

SCHNELL, GÜNSTIG, ZUKUNFTSSICHER

Ist Raytracing der neue Standard? Gewinnt Intel oder doch AMD? Und vor allem: Was soll ich mir kaufen? Selten war der Hardware-Markt so in Bewegung wie 2020, wir schaffen Klarheit. Von Michael Kister



Michael Kister

Michael Kister ist freier Journalist und großer Verfechter des Selbstbau-PCs. Seit er vor über 20 Jahren seinen ersten eigenen Rechner zusammengeschaubt hat, verfolgt er die technischen Entwicklungen im PC-Markt. Zur Standardausrüstung in seiner Tasche gehören ein Kreuzschlitz-Schraubenzieher, Wärmeleitpaste und ein paar Kabelbinder unterschiedlicher Länge. Im Podcast Technikquatsch berichtet er wöchentlich und sehr unterhaltsam über mehr oder weniger aktuelle Meldungen aus der Welt der Technik.

Wer sich im Jahr 2020 einen neuen PC kaufen möchte, muss bei der Hardware-Zusammenstellung viel beachten. Denn Komponenten sind dank der Corona-Krise teurer geworden und erfordern längere Versandzeiten. Gleichzeitig stehen neue Grafikkarten von Nvidia und AMD in den Startlöchern und die Zukunft der Intel- und Ryzen-CPU's deutet auf ein knappes Duell der beiden Chip-Giganten hin. In diesem Artikel werfen wir einen Blick auf den Hardware-Markt 2020 und analysie-

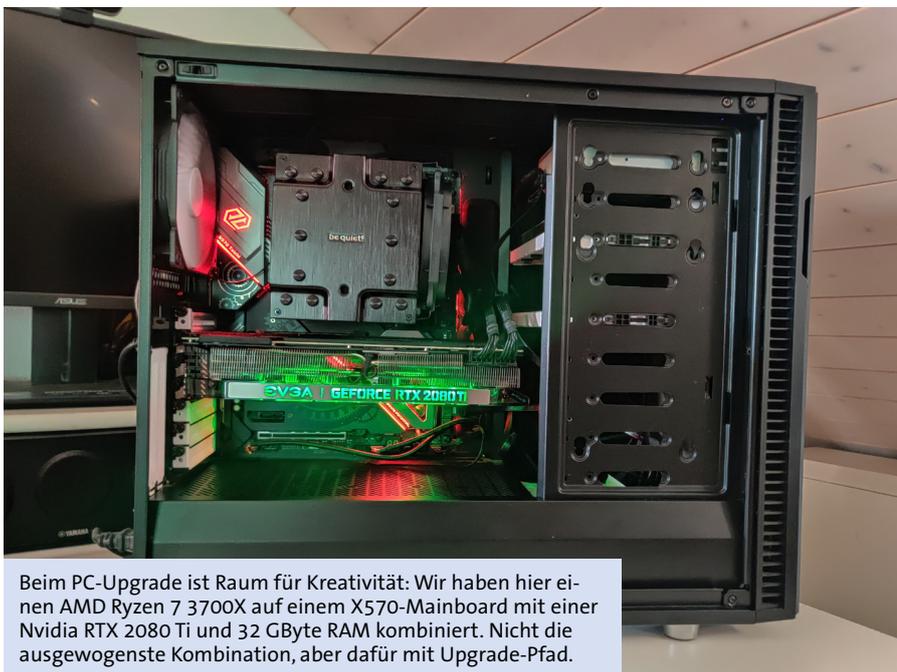
ren, wie sich der Launch der Next-Gen-Konsolen PlayStation 5 und Xbox Series X auf den PC samt High-End-Prozessoren, GPUs und SSDs auswirken wird. Sollte man mit dem Kauf noch warten oder ist jetzt der richtige Zeitpunkt, um aufzurüsten? Den Anfang macht ein Überblick über den aktuellen CPU-Markt: Welche Prozessoren haben Intel und AMD derzeit im Angebot, was erscheint 2020 noch, und für welchen Spielertyp eignet sich welche Desktop- oder Notebook-CPU? Wei-

terhin interessiert uns, wie sich AMD-Grafikkarten im Duell mit Nvidia schlagen. Welche GPU lohnt sich wirklich? Und sollte man mit dem Kauf neuer Hardware bis zum Launch der nächsten Grafikkarten-Generation mit AMD RDNA 2 und Nvidia Ampere warten?

Marktüberblick Prozessoren Anfang 2020

Die Zeiten, in denen es neben AMD und Intel auch noch andere CPU-Hersteller gab, sind lange vorbei (bei den älteren Semestern unter uns klingelt es vielleicht noch bei den Namen Cyrix und VIA). Bis vor Kurzem noch galt eine Vierkern-CPU von Intel – sei es mit Hyperthreading oder ohne – als das Optimum. AMD als einziger verbliebener Mitbewerber schwächelte lange Zeit, legte aber im Jahr 2017 mit der ersten Generation der Ryzen-Prozessoren ein starkes Comeback hin (man darf nicht vergessen, dass AMD die erste 64-Bit-CPU und den ersten Dualcore auf den Markt brachte). Mit der dritten Generation Ryzen auf Basis von Zen 2 hat sich das Bild deshalb jetzt gewandelt.

Wie AMD mit Ryzen zurück in die Spur fand
Innerhalb von nur drei Jahren konnte AMD vom Underdog, der vor allem für billige, dafür leistungsschwache Prozessoren bekannt war, (wieder) zum Innovationsführer aufsteigen. Schon mit der ersten Ryzen-Generation Zen (Summit Ridge) erhöhte AMD die maximal verfügbare Anzahl der Kerne im normalen Desktop-Bereich von den üblichen vier



Beim PC-Upgrade ist Raum für Kreativität: Wir haben hier einen AMD Ryzen 7 3700X auf einem X570-Mainboard mit einer Nvidia RTX 2080 Ti und 32 GByte RAM kombiniert. Nicht die ausgewogenste Kombination, aber dafür mit Upgrade-Pfad.

Augen auf beim Prozessorkauf!

Wer einen Ryzen 5 kaufen will, sollte aufpassen: Es sind noch beide Versionen des Ryzen 5 1600 im Umlauf. Der neue 1600 ist meist mit dem Zusatz »12 nm« gekennzeichnet und weist den Produktcode YD1600BBAFBOX für die Boxed Version mit Kühler auf, was ihm auch den Spitznamen »1600 AF« eingebracht hat. Der alte 1600 hat den Code YD1600BBAEBOX.

auf acht und überraschte damals nicht nur die Nutzer, sondern auch Intel. Die kleinste Einheit einer Ryzen-CPU bis Zen 2 (Matisse) ist ein sogenannte Core Complex (CCX). Dieser enthält vier Kerne, die auf einen gemeinsamen L3-Cache zugreifen können.

Bei Zen und Zen+ werden zwei dieser CCX zusammengefasst und über eine Datenverbindung – die Infinity Fabric – miteinander, mit dem Speichercontroller sowie dem I/O-Part verbunden, der SATA-, USB- und PCI-Express-Verbindungen bereitstellt.

Die Leistung war beachtlich, kam aber vor allem in Spielen noch nicht an Prozessoren von Intel heran, auch wenn AMD Verbesserungen bei der Singlecore-Leistung im Vergleich zu den Vorgängern erreicht hatte. Mit Zen+ (Pinnacle Ridge) besserte AMD ein paar Kinderkrankheiten aus, wie die recht hohe Latenz bedingt durch die Infinity Fabric oder Kompatibilitätsprobleme mit diversen Arbeitsspeicherkonfigurationen.

Zudem wechselte AMD vom 14-nm-Fertigungsprozess bei Global Foundries auf deren 12-nm-Prozess und konnte so bei gleichbleibendem Strombedarf die Taktraten erhöhen. In Verbindung mit einer leicht höheren IPC (instructions per cycle) ergab das eine Leistungssteigerung von bis zu 10 Prozent gegenüber Zen. Für Zen 2 überarbeitete AMD die Architektur nochmals und setzte auf ein sogenanntes Chiplet-Design: Eines dieser Achtkern-Chiplets vereint wie bisher zwei CCX mit je vier Kernen und den L3-Cache zu

einem Prozessor-Chip (Core Chiplet Die, kurz CCD). Speichercontroller und I/O-Einheit lagerte AMD jedoch in einen separaten I/O-Die aus, der über die Infinity Fabric mit dem Prozessor-Die kommuniziert.

Mit Zen ist alles besser

Für Zen-2-Chiplets wechselte AMD mit der Fertigung zum Halbleiter-Hersteller TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) und deren 7-nm-Prozess, während der I/O-Die bei Global Foundries in 12 nm gebaut wird. Die IPC stieg diesmal deutlich um bis zu 15 Prozent auch durch eine Verdoppelung von 8 auf 16 MB des L3-Cache pro CCX und damit 32 MB pro CCD, dazu kommen erneut höhere Taktraten. Dieser sogenannte Shrink, also die Verkleinerung des Fertigungsprozesses, ergab jedoch einen weiteren großen Vorteil: AMD konnte neben dem I/O-Die nicht nur ein Achtkern-Chiplet, sondern gleich zwei auf einem CPU-Package (also dem Prozessor, den wir dann in den Händen halten können) unterbringen. Außerdem beherrscht jeder Zen-2-Ryzen Simultaneous Multithreading (SMT).

Aber technischer Fortschritt allein reicht natürlich nicht, um die verlorenen Marktanteile der vergangenen Jahre aufzuholen. Zumal AMD als Marke bei vielen Spielern lange einen schlechten Ruf hatte und als minderwertig verschrien war. Deshalb setzt AMD auch auf den Preis: Immer etwas leistungsfähiger und dabei günstiger als die ver-

gleichbare Konkurrenz. Auch hier spielt das Chiplet-Design eine große Rolle. Durch die geringe Größe von etwa 80 mm² lassen sich die Chiplets trotz höherer Kosten bei der Fertigung in 7 nm gegenüber den älteren Prozessen günstig produzieren. Dazu kommt die hohe Ausbeute. Der Prozess bei TSMC ist inzwischen sehr ausgereift und arbeitet mit einer äußerst geringen Fehlerquote (offizielle Aussagen sprechen von einer Defektrate von unter 0,09 Prozent). Schätzungen gehen davon aus, dass dies in bis zu 95 Prozent funktionsfähiger Chips resultiert. Man könnte sagen, AMD hat das Luxusproblem zu vieler guter Chips. Im Normalfall werden nämlich teildefekte Chips für Prozessoren mit niedrigerer Kernanzahl verwendet. Hier aber bleibt AMD kaum etwas anderes übrig, als eigentlich gute Achtkerner künstlich zu beschneiden, um genug der beliebten Sechskerner zu erhalten. Das alles trägt dazu bei, dass AMD preislich Intel in jedem Segment unterbieten kann und dennoch eine gute Marge hat. Gut für AMD, gut für uns Kunden.

Der aktuelle Markt mit Ryzen

Aber welche Prozessoren gibt es denn nun? Und was soll man wofür kaufen? Aktuell besteht das Angebot von Ryzen auf Basis von Zen 2 aus dem Ryzen 5 3600 und 3600X mit jeweils sechs Kernen, den Achtkernern Ryzen 7 3700X und 3800X, dem Ryzen 9 3900X mit 12 Kernen und dem Ryzen 9 3950X als Vollausbau mit 16 Kernen verteilt auf zwei Chiplets. Frisch dazugekommen ist die neue Einsteigerklasse mit den beiden Ryzen 3 3100 und 3300X (siehe auch Seite 114 im Hardware-Teil dieser Ausgabe), den ersten Quadcore-CPU's (APUs nicht eingerechnet) von AMD seit der ersten Generation von Ryzen. In den bisherigen Tests schlagen sich die beiden Vierkern-Modelle wacker, der Ryzen 3 3300X kann je nach Spiel und Testszenario mit dem Core i7 7700K gleichziehen oder ihn sogar schlagen, immerhin Intels Flaggschiff im Consumer-Desktop-Bereich von 2017. Hier zeigen sich die Stärken der Zen-2-Architektur und der hohen IPC. Beide kleinen Brüder SMT und können acht Threads bieten. Der 3100 hat einen Basistakt von 3,6 GHz und kann auf bis zu 3,9 GHