
Bislang war es notwendig, mindestens einmal das Upgrade mit dem Media Creation Tool oder dem Get-Windows-10-Update durchzuführen, bevor die Installation von Windows 10 möglich war. Aber selbst dann gab es für Umsteiger nur einen generischen Windows-Key. Das hat nun ein Ende.

Mit der prinzipiell guten Nachricht, dass Windows 10 für alle Nutzer von Windows 7 und 8 für ein Jahr kostenlos sein würde, ging der Nachteil einher, dass interessierte Nutzer ihre Hardware durch die Nutzung des Media Creation Tools oder des Get-Windows-10-Updates erst beim Aktivierungsserver anmelden müssen, bevor die Aktivierung des geschenkten Windows 10 mit dem generischen Schlüssel funktioniert. Erst danach ist eine saubere Neuinstallation von Windows 10 möglich.

Hier schafft Microsoft mit dem November-Update endlich Abhilfe: Mit der aktualisierten Version – sowohl beim ISO als auch beim installierten Betriebssystem – ist es nun endlich möglich, für die Installation und die Aktivierung sofort den bereits vorhandenen Schlüssel für Windows 7 oder 8 zu verwenden. Wir haben das mit mehreren Keys ausprobiert. So ließ sich ein Windows-7-Professional-Key anstandslos aktivieren, auch wenn er kurz vorher schon mal auf

einer anderen Windows-10-Plattform eingesetzt wurde. Gleiches gilt für den Windows-8.1-Schlüssel aus unserem Sortiment. Keinen Erfolg hatten wir jedoch mit einem Installationsschlüssel für Windows 7 Professional N, Home Premium sowie mit einem Windows-8-Key. Das scheint jedoch nicht an den Betriebssystem-Editionen an sich zu liegen. Denn während der eine Schlüssel für eine Edition problemlos angenommen wird, weist Windows 10 einen anderen für die gleiche Betriebssystem-Edition ab. Hier scheinen vor allem die im Schlüssel vorkommenden Zeichen problematisch zu sein: Zeichenketten, die ein „A“, „L“, „O“, „S“ oder ein „Y“ enthalten, können nicht eingegeben werden, unabhängig davon, ob es sich um einen gültigen Installationsschlüssel für eine ältere Windows-Version handelt. Bei den von uns verwendeten Test-Keys war das mehr als einmal der Fall.

Des Weiteren steht noch in den Sternen, ob die Tatsache, dass Windows 10



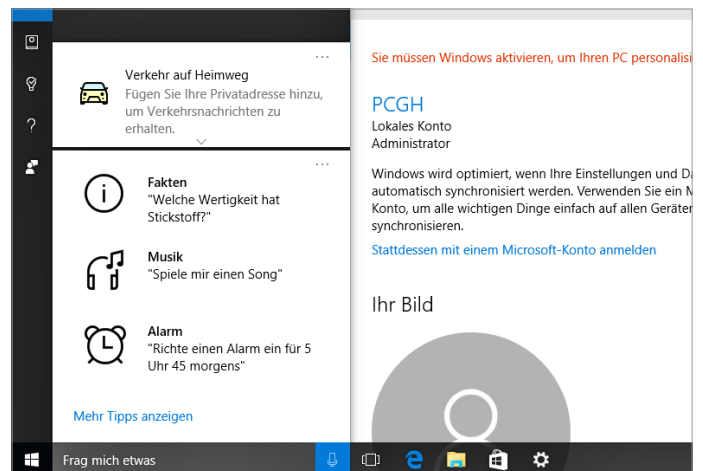
Keys von älteren Windows-Betriebssystemen akzeptiert, eine zeitlich eingeschränkte Aktion ist, die mit der Phase des kostenlosen Umstiegs am 29. Juli 2016 endet, oder ob auch danach noch die Aktivierung dieser Keys auf abweichender Hardware möglich sein wird. Denn die offiziellen Angaben Microsofts sehen weiterhin vor, dass

das Upgrade zu Windows 10 auf der betreffenden Hardware bis zum 29. Juli 2016 erfolgen muss und danach kein Hardware-Tausch ohne eine gültige Windows-10-Lizenz mehr möglich ist. Deutschland stellt hier jedoch einen Sonderfall dar, da eine Hardwarebindung des Betriebssystems rechtlich hier nicht erlaubt ist.

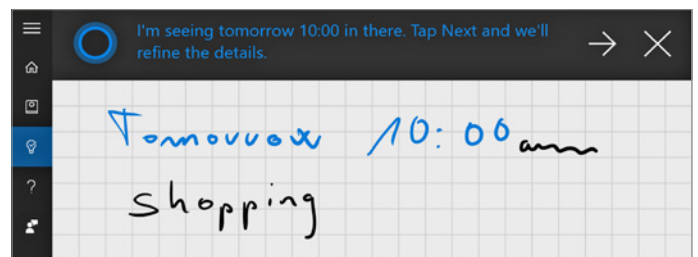
Des Weiteren wurde Cortana mit Threshold 2 – wohl auch im Hinblick auf den fast zeitgleichen Start des Surface Pro 4 – mit einer Stylus-Unterstützung ausgerüstet. Im Notizbereich von Cortana wurde dazu eine neue Schaltfläche untergebracht, nach deren Anklicken ein großes Notizblatt erscheint. Darauf tragen Sie alle Daten zum Termin oder zur Erinnerung handschriftlich ein, woraus Cortana dann die Daten herauszulesen versucht, die für die Erinnerung relevant sind. Erkannte Textpassagen werden dabei blau hervorgehoben und in einer Zeile oben im Fenster genannt. Falls die Erkennung der Schrift nicht ganz so erfolgreich ist, darf man die Informationen im darauffolgenden Fenster anpassen. Leider ist dieses Feature derzeit nur in den USA und einigen anderen Gebieten verfügbar: Wir mussten unser Surface auf die englische Sprache umstellen, damit wir Cortana mit den (ebenfalls englischen) handschriftlichen Notizen nutzen konnten. Nach dem Ändern der Systemsprache zurück auf Deutsch war die Funktion in Cortana auch wieder verschwunden.

Weitere Biometrie

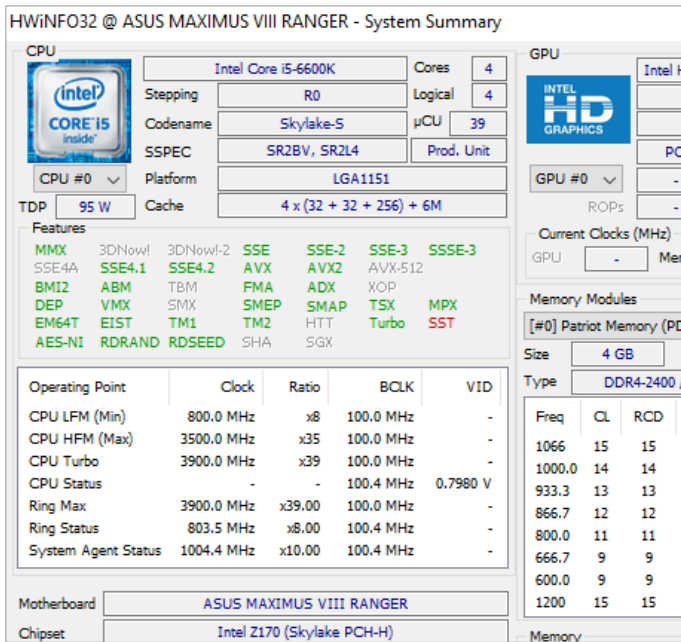
Neben der Handschrifterkennung für Cortana hat Microsoft noch weitere biometrische Funktionen in das November-Update integriert. Konkret handelt es sich dabei vor allem um sicherheitsrelevante Features für die Anmeldung unter Windows, die Microsoft unter dem Namen „Windows Hello“ zusammenfasst. Microsoft unterstützt dazu Fingerabdruck- und Iris-Scanner, nutzt aber auch eine eventuell vorhandene Front-Kamera, wobei eine normale Webcam nicht ausreicht. Stattdessen ist eine infrarotfähige Kamera notwendig. Das macht die Liste der kompatiblen Hardware deutlich kürzer, sorgt aber für zusätzliche Sicherheit, da auch 3D-Informationen ausgewertet werden und nicht etwa schon ein Foto ausreicht, wie das etwa bei Android-Smartphones der Fall ist. Wir konnten die Technik auf unserem Surface ausprobieren. Die Gesichtserkennung arbeitet dabei sehr schnell und zuverlässig, scheint jedoch auch einiges an Rechenleistung zu erfordern – das Windows-Tablet wird bei der Verwendung der Funktion relativ



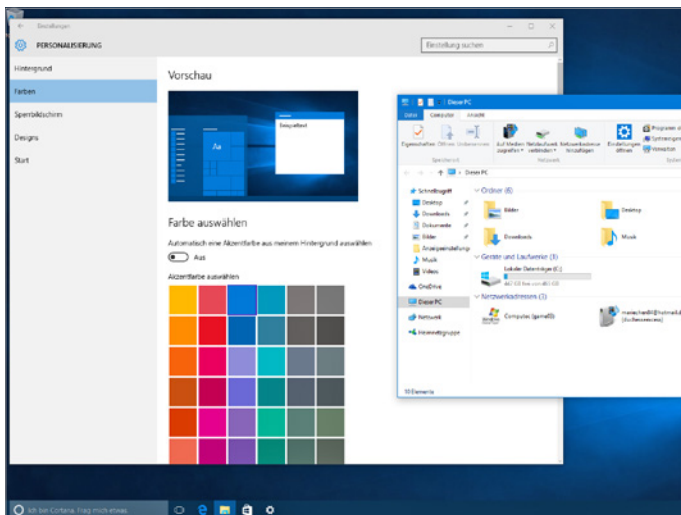
Cortana funktioniert inzwischen ohne die systemweite Verwendung eines Microsoft-Kontos. Hier verwenden wir den Assistenten zusammen mit einem lokalen Konto.



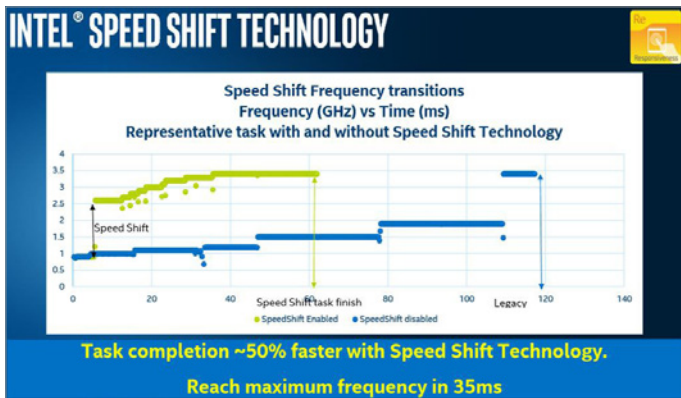
Die Funktion zum Erkennen handschriftlicher Notizen ist bislang nur in der englischen Fassung von Windows 10 aktiv. Erkannte Passagen werden blau hervorgehoben.



Das Tool Hwinfo bescheinigte uns auf unseren Desktop-Plattformen ein nicht aktives Speed Shift (rotes „SST“). Diverse Messungen scheinen die Angabe zu bestätigen.



Im Personalisierungs-Menü erlaubt es Windows 10 nun offiziell, die Farbe der Titelleiste zu ändern. Bislang war das nur durch OS-Modifikationen möglich.



Intel-Folie zu Speed-Shift: Die Technik ermöglicht es der CPU, wesentlich schneller auf Last zu reagieren. Das Hochtakten dauert gegenüber vorher nur noch ein Viertel der Zeit.

warm, mit der Zeit springt auch der Lüfter des ansonsten meist passiv gekühlten Gerätes an.

Bessere Performance

Mit dem Threshold-2-Update gibt Windows 10 einen Teil der Energieverwaltung an den Prozessor ab, zumindest dann, wenn Sie eine Skylake-CPU einsetzen. Intel nennt die Funktion „Speed Shift“. Dabei kontrolliert nicht mehr Windows die aktuelle Taktrate der CPU, sondern der Prozessor selbst. So kann er schneller hochtakten und besser den optimalen Takt auswählen. Das ist besonders auf Mobilgeräten ein Vorteil, da die CPU in der Zeit, die bislang zwischen dem hohen Lastaufkommen und der Erhöhung des Taktes lag, bereits auf vollem Takt arbeiten kann. Zudem soll die Technologie dabei helfen, die Verzögerung zu verkleinern, mit der Touch-Eingaben umgesetzt werden. Durch dieses Feature soll die CPU auch eine Grafiklimitierung erkennen und so nicht unnötig hochtakten.

Je nach Szenario scheint sich diese Funktion kaum oder erheblich auszuwirken. Zu profitieren scheinen vor allem Javascript-Benchmarks wie Google Octane oder Web XPRT, während Benchmarks wie der PC Mark, der übliche Nutzungsszenarien nachzustellen versucht, dagegen kaum eine Regung zeigt. Selbst überprüfen konnten wir das leider nicht: Offenbar wird die Funktion derzeit nur auf einigen Tablets und Convertibles praktisch umgesetzt. Auf unser Desktop-System mit einem Intel Core i5-6600K konnten wir Speed Shift trotz mehrmaligem Plattformwechsel und durch das Aktualisieren auf die aktuellen UEFI-Versionen nicht aktivieren. Vermutlich sind hier noch entsprechende UEFI-Updates seitens der Hersteller notwendig.

Eine weitere Neuerung zielt ebenfalls eher auf den Einsatz von Windows auf mobilen Geräten mit möglicherweise nicht so üppiger RAM-Ausstattung ab. „Compression Store“ komprimiert bei knappem Speicher kurzerhand dort gelagerte, derzeit nicht benötigte Daten und versucht so, das Auslagern auf einen Festspeicher hinauszuzögern. Auf Desktop-PCs, die meist mit 8 oder 16 GiB Arbeitsspeicher

ausgestattet sind, dürfte diese Funktion weit seltener zum Einsatz kommen.

Optisches Feintuning

Auch die Oberfläche von Windows 10 ist konstanten Anpassungen unterworfen. So ist Windows 10 inzwischen wieder in der Lage, die Farbe seiner Titelleisten zu konfigurieren. Dazu müssen Sie in den Einstellungen unter dem Punkt „Personalisierung“ – „Farben“ die Option „Farbe auf Startseite, Taskleiste ...“ aktivieren. Anschließend wechseln die dort genannten UI-Elemente ihre Kolorierung auf die im Akzentbereich ausgewählte Farbe. Design-Anpassungen gab es auch bei den Kontextmenüs: Während diese im Explorer meist auf das aus dem Build 10240 bekannte Standard-Design zurückgreifen, sind nun die Kontextmenüs der Taskleiste – inklusive Alt-X-Menü des Startbuttons – schwarz gefärbt. Das Kontextmenü für die Kachelgröße wurde zudem um einige Icons ergänzt, so dass sich nun vorab erkennen lässt, welche Stufe welchem der vier Formate entspricht.

Microsoft arbeitet sich zudem weiter durch die Icons des Betriebssystems und hat weitere Piktogramme durch optisch modernisierte Varianten ersetzt. Das betrifft im November-Update vor allem den Gerätemanager und den Dialog „Geräte und Drucker“.

Die Anpassungen an der Benutzeroberfläche beschränken sich jedoch nicht nur auf rein optische Änderungen, sondern dienen vielerorts auch der Arbeitserleichterung: So wurden die Kacheln im Startmenü um die Fähigkeit erweitert, Jumptests darzustellen. Der Zugriff auch diese Menüpunkte war bislang nur über das Startmenü oder die Taskleiste möglich. Recht schnell nach dem Release bemerkten einige Nutzer, dass das Startmenü auf 512 Kacheln begrenzt war. Auch dieses Limit fällt mit Windows 10 1511: Die aktuelle Version des Betriebssystems erlaubt nun bis zu 2.048 Kacheln im Startmenü, was selbst für den anspruchsvollsten Power-User ausreichen sollte. Ebenfalls für diese Zielgruppe befindet sich in den Systemeigenschaften nun ein stark überarbeitetes Fenster für Umgebungsvariablen, wel-

ches die Übersicht beim Anlegen oder Löschen stark verbessert. Die Anzeigetafel selbst ist nun deutlich größer, das Eingabefenster für Pfade zeigt selbige nun in getrennten Zeilen an, womit das Fehlerpotenzial deutlich sinkt.

Neue Feature für Edge

Der Browser-Neuzugang Edge krankt seit Release an dem Fehlen wichtiger Features, allen voran eine Plug-in-Schnittstelle, mit der sich der Funktionsumfang des Programms aufstocken lässt. Die Unterstützung von Erweiterungen kommt auch nicht mit dem Windows-Update 1511, jedoch hat Microsoft an anderer Stelle nachgerüstet. So beherrscht der Browser nun das Anzeigen von Voransichten, wenn der Mauszeiger über die Tabs bewegt wird. Zudem ist Edge nun in der Lage, Lesezeichen über mehrere Maschinen zu synchronisieren. Mit Edge als PDF-Reader ist es nun möglich, Wörter zu markieren und Cortana danach suchen zu lassen. Seit Windows 10 Build 10576 spricht der Nachfolger des Internet Explorer außerdem DLNA und kann Miracast-Empfänger mit Inhalten bespielen.

Fehler und Datenschutz

Neben der großen Anzahl von positiven Änderungen bringt Windows 10 1511 auch einige Verhaltensweisen mit, die viele Nutzer als störend empfinden. So löscht das Update während der Installation teilweise Programme und Treiber, die als inkompatibel erkannt werden. Laut Microsoft ist das kein Fehler, sondern eine gewollte Verhaltensweise. In der Praxis sorgen die entfernten Anwendungen aber höchst selten für Schwierigkeiten. In der Regel können die Programme nach dem Upgrade erneut installiert und weiter genutzt werden, ohne dass Probleme auftreten.

Neben verschwundenen Programmen waren die teilweise zurückgesetzten Datenschutzeinstellungen der Threshold-2-Updates verwunderlich. So kam es bei der ersten Fassung des Patches vor, dass eine eventuell deaktivierte Windows-Werbe-ID wieder eingeschaltet war. Zudem wurden Smartscreen und die Einstellungssynchronisierung wieder aktiviert. Haben Sie das Update kurz nach seiner Ver-

öffentlichung installiert, sollten Sie die genannten Einstellungen nochmals überprüfen.

Microsoft scheint sich zudem ein Katz-und-Maus-Spiel mit den Entwicklern von Datenschutz-Tools zu liefern. Windows 10 geriet nach dem Release nämlich recht schnell in die Kritik, da es mit diversen Diensten Informationen über das Nutzerverhalten sammelt und an Microsoft sendet. Zahlreiche Anbieter von Dritthersteller-Software reagierten darauf, indem Sie Tools anboten, welche die diversen Tracking-Dienste komfortabel deaktivieren konnten. Microsoft reagiert nun darauf und hat den am stärksten unter Beschuss geratenen Dienst umbenannt, sodass ihn sowohl Nutzer als auch Tools derzeit nicht erkennen können. Der aktuelle Namen des Dienstes lautet „Benutzererfahrung und Telemetrie im verbundenen Modus“.

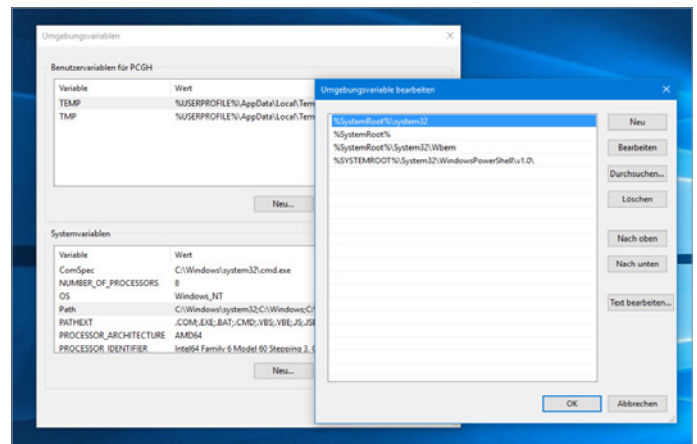
Im Gegenzug gibt das Update den Nutzern aber einen zusätzlichen Hebel an die Hand, um die Kontrolle über seine Daten zu behalten: Im Datenschutz-Menü in den Einstellungen gibt es nun die Möglichkeit, den Apps den Zugriff auf die Anrufliste insgesamt zu verweigern. Das ist dann relevant, wenn Sie ihren Microsoft-Account sowohl über das Smartphone als auch über den PC synchronisieren. Neben der vollständigen Deaktivierung des Zugriffs für alle Apps können Sie die Erlaubnis auch nur einzelnen Programmen entziehen, indem Sie sie in der Liste darunter abwählen. Die ungünstige Voreinstellung sieht jedoch vor, dass alle Programme darauf zugreifen dürfen. (rs)

Fazit

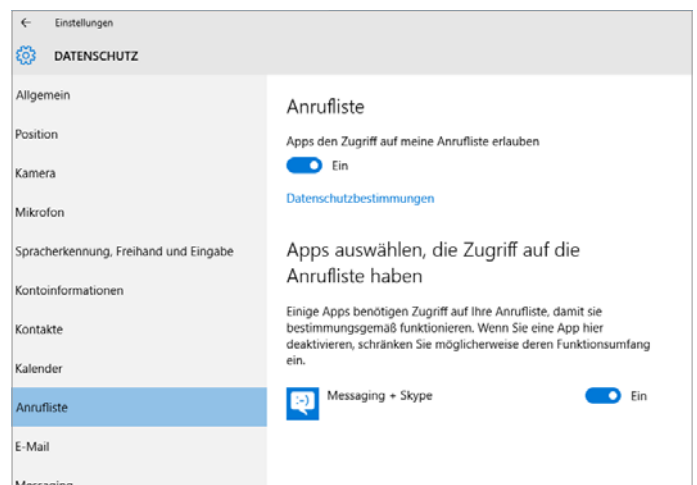
Hardware

Windows 10 1511

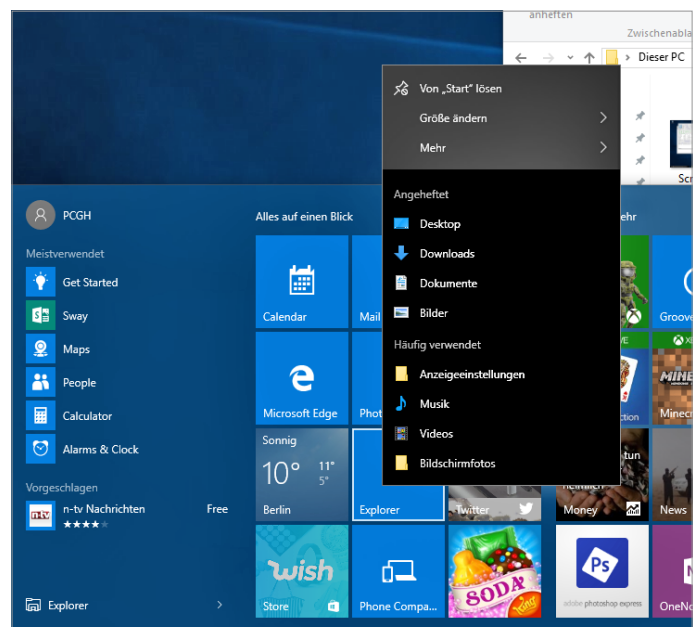
Das erste große Update für Windows 10 bringt einige Neuerungen, jedoch bleiben große Revolutionen aus. Von vielen Funktionen profitieren vor allem Nutzer, die das Betriebssystem auf einem Tablet-PC einsetzen. Von den GUI-Anpassungen profitieren aber auch PC-Nutzer. Ärgerlich ist, dass auch dieses Update nicht ohne Fehler beim Datenschutz auskommt und dass Treiber und Programme bei der Installation ohne Rückmeldung gelöscht werden könnten.



Anstatt langer, unübersichtlicher Zeichenketten finden Power-User im Fenster zum Ändern der Umgebungsvariablen eine übersichtliche tabellarische Eingabemaske vor.



Unter „Einstellungen“ – „Datenschutz“ können Sie den Zugriff von Apps auf die Anrufliste verwalten. Das ist vor allem dann relevant, wenn Sie ein Windows Phone nutzen.



Das funktionsarme Kontextmenü für Desktop-App-Kacheln wurde durch die Jumplist ersetzt, die auch beim Rechtsklick auf das Programm in der Taskleiste erscheint.



Pimp my PC: So war's

Vor zwei Monaten suchten wir nach aufrüstwilligen Lesern – mit Erfolg: Rund 1.400 Bewerbungen trafen im PCGHX-Forum ein, vier Leser-PCs bestückten wir anschließend mit neuer Hardware.



Ein ganzer Berg Hardware: Insgesamt spendierten wir vier Bildschirme, zwei Gehäuse, drei Netzteile, drei Grafikkarten, einen Prozessor, einen CPU-Kühler, ein Mainboard, drei SSDs, ein RAM-Kit und mehrere Lüfter.

Zusammen mit be quiet!, iiyama und MSI setzten wir bei der 2015er-Ausgabe der Tuning-Aktion „Pimp my PC!“ auf ein neues Konzept: Die Bewerber hatten die volle Kontrolle und konnten aus insgesamt 27 Komponenten(-Bundles) genau die auswählen, welche sie sich für ihren PC wünschen.

Prioritäten setzen

Die Hardware erhalten die vier Teilnehmer zwar kostenlos, allerdings versetzten wir sie in die Situation eines normalen Aufrüsters, der versucht, das Beste aus seinem begrenzten Budget zu machen. Dazu versahen wir alle Bauteile mit einem am Realwert angelegten Punktwert und gaben ein Limit vor, das bei der Auswahl der Hardware nicht überschritten werden durfte.

Maximal 45 Punkte konnten die Teilnehmer investieren, und zwar in folgenden Kategorien:

- Mainboard von MSI und Prozessor oder Grafikkarte von MSI
- Prozessorkühler oder Lüfter-Set von be quiet!
- Arbeitsspeicher oder SSD
- Netzteil oder Gehäuse von be quiet!
- Bildschirm von iiyama

Im Folgenden erfahren Sie, welche Wahl die Leser getroffen haben. Wir planen, bis Mitte Januar unseren Online-Artikel zur Aktion um ein umfangreiches Video zu erweitern, in dem wir die Upgrade-Komponenten vorstellen. Schauen Sie bei Interesse einfach vorbei: www.pcgh.de/pimp2015. (sw)

PC von DaHonig

Ein zeitgemäßes System mit den typischen Schwächen eines Komplettrechners: Der Prozessor ist flott, die Grafikkarte aber unterdimensioniert und Netzteil und Gehäuse sind nicht auf Aufrüstmaßnahmen ausgelegt.

DaHonig erlebte nach dem Kauf eine böse Überraschung: Statt eines ausgeschriebenen Core i7-4790K mit 4,4 GHz Turbotakt steckte nur eine i7-4790 mit maximal 4,0 GHz im Fertigrechner. Das reklamierte er und erhielt 10 Prozent Nachlass auf den Kaufpreis.

DaHonig wählte bei unserer Tuning-Aktion eine MSI GTX 980 Ti Gaming 6G aus. Die Grafikkarte dreht Kreise um die alte GTX 750 Ti, passt aufgrund ihrer Länge aber nur knapp in das Gehäuse und erfordert zudem ein leistungsstärkeres Netzteil. DaHonig entschied sich für das Pure Power L8-CM mit 630 Watt. Vorteil des be-quiet!-Geräts gegenüber dem vorinstallierten Modell: Der 120mm-Ventilator unterstützt den hinteren Gehäuselüfter, der nur 92 mm groß sein darf. Um die Kühlreserven zu verbessern, montieren wir unterhalb des Laufwerkträgers einen zusätzlichen Pure-Wings-2-Lüfter. Mehr Ventilatoren lassen sich (ohne Modifikationen) nicht im Gehäuse installieren, allerdings kann auch durch das Lochblech im Seitenteil kühle Luft nachströmen. Der ausgewählte iiyama ProLite GE2488HS-B1 mit Full-HD-Auflösung bietet 1 ms Reaktionszeit und eine (deaktivierbare) Overdrive-Funktion.

Komponente	Alter PC	Neuer PC	Punkte
Prozessor	Core i7-4790	Core i7-4790	
CPU-Kühler	Top-Blow (Noname)	Top-Blow (Noname)	
Mainboard	Socket 1150 (Lenovo)	Socket 1150 (Lenovo)	
Arbeitsspeicher	2 × 8 GiByte DDR3	2 × 8 GiByte DDR3	
Grafikkarte	Geforce GTX 750 Ti	MSI GTX 980 Ti Gaming 6G	28
SSD	256 GB (Samsung)	256 GB + Samsung Evo 850 500 GB	6
Netzteil	280 Watt (FSP)	be quiet! Pure Power L8-CM 630 W	3
Gehäuse	Midi Tower (Lenovo)	Midi Tower (Lenovo)	
Lüfter	1 × 92 mm (hinten)	2 × be quiet! Pure Wings 2 92 mm	1
Monitor	24 Zoll, Full HD (Samsung)	iiyama ProLite GE2488HS-B1	6
Summe			44

be quiet! Pure Power L8-CM 630 W



MSI GTX 980 Ti Gaming 6G



PC von Hennemi

Ein moderner, flotter Spiele-PC – wenn da nicht das Problem mit den Grafikkarten wäre. Das gut belüftete Gehäuse mit großen Lochblechflächen hält die Hardware zwar kühl, verstaubt aber auch in kurzer Zeit.

„Meine Grafikkarte war tot, nun fing an meine große Not“ – so beschreibt Hennemi in der als Gedicht vorgetragenen Bewerbung den Defekt ihrer GTX 750

Ti. Als Ersatz steht zwar die IGP zur Verfügung, doch für ernsthaftes Spielen ist die HD Graphics 4600 nicht zu gebrauchen.

Zum Glück gibt es Pimp my PC! 2015, denn die GTX 980 Ti Gaming 6G ist nicht nur pfeilschnell, sondern passt optisch auch hervorragend zum vorhandenen MSI H97 Gaming 3. Das wird man zukünftig beim Blick durch das Seitenfenster des Silent Base 800 in Orange erkennen, das sich Hennemi ausgesucht hat, weil es weniger Angriffsfläche für Staub bietet als ihr bisher genutztes Gehäuse im Würfelformat. Um mehr Flexibilität bei der Belüftung zu haben, verlässt sich Hennemi nicht auf die drei vorinstallierten Pure-Wings-2-Ventilatoren, sondern hat sich zusätzlich drei Shadow-Wings-PWM-Lüfter ausgesucht. Mit dem Pivot-fähigen iiyama ProLite B2483HSU-B1DP möchte die PC-Besitzerin ein Dual-Monitor-Setup aufbauen. Sowohl ihr alter als auch ihr neuer Bildschirm sind 24 Zoll groß und bieten 1.920 × 1.080 Bildpunkte.

Komponente	Alter PC	Neuer PC	Punkte
Prozessor	Core i5-4460	Core i5-4460	
CPU-Kühler	Doppelturmkühler (Thermalright)	Doppelturmkühler (Thermalright)	
Mainboard	Socket 1150, H97 (MSI H97 Gaming 3)	Socket 1150, H97 (MSI H97 Gaming 3)	
Arbeitsspeicher	4 × 4 GiByte DDR3 (Samsung)	4 × 4 GiByte DDR3 (Samsung)	
Grafikkarte	IGP (Geforce GTX 750 Ti defekt)	MSI GTX 980 Ti Gaming 6G	28
SSD	60 + 240 GB (Crucial)	60 + 240 GB, Samsung 850 Evo 250 GB	3
Netzteil	650 Watt (Evga)	650 Watt (Evga)	
Gehäuse	Midi-Tower (Corsair)	be quiet! Silent Base 800 orange (Window)	5
Lüfter	3 × 120 mm (vorne), 2 × 140 mm (oben), 1 × 120 mm (hinten)	3 × be quiet! Shadow Wings PWM 140 mm	2
Monitor	24 Zoll, Full HD (HP)	24 Zoll + iiyama ProLite B2483HSU-B1DP	7
Summe			45

iiyama ProLite B2483HSU-B1DP



be quiet! Silent Base 800 orange (Window)



PC von Multikill307

Dieser Rechner hat rund fünf Jahre auf dem Buckel. Bei der Tuning-Aktion hat sich Multikill307 statt für den Wechsel der Grafikkarte erst einmal für eine Aktualisierung der Plattform entschieden.

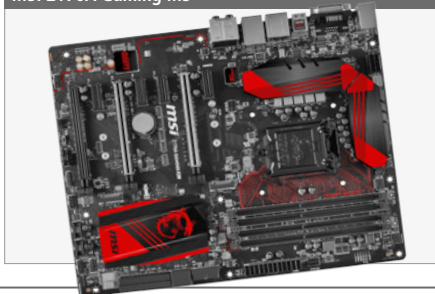
Prozessor und Grafikkarte sind seit Ende 2010 auf dem Markt, mit dem Wechsel auf das MSI Z170A Gaming M5 und den i5-6600K stehen

Multikill307 ab sofort neue Schnittstellen wie USB 3.0, SATA 6 Gb/s, SATA Express und M.2 zur Verfügung. Trotz deutlich erhöhter Prozessorleistung ist dank des Dark Rock Pro 3 ein leiser Betrieb gar kein Problem, zumal mit dem Silent Base 600 auch ein neues Gehäuse lockt, das bis zu vier 140mm-Ventilatoren aufnimmt. Multikill307 hat sich die Version mit Fenster im Seitenteil gewünscht. Die ausgewählten 32 GiByte DDR4-Speicher sollten für mehrere Jahre reichen.

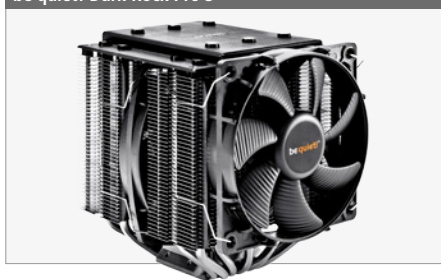
Da der Leser nur 38 von 45 Punkten seines Aufrüst-Budgets nutzte, legen wir unbürokratisch ein Dark Power Pro 850 Watt obendrauf, das einem Aufrüst-Wert von 7 Punkten entspricht: Mit diesem Netzteil stehen Multikill307 beim Kauf einer neuen Grafikkarte alle Wege offen. Dann stehen die Chancen auch gut dafür, durchweg die native Full-HD-Auflösung des iiyama ProLite GE2488HS-B1 nutzen zu können. Anschlussseitig gibt sich der Bildschirm mit D-Sub, DVI und HDMI flexibel.

Komponente	Alter PC	Neuer PC	Punkte
Prozessor	FX-4100	Core i5-6600K	17*
CPU-Kühler	Boxed	be quiet! Dark Rock Pro 3	3
Mainboard	Socket AM3+, AMD 880G (Asrock)	MSI Z170A Gaming M5	17*
Arbeitsspeicher	2 + 4 GiByte DDR3 (Kingston)	4 x 8 GiByte Crucial Ballistix Elite DDR4-2666 (CL16)	8
Grafikkarte	Radeon HD 6950 (Xfx)	Radeon HD 6950 (Xfx)	
SSD	64 GB (OCZ)	64 GB (OCZ)	
Netzteil	600 Watt (LC-Power)	be quiet! Dark Power Pro 850 W	7**
Gehäuse	Midi-Tower (Aerocool)	be quiet! Silent Base 600 orange (Window)	4
Lüfter	1 x 140 mm (vorne), 1 x 120 mm (hinten)	2 x be quiet! Pure Wings 2 (vorinstalliert)	
Monitor	Nicht bekannt	iiyama ProLite GE2488HS-B1	6
Summe			45

MSI Z170A Gaming M5



be quiet! Dark Rock Pro 3



PC von Tabby91

Bei diesem PC schwächelt vor allem die Grafikkarte: Die Radeon HD 5770 ist 2009 auf den Markt gekommen und für den recht flotten Ivy-Bridge-Vierkerner deutlich unterdimensioniert.

Tabby91 berichtet davon, dass das Aufbaustrategiespiel Anno 2205 selbst mit minimalen Details nur ruckelig auf seinem PC läuft. Kein Wunder:

Die verbaute Grafikkarte ist langsam und bietet mit 1 GiByte viel zu wenig Speicher für aktuelle Titel.

Der Leser hat sich daher für eine MSI GTX 970 Gaming 4G entschieden, die ein Vielfaches der Leistung bietet, sich dank des Kühlsystems Twin Frozr V aber trotzdem akustisch unauffällig gibt. Damit die GPU-Leistung auch gut genutzt wird, hat sich Tabby91 für den iiyama ProLite B2783QSU-B1 entschieden. Der Monitor bietet dank WQHD-Auflösung 78 Prozent mehr Bildpunkte als ein Full-HD-Gerät. Mit seinem Straight-Power-10-Netzteil ist Tabby91 zwar eigentlich zufrieden, allerdings möchte er sich die Option offenhalten, später ein Multi-GPU-System zu verwenden. Das Dark Power Pro 11 mit 850 Watt bietet dafür mehr Reserven. Der Leser liebäugelt außerdem damit, seinen i5-3570K zu übertakten. Dank Turmkühler und Z77-Board sind über 4 GHz ein Leichtes. Die dafür wichtige Belüftung des Gehäuses übernehmen zukünftig Silent-Wings-2-PWM-Ventilatoren im 140-mm-Format.

Komponente	Alter PC	Neuer PC	Punkte
Prozessor	Core i5-3570K	Core i5-3570K	
CPU-Kühler	Turmkühler (EKL Alpenföhn)	Turmkühler (EKL Alpenföhn)	
Mainboard	Socket 1155, Z77 (Asus)	Socket 1155, Z77 (Asus)	
Arbeitsspeicher	2 x 4 GiByte DDR3 (Kingston)	2 x 4 GiByte DDR3 (Kingston)	
Grafikkarte	Radeon HD 5770/1G (Gigabyte)	MSI GTX 970 Gaming 4G	14
SSD	512 GB (Crucial)	512 GB, Samsung 850 Evo 500 GB	6
Netzteil	be quiet! Straight Power 10-CM 500 W	be quiet! Dark Power Pro 11 850 W	7
Gehäuse	Midi Tower (Fractal Design)	Midi-Tower (Fractal Design)	
Lüfter	1 x 140 mm (vorne), 1 x 140 mm (hinten)	3 x be quiet! Silent Wings 2 PWM 140 mm	3
Monitor	21,5 Zoll, Full HD (Samsung)	iiyama ProLite B2783QSU-B1	14
Summe			44

MSI GTX 970 Gaming 4G



iiyama ProLite B2783QSU-B1



* Punktwert gilt für das aus Prozessor und Mainboard bestehende Bündel, nicht die Einzelkomponenten ** Zugabe, da das Punkte-Budget nicht ausgereizt wurde

LINUX

MAGAZIN

**33%
Rabatt**

TESTEN SIE JETZT 3 AUSGABEN FÜR 16,90 €

OHNE DVD 12,90 €



Telefon: 0911 / 993 990 98
Fax: 01805 / 86 180 02
E-Mail: computec@dpv.de

Einfach bequem online bestellen: shop.linux-magazin.de

Lesereinsendungen



PCGH-Mailbox

Außer über unsere Webseite www.pcgh.de und unser Forum www.pcghx.de können Sie selbstverständlich auch per E-Mail an redaktion@pcgameshardware.de mit uns Kontakt aufnehmen.



Bild: EyeWire

Kabelbrand nach dem PC-Start?

Ich besitze ein Asus X99 Deluxe und ein Fractal Design Define R5. Nachdem ich das Gehäusekabel „Power SW“ ans Mainboard angeschlossen und alles eingeschaltet habe, fing das Kabel an zu brennen. Ich glaube, dass ich alles richtig angeschlossen habe. Wo könnte das Problem liegen und wie kann ich so was in Zukunft verhindern?

Özmen G., per E-Mail

Torsten Vogel: Eine Ferndiagnose ist schwierig, der Kabelbrand ist aber ein deutliches Zeichen dafür, dass anhaltend große Strommengen durch das Kabel flossen, wofür gleich mehrere Mechanismen versagt haben müssen:

- Der Power-Schalter ist ein einfacher Taster, sobald man ihn loslässt, wird der Stromfluss wieder unterbrochen.
- Bleibt der Taster hängen oder wird er dauerhaft gedrückt, so wird dies vom Mainboard nach typischerweise 4, bei einigen Herstellern nach 8 Sekunden als Ausschaltsignal gewertet und der Rechner schaltet sich ab. Als Stromversorgung steht jetzt nur noch die eher schwache 5-V-Stand-by-Leitung zur Verfügung.
- Entsprechende Widerstände auf dem Mainboard sollten normalerweise dafür sorgen, dass bei gedrücktem Taster kein zu hoher Strom fließt, da dies umgekehrt auch die Spannungsstabilität des Systems beeinträchtigen würde.
- Bei sehr hohen Strömen sollte die Kurzschlussicherung des Netzteils eine Notabschaltung durchführen (bei einigen Netzteilen liegt diese Schaltschwelle aber gegebenenfalls oberhalb des Lastlimits eines einzelnen dünnen Drahtes, wie er für Powerschalter verwendet wird.)

Ich empfehle den Austausch des betroffenen Kabels und gegebenenfalls Tasters. Zusätzlich könnten Netzteil und/oder Mainboard defekt sein. Ersteres vor allem dann, wenn der Schalter fälschlicherweise an einem anderen Anschluss angeschlossen wurde, der beispielsweise 12 Volt ohne Vorwiderstand zur Verfügung stellt und so hohe Stromflüsse erlaubt. Letzteres, wenn der schadhaft hohe Stromfluss tatsächlich am Power-Switch-Anschluss auftrat.

Dolby Atmos am PC?

Ich möchte mir für meinen HTPC ein Soundsystem mit Dolby-Atmos-Lautsprechern zulegen. Momentan habe ich ein 5.1-System an den analogen Ausgängen angebunden. Das sollte auch für die neue Soundkarte so bleiben, da ich keinen Receiver haben möchte.

Kann Dolby Atmos über eine Soundkarte angesteuert werden oder ist in nächster Zeit mit einer dafür geeigneten Soundkarte zu rechnen?

Ich weiß, mit Spielen, die das beherrschen, sieht es sehr dürrig aus, es geht mir aber auch vorwiegend um Filme, die ich mit meinem HTPC dann anschau.

M. Peters., per E-Mail

Philipp Reuther: Dolby Atmos funktioniert auf andere Weise als frühere Surround-Techniken. Bislang funktionierte das Ganze per Kanalsteuerung, das heißt, ein bestimmter Ton wurde für ein bestimmtes Signal (beispielsweise 7.1 oder 5.1) so abgemischt, dass er auf einem der Kanäle zu hören war. Mit Dolby Atmos gibt es nun ein objektbasiertes, dreidimensionales Koordinatensystem, in dem die Tontechniker einen Ton (als Objekt) platzieren können. Der Receiver errechnet dann, auf welchen der verfügbaren Lautsprecher der Ton wiedergegeben werden muss, um die Position möglichst genau zu reproduzieren.

Dolby Atmos kommt in 5 Konfigurationen: 5.1.2, 5.1.4, 7.1.2, 7.1.4 und 9.1.2. Für Heimkino-Anlagen werden 5.1.4- oder 7.1.4-Konfigurationen empfohlen (Schema: xy.lfc.z).
xy = Anzahl horizontaler, also klassischer Surround-Lautsprecher;
lfc = Anzahl Subwoofer;
z = Anzahl Decken- bzw. Bodenlautsprecher.

Dolby Atmos ist abwärtskompatibel, funktioniert also (auch) über ein klassisches Dolby-5.1- oder -7.1-Signal. Allerdings muss der Receiver mit den zusätzlich im Audiostream enthaltenen Daten auch etwas anfangen, sprich sie verarbeiten und den vorhandenen Lautsprechern zuspiesen können. Außerdem muss er ein 24-Bit-Signal (darin sind der Ton und die 3D-Informationen enthalten) verarbeiten können.

Ein Atmos-kompatibler Receiver ist also eine Voraussetzung für den neuen Raumklang. Das Signal vom PC könnte mittels Digital-Ausgang und Unterstützung für Dolby Digital Live überspielt werden. Die meisten aktuellen Soundkarten und einige Onboard-Konfigurationen unterstützen dieses Format.

Um einen Atmos-Receiver oder ein Soundsystem, in dem solch einer integriert ist, kommen Sie also meines Wissens nach nicht umhin.

Übertakteter Core i7-930 noch gut?

Ich fand Ihren Artikel zum Thema Pro-MHz-Leistung von CPUs in Ausgabe 01/2016 sehr interessant, weil ich mich mit meinem alten Nehalem (i7-930) schon genötigt gefühlt habe, nach etwas Neuem zu suchen. Aber wenn ich das richtig verstehe, dann muss ich nichts befürchten, weil ich durch das Übertakten auf 4,3 GHz fast keine Nachteile in Spielen gegenüber Skylake (Core i7) im Werkzustand habe (außer vielleicht den Stromverbrauch).

Oder habe ich da etwas falsch verstanden? Welche Gründe gäbe es denn überhaupt für mich, ein CPU-Upgrade durchzuführen?

Nico E., per E-Mail

Carsten Spille: Das haben Sie genau richtig verstanden, bis auf den Stromverbrauch haben Sie in Sachen Spieleleistung keinerlei Nachteile gegenüber einem neueren System mit Skylake i7 im Werkzustand. Außerhalb von Spielen sind allerdings einige Features nicht verfügbar, so zum Beispiel die AES-Beschleunigung für Verschlüsselung und AVX/AVX2, was derzeit meist beim Video-Transcoding wie zum Beispiel unserem x264-Benchmark genutzt wird. Andere Skylake-Features wie Speed-Shift dienen primär dem Stromsparen und dem Ansprechverhalten von Prozessoren und manche wie die potenziell recht nützliche Software Guard Extensions (SGX) schaltet Intel derzeit noch gar nicht frei.

Mit 4,3 GHz läuft Ihr alter Core i7-930 natürlich auch schon ziemlich flott ...

Die Leserbriefe geben nicht die Meinung der Redaktion wieder. Die Redaktion behält sich außerdem vor, Leserbriefe zu kürzen.

Projekt-PCs: Gaming

An PCs können die unterschiedlichsten Anforderungen gestellt werden, dementsprechend gibt es optimale Zusammenstellungen der einzelnen Komponenten.

Nach einigen PC-Konfigurationen für spezielle Einsatzzwecke wird es mal wieder Zeit für einen klassischen (gehobenen) Mittelklasse-Spieler-PC, mit dem Sie das meiste in Full-HD bei hohen bis sehr hohen Grafikdetails genießen

können. Dafür setzen wir auf Intels Skylake-Portfolio aus der Core-i5-Reihe. Aufseiten der Grafikkarte bieten sich AMDs Radeon R9 380 beziehungsweise R9 390 an, bei Nvidia die GeForce GTX 960. Wer etwas mehr Geld auf der hohen

Kante hat, kann auch zur GTX 980 greifen. Die kleine Schwester, die GTX 970, kann grundsätzlich in Betracht gezogen werden, wegen der Speicherproblematik tun wir uns bei einer Empfehlung aber immer noch schwer. Eine SSD darf natür-

lich ebenso wenig fehlen wie 16 GiByte DDR4-RAM – die 30 Euro Aufpreis lohnen sich mit einem Blick auf gängige Systemanforderungen sowie auf die Zukunft definitiv. Bei dem Rest ist es wie immer eine Glaubensfrage. (mm)

Mittelklasse

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	Core i5-6500	€ 210,-
CPU-Kühler	EKL Alpenföhn Sella	€ 20,-
Grafikkarte (AMD)	VTX3D Radeon R9 380/4G	€ 210,-
Grafikkarte (Nvidia)	Gigabyte GeForce GTX 960 Winforce 2X OC/4G	€ 200,-
Mainboard	Gigabyte GA-H170-HD3	€ 105,-
Arbeitsspeicher	Crucial Ballistix Sport, 2 x 8 GiB, DDR4-2400	€ 85,-
SSD	Samsung SSD 850 Evo 250 GB	€ 80,-
Netzteil	Super Flower Golden Green HX 450 W	€ 65,-
Gesamtpreis (ab)		€ 765,-

Core i5-6500

Der Core i5-6500 ist Intels kleinster Skylake-Vierkerner, der sich noch gut zum Spielen eignet. Der 6400er ist nur 20 Euro günstiger, dafür aber 500 MHz (Basis) beziehungsweise 300 MHz (maximaler Turbo) langsamer. Die kleinere CPU kann in Betracht gezogen werden, wenn das Geld wirklich knapp sitzt.



ab
€ 210,-

Gigabyte GA-H170-HD3

Intels H170-PCH bietet alles, was man für den Core i5-6500 benötigt. Wer experimentieren möchte, kann ein Z170-Mainboard von Asrock nehmen (s. Alternativ-Komponenten) und die CPU damit per BCLK übertakten. Eine Garantie, dass das Intel künftig nicht blockiert, gibt es jedoch nicht, und die Stromsparmodi laufen nicht mehr.



ab
€ 105,-

Alternativ-Komponenten

- Asrock Z170 Pro4, Z170 Extreme 4 oder anderes Asrock-Z170-Mainboard zum Übertakten (BIOS-Update wahrscheinlich erforderlich)
- GeForce GTX 970, Radeon R9 390, 16 GiByte DDR4-RAM

Gehobene Mittelklasse

Komponente	Hersteller und Produkt	Preis
Prozessor	Intel Core i5-6600K	€ 280,-
CPU-Kühler	EKL Alpenföhn Brocken 2	€ 40,-
Grafikkarte (AMD)	Sapphire Radeon R9 390 Nitro + Backplate	€ 340,-
Grafikkarte (Nvidia)	Palit GeForce GTX 980 Jetstream	€ 500,-
Mainboard	Asrock Z170 Extreme4	€ 140,-
Arbeitsspeicher	Crucial Ballistix Sport, 2 x 8 GiB, DDR4-2400	€ 85,-
SSD	Samsung SSD 850 Evo 250 GB	€ 80,-
Netzteil	Seasonic G-550 PCGH-Edition 550 W	€ 110,-
Gesamtpreis (ab)		€ 1.075,-

Core i5-6600K + Z170

Der Core i5-6600K stellt die günstigste Skylake-CPU dar, die sich in einem Z170-Mainboard per Multiplikator und BCLK übertakten lässt. Das Asrock Z170 Extreme4 bietet alles, was man als normaler Nutzer braucht, darunter je einen USB-3.1-Anschluss mit Typ-A- und -C-Stecker am I/O-Panel, die von einem ASM1142-Chip bereitgestellt werden.



ab
€ 420,-

Sapphire Radeon R9 390 Nitro

Die Radeon R9 390 ist AMDs „Brot und Butter“-Grafikkarte im höheren Preissegment. Die Leistung ist zwar nicht immer auf dem Niveau von Nvidias GeForce GTX 970, dafür ist sie mit 8 GiByte Grafikspeicher für die Zukunft gerüstet, die zudem oftmals die besseren Frametimes bringen. Sapphire liefert mit der Nitro (+ Backplate) ein ordentliches Kühldesign.



ab
€ 340,-

Alternativ-Komponenten

- GeForce GTX 970
- Core i7-6700 und H170-Mainboard nach eigenen Ausstattungsmerkmalen (beziehungsweise Asrock Z170 mit BCLK-OC-Funktion)

Einkaufsführer

Preisentwicklung und Kauftipps

www.pcg.de/einkaufsfuehrer

Core i7-6700K wird teurer

Der Core i7-6700K als Skylake-S-Topmodell ist mittlerweile gut verfügbar, der Preis ist in letzter Zeit trotzdem noch weiter angestiegen. 440 Euro kostet die CPU mindestens, für ein lieferbares Exemplar werden 450 Euro fällig.

Der Core i7-6700K war nach seiner Markteinführung zur Gamescom Anfang August nur schwer zu bekommen. Während kaum ein Händler das Skylake-S-Topmodell mit vier Kernen, SMT und offenem Multiplikator auf Lager hatte, ganz im Gegensatz zum Core i5-6600K und i7-6700, konnte man den i7-6700K immerhin noch für 350 bis 380 Euro vorbestellen.

Jetzt ist der Prozessor gut verfügbar; zum Redaktionsschluss hatten ihn 36 deutsche Onlinehändler auf Lager. Trotzdem liegt der Preis auf dem Niveau, das er bei der schlechten Verfügbarkeit hatte. Mindestens 450 Euro kostet ein lieferbarer Core i7-6700K. Kann man sich noch etwas gedulden, sind die Preise für ein aktuell nicht lieferbares Exemplar nur 10 Euro günstiger. Bei einer idealen sozialen Marktwirtschaft würde das bedeuten, dass viele Händler die CPU auf Lager haben, aber nur in geringen Stückzahlen, damit bei einem hohen Preis die Nachfrage die verfügbaren Prozessor-Kontingente nicht übersteigt.

In der Praxis vermuten wir allerdings, dass sich die Händler einfach ein paar Euro dazuverdienen wollen. Wahrscheinlich sind sie auf den Trichter gekommen, dass die breite Masse bereit ist, die hohen Preise zu bezahlen. Intel selbst verdient daran nichts, da der Listenpreis mit 339 US-Dollar sich nicht geändert hat. Der Core i7-4790K mit dem gleichen Intel-Preisschild ist übrigens für unter 350 Euro zu haben. Auch wenn der Euro-Kurs wieder schwächelt, erklärt das nicht die Differenz von über 100 Euro.

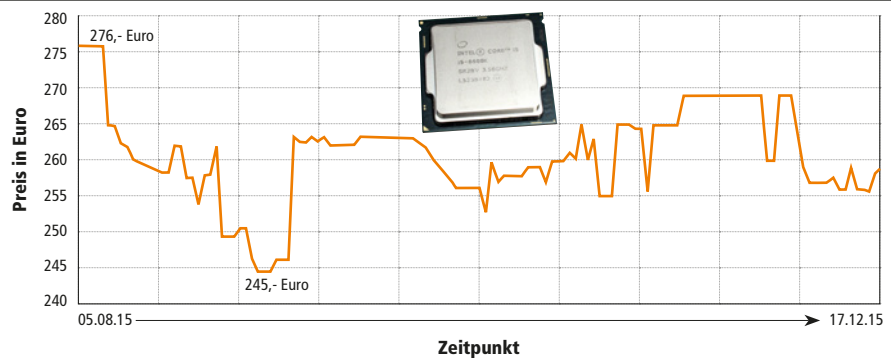
Letzten Endes kann man den Core i7-6700K für 450 Euro und mehr nicht guten Gewissens empfehlen. Stattdessen erscheint der Core i7-5820K für jetzt 410 Euro attraktiver, wenn man den Takt für Single-Core-Leistung gen 4,0 GHz anhebt. Die günstigere CPU gleicht das teurere Mainboard aus.

(mm)

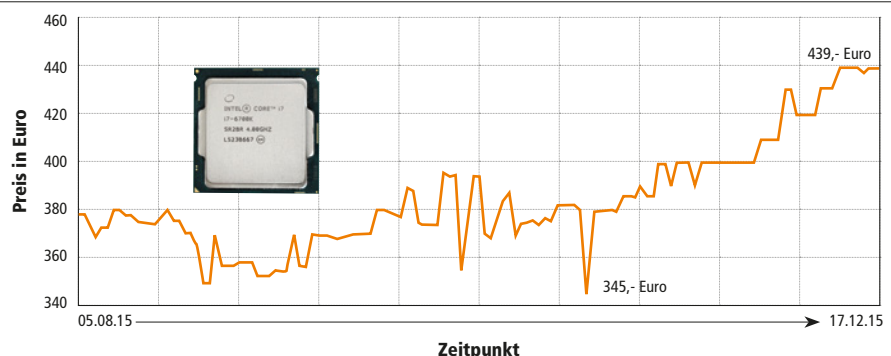


Bild: Aldbox

Preisentwicklung Intel Core i5-6600K



Preisentwicklung Intel Core i7-6700K



Aus de.gamesindustry.biz wird

gamesbusiness.de

DIE NEWS-ZENTRALE DER SPIELEINDUSTRIE

NEU!

NEWS & INTERVIEWS

JOBS IN DER
SPIELE-INDUSTRIE

BRANCHEN-EVENTS

Registrieren Sie
sich jetzt für den
**kostenlosen
Newsletter!**



Ein Produkt der
compuTEC
MEDIA



Einkaufsführer Grafikkarten

Preise: Stand 17.12.2015

HÄRTEWAFFE PREIS-LEISTUNGSTIPP

HÄRTEWAFFE SPAR-TIPP

Überarbeitete Bewertungsmethodik und somit neue Noten mit dieser Ausgabe!

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-Preisvergleich	
MSI GTX 980 Ti Lightning	€ 890,-	6.144 MiB	1.405+/3.549 MHz	19/300/300 Watt	30,0/4,5 cm	2x 8-/1x 6-Pol	0,0/1,6/1,6 Sone	1,60	02/2016	www.pcgh.de/preis/1316962	NEU
Inno 3D 980 Ti Accelero Hybrid S	€ 770,-	6.144 MiB	1.392+/3.645 MHz	20/303/305 Watt	26,7/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	1,0/2,6/2,6 Sone	1,64	09/2015	www.pcgh.de/preis/1274999	
Asus GTX 980 Ti Matrix Platinum	€ 890,-	6.144 MiB	1.329+/3.600 MHz	22/276/276 Watt	29,5/4,5 cm	2x 8-Pol	0,8/2,7/2,7 Sone	1,67	02/2016	www.pcgh.de/preis/1349139	NEU
Asus GTX 980 Ti Strix DC30C	€ 780,-	6.144 MiB	1.367+/3.600 MHz	20/297/297 Watt	30,5/3,5 cm	2x 8-Pol	0,0/3,3/3,3 Sone	1,68	09/2015	www.pcgh.de/preis/1274965	
Zotac GTX 980 Ti AMP Extreme	€ 780,-	6.144 MiB	1.329+/3.610 MHz	27/296/306 Watt	31,0/5,2 cm	2x 8-Pol	0,0/2,8/2,8 Sone	1,69	09/2015	www.pcgh.de/preis/1274988	
Inno 3D GTX 980 Ti iChill X3 Ultra	€ 690,-	6.144 MiB	1.266+/3.600 MHz	15/275/275 Watt	29,7/5,0 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/1,1/1,1 Sone	1,70	09/2015	www.pcgh.de/preis/1275006	
MSI GTX 980 Ti Gaming 6G	€ 700,-	6.144 MiB	1.228+/3.549 MHz	19/241/241 Watt	27,7/3,6 cm	2x 8-Pol	0,0/2,2/2,2 Sone	1,71	08/2015	www.pcgh.de/preis/1274979	
EVGA GTX 980 Ti Classified	€ 760,-	6.144 MiB	1.354+/3.506 MHz	29/304/305 Watt	28,0/3,5 cm	2x 8-Pol	0,0/4,8/4,8 Sone	1,71	02/2016	www.pcgh.de/preis/1275122	NEU
Palit GTX 980 Ti Super Jetstream	€ 700,-	6.144 MiB	1.266+/3.506 MHz	19/255/255 Watt	28,0/4,9 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/1,3/1,4 Sone	1,72	09/2015	www.pcgh.de/preis/1275014	
Gainward GTX 980 Ti Phoenix GS	€ 690,-	6.144 MiB	1.253+/3.506 MHz	20/259/259 Watt	29,4/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/2,0/2,0 Sone	1,74	09/2015	www.pcgh.de/preis/1285876	
Gigabyte GTX 980 Ti G1 Gaming	€ 700,-	6.144 MiB	1.278+/3.506 MHz	16/280/280 Watt	29,7/3,5 cm	2x 8-Pol	0,0/3,5/3,5 Sone	1,75	09/2015	www.pcgh.de/preis/1274970	
EVGA GTX 980 Ti SC+ ACX 2.0+	€ 700,-	6.144 MiB	1.215+/3.506 MHz	16/255/255 Watt	26,7/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/3,9/3,9 Sone	1,75	08/2015	www.pcgh.de/preis/1275048	
MSI GTX 980 Gaming 4G	€ 530,-	4.096 MiB	1.316+/3.506 MHz	14/201/202 Watt	27,8/3,5 cm	2x 8-Pol	0,0/1,6/1,6 Sone	2,11	04/2015	www.pcgh.de/preis/1167948	
Palit GTX 980 Super Jetstream	€ 520,-	4.096 MiB	1.328+/3.600 MHz	14/247/260 Watt	28,3/4,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/1,4/1,5 Sone	2,11	04/2015	www.pcgh.de/preis/1184579	
EVGA GTX 980 Superclocked	€ 540,-	4.096 MiB	1.304+/3.506 MHz	11/198/199 Watt	26,8/3,5 cm	2x 6-Pol	0,0/2,1/2,1 Sone	2,12	04/2015	www.pcgh.de/preis/1168427	
Zotac GTX 980 AMP Omega	€ 520,-	4.096 MiB	1.278+/3.524 MHz	16/198/200 Watt	26,9/5,0 cm	2x 8-Pol	0,2/2,0/2,0 Sone	2,13	04/2015	www.pcgh.de/preis/1167978	
Gainward GTX 980 Phantom	€ 500,-	4.096 MiB	1.304+/3.600 MHz	13/231/242 Watt	27,9/4,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,2/2,6/2,6 Sone	2,13	04/2015	www.pcgh.de/preis/1177063	
Gigabyte GTX 980 G1 Gaming	€ 540,-	4.096 MiB	1.380+/3.506 MHz	16/240/300 Watt	29,7/3,5 cm	2x 8-Pol	0,1/5,6/7,3 Sone	2,13	04/2015	www.pcgh.de/preis/1168440	
Asus GTX 980 Strix	€ 540,-	4.096 MiB	1.253+/3.506 MHz	14/201/201 Watt	29,0/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/2,2/2,2 Sone	2,14	04/2015	www.pcgh.de/preis/1168148	
MSI GTX 970 Gaming 4G	€ 360,-	4.096 MiB*	1.291+/3.506 MHz	14/201/203 Watt	26,9/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/2,1/2,1 Sone	2,38	04/2015	www.pcgh.de/preis/1167950	Hardware
Asus GTX 970 Strix OC	€ 360,-	4.096 MiB*	1.202+/3.506 MHz	15/166/168 Watt	28,2/3,5 cm	1x 8-Pol	0,0/0,7/0,7 Sone	2,39	04/2015	www.pcgh.de/preis/1167954	
Gigabyte GTX 970 G1 Gaming	€ 360,-	4.096 MiB*	1.354+/3.506 MHz	18/220/255 Watt	29,7/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,9/2,6/3,2 Sone	2,40	04/2015	www.pcgh.de/preis/1167952	
Palit GTX 970 Jetstream	€ 360,-	4.096 MiB*	1.266+/3.506 MHz	12/184/187 Watt	24,5/4,5 cm	2x 6-Pol	0,0/1,4/1,4 Sone	2,42	04/2015	www.pcgh.de/preis/1168012	
Asus GTX 970 Direct CU Mini OC	€ 340,-	4.096 MiB*	1.190+/3.506 MHz	13/149/149 Watt	17,0/3,5 cm	1x 8-Pol	0,4/1,8/1,8 Sone	2,42	04/2015	www.pcgh.de/preis/1203543	
Gainward GTX 970 Phantom	€ 360,-	4.096 MiB*	1.278+/3.506 MHz	12/188/191 Watt	24,0/4,5 cm	2x 6-Pol	0,1/1,8/1,8 Sone	2,43	04/2015	www.pcgh.de/preis/1168018	
MSI GTX 970 4GD5T OC	€ 360,-	4.096 MiB*	1.240+/3.506 MHz	13/179/180 Watt	27,5/3,4 cm	2x 6-Pol	0,3/3,4/3,4 Sone	2,45	04/2015	www.pcgh.de/preis/1168197	
Zotac GTX 970 (Eigendesign)	€ 330,-	4.096 MiB*	1.126+/3.506 MHz	16/163/163 Watt	20,3/3,4 cm	2x 6-Pol	0,2/2,3/2,3 Sone	2,45	04/2015	www.pcgh.de/preis/1167955	
EVGA GTX 960 SSC ACX 2.0+ 4GB	€ 230,-	4.096 MiB	1.430+/3.506 MHz	10/134/147 Watt	25,7/3,5 cm	1x 8-Pol	0,0/1,2/1,3 Sone	2,73	06/2015	www.pcgh.de/preis/1241646	Hardware
MSI GTX 960 Gaming 4G	€ 240,-	4.096 MiB	1.392+/3.506 MHz	12/136/136 Watt	26,8/3,5 cm	1x 8-Pol	0,0/0,6/0,6 Sone	2,73	06/2015	www.pcgh.de/preis/1241385	
Asus GTX 960 Strix DC20C-4GD5	€ 240,-	4.096 MiB	1.404+/3.506 MHz	10/145/150 Watt	21,5/3,5 cm	1x 6-Pol	0,0/1,0/1,0 Sone	2,74	06/2015	www.pcgh.de/preis/1240219	
Gigabyte GTX 960 G1 Gaming	€ 220,-	2.048 MiB	1.455+/3.506 MHz	12/150/170 Watt	29,7/3,5 cm	2x 6-Pol	0,0/0,7/0,8 Sone	2,84	04/2015	www.pcgh.de/preis/1220551	
Gainward GTX 960 Phantom 4GB	€ 220,-	4.096 MiB	1.253+/3.506 MHz	10/124/125 Watt	24,0/5,0 cm	1x 6-Pol	0,2/0,8/0,8 Sone	2,86	06/2015	www.pcgh.de/preis/1241549	
Palit GTX 960 Super Jetstream	€ 210,-	2.048 MiB	1.418+/3.600 MHz	11/135/136 Watt	24,5/4,5 cm	1x 6-Pol	0,0/1,0/1,0 Sone	2,90	04/2015	www.pcgh.de/preis/1220361	
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-Preisvergleich	
AMD R9 Fury X	€ 660,-	4.096 MiB	1.050/1.000 MHz	21/346/385 Watt	19,5/3,3 cm	2x 8-Pol	1,3/1,6/1,6 Sone	2,04	09/2015	www.pcgh.de/preis/1285788	
Sapphire R9 Fury Tri-X OC	€ 620,-	4.096 MiB	1.040/1.000 MHz	15/320/373 Watt	30,5/4,4 cm	2x 8-Pol	0,0/1,5/1,6 Sone	2,10	09/2015	www.pcgh.de/preis/1295300	
Asus R9 Fury Strix	€ 570,-	4.096 MiB	970+/1.000 MHz	12/267/274 Watt	30,0/3,5 cm	2x 8-Pol	0,0/2,6/3,1 Sone	2,13	09/2015	www.pcgh.de/preis/1296495	
MSI R9 390X Gaming 8G	€ 450,-	8.192 MiB	1.070+/3.050 MHz	23/400/401 Watt	27,5/4,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/4,9/4,9 Sone	2,29	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282063	
Asus R9 390X Strix DC30C	€ 440,-	8.192 MiB	1.030+/3.000 MHz	22/345/351 Watt	30,0/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/4,3/4,3 Sone	2,31	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282538	
Sapphire R9 390X Tri-X	€ 430,-	8.192 MiB	1.020+/3.000 MHz	20/337/340 Watt	30,5/4,0 cm	2x 8-Pol	0,0/3,8/3,8 Sone	2,35	09/2015	www.pcgh.de/preis/1280753	
Asus R9 390 Strix DC30C	€ 360,-	8.192 MiB	1.030+/3.000 MHz	22/344/349 Watt	30,0/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,0/3,2/3,2 Sone	2,40	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282721	
Sapphire R9 390 Nitro	€ 360,-	8.192 MiB	1.010/3.000 MHz	20/315/319 Watt	30,5/4,0 cm	2x 8-Pol	0,0/2,6/2,7 Sone	2,44	09/2015	www.pcgh.de/preis/1280763	
Powercolor R9 290X PCS+	€ 320,-	4.096 MiB	1.010+/2.500 MHz	14/298/303 Watt	29,4/4,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,8/4,6/4,6 Sone	2,50	04/2014	www.pcgh.de/preis/1053920	Hardware
Sapphire R9 380X Nitro	€ 250,-	4.096 MiB	1.040/3.000 MHz	15/239/250 Watt	23,5/3,5 cm	2x 6-Pol	0,0/2,4/2,5 Sone	2,78	01/2016	www.pcgh.de/preis/1351755	
Asus R9 380X Strix OC4G-Gaming	€ 280,-	4.096 MiB	1.030/2.850 MHz	15/199/203 Watt	27,0/3,7 cm	2x 6-Pol	0,0/1,5/1,5 Sone	2,78	01/2016	www.pcgh.de/preis/1357101	
Sapphire R9 380 Nitro	€ 230,-	4.096 MiB	985/2.900 MHz	14/197/205 Watt	23,7/3,5 cm	2x 6-Pol	0,0/1,4/1,7 Sone	2,84	09/2015	www.pcgh.de/preis/1280834	
MSI R9 380 Gaming 4G	€ 230,-	4.096 MiB	980/2.850 MHz	19/209/229 Watt	26,7/3,5 cm	2x 6-Pol	0,0/1,6/2,0 Sone	2,85	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282072	
MSI R9 280 Gaming 3G	€ 290,-	3.072 MiB	972/2.500 MHz	21/195/220 Watt	26,8/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,3/1,7/1,8 Sone	2,94	09/2014	www.pcgh.de/preis/1084930	
Asus R9 380 Strix DC20C-2GD5	€ 220,-	2.048 MiB	990/2.750 MHz	19/220/230 Watt	27,0/3,7 cm	1x 8-Pol	0,0/1,3/1,3 Sone	3,04	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282736	
MSI R9 285 Gaming 2G	€ 220,-	2.048 MiB	970/2.750 MHz	15/233/250 Watt	26,2/3,5 cm	2x 6-Pol	0,5/1,9/1,9 Sone	3,06	11/2014	www.pcgh.de/preis/1160945	
Sapphire R9 380 ITX Compact	€ 195,-	2.048 MiB	980/2.800 MHz	11/186/210 Watt	17,1/3,5 cm	1x 8-Pol	0,2/2,3/2,4 Sone	3,07	10/2015	www.pcgh.de/preis/1280836	
Powercolor R9 280 Turbo Duo OC	€ 190,-	3.072 MiB	960/2.500 MHz	15/214/221 Watt	26,7/3,5 cm	1x 8-/1x 6-Pol	0,4/3,3/3,6 Sone	3,09	09/2014	www.pcgh.de/preis/1079881	Hardware
XFX R9 285 Double D. Black Ed.	€ 210,-	2.048 MiB	975/2.900 MHz	12/202/213 Watt	22,0/3,5 cm	2x 6-Pol	0,7/3,9/3,9 Sone	3,10	11/2014	www.pcgh.de/preis/1160936	
Powercolor R9 285 Turbo Duo OC	€ 220,-	2.048 MiB	930+/2.750 MHz	13/198/201 Watt	21,7/3,5 cm	2x 6-Pol	0,4/2,5/2,5 Sone	3,12	11/2014	www.pcgh.de/preis/1159270	
Sapphire R9 285 ITX Compact OC	€ 270,-	2.048 MiB	928/2.750 MHz	11/188/214 Watt	17,1/3,5 cm	1x 8-Pol	0,3/3,4/3,6 Sone	3,14	11/2014	www.pcgh.de/preis/1160963	
MSI R9 270X Gaming 2G	€ 190,-	2.048 MiB	1.120/2.800 MHz	17/168/220 Watt	26,2/3,4 cm	2x 6-Pol	0,2/1,1/1,5 Sone	3,15	01/2014	www.pcgh.de/preis/1013474	
Powercolor R9 270X PCS+	€ 170,-	2.048 MiB	1.100/2.800 MHz	15/171/196 Watt	24,1/3,5 cm	2x 6-Pol	0,4/1,9/2,3 Sone	3,17	09/2014	www.pcgh.de/preis/1045077	
MSI R9 270 Gaming 2G	€ 170,-	2.048 MiB	975/2.800 MHz	13/145/171 Watt	25,7/3,5 cm	1x 6-Pol	0,2/1,2/1,6 Sone	3,26	04/2015	www.pcgh.de/preis/1031749	
Sapphire R9 270 Dual-X OC	€ 170,-	2.048 MiB	935/2.800 MHz	10/120/120 Watt	21,2/3,5 cm	1x 6-Pol	0,2/1,7/1,9 Sone	3,27	04/2015	www.pcgh.de/preis/1031583	

* 3.584 MiByte an 224 Bit plus 512 MiByte an nur 32 Bit – siehe PCGH 04/2015, Seite 28 ff. für alle Details

Sapphire-Karten: Sofern verfügbar, wurde die Full-Retail-Version (maximales Zubehör) getestet.

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.



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 Pressekatlog erhältlich.

compuTEC
MEDIA



Einkaufsführer Prozessoren & Kühler

Preise: Stand 17.12.2015

HÄUFIGE PREIS-LEISTUNGS-TIPP

HÄUFIGE SPAR-TIPP

Prozessoren & APUs (Auswahl)

AMD-Prozessoren	Preis	Leistung*	Stromverbrauch**	Kerne	Grafik	Basis-Takt	Prozess	RAM	Socket	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
AMD FX-9590	Ca. € 225,-	66,1 %/63,7 %	53/369/402/298	4m/8t	-	4,7 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,46	01/2014	www.pcgh.de/preis/973468
AMD FX-9370	Ca. € 205,-	61,8 %/61,0 %	56/387/382/299	4m/8t	-	4,4 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,56	01/2014	www.pcgh.de/preis/976942
AMD FX-8350	Ca. € 175,-	58,0 %/58,4 %	54/296/309/200	4m/8t	-	4,0 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,57	01/2014	www.pcgh.de/preis/852989
AMD FX-8370E	Ca. € 195,-	52,5 %/52,4 %	53/266/268/146	4m/8t	-	3,3 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,65	12/2014	www.pcgh.de/preis/1155963
AMD FX-8320	Ca. € 140,-	53,2 %/53,1 %	55/296/305/180	4m/8t	-	3,5 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,68	01/2014	www.pcgh.de/preis/852342
AMD FX-8320E	Ca. € 130,-	50,5 %/50,8 %	53/256/260/142	4m/8t	-	3,2 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,69	12/2014	www.pcgh.de/preis/1155966
AMD FX-6350	Ca. € 125,-	54,6 %/46,9 %	55/278/277/173	3m/6t	-	3,9 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,72	01/2014	www.pcgh.de/preis/939528
AMD FX-6300	Ca. € 105,-	51,9 %/44,2 %	55/256/256/140	3m/6t	-	3,5 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,77	09/2014	www.pcgh.de/preis/853168
AMD FX-8150	Nicht lieferbar	48,9 %/50,9 %	60/312/295/194	4m/8t	-	3,6 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,80	01/2014	www.pcgh.de/preis/689396
AMD FX-4300	Ca. € 55,-	44,8 %/33,5 %	53/231/233/131	2m/4t	-	3,8 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,82	01/2014	www.pcgh.de/preis/853505
AMD Athl. X4 860 BE	Ca. € 75,-	42,2 %/31,7 %	58/239/236/147	2m/4t	-	3,7 GHz + Turbo	28 nm	DDR3-1866	FM2+	3,03	12/2014	www.pcgh.de/preis/1154025
Intel-Prozessoren	Preis	Leistung*	Stromverbrauch**	Kerne	Grafik	Basis-Takt	Prozess	RAM (max.)	Socket	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Intel Core i7-6700K	Ca. € 445,-	100 %/76,5 %	31/255/267/121	4c/8t	HD 530	4,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2133	1151	1,49	10/2015	www.pcgh.de/preis/1290371
Intel Core i7-5775C	Ca. € 375,-	95,7 %/71,4 %	32/229/245/91	4c/8t	Iris Pro 6200	3,3 GHz + Turbo	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	1,56	08/2015	www.pcgh.de/preis/1275291
Intel Core i7-5960X	Ca. € 1.090,-	92,9 %/100 %	57/268/293/178	8c/16t	-	3,0 GHz + Turbo	22 nm	DDR4-2133	2011-v3	1,59	10/2014	www.pcgh.de/preis/1121089
Intel Core i7-5930K	Ca. € 595,-	93,1 %/86,3 %	53/263/284/152	6c/12t	-	3,5 GHz + Turbo	22 nm	DDR4-2133	2011-v3	1,70	01/2015	www.pcgh.de/preis/1121098
Intel Core i7-5820K	Ca. € 410,-	90,9 %/83,2 %	48/255/279/132	6c/12t	-	3,3 GHz + Turbo	22 nm	DDR4-2133	2011-v3	1,71	10/2014	www.pcgh.de/preis/1121100
Intel Core i7-4790K	Ca. € 340,-	94,1 %/71,5 %	35/253/272/131	4c/8t	HD 4600	4,0 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1600	1150	1,78	08/2014	www.pcgh.de/preis/1119923
Intel Core i7-4960X	Ca. € 940,-	93,5 %/87,2 %	58/311/332/188	6c/12t	-	3,6 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1866	2011	1,84	01/2014	www.pcgh.de/preis/993664
Intel Core i7-4930K	Ca. € 580,-	90,4 %/83,8 %	59/291/300/183	6c/12t	-	3,4 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1866	2011	1,90	01/2014	www.pcgh.de/preis/993654
Intel Core i7-4770K	Ca. € 340,-	87,0 %/65,6 %	34/240/249/110	4c/8t	HD 4600	3,5 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1600	1150	1,91	01/2014	www.pcgh.de/preis/928911
Intel Core i5-6600K	Ca. € 255,-	84,8 %/57,5 %	32/239/226/100	4c/4t	HD 530	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2133	1151	1,96	11/2015	www.pcgh.de/preis/1290376
Intel Core i5-5675C	Ca. € 270,-	88,3 %/56,5 %	33/230/224/90	4c/4t	Iris Pro 6200	3,1 GHz + Turbo	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	1,97	11/2015	www.pcgh.de/preis/1275321
Intel Core i7-4790	Ca. € 310,-	88,1 %/67,2 %	33/249/259/125	4c/8t	HD 4600	3,6 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1600	1150	1,99	07/2014	www.pcgh.de/preis/1050223
Intel Xeon E3-1231v3	Ca. € 260,-	85,1 %/63,2 %	34/239/251/114	4c/8t	-	3,4 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1600	1150	2,07	07/2014	www.pcgh.de/preis/1106393
APUs (AMD/Intel) -	Preis	Leistung*	Stromverbrauch**	Recheneinheiten	Takt CPU/GPU	Prozess	RAM (max.)	Socket	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich	
Intel Core i7-5775C	Ca. € 375,-	100 %/94,0 %	20,6/99/97/80	4c/8t/384 (Gen8)	3,3 - 3,7/1,25 GHz	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	1,31	08/2015	www.pcgh.de/preis/1275291	
Intel Core i7-6700K	Ca. € 445,-	64,2 %/100 %	23/77/70/112	4c/8t/192 (Gen9)	4,0 - 4,2/1,15 GHz	14 nm	DDR4-2133	1151	1,86	10/2015	www.pcgh.de/preis/1290371	
AMD A10-7870K	Ca. € 140,-	83,1 %/43,0 %	26/104/105/109	2m/4t/512 (GCN)	3,9 - 4,1/0,87 GHz	28 nm	DDR3-2400	FM2+	1,98	03/2014	www.pcgh.de/preis/1259232	
AMD A10-7850K	Ca. € 125,-	78,4 %/41,5 %	27/104/105/109	2m/4t/512 (GCN)	3,7 - 4,0/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2400	FM2+	2,11	03/2014	www.pcgh.de/preis/1050011	
AMD A8-7650K	Ca. € 100,-	71,3 %/38,2 %	26/108/111/121	2m/4t/384 (GCN)	3,3 - 3,8/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2400	FM2+	2,28	05/2015	www.pcgh.de/preis/1223313	
AMD A10-7800	Ca. € 120,-	73,7 %/39,1 %	27/100/97/97	2m/4t/512 (GCN)	3,5 - 3,9/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2133	FM2+	2,26	09/2014	www.pcgh.de/preis/1076550	
Intel Core i7-4790K	Ca. € 340,-	50,9 %/92,2 %	23/80/74/119	4c/8t/160 (Gen7.5)	4,0 - 4,4/1,25 GHz	22 nm	DDR3-1600	1150	2,30	08/2015	www.pcgh.de/preis/1119923	
AMD A8-7600	Ca. € 85,-	70,0 %/38,1 %	26/93/90/100	2m/4t/384 (GCN)	3,1 - 3,8/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2133	FM2+	2,35	07/2014	www.pcgh.de/preis/1051533	

APU: nicht direkt mit CPU-Wertung vergleichbar | * Normierte Leistung in Spielen/Anwendungen | ** Gesamtes System in Watt (Leerlauf/BF 4/Crysis 3/x264 – APUs: Leerlauf/BF 4/Bioshock Infinite/x264, 1080p)

Prozessorkühler

Modell	Preis	Maße (B x H x T) Gewicht	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp. (100/75/50 %)	Lautheit (100/75/50 %)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noctua NH-D15	Ca. € 85,-	151 x 175 x 162 mm; 1312 g	50,8 °C (1.020 U/min)	48,1/49,9/54,5 °C	3/1,2/0,2 Sone	2,08	09/2015	www.pcgh.de/preis/1098241
Thermalright Frio Extr. Silent 14 Dual	Ca. € 75,-	157 x 166 x 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
Noctua NH-U14S	Ca. € 70,-	152 x 166 x 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
Thermalright Macho Rev. B	Ca. € 41,-	142 x 173 x 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	2,22	02/2015	www.pcgh.de/preis/1193857
Soythe Ninja 4	Ca. € 40,-	132 x 155 x 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	2,22	09/2015	www.pcgh.de/preis/1267181
Silentium PC Fortis 1425	Ca. € 55,-	140 x 160 x 127 mm; 843 g	51,2 °C (1.300 U/min)	50,5/54,3/59,3 °C	1,2/0,4/0,1 Sone	2,22	09/2015	www.pcgh.de/preis/1326807
Be quiet Dark Rock Pro 3	Ca. € 75,-	141 x 164 x 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	2,29	09/2015	www.pcgh.de/preis/1054341
EKL Alpenföhn Brocken 2	Ca. € 37,-	153 x 173 x 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 Neuware
Thermalright Tr. Spirit 140 BW Rev. A	Ca. € 44,-	155 x 166 x 80 mm; 796 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	52,4/55/60,4 °C	0,9/0,4/0,1 Sone**	2,41	09/2015	www.pcgh.de/preis/1202482
Cryorig R1 Ultimate	n. verfüg.	144 x 166 x 144 mm; 1316 g	52,5 °C (900 U/min)	48,7/50,8/55,8 °C	3,9/1,8/0,5 Sone	2,43	09/2015	www.pcgh.de/preis/1062161
Thermalright Frio Silent 14	Ca. € 39,-	150 x 165 x 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. € 39,-	151 x 162 x 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. € 30,-	131 x 151 x 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
Cooler Master Hyper 412S	Ca. € 26,-	132 x 162 x 97 mm; 580 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	56,7/59,1/67,2 °C	0,8/0,3/0,1 Sone	2,65	09/2015	www.pcgh.de/preis/697260 Neuware
Be quiet Shadow Rock Slim	Ca. € 38,-	141 x 159 x 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	2,69	09/2015	www.pcgh.de/preis/1054903

Kompaktwasserkühlungen. Temperatur- und Lautheitsmessungen entsprechen Luftkühlern, aber abweichendes Benetzungssystem. Wertung nicht vergleichbar!

Modell	Preis	Radiator (B x H x T)	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp., (100/75/50 %)	Lauth. (100/75/50%/Pumpe)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Cooler Master Nepton 240M	Ca. € 110,-	277 x 123 x 59 mm	49,7 °C (1.320 U/min)	46,4/47,6/51,2 °C	4,3/2,1/0,6/0,2 Sone	2,13	06/2015	www.pcgh.de/preis/1184616
Enermax Liqmax II 240	Ca. € 75,-	275 x 120 x 53 mm	53,3 °C (1.020 U/min)	50,2/52,5/58,1 °C	2,8/1,3/0,4/0,3 Sone	2,20	06/2015	www.pcgh.de/preis/1214287
Fractal Design Kelvin S24	Ca. € 120,-	276 x 124 x 58 mm	52,7 °C (900 U/min)	49,3/50,5/53,3 °C	4,4/2,2/0,8/0,7 Sone	2,42	06/2015	www.pcgh.de/preis/1127755

* Betrieb mit 50 Prozent Drehzahl nicht möglich ** Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung 0,1 Sone mehr wegen Piepgeräuschen

IT-Online Trainings

Mit Experten lernen.

- Lernen Sie, wo und wann Sie möchten.
- Sparen Sie Zeit und Kosten.
- Bleiben Sie trotz zeitlicher Engpässe up-to-date.

computec
MEDIA
IT-ACADEMY

LPIC-1 / LPIC-2 Trainings

mit Ingo Wichmann, Linuxhotel

LPIC-1 (LPI 101 + 102)

499 €

LPIC-2 (LPI 201 + 202)

499 €

*Neue Lernziele für LPIC-2 gültig ab 1.11.2013!

NEU*
Entspricht neuen
LPIC-2-Lernzielen!

linuxhotel

Effiziente BASH-Skripte



mit Klaus Knopper,
Gründer der Knoppix-Distribution,
KNOPPER.NET

199 €

Zarafa – die offiziellen Trainings



mit Marco Welter,
Zarafa Deutschland GmbH
Zarafa Administrator

249 €

Zarafa Engineer

249 €

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 €

NETWAYS puppet labs

Univention Corporate Server (UCS)



Technikschulung
mit Philipp Hahn,
Univention GmbH

299 €

univention



/ComputecAcademy

www.computec-academy.de



Einkaufsführer Mainboards & RAM

Preise: Stand 17.12.2015

Mainboards für AMD-Prozessoren

Socket FM2+	Preis	Chip/Format	Slotanzahl	USB 3.0 (Front)/SATA3	Besonderheiten	Stromverbrauch*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Asus A88X-Pro	Ca. € 110,-	A88X/ATX	x16 (2), x1 (2), PCI (2)	4 x (6 x)/6 x 6Gb/s	BIOS-Flashback	38,1/173,2 Watt	1,66	03/2014	www.pcgh.de/preis/1001720
Asrock FM2A88X+ Killer	Ca. € 95,-	A88X/ATX	x16 (2), x1 (2), PCI (3)	4 x (2 x)/8 x 6Gb/s	Killer E2200 LAN	25,1/163,3 Watt	1,67	03/2014	www.pcgh.de/preis/1051505
Gigabyte G1.Sniper A88X	Ca. € 80,-	A88X/ATX	x16 (2), x1 (3), PCI (2)	2 x (2 x)/8 x 6Gb/s	HQ-D/A-Wandler	34,4/172,2 Watt	1,69	03/2014	www.pcgh.de/preis/994595
Socket AM3+	Preis	Chip/Format	Slotanzahl	USB 3.0 (Front)/SATA3	Besonderheiten	Stromverbrauch*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Asrock 990FX Killer	Ca. € 150,-	990/ATX	x16 (3), x1 (2), PCI (0)	4 x (2 x)/5 x 6Gb/s	M.2-Schnittstelle	60,7/287,4 Watt	1,76	09/2014	www.pcgh.de/preis/1051502
Asus Crosshair Formula-Z	Ca. € 230,-	990/ATX	x16 (4), x1 (2), PCI (0)	4 x (2 x)/8 x 6Gb/s	Gut überaktbar	67,0/290,4 Watt	1,84	09/2014	www.pcgh.de/preis/823995
Asus 990FX Sabertooth	Ca. € 180,-	990/ATX	x16 (4), x1 (1), PCI (1)	4 x (2 x)/8 x 6Gb/s	E-SATA	81,4/334,7 Watt	1,89	09/2014	www.pcgh.de/preis/827096
Asus M5A97 R2.0	Ca. € 85,-	970/ATX	x16 (2), x1 (2), PCI (2)	2 x (4 x)/6 x 6Gb/s	BIOS-Flashback	58,8/277,6 Watt	1,89	01/2013	www.pcgh.de/preis/818969

* Leistungsaufnahme des ganzen PCs (A10-850K bzw. FX-8350 + HD 7970; 2x 2 GiB DDR3-1333) bei Windows-Leerlauf/Stabilitätstest

Mainboards für Intel-Prozessoren

Socket 1151	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
Gigabyte Z170X-Gam. G1	Ca. € 520,-	Z170/E-ATX	x16*/x0* & x1/x1/x1/x1	3.0x4**; 3.0x4**	Sound Core	2/0x3.1; 7/4x3.0; 10x	6 (2x PWM)	1,68	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306474
Asus Z170-Deluxe	Ca. € 290,-	Z170/ATX	x16*/x0* & x1/x1/x1/x1/x2*	3.0x4	ALC 1150	6/0x3.1; 1/4x3.0; 8x	7 (6x PWM)	1,77	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306329
Asus Maximus VIII Ranger	Ca. € 180,-	Z170/ATX	x16*/x0* & x1/x1/x1/x1/x4	3.0x4	ALC 1150	2/0x3.1; 2/4x3.0; 6x	7 (7x PWM)	1,78	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306336
Biostar Gaming Z170T	Ca. € 150,-	Z170/ATX	x16 & x0*/x0*/x4*	3.0x4**	ALC 892	0/0x3.1; 4/2x3.0; 6x	5 (5x PWM)	2,02	11/2015	www.pcgh.de/preis/1321100
MSI Z170A Gaming Pro	Ca. € 150,-	Z170/ATX	x16*/x0* & x1/x1/x1/x1/x4	3.0x4**	ALC 1150	2/0x3.1; 4/2x3.0; 6x	5 (2x PWM)	2,12	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306786
Asrock Z170 Gaming K4	Ca. € 140,-	Z170/ATX	x16 & x1/x1/x1/x1/x1	3.0x4	ALC 1150	0/0x3.1; 6/2x3.0; 6x	6 (6x PWM)	2,15	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306625
Gigabyte Z170X-Gaming 3	Ca. € 140,-	Z170/ATX	x16*/x0* & x1/x1/x1/x1/x4*	3.0x4; 3.0x4**	ALC 1150	2/0x3.1; 3/4x3.0; 6x	5 (1x PWM)	2,23	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306467
MSI Z170A Gaming M7	Ca. € 210,-	Z170/ATX	x16*/x0* & x1/x0*/x0*/x0*/x4*	3.0x4; 3.0x4***	ALC 1150	2/0x3.1; 2/4x3.0; 6x	4 (2x PWM)	2,32	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306689
Supermicro C7Z170-SQ	Ca. € 290,-	Z170/ATX	x16*/x0*/x0* & x1/x1/x1/x1	3.0x4	ALC 898	1/0x3.1; 2/4x3.0; 6x	5 (5x PWM)	2,51	10/2015	www.pcgh.de/preis/1307677
Socket 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
Asus Rampage V Extreme	Ca. € 450,-	X99/E-ATX	x16/x0*/x16*/x8* & x0*/x1*	3.0x4*	ALC 1150	10/4x3.0; 12x	8 (8x4-Pin)	1,54	12/2014	www.pcgh.de/preis/1159294
MSI X99S SLI Plus	N. verfüg.	X99/ATX	x16/x16*/x0*/x8* & x1/x1	3.0x4* o. 2.0x2**	ALC 892	8/4x3.0; 10x	5 (5x4-Pin)	2,42	01/2015	www.pcgh.de/preis/1148609
Asrock Fatal1. X99X Killer	Ca. € 280,-	X99/ATX	x16/x16/x8* & x1/x1	3.0x4*	ALC 1150	6/4x3.0; 10x	6 (2x4-Pin)	2,52	12/2014	www.pcgh.de/preis/1159472
Gigabyte X99-UD3	Ca. € 210,-	X99/ATX	x16*/x0*/x16/x8* & x1/x1/x1/x1	2.0x2**; 2.0x1	ALC 1150	6/2x3.0; 10x	5 (5x4-Pin)	2,52	01/2015	www.pcgh.de/preis/1157069
Asus X99-A	Ca. € 230,-	X99/ATX	x16/x16/x8* & x1*/x1*/x1	3.0x4*	ALC 1150	6/4x3.0; 10x	6 (6x 4-Pin)	2,70	01/2015	www.pcgh.de/preis/1159296
Socket 1150	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
Asrock Z97 Extreme6	Ca. € 180,-	Z97/ATX	x16*/x0* & x1/x1*/x2	3.0x4*; 2.0x2**	ALC 1150	0x3.1; 6/4x3.0; 10x	6 (2x4-Pin)	1,90	06/2015	www.pcgh.de/preis/1106887
Asus Z97-A/USB 3.1	Ca. € 170,-	Z97/ATX	x16*/x0* & x0*/x0*/x0*	2.0x2*	ALC 892	2x3.1; 4/2x3.0; 6x	6 (6x4-Pin)	1,99	06/2015	www.pcgh.de/preis/1238117
Asus Maximus VII Ranger	Ca. € 180,-	Z97/ATX	x16*/x0* & x1/x0*/x0*/x2*	2.0x2*	ALC 1150	0x3.1; 4/2x3.0; 6x	5 (5x4-Pin)	2,12	06/2015	www.pcgh.de/preis/1106084
Gigabyte G1.Sniper Z97	Ca. € 190,-	Z97/ATX	x16*/x0* & x1/x1/x1	–	Sound Core	0x3.1; 4/2x3.0; 6x	4 (4x4-Pin)	2,13	06/2015	www.pcgh.de/preis/1107852
Biostar Gaming Z97X	Ca. € 180,-	Z97/ATX	x16*/x0*/x0* & x1/x1/x1/x1	2.0x2**	ALC 892	2x3.1; 4/2x3.0; 8x	6 (6x4-Pin)	2,30	06/2015	www.pcgh.de/preis/1230180
MSI Z97A Gaming 6	Ca. € 160,-	Z97/ATX	x16*/x0*/x0* & x1/x0*/x1*/x1	2.0x2**	ALC 1150	1x3.1; 2/4x3.0; 6x	5 (5x4-Pin)	2,33	07/2015	www.pcgh.de/preis/1215741
MSI Z97S SLI Krait Edition	Ca. € 120,-	Z97/ATX	x16*/x0* & x1/x1/x1	2.0x2**	ALC 892	0x3.1; 4/2x3.0; 6x	5 (5x4-Pin)	2,36	07/2015	www.pcgh.de/preis/1153578
Gigabyte GA-H97-D3H	Ca. € 95,-	H97/ATX	x16 & x0*/x4*/x0*	2.0x2**	ALC 1150	0x3.1; 4/2x3.0; 6x	5 (5x4-Pin)	2,88	07/2015	www.pcgh.de/preis/1107992
Asus B85-Pro Gamer	Ca. € 100,-	B85/ATX	x16 & x1/x1/x1/x4	–	ALC 1150	0x3.1; 2/2x3.0; 6x	5 (5x 4-Pin)	2,99	07/2015	www.pcgh.de/preis/1087607
Asrock B85M-HDS	Ca. € 55,-	B85/µATX	x16 & x1	–	ALC 662	0x3.1; 2/2x3.0; 4x	3 (2x 4-Pin)	3,53	07/2015	www.pcgh.de/preis/953888

* PCI-E-Lane-Sharing ** M.2 shared mit SATA *** M.2 shared mit SATA und mit PCI-E-Slot(s)

Arbeitsspeicher

DDR3	Produktnummer	Preis	Speichertyp	Latenzen	Aufbau*	Höhe	Spannung	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
G.Skill Trident X	F3-2666C12D-16GTXD	Ca. € 140,-	2 x 8 GiByte DDR3-2666	12-13-13-35	Dual-Rank	5,4 cm	1,65 Volt	2,19	06/2015	www.pcgh.de/preis/963433
Adata XPG V3	AX3U2933W4G12-DBV-RG	Ca. € 200,-	2 x 4 GiByte DDR3-2933	12-14-14-36	Single-Rank	5,1 cm	1,65 Volt	2,38	10/2014	www.pcgh.de/preis/1150319
Mushkin Redline Frostbyte	997121F	N. verfügbar	2 x 8 GiByte DDR3-2133	9-11-11-28	Dual-Rank	3,8 cm	1,65 Volt	2,38	06/2015	www.pcgh.de/preis/991929
G.Skill Trident X	F3-1600C7D-16GTX	Ca. € 95,-	2 x 8 GiByte DDR3-1600	7-8-8-24	Dual-Rank	5,4 cm	1,65 Volt	2,39	06/2015	www.pcgh.de/preis/855480
Avexir Raiden Series	AVD3U21330908G-2RD	N. verfügbar	2 x 8 GiByte DDR3-2133	9-11-10-27	Dual-Rank	6,3 cm	1,65 Volt	2,40	06/2015	www.pcgh.de/preis/1248060
Corsair Vengeance Pro	CMY8GX3M2A1866C9	Ca. € 55,-	2 x 4 GiByte DDR3-1866	9-10-9-27	Single-Rank	4,5 cm	1,50 Volt	2,41	09/2013	www.pcgh.de/preis/951191
Kingston Hyper X Savage	HX321C11SRK2/16	Ca. € 95,-	2 x 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
Crucial Ballistix Tactical	BLT2CP8G3D1869DT1TX0EU	Ca. € 85,-	2 x 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
DDR4	Produktnummer	Preis	Speichertyp	Latenzen	Aufbau*	Höhe	Kopierrate	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
G.Skill Ripjaws 4	F4-3200C16Q-16GRKD	Ca. € 150,-	4 x 4 GiByte DDR4-3200	16-16-16-36	Single-Rank	4,1 cm	64.295 MiByte/s	1,67	02/2015	www.pcgh.de/preis/1166213
Corsair Vengeance LPX	CMK16GX4M4B3200C16	Ca. € 170,-	4 x 4 GiByte DDR4-3200	16-18-18-36	Single-Rank	3,5 cm	63.473 MiByte/s	1,94	08/2015	www.pcgh.de/preis/1229100
Kingston Hyper X Predator	HX430C15PB2K4/16	Ca. € 190,-	4 x 4 GiByte DDR4-3000	15-16-16-39	Single-Rank	5,5 cm	62.322 MiByte/s	1,94	08/2015	www.pcgh.de/preis/1159804
GEIL Super Luce	GLW416GB3000C16QC	Ca. € 140,-	4 x 4 GiByte DDR4-3000	16-16-16-36	Single-Rank	5,0 cm	62.435 MiByte/s	1,97	08/2015	www.pcgh.de/preis/1261490
G.Skill Ripjaws 4	F4-2400C15Q-32GRR	Ca. € 190,-	4 x 8 GiByte DDR4-2400	15-15-15-35	Dual-Rank	4,1 cm	59.431 MiByte/s	1,98	08/2015	www.pcgh.de/preis/1155346
G.Skill Ripjaws 4	F4-3000C15Q-16GRR	Ca. € 130,-	4 x 4 GiByte DDR4-3000	15-15-15-35	Single-Rank	4,1 cm	62.629 MiByte/s	2,01	12/2014	www.pcgh.de/preis/1155352
Mushkin 994192F	994192F	Ca. € 120,-	4 x 4 GiByte DDR4-2666	15-15-15-36	Single-Rank	4,0 cm	58.281 MiByte/s	2,06	08/2015	www.pcgh.de/preis/1205189
Kingston Hyper X Fury	HX424C15FBK4/16	Ca. € 110,-	4 x 4 GiByte DDR4-2400	15-15-15-35	Single-Rank	3,4 cm	54.432 MiByte/s	2,22	08/2015	www.pcgh.de/preis/1231167

System DDR3: Core i7-4770K, Asus Maximus VI Extreme (UEFI 0711/1402), 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 i7-5820K, Asus Rampage V Extreme (UEFI 0706/0901), Zotac Geforce GT 640; Windows 8.1 64 Bit, HCI Memtest Pro, Kopierrate bei Standardakti-timings mit Aida 64 ermittelt



Einkaufsführer LCDs & Eingabegeräte

Preise: Stand 17.12.2015

PREIS-LEISTUNGS-TIPP
 SPAR-TIPP

LCDs

	Full HD	Preis	Bilddiagonale	Refreshrate	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
	Eizo Foris FG 2421	Ca. € 400,-	24 Zoll	120 Hertz	1 ms	15 ms	40 bis 360 cd/m²	VA-Panel	1,63	12/2013	www.pcgh.de/preis/1024965
	Asus VG248QE	Ca. € 290,-	24 Zoll	144 Hertz	2 ms	4 ms	74 bis 441 cd/m²	TN-Panel	1,86	04/2013	www.pcgh.de/preis/891345
	Asus VG278HE	Ca. € 360,-	27 Zoll	144 Hertz	3 ms	10 ms	61 bis 301 cd/m²	TN-Panel	1,88	12/2012	www.pcgh.de/preis/807004
	Eizo Foris FS2434	Ca. € 320,-	24 Zoll	60 Hertz	5 ms	7 ms	5 bis 239 cd/m²	IPS-Panel	1,92	10/2014	www.pcgh.de/preis/1128190
	LG Flatron 24EB23PY-W	Ca. € 240,-	24 Zoll	60 Hertz	5 ms	5 ms	99 bis 303 cd/m²	IPS-Panel	1,95	02/2014	www.pcgh.de/preis/936781
	Asus VE278H	Ca. € 230,-	27 Zoll	60 Hertz	2 ms	3 ms	53 bis 265 cd/m²	TN-Panel	1,96	09/2013	www.pcgh.de/preis/806934
	Asus VS248H	N. verfügb.	24 Zoll	60 Hertz	2 ms	3 ms	120 bis 267 cd/m²	TN-Panel	2,00	02/2014	www.pcgh.de/preis/668654
	WQHD	Preis	Bilddiagonale	Refreshrate	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
	Asus ROG PG279Q	Ca. € 850,-	27 Zoll	165 Hertz	6 ms	9 ms	50 bis 300 cd/m²	IPS-Panel	1,79	12/2015	www.pcgh.de/preis/1275089
	NEC Multisync EA274Wmi	Ca. € 660,-	27 Zoll	60 Hertz	5 ms	12 ms	17 bis 374 cd/m²	IPS-Panel	1,81	03/2014	www.pcgh.de/preis/1028029
	Benq BL2710PT	Ca. € 430,-	27 Zoll	60 Hertz	4 ms	19 ms	65 bis 382 cd/m²	AHVA-Panel	1,86	03/2014	www.pcgh.de/preis/978482
	Asus MG279Q	Ca. € 650,-	27 Zoll	144 Hertz	8 ms	9 ms	35 bis 343 cd/m²	IPS-Panel	1,87	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215454
	Eizo Flexscan EV2736W	Ca. € 630,-	27 Zoll	60 Hertz	6 ms	18 ms	1 bis 290 cd/m²	IPS-Panel	1,93	03/2014	www.pcgh.de/preis/848569
	Iiyama ProLite XB2779QS	Ca. € 510,-	27 Zoll	60 Hertz	5 ms	12 ms	140 bis 400 cd/m²	IPS-Panel	1,98	03/2014	www.pcgh.de/preis/990459
	Acer XB270HU	Ca. € 750,-	27 Zoll	144 Hertz	8 ms	6 ms	125 bis 419 cd/m²	IPS-Panel	1,99	08/2015	www.pcgh.de/preis/1216766
	Benq XL2730Z	Ca. € 590,-	27 Zoll	144 Hertz	8 ms	8 ms	52 bis 353 cd/m²	TN-Panel	2,01	05/2015	www.pcgh.de/preis/1223748
	Acer T272HUL bmidpcz	Ca. € 550,-	27 Zoll	60 Hertz	5 ms	19 ms	74 bis 312 cd/m²	AHVA-Panel	2,04	03/2014	www.pcgh.de/preis/997601
	Ultra HD	Preis	Bilddiagonale	Refreshrate	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
	Asus PB278Q	Ca. € 440,-	28 Zoll	60 Hertz	2 ms	3 ms	36 bis 277 cd/m²	TN-Panel	1,87	07/2014	www.pcgh.de/preis/1094194
	Samsung U28D590D	N. verfügb.	28 Zoll	60 Hertz	3 ms	20 ms	14 bis 368 cd/m²	TN-Panel	1,96	07/2014	www.pcgh.de/preis/1077793
	Asus PB279Q	Ca. € 700,-	27 Zoll	60 Hertz	6 ms	9 ms	54 bis 266 cd/m²	IPS-Panel	2,04	01/2015	www.pcgh.de/preis/1123437
	Samsung U28E850R	Ca. € 540,-	28 Zoll	60 Hertz	6 ms	8 ms	70 bis 224 cd/m²	TN-Panel	2,08	08/2015	www.pcgh.de/preis/1258114
	LG 27MU67-B	Ca. € 530,-	27 Zoll	60 Hertz	8 ms	11 ms	72 bis 230 cd/m²	IPS-Panel	2,12	09/2015	www.pcgh.de/preis/1273811
	21:9	Preis	Auflösung	Refreshrate	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
	LG 34UC97-S	Ca. € 990,-	3.440 x 1.440	60 Hertz	5 ms	8 ms	51 bis 273 cd/m²	IPS-Panel	1,92	12/2014	www.pcgh.de/preis/1159982
	LG 34UM67-P	Ca. € 500	2.560 x 1.080	60 Hertz	10 ms	11 ms	52 bis 320 cd/m²	IPS-Panel	2,05	05/2015	www.pcgh.de/preis/1218026
	LG 34UM95	Ca. € 690,-	3.440 x 1.440	60 Hertz	5 ms	25 ms	54 bis 266 cd/m²	IPS-Panel	2,09	07/2014	www.pcgh.de/preis/1049833
	LG 29UM65	Ca. € 370,-	2.560 x 1.080	60 Hertz	5 ms	17 ms	141 bis 321 cd/m²	IPS-Panel	2,15	07/2014	www.pcgh.de/preis/1078048

Mäuse

	Modell	Preis	Kabellänge	Tasten	Abtastung	Auflösung	Gewicht	Ergonomie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
	Roccat Nyth	Ca. € 130,-	180 cm	16 + Scrollrad	Optisch (Laser)	12.000 Dpi	130 Gramm	Sehr gut	1,16	11/2015	www.pcgh.de/preis/1300527
	Roccat Tyon	Ca. € 100,-	180 cm	16 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	126 Gramm	Sehr gut	1,32	12/2014	www.pcgh.de/preis/1154844
	Razer Mamba Tournament Edition	Ca. € 95,-	210 cm	6 + Scrollrad	Optisch (Laser)	16.000 Dpi	133 Gramm	Sehr gut	1,39	01/2016	www.pcgh.de/preis/1310517
	Logitech G502 Proteus Core	Ca. € 55,-	180 cm	9 + Scrollrad	Optisch (Laser)	12.000 Dpi	128 bis 146 Gramm	Sehr gut	1,42	07/2014	www.pcgh.de/preis/1098847
	Mionix Naos 8200	Ca. € 80,-	200 cm	6 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	105 Gramm	Sehr gut	1,43	12/2014	www.pcgh.de/preis/900404
	SteelSeries Sensei MLG Edition	Ca. € 90,-	200 cm	7 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	105 Gramm	Sehr gut	1,43	12/2012	www.pcgh.de/preis/871876
	Roccat Kone XTD	Ca. € 85,-	180 cm	7 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	120 bis 140 Gramm	Sehr gut	1,43	12/2012	www.pcgh.de/preis/841868
	Razer Ouroboros	Ca. € 125,-	Schnurlos	8 + Scrollrad	Laser und LED	8.200 Dpi	117/147 Gramm mit Akku	Sehr gut	1,43	07/2013	www.pcgh.de/preis/815637
	Rapoo Vpro VR900	Ca. € 50,-	180 cm	7 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	115 Gramm	Sehr gut	1,46	12/2014	www.pcgh.de/preis/393923114
	Mad Catz R.A.T. Tournament Ed.	Ca. € 60,-	180 cm	9 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	91 Gramm	Sehr gut	1,46	07/2014	www.pcgh.de/preis/1063444
	Razer Taipan	Ca. € 80,-	210 cm	8 + Scrollrad	Laser und LED	8.200 Dpi	96 Gramm	Sehr gut	1,46	09/2012	www.pcgh.de/preis/802137
	Mionix Castor	Ca. € 80,-	200 cm	5 + Scrollrad	Optisch (LED)	10.000 Dpi	95 Gramm	Gut bis sehr gut	1,50	01/2016	www.pcgh.de/preis/1319591

Tastaturen

	Nicht mechanisch	Preis	Beleuchtung	Anschlüsse	Handballenablage	Zusatz Tasten	Makro/Speicher	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
	Roccat Isku	Ca. € 80,-	Voll, 6 Helligkeitsstufen	-	Ja (integriert)	15 + 3 Daumenta.	Ja/Ja (k. A.)	1,42	11/2011	www.pcgh.de/preis/648485
	Logitech G510s	Ca. € 90,-	Voll, Schalter	Audio	Ja (modular)	18 + LCD	Ja/Ja (k. A.)	1,58	07/2013	www.pcgh.de/preis/941371
	SteelSeries Apex	Ca. € 95,-	Voll, 8 Helligkeitsstufen	2 x USB 2.0	Ja	8 + 5 Multimedia	Ja/Ja (k. A.)	1,63	11/2013	www.pcgh.de/preis/889403
	Corsair Raptor K50	Ca. € 40,-	Voll, farbig, dreistufig	2 x USB 2.0	Ja	18 + 9 Multimedia	Ja/Ja (k. A.)	1,87	01/2014	www.pcgh.de/preis/968762
	Sharkoon Skiller Gaming Keyboard	Ca. € 20,-	Keine Beleuchtung	-	Ja (integriert)	20 Zusatz Tasten	Ja/nein	2,68	06/2014	www.pcgh.de/preis/783118
	Mechanisch	Preis	Beleuchtung	Anschlüsse	Schalter (getestet)	Schalter (verfüg.)	Makro/Speicher	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
	Roccat Ryos MK Pro	Ca. € 150,-	Voll, 6 Helligkeitsstufen	2 x USB 2.0, Audio	Cherry MX Brown	MX Black/Red/Blue	Ja/Ja (2 MByte)	1,36	12/2013	www.pcgh.de/preis/996208
	Logitech G910 Orion Spark	Ca. € 130,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Romer G (taktill)	Nur ein Modell	Ja/Ja (k. A.)	1,39	12/2014	www.pcgh.de/preis/1167372
	Gigabyte Aivia Osmium	Ca. € 115,-	Ja, Scrollrad, stufenlos	1 x USB 3.0, Audio	Cherry MX Red	MX Brown	Ja/Ja (k. A.)	1,43	01/2013	www.pcgh.de/preis/818661
	Ryos TKL Pro	Ca. € 100,-	Voll, 6 Helligkeitsstufen	Keine	Cherry MX Brown	MX Black/Red/Blue	Ja/Ja (2 MByte)	1,45	03/2015	www.pcgh.de/preis/1154843
	Qpad MK 90	Ca. € 160,-	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
	Razer Black Widow Chroma	Ca. € 170,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Razer Green (taktill)	Razer Orange	Ja/Ja (k. A.)	1,46	12/2014	www.pcgh.de/preis/1154331
	Corsair K70 RGB	Ca. € 175,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Cherry MX RGB Red	MX RGB Brown	Ja/Ja (k. A.)	1,52	12/2014	www.pcgh.de/preis/1156244
	SteelSeries Apex M800	Ca. € 170,-	RGB-Einzeltastenbel.	2 x USB 2.0	Q51-Switch (Kailh)	Q51-Switch (Kailh)	Ja/Ja (k. A.)	1,52	11/2015	www.pcgh.de/preis/1216334
	Madcatz Strike TE	Ca. € 90,-	Voll-/Zonenbel. + Modi	Keine	Kailh Brown (taktill)	Kailh Brown (taktill)	Ja/Ja (k. A.)	1,54	03/2015	www.pcgh.de/preis/1154828



Einkaufsführer SSDs & Festplatten

Preise: Stand 17.12.2015

HÄUFIGE PREIS-LEISTUNGS-TIPP

HÄUFIGE SPAR-TIPP

Solid State Drives (2,5-Zoll-Format)

Bis 256 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer L/S* AS-SSD	IOPS**	Kopiertest	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 130,-	238 GiB/256 GB	527/503 MB/s	90.000	68 Sekunden	10 Jahre	1,83	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136098
Plextor M6 Pro	Ca. € 140,-	238 GiB/256 GB	513/471 MB/s	88.000	80 Sekunden	5 Jahre	1,87	08/2015	www.pcgh.de/preis/1150916
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 80,-	233 GiB/250 GB	514/496 MB/s	76.000	75 Sekunden	5 Jahre	1,96	Aug 15	www.pcgh.de/preis/1194261
Adata SX 930	Ca. € 100,-	224 GiB/240 GB	515/410 MB/s	78.000	91 Sekunden	5 Jahre	2,04	12/2015	www.pcgh.de/preis/1299666
Crucial MX200	Ca. € 90,-	233 GiB/250 GB	521/475 MB/s	77.000	73 Sekunden	3 Jahre	2,08	12/2015	www.pcgh.de/preis/1215088
Kingston Hyper X Sa. SSD Kit	Ca. € 120,-	224 GiB/240 GB	525/497 MB/s	33.000	92 Sekunden	3 Jahre	2,08	08/2015	www.pcgh.de/preis/1255802
OCZ Vector 180	Ca. € 85,-	224 GiB/240 GB	509/489 MB/s	85.000	90 Sekunden	5 Jahre	2,12	08/2015	www.pcgh.de/preis/1230956
AMD Radeon R7-Ser. SSD	Ca. € 120,-	224 GiB/240 GB	508/493 MB/s	88.000	85 Sekunden	4 Jahre	2,13	08/2015	www.pcgh.de/preis/1154205
Crucial BX100	Ca. € 80,-	233 GiB/250 GB	527/360 MB/s	76.000	75 Sekunden	3 Jahre	2,21	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215183
OCZ Arc 100	Ca. € 75,-	224 GiB/240 GB	462/403 MB/s	83.000	97 Sekunden	3 Jahre	2,42	08/2015	www.pcgh.de/preis/1144991
Bis 512 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer L/S* AS-SSD	IOPS**	Kopiertest	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 230,-	477 GiB/512 GB	528/503 MB/s	90.000	66 Sekunden	10 Jahre	1,77	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136104
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 160,-	466 GiB/500 GB	514/502 MB/s	89.000	67 Sekunden	5 Jahre	1,85	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194263
Toshiba Q300 Pro	Ca. € 250,-	477 GiB/512 GB	519/490 MB/s	48000	63 Sekunden	5 Jahre	1,92	12/2015	www.pcgh.de/preis/1312394
Crucial MX200	Ca. € 170,-	466 GiB/500 GB	519/475 MB/s	88.000	73 Sekunden	3 Jahre	1,98	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215110
Crucial BX100	Ca. € 160,-	466 GiB/500 GB	526/435 MB/s	72.000	75 Sekunden	3 Jahre	2,13	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215184
OCZ Vector 180	Ca. € 180,-	447 GiB/480 GB	513/483 MB/s	91.000	86 Sekunden	5 Jahre	2,14	08/2015	www.pcgh.de/preis/1230954
Sandisk Extreme Pro	Ca. € 190,-	447 GiB/480 GB	526/485 MB/s	35.000	96 Sekunden	10 Jahre	2,19	08/2015	www.pcgh.de/preis/1126463
OCZ Trion 100	Ca. € 130,-	447 GiB/480 GB	528/468 MB/s	11.000	132 Sekunden	3 Jahre	2,56	12/2015	www.pcgh.de/preis/1294599
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. € 880,-	1.908 GiB/2.048 GB	523/502 MB/s	89.000	67 Sekunden	10 Jahre	1,72	12/2015	www.pcgh.de/preis/1291107
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 400,-	954 GiB/1.024 GB	528/502 MB/s	90.000	64 Sekunden	10 Jahre	1,74	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136105
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 700,-	1.863 GiB/2.000 GB	523/503 MB/s	89.000	68 Sekunden	5 Jahre	1,81	12/2015	www.pcgh.de/preis/1291113
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 310,-	932 GiB/1.000 GB	521/503 MB/s	90.000	72 Sekunden	5 Jahre	1,88	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194264
Crucial MX200	Ca. € 330,-	932 GiB/1.000 GB	516/480 MB/s	88.000	73 Sekunden	3 Jahre	1,97	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215111
Crucial BX100	Ca. € 300,-	932 GiB/1.000 GB	528/434 MB/s	70.000	75 Sekunden	3 Jahre	2,07	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215186
OCZ Vector 180	Ca. € 320,-	894 GiB/960 GB	513/488 MB/s	81.000	89 Sekunden	5 Jahre	2,15	08/2015	www.pcgh.de/preis/1230950
Altes Testsystem									
Ab 256 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	Zugriffszeit L/S*	Transfer L/S Atto*	IOPS**	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Corsair Neutron GTX	Ca. € 200,-	238 GiB/256 GB	0,04/0,05 ms	559/512 MB/s	88.000	5 Jahre	1,90	09/2013	www.pcgh.de/preis/796012
Ab 512 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	Zugriffszeit L/S*	Transfer L/S Atto*	IOPS**	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Crucial MX100	Ca. € 190,-	477 GiB/512 GB	0,03/0,04 ms	549/508 MB/s	88.000	3 Jahre	1,97	08/2014	www.pcgh.de/preis/1122682

* L/S: Lesen und Schreiben | ** 4k-Random-Write-Operationen pro Sekunde

Festplatten (3,5-Zoll-Format)

Bis 8.000 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	U/min	Lautheit Leerl./Zugr.	Zugriffszeit L/S**	Transfer L/S**	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Toshiba MG04ACA600E	Ca. € 450,-	5.586 GiB/6.000 GB	7.200	0,8/1,4 Sone	12,0/5,0 ms	166/163 MB/s	1,71	08/2015	www.pcgh.de/preis/493352788
Toshiba MC04ACA500E	Ca. € 270,-	4.548 GiB/5.000 GB	7.200	0,7/1,3 Sone	12,0/13,4 ms	166/163 MB/s	1,88	08/2015	www.pcgh.de/preis/1145736
Seagate Archive HDD 8TB	Ca. € 220,-	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 2.000 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	U/min	Lautheit Leerl./Zugr.	Zugriffszeit L/S**	Transfer L/S**	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Toshiba DT01ACA200	Ca. € 70,-	1.863 GiB/2.000 GB	7.200	0,4/0,6 Sone	15,7/15,4 ms	144/144 MB/s	1,90	02/2014	www.pcgh.de/preis/833755
Hitachi Deskstar HDS723020BLA642	Ca. € 160,-	1.863 GiB/2.000 GB	7.200	0,6/0,7 Sone	15,6/7,0 ms	125/125 MB/s	2,08	06/2012	www.pcgh.de/preis/588432
Seagate Barracuda 7200.14 ST1000DM003	Ca. € 50,-	932 GiB/1.000 GB	7.200	0,3/0,4 Sone	14,5/15,7 ms*	164/164 MB/s	2,15	01/2013	www.pcgh.de/preis/686480
Western Digital 2.0 TB	Ca. € 80,-	1.863 GiB/2.000 GB	5.400	0,3/0,3 Sone	14,9/17,9 ms	119/86 MB/s	2,25	02/2014	www.pcgh.de/preis/828732
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. € 80,-	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. € 100,-	2.794 GiB/3.000 GB	K. A.	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	Ca. € 220,-	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
Hitachi Deskstar HDS724040ALE640	Ca. € 180,-	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. € 160,-	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	Ca. € 410,-	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. € 410,-	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. € 250,-	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, Lüfter & Netzteile

Preise: Stand 17.12.2015

Gehäuse

Midi-Gehäuse (CPU @ 3,2 GHz, 1,2 Volt)	Preis	Lüfterplätze	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/ schräg (12 V)	Lauth. frontal/ schräg (7 V)	Temperatur (CPU/GPU/ HDD)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Antec P100	Ca. € 80,-	4 x 140, 1 x 120 mm	2 x 120 mm	2,1/2,2 Sone	2,2/1,9 Sone	79/85/31 °C	1,71	06/2014	www.pcgh.de/preis/1013922
Be Quiet Silent Base 800	Ca. € 115,-	5 x 140/120 mm, 2 x 120 mm	3 x 120 mm	2,7/2,6 Sone	2,3/2,3 Sone	79/82/32 °C	1,90	02/2015	www.pcgh.de/preis/1155576
Thermaltake Suppressor F51	Ca. € 125,-	3 x 200 mm, 2 x 140 mm, 2 x 120 mm	200 mm, 120 mm	2,6/2,8 Sone	2,2/2,6 Sone	80/87/35 °C	1,94	10/2015	www.pcgh.de/preis/1273311
Fractal Design Define R5	Ca. € 105,-	9 x 140/120 mm	2 x 140 mm	2,5/2,7 Sone	2,4/2,6 Sone	85/89/32 °C	1,97	02/2015	www.pcgh.de/preis/1200732
Chieftec Libra LF-01B	Ca. € 75,-	8 x 120 mm	4 x 120 mm	4,3/4,2 Sone	2,6/3,0 Sone	75/73/30 °C	2,04	06/2014	www.pcgh.de/preis/804417
Fractal Design Define S	Ca. € 80,-	9 x 140/120 mm	2 x 140 mm	2,6/2,6 Sone	2,3/2,4 Sone	87/91/37 °C	2,11	10/2015	www.pcgh.de/preis/1259880
Aerocool Aero-1000	Ca. € 70,-	2 x 140/120 mm, 3 x 120 mm	3 x 120 mm	3,2/3,0 Sone	2,7/3,0 Sone	72/88/31 °C	2,20	10/2015	www.pcgh.de/preis/1242807
Chieftec Dragon DX-02B	Ca. € 110,-	3 x 200 mm, 1 x 140 mm, 3 x 120 mm	2 x 200, 3 x 120 mm	3,2/3,5 Sone	2,7/3,0 Sone	78/88/35 °C	2,30	10/2015	www.pcgh.de/preis/884481
Big-Tower-Gehäuse (CPU @ 3,2 GHz, 1,2 Volt)	Preis	Lüfterplätze	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/ schräg (12 V)	Lauth. frontal/ schräg (5 V)	Temperatur (CPU/GPU/ HDD)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Nanoxia Deep Silence 5 Rv B	Ca. € 115,-	4 x 140/120 mm, 2 x 140 mm	3 x 140 mm	2,2/2,4 Sone	1,9/2,0 Sone	83/90/34 °C	1,64	04/2015	www.pcgh.de/preis/1224505
Phanteks Enthoo Luxe	Ca. € 155,-	2 x 200 mm, 2 x 140 mm, 4 x 120 mm	1 x 200, 2 x 140 mm	3,4/3,7 Sone	2,3/2,4 Sone	75/86/31 °C	1,71	04/2015	www.pcgh.de/preis/1142200
Enermax Thormax Giant	Ca. € 135,-	3 x 200 mm, 1 x 140 mm, 2 x 120 mm	2 x 180, 1 x 120 mm	3,8/3,9 Sone	2,8/2,9 Sone	71/81/31 °C	1,84	04/2015	www.pcgh.de/preis/1189301
Antec P380	Ca. € 165,-	4 x 140 mm, 1 x 120 mm	2 x 140, 1 x 120 mm	2,9/3,2 Sone	2,1/2,3 Sone	74/85/35 °C	2,00	04/2015	www.pcgh.de/preis/1211049
Corsair Graphite 780T	Ca. € 195,-	5 x 140, 2 x 120 mm	3 x 140 mm	3,3/3,1 Sone	2,4/2,6 Sone	77/90/34 °C	2,02	04/2015	www.pcgh.de/preis/1141589
Thermaltake Core X9	Ca. € 160,-	2 x 200 mm, 4 x 140 mm, 3 x 120 mm	1 x 200, 1 x 140 mm	4,2/4,1 Sone	2,4/2,1 Sone	73/90/35 °C	2,13	04/2015	www.pcgh.de/preis/1215051

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), Be Quiet Dark Power Pro 650 Watt, Umgebungstemperatur: 22/24 °C

Lüfter

120-mm-Lüfter	Preis	Anschluss/Kabellänge	Regelung	Drehzahl 100 %	Kühlleistung*	Lautheit*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noctua NF-F12 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM/53 cm	Spannungs-Adapter	1.500 U/min	10,5/13,2/18,0 Kelvin	1,9/0,4/0,1 Sone	2,24	05/2015	www.pcgh.de/preis/698532
Blacknoise Multiframe M12-2	Ca. € 20,-	3-Pin/44 cm	–	1.250 U/min	12,0/14,6/19,9 Kelvin	0,6/0,2/0,1 Sone	2,43	05/2015	www.pcgh.de/preis/342339
Nanoxia FX Evo 120mm IFC 1300	Ca. € 11,-	3-Pin/43 cm	Stufenlos (Slotblech)	1.300 U/min	11,2/13,9/18,6 Kelvin	1,3/0,4/0,1 Sone	2,46	05/2015	www.pcgh.de/preis/732780
Be quiet Silent Wings 2 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM/44 cm	–	1.500 U/min	11,4/14,5/19,7 Kelvin	1,0/0,3/0,1 Sone	2,49	05/2015	www.pcgh.de/preis/877395
Scythe Glide Stream 120 PWM	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.300 U/min	10,6/12,7/17,0 Kelvin	1,5/0,6/0,1 Sone	2,51	05/2015	www.pcgh.de/preis/837136
Phobya NB-Eloop 1600rpm	Ca. € 15,-	3-Pin/48 cm	–	1.600 U/min	10,0/12,4/16,5 Kelvin	1,5/0,5/0,1 Sone	2,56	05/2015	www.pcgh.de/preis/929515
Blacknoise Black Silent Pro PL-2	Ca. € 12,-	3-Pin/75 cm	–	1.400 U/min	12,3/14,8/20,0 Kelvin	1,1/0,4/0,1 Sone	2,60	05/2015	www.pcgh.de/preis/476778
Cooler Master Silencio FP 120 PWM	Ca. € 9,-	4-Pin PWM/44 cm	–	1.400 U/min	12,7/15,9/21,5 Kelvin	0,7/0,4/0,1 Sone	2,64	05/2015	www.pcgh.de/preis/1227673
140-mm-Lüfter	Preis	Anschluss/Kabellänge	Regelung	Drehzahl 100 %	Kühlleistung*	Lautheit*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Blacknoise Eloop B14-PS	Ca. € 25,-	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	01/2015	www.pcgh.de/preis/1313838
Thermaltake Ring 14 RGB	Ca. € 28,-	4-Pin PWM/45 cm	2-stuf., mit 50 cm Kab.	1.400 U/min	9,1/11,3/16,9 Kelvin	1,6/0,7/0,1 Sone	2,27	01/2015	www.pcgh.de/preis/1348647
Noctua NF-A14 FLX	Ca. € 20,-	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	01/2015	www.pcgh.de/preis/870798
Aerocool Dead Sil. Whi. Edi. 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	01/2015	www.pcgh.de/preis/1058907
Scythe Slip Stream 140XT 1200rpm	Ca. € 9,-	3-Pin/50 cm	–	1.200 U/min	8,9/11,4/15,7 Kelvin	1,6/0,7/0,1 Sone	2,34	01/2015	www.pcgh.de/preis/954180
Blacknoise Black Silent Pro PK-2	Ca. € 15,-	3-Pin/75 cm	–	1.200 U/min	10,2/12,8/18,1 Kelvin	1,2/0,5/0,1 Sone	2,39	01/2015	www.pcgh.de/preis/476867
Fractal Design Venturi HP-14 PWM	Ca. € 19,-	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	01/2015	www.pcgh.de/preis/1266895
Enermax T.B.Silence PWM 140mm	Ca. € 11,-	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	01/2015	www.pcgh.de/preis/886129
Silverstone SST-FQ141	Ca. € 15,-	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	01/2015	www.pcgh.de/preis/1170330
Be quiet Silent Wings 2 PWM	Ca. € 19,-	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	01/2015	www.pcgh.de/preis/877396
180-mm-Lüfter	Preis	Anschluss/Kabellänge	Regelung	Drehzahl 100 %	Kühlleistung*	Lautheit*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Phobya G-Silent 18 rot	Ca. € 18,-	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

* Lüfter auf Alphacool Nexxos XT45 120/140/180 mm Radiator, Differenztemperatur Wasser/Luft; Wärmequelle: Xeon E5-2687W (150 W TDP); Messung bei 100/75/50 % Lüfterdrehzahl; Lautheit in 50 cm Entfernung

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,-	4x 6+2-Pin, 1 x 6-Pin (70 cm)	540 Watt	0,1/0,1/0,1/0,4/0,5 Sone	87/91/94/92 %	1,36	10/2015	www.pcgh.de/preis/1318886
Enermax DigiFanless 550W	Ca. € 200,-	2x 6+2-Pin (60 cm)	540 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1 Sone	83/90/92/91 %	1,42	10/2015	www.pcgh.de/preis/1236229
Superflower Leadex Platinum 550W	Ca. € 120,-	1x 2 6+2-Pin (53/63 cm)	550 Watt	0,1/0,1/0,1/0,4/0,5 Sone	87/91/93/91 %	1,48	10/2015	www.pcgh.de/preis/1287434
CoolerMaster V550	Ca. € 100,-	1x 2 6+2-Pin (48/58 cm)	540 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/0,1,2 Sone	81/87/91/90 %	1,61	10/2015	www.pcgh.de/preis/1325567
EVGA G2 550W	Ca. € 110,-	1x 2 6+2-Pin (65/78 cm)	550 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/0,7 Sone	81/88/91/90 %	1,66	10/2015	www.pcgh.de/preis/1297440
Fractal Design Edison M 550W	Ca. € 85,-	2x 2 6+2-Pin (53/62 cm)	540 Watt	0,4/0,4/0,4/1,1/1,8 Sone	83/89/91/90 %	1,72	10/2015	www.pcgh.de/preis/1189076
600 bis 800 Watt	Preis	PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)	Leistung +12 V	Lautheit*	Effizienz*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Seasonic Platinum 760W	Ca. € 180,-	4x 6+2-Pin (59 cm)	760 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/1,5 Sone	89/92/93/-/92 %	1,50	02/2015	www.pcgh.de/preis/874979
Fractal Newton R3	Ca. € 130,-	4x 6+2-Pin (57 cm)	600 Watt	0,1/0,1/0,1/1,9/1,9 Sone	89/92/94/92/91 %	1,50	06/2013	www.pcgh.de/preis/815663
Be quiet Straight Pow. 10 700W CM	Ca. € 120,-	4x 6+2-Pin (59 cm)	700 Watt	0,2/0,2/0,2/0,8/1,2 Sone	85/90/92/-/90 %	1,67	02/2015	www.pcgh.de/preis/1165610
Über 800 Watt	Preis	PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)	Leistung +12 V	Lautheit*	Effizienz*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Corsair HX1000i	Ca. € 210,-	4x 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
Enermax Platimax 850W	Ca. € 160,-	4x 6+2-Pin (50 cm)	840 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/2,1 Sone	83/90/94/92/92 %	1,46	11/2011	www.pcgh.de/preis/683488
Be quiet Dark Power Pro P10 850W	Ca. € 210,-	6x 6+2-Pin (60 cm)/1x 6-Pin (60 cm)	840 Watt	0,3/0,3/0,3/0,4/0,6 Sone	85/91/93/92/91 %	1,49	01/2013	www.pcgh.de/preis/790591

* Gemessen bei 10/20/50/80/100 Prozent Auslastung des Netzteils

Die Redaktion

THILO BAYER

Chefredakteur | tb@pcgh.de | Aufgabengebiete: Themen aufspüren ;-)

PC aktuell: Seit Neuestem bootet meine Windows-7-Spieleliste nicht mehr in 29 Sekunden, sondern braucht 79 Sekunden. Das nervt dann doch etwas. Die Fehlersuche gestaltet sich sehr mühselig.

Mein nächstes Display ... wird vermutlich wieder mit WQHD auflösen, aber vielleicht mehr als 60 Hz bieten. Ich bin gespannt, was mein Test mit einem 144-Hz-Modell ergibt.

Privat-PC: Intel Core i7-970, 12 GiB RAM, Asus Sabertooth X58, MSI Geforce GTX 970 Gaming 4G, 27-Zoll-Display von Qnix



RAFFAEL VÖTTER

Leitender Redakteur | rv@pcgh.de | Fachbereiche: Heftplanung, Grafikkarten, GPU-Kühler, Spiele

PC aktuell: Mein GOTY hört auf den Namen Batman: Arkham Knight, der Haxer folgt erst auf Platz 2. Wer hätte's gedacht? Ich Mitte Oktober noch nicht ...

Mein nächstes Display ... steht seit November vor meiner Nase. Nachdem mein 305T+ ein Jahr nach dem Backen wieder verstarb, hatte ich die Faxen dicke und habe in ein LG 31MU97 investiert. 4.096 x 2.160 farbtreue Pixel – göttlich! G- und Freesync sitze ich aus, bis man sich auf einen Standard geeinigt hat.

Privat-PC: i7-5820K @ 2,5 GHz (0,78V), Asrock X99X Killer, 4 x 4 GiB DDR4-2200, GTX Titan X + Accellero IV @ 1.450/4.196 MHz, X-Fi Forte, DCI-4K-LCD



ANDREAS LINK

Leitender Redakteur Online | al@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)

PC aktuell: Reinhard hat mir angeboten, diese Zeilen monatlich für 100 Euro netto zu füllen. Jetzt weiß ich, warum die italienische Wirtschaft lahmt.

Mein nächstes Display ... sollte am liebsten ein OLED sein, das auch tagsüber hübsch hell ist. Da das aber derzeit eher nicht finanzierbare Wunschvorstellungen sind, muss ich mal sehen. Ich bin mit dem, was ich habe, nicht komplett unzufrieden, weshalb ich es gemächlich angehen lassen kann.

Privat-PC: Core i5-750, P7P55D Evo, Geforce GTX 470, 16 GiByte DDR3-1600, Audigy 2 ZS, 120-GB-SSD, 24-Zoll-LCD, Obsidian 800D, Windows 8.1



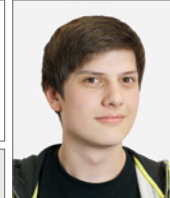
MARK MANTEL

Redakteur | mm@pcgh.de | Fachbereich: Online-Auftritt (pcgh.de)

PC aktuell: Nachdem AMD nun Frame-Doubling für Freesync anbietet, werde ich mir noch einen LCD-Treiber basteln, der die Freesync-Spanne nach oben bis hin zu 144 Hertz versetzt. Mal sehen, wie gut das Frame-Doubling mit den inoffiziellen Specs funktioniert.

Mein nächstes Display ... ist hoffentlich noch viele Jahre entfernt, nachdem gerade erst ein Asus MG279Q auf meinen Schreibtisch gewandert ist.

Privat-PC: Core i7-4790K @ H₂O, Asus Z97-A, Corsair 16 GiB DDR3-1600, Radeon R9 390, Samsung SSD 840 Evo 250 GB



PHILIPP REUTHER

Redakteur | pr@pcgh.de | Fachbereiche: Spiele, Sound

PC aktuell: Mir ist mal wieder sang- und klanglos eine SSD abgeraucht. Natürlich war es die Systemplatte und natürlich nachdem ich gerade ein frisches Windows aufgesetzt habe. SSD steht wohl für „schnell sterbende Daten“.

Mein nächstes Display ... Adaptive Sync ist definitiv ein Muss, mindestens 120 schlierenarme Hertz genauso und die Diagonale sollte 27 Zoll oder mehr betragen. UHD wäre cool, momentan würde mir aber WQHD reichen.

Privat-PC: Core i7-5820K @ 4,2 GHz, MSI Mpower, 32 GiB DDR4@2666, Samsung 512 GB SSD, 3x WD 3 TB, Sapphire R9 290X, SB ZxR, Asus STX II



CARSTEN SPILLE

Redakteur | cs@pcgh.de | Fachbereiche: Grafikkarten, Prozessoren

PC aktuell: Keine Änderungen bisher, also wird weiter gezockt.

Mein nächstes Display ... G-/Free-Sync, UHD, >= 32 Zoll, 120 Hz (für schnelle Spiele), 1080p ohne Scaling und dazu noch Farbtreue zur Bildbearbeitung, USB-3.1(C)-Hub sowie SD/CF-Kartenleser und 5 Jahre Garantie. Doch das gibt's leider nicht. Ob ich noch warte oder es ein konventionelles UHD-Display wird und ich meinen Benq zum 120-Hz-Zocken behalte – wer weiß?

Privat-PC: Core i7-4770K, MSI Z87-G43, 16 GiB G-Skill-DDR3-1600, 238-GiB-Samsung-SSD, Powercolor HD 7970, Benq XL2410T, IBM-Knickfeder-Tastenbrett



REINHARD STAUDACHER

Redakteur | rs@pcgh.de | Fachbereiche: Windows, SSDs, Festplatten, USB-Storage, NAS

PC aktuell: Nachdem ich letzten Monat an dieser Stelle erklärte, mich endlich mit den GPIO-Pins des Raspberry Pi zu beschäftigen, kann ich nun verkünden, ein stolzer Vater einer Roboterspinne zu sein. Nächstes Projekt: Ein Quadcopter.

Mein nächstes Display ... liegt wohl noch weit in der Zukunft, da ich mir erst letztes Jahr ein WQHD-Gerät angeschafft habe. Interessant wären jedoch >120 Hz und OLED. Oder aber ein HTC Vive/Oculus Rift, falls das als Display zählt.

Privat-PC: Core i7-4770K, Asus Z87 Plus, 16 GiB DDR3-2133, Samsung 830 256 GB, GTX 780 iChill Hercules X3, Soundblaster Z, Iiyama XB2779QS-S1



FRANK STÖWER

Redakteur | fs@pcgh.de | Fachbereiche: Spiele, Eingabegeräte, Mausepads, Gehäuse

PC aktuell: Die 7-Volt-Drosselung der 80-mm-Lüfter am CPU-Kühler hat zu hitzebedingten Abstürzen geführt. Mit 12 Volt Spannung läuft's wieder rund.

Mein nächstes Display ... da mir meine Nordschleifen-Runden bereits mit 4K-Optik angezeigt werden, wir es wohl noch eine Weile dauern, bis der Kauf eines neuen Bildschirms ansteht. Vorher werde ich wohl eher den Fernseher gegen ein UHD-Modell austauschen, wenn sich der Standard durchsetzt.

Privat-PC: AMD FX-8350 auf Asus Sabertooth 990FX (AMD 990), 16 GiByte DDR3-1600-RAM, Asus R9 290X Matrix Platinum, 28-Zoll-4K-LCD



MATTHIAS SPIETH

Volontär | ms@pcgh.de | Fachbereich: Monitore, Netzteile, Notebooks

PC aktuell: Frustrierend, dass mein 4670K spielend leicht auf 4,2 GHz kommt, schon für 100 MHz mehr aber eine massive Spannungserhöhung fordert und dann auch dementsprechend heiß wird. Da gibt es ja diesen Delid Die Mate ...

Mein nächstes Display ... lässt noch auf sich warten, denn bis ich mich entschieden habe – WQHD oder UHD, 60 oder 144 Hz, IPS oder TN, G-Sync oder kein-Sync – geht noch einige Zeit ins Land. Persönliche Preisgrenze: 500 Euro.

Privat-PC: Core i5-4670K @ 4,2 GHz, Gigabyte Z87X-UD3H, Be quiet E9 580, 16 GiB DDR3-1333, EVGA GTX 980, Samsung 840 Pro, Define R4 PCGH-Edition



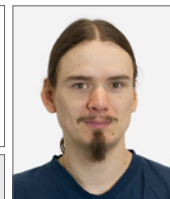
TORSTEN VOGEL

Volontär | tv@pcgh.de | Fachbereiche: Kühlung (Luft und Wasser), Mainboards

PC aktuell: Mein i7-6700K wurde letzte Ausgabe geköpft, ein Maximus VIII Ranger liegt bereit – fehlen noch RAM und Add-ons für Legacy-Schnittstellen.

Mein nächstes Display ... sollte niedrigere Reaktionszeiten (leicht), mehr Fläche (teuer), 120 Hz (selten mit IPS) und eine größere Darstellung (sehr selten) bieten als mein ZR24w. Für eine sauber verdoppelte Pixeldichte fehlt mir vorerst die Grafikleistung, deswegen liebäugle ich mit dem raren 32"-QHD-Format.

Privat-PC: Core 2 QX9650 @ 3,5 GHz/FSB 467 MHz, 8 GiB DDR3-1866, GTX 670, Gigabyte EP-45T-UD3P; alles @ Wäku. HP 24-Zöller (1.920 x 1.200 5-IPS)



DANIEL WAADT

Head of E-Commerce | dw@pcgh.de | Fachbereich: PCGH-Produkte (u. a. PCGH-PC), PCGH in Gefahr

PC aktuell: Erstaunlich, wie problemlos es geklappt hat, eine zweite Fritzbox per LAN-Kabel an Fritzbox Nummer 1 anzuschließen, um so die WLAN-Reichweite drastisch zu erweitern. Wer sich dafür interessiert: <http://goo.gl/gbeymt>

Mein nächstes Display ... hat mindestens eine Ultra-HD-Auflösung und skaliert dann hoffentlich auch gut unter Windows. Deutlich spannender wäre für mich aber ein bezahlbarer 4K-Beamer. Warum tut sich da nichts?

Privat-PC: Core i7-4770, 8 GiB DDR3, Gigabyte Z87-Board, GTX 760, 624-GB-SSD, Be quiet E8 580W, LG BH10LS, Samsung S27A850D, WD EX2100 NAS



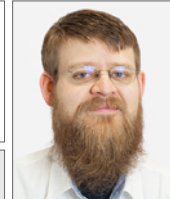
STEPHAN WILKE

Community Content Commerce Manager | sw@pcgh.de | Fachbereiche: OC, RAM, PCGH-Extreme-Forum

PC aktuell: Meine Freizeit genieße ich in bzw. mit vollen Zügen – und zwar dank Mini Metro, das mich zum Planer von U-Bahn-Systemen in aller Welt macht. Sehr kurzweiliges Spiel – perfekt für eine Viertelstunde zwischendurch.

Mein nächstes Display ... sollte Farben darstellen können. :-p Ernsthaft: WQHD(+), 120 Hz(+) und hohe Blickwinkelstabilität sind gesetzt, Pivot wäre schön. Im Detail entscheiden aber meine Interessen beim Kaufzeitpunkt.

Privat-PC: Core i7-5820K, Rampage V Extreme, 16 GiByte DDR4, GTX 780 Ti, 850 Evo 1 TB, 2 x 4 TB HDD, Nupro A-300, EC1-A, K95 RGB, P27T-6 IPS



PC Games Hardware Online; wichtige Dienste und Partner



- News & Downloads: www.pcgameshardware.de
- Expertenforum: www.pcggh.de
- Abos online bestellen: www.pcggh.de/shop
- PCGH als Digitalausgabe: pcggh.de/digital-ausgabe
- Einzelheft bestellen: www.pcggh.de/heft

Amazon: Amazon verkauft längst nicht mehr nur Bücher, sondern ist auch ein führender Anbieter von PC-Spielen, Blu-rays und Unterhaltungselektronik. www.pcggh.de/amazon

Alternate: Soll es eine neue Grafikkarte oder ein PCGH-PC sein? Besuchen Sie den größten IT-Händler in Deutschland. www.pcggh.de/alternate

Facebook: Infos zu aktuellen Hardware-Themen und Schnäppchen finden Sie auch auf unserer Facebook-Seite: facebook.com/pcgameshardware

Der PCGH-PC: Wenn Sie auf der Suche nach einem gut abgestimmten Rechner sind, kommen Sie um die PCGH-PCs kaum herum. www.pcggh-pc.de

PCGH-Preisvergleich: Finden Sie immer die besten Preise für Hardware, Spiele und Software im PCGH-Preisvergleich powered by Geizhals! www.preisvergleich.pcgameshardware.de

PCGH-Schnäppchenführer: Erfahren Sie in unserem täglich aktualisierten Schnäppchenführer, welche Produkte besonders günstig zu haben sind. www.pcggh.de/preistipps

Inserenten PC Games Hardware 02/2016

MSI.....	2	Alternate.....	44, 45
Samsung.....	5	Sharkoon.....	51
Micron.....	17	Thermal Grizzly.....	61
Toshiba.....	19	Seasonic.....	65, 67
Wilkinson.....	21	Asrock.....	71
Creative.....	25	Aquatuning.....	73
Caseking.....	27	Listan.....	85
1&1.....	34, 35	Expert.....	131
EKL.....	39	Sapphire (Sonderbeilage DVD).....	16



Ein Unternehmen der Marquard Media International AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag	Computec Media GmbH Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth Telefon: 0911/2872-100 Telefax: 0911/2872-200 redaktion@pcgameshardware.de www.pcgameshardware.de www.pcggh.de
Geschäftsführer	Rainer Rosenbusch, Hans Ippisch
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), Mark Mantel (mm), Philipp Reuther (pr), Matthias Spieth (ms), Carsten Spille (cs), Reinhard Staudacher (rs), Frank Stöwer (fs), Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw)
Head of E-Commerce	Daniel Waadt (dw)
Mitarbeiter dieser Ausgabe	Christian Beck (cb)
Lektorat	Claudia Brose (Lt.), Birgit Bauer, Esther Marsch, Heidi Schmidt
Layout	Frank Pfürnder (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination	Albert Kraus
Titelgestaltung	Frank Pfürnder
Fotografie Heft	tb, al, mm, pr, ms, cs, rs, fs, tv, rv, dw, sw
Bildnachweis	Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
CD, DVD, Video	Simon Fistrich (Lt.), Alexander Wadenstorfer, Thomas Dziewieszek, Michael Schraut, Daniel Kunothe, Dominik Pache, Marcus Winkler
Vertrieb, Abonnement	Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing	Jeanette Haag
Produktion	Thomas Eder, Jörg Gleichmar
www.pcgameshardware.de	
Head of Online	Christian Müller
Chefredakteur Online	Thilo Bayer
Redaktion	Andreas Link, Mark Mantel, Philipp Reuther, Matthias Spieth, Carsten Spille, Reinhard Staudacher, Frank Stöwer, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Entwicklung	Markus Wolny (Ltg.), Ruben Engelmann, René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora
Webdesign	Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement	Stefan Wölfl

Anzeigen	
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth	
Verantwortlich für den Anzeigenteil	
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift	
Anzeigenberatung Print	
Judith Grati-Klamt:	Tel.: +49 911 2872-252; judith.grati-klamt@computec.de
Anne Müller:	Tel.: +49 911 2872-251; anne.mueller@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, Ellberg 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. 29 (01/2016)	

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de	
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt über unser Partnerunternehmen DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH:	
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 € 47,88 (€ 51,60 Österreich, € 59,88 Ausland),	
DVD € 60,- (€ 67,20 Österreich, € 72,- Ausland)	

Einzelversand/Nachbestellung	
Online: www.pcggh.de/goishop , 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, Düsternstr. 1-3, 20355 Hamburg, Internet: www.dpv.de	
Druck: Quad/Graphics Europe, 120 Pultusk Street, 07-200 Wyszów, 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.



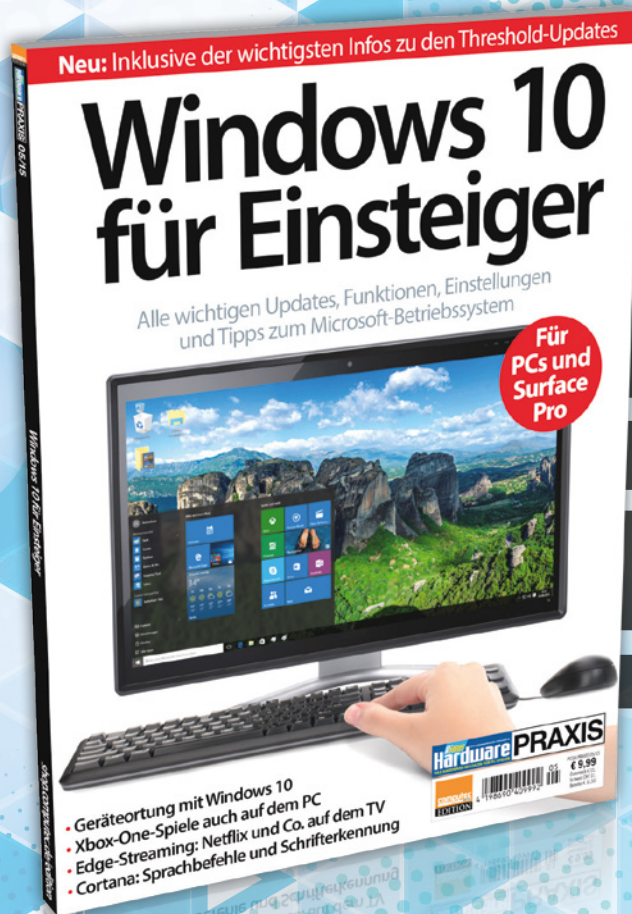
Deutschsprachige Titel
SFT, WIDESCREEN, PC GAMES, PC GAMES MMORE, PC GAMES HARDWARE,
BUFFED, PLAY 4, GAMES AKTUELL, N-ZONE, XBG GAMES,
LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, EASYLINUX, RASPBERRY PI GEEK

Polen
COSMOPOLITAN, JOY, SHAPE, HOT, PLAYBOY, CKM, VOYAGE, HARPER'S BAZAAR

Ungarn
JOY, SHAPE, ÉVA, IN STYLE, PLAYBOY, CKM, MEN'S HEALTH

EDLE BOOKAZI

IM PREMIUM-FORMAT



Auf 164 Seiten

Auf Windows 10 upgraden

**PC-Einstellungen
individuell anpassen**

Cooler Windows-Apps

**Sprachsteuerung
mit Cortana**

Nur € 9,99

WEITERE PREMIUM-BOOKAZINES IM HANDEL:



Auf 148 Seiten

- Android im Überblick
- Die wichtigsten Funktionen
- Einstellungen optimieren
- Video, Musik und Bilder
- Die besten Apps

Nur € 9,99



Auf 164 Seiten

- Hardware ausreizen
- Tolle Selbstbau-Projekte von Auto-Computer über HTPC bis Roboterarm
- Programmieren

Nur € 9,99

NES

computec
MEDIA
EDITION

Auf 164 Seiten

Alles Wissenswerte zum aktuellen Android-Update

Klavierspielen lernen, fit werden, Sprachen lernen, etc.

Produktiv werden

Musik, Filme und Apps auf dem Galaxy optimal nutzen

Nur € 9,99



Auf 148 Seiten

- Android 5.1 ausgereizt
- Daten synchronisieren
- 101 Hacks für Android-Geräte
- Die besten Apps im Fokus

Nur € 9,99



Auf 148 Seiten

- Kaufberatung: So finden Sie die beste Drohne für sich
- Wie Drohnen die Welt verändern und was die Zukunft bringt

Nur € 12,99



Alle Bookazines bequem online bestellen:
shop.compute.de/edition

Oder einfach digital lesen:
epaper.compute.de



Vorschau: 03/2016

Vollversion:
**Anno
1404**



Bild des Monats

Dieser Screenshot stammt aus einem makaberen Spiel, das bei Steam gerade sehr erfolgreich ist. In Multiplayer-Titel *Who's your Daddy* versucht ein Vater, sein Baby davon abzuhalten, sich etwas anzutun.



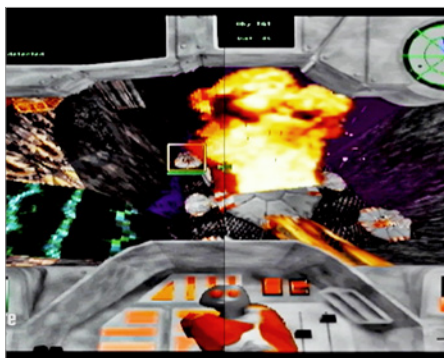
Grafikkarten zwischen 150 & 250 Euro*

In der nächsten Ausgabe kümmern wir uns um jene Preisklasse der Grafikkarten, die am meisten Leistung für ihr Geld bietet. In einer umfangreichen Marktübersicht zeigen wir Ihnen, welche Grafikkarte aus diesem Budget-Bereich die beste Entscheidung darstellt.



Test: Big Tower*

Wir sehen uns die neuesten Gehäuse aus der Königs-Klasse an und untersuchen, welche Funktionen und Features sich die Hersteller für die aktuelle Generation der Rechnerbehausungen ausgedacht haben.



20 Jahre 3D-Grafik*

Zum 20. Geburtstag der 3D-Beschleunigung gehen wir auf die Geschichte des zu Beginn noch exotischen Vorgangs ein und bieten einen Überblick über die Entwicklung bis heute.

Weitere Themen*

- Tests: Kompaktwasserkühlungen, Headsets, Externe Festplatten, DDR4-Speicher
- Praxis: Direct-X-12-Bestandsaufnahme, Dauertest Eingabegeräte, Radeon R9 Fury (X) ausreizen
- Info: Virtual-Reality-Brillen

Die nächste PC Games Hardware erscheint am 3. Februar 2016.

Abonnenten bekommen das Heft üblicherweise ein bis drei Tage früher.

* Alle Angaben und Termine ohne Gewähr. Aufgrund von Terminverschiebungen auf Herstellerseite kann es zu außerplanmäßigen Änderungen kommen.

Worte des Monats

„Die Drosselung ist für die überwiegende Anzahl unserer Kunden von Vorteil.“

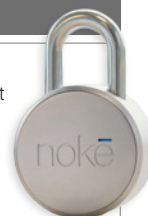
Kommentar von Vodafone zur öffentlichen Reaktion auf die Drosselungsankündigung beim Kabel-Internet.

Rossis Restekiste

Schlüsselloses Schloss

Immer wieder wird man in die Verlegenheit kommen, etwas verschließen zu müssen. Zu diesem Zweck werden bereits seit dem 1. Jahrhundert v. Chr. Vorhängeschlösser benutzt. Eigentlich ist es erstaunlich, dass sich all die Jahre an der grundlegenden Technik nichts geändert hat. Doch nun gibt es „Noko“, das erste Vorhängeschloss, das sich per Bluetooth mit dem Handy verbindet und so aufgesperrt werden kann. Sehr praktisch für Leute, die gerne ihre Schlüssel vergessen. Natürlich kann man den „Schlüssel“ auch mit anderen teilen und ihnen so Zugriff gewähren. Die interne Batterie soll übrigens mindestens ein Jahr halten. Mit über 80 € ist dieser Komfort nicht ganz billig. Ein Bündel Ersatzschlüssel samt konventionellem Schloss wäre preiswerter, taugt aber dafür nicht, um Eindruck zu schinden.

<https://www.firebox.com>



DIE KOSTENLOSE VIDEO-APP FÜR GAMER



Jetzt auch im
Windows Store

*Exklusiv auf Games TV 24:
tägliche News-Show und
wöchentliche Let's Player-Show!*

*Tägliche neue Gaming-Videos für PS4,
XBOX ONE, Wii U, PC und Mobile.*

Über 20.000 Videos in der Datenbank.

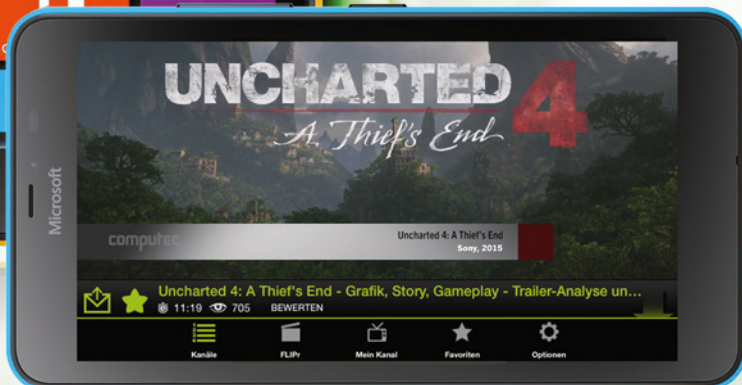
DAS SAGEN DIE USER:

»Wunderbar! Habt ihr
gut gemacht!«
.....

»Super App für
Videospieľfans. :-!«
.....

»Top! Weiter so und
danke!«
.....

»Mein eigenes Spiele-
fernsehen! Informativ,
übersichtlich und
kompetent auf-
bereitet.«



Downloaden im
Windows Store

Erhältlich im
App Store

Google play



expert

IMMER STARK BERATEN



PREIS-KNALLER 2016



Mattes Display



Inklusive Office 365 für 1 Jahr!



ASUS®
Notebook F550ZE

- AMD Quad Core A10-7400P
 - 8 GB DDR3L
 - Display 39,6 cm (15,6"), HD 1366 x 768, LED Back Light
 - AMD Raedon R7 M265DX (2GB VRAM)
 - HD 1 TB S-ATA 5400 U/min
 - 8x DVD-Super Multi Double Layer
 - 10/100/1000 Mbit/s, WLAN 802.11 b/g/n
 - Card Reader, VGA Out, HDMI, 1x USB 2.0, 2x USB 3.0, Kopfhörer / Mikrofon
 - Webcam VGA
 - Windows 10 Home
- Art.-Nr.: 17044056125

Microsoft
Office 365 Personal Abonnement
• Enthält: Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook

KASPERSKY®
Internet Security 2016
• Schutz für 1 PC und 1 Android Gerät für 1 Jahr

Windows 10 Buch
Erfolgreich ein- und umsteigen
• Von Jörg Schieb

**UNSER
PAKET-
PREIS**

555,-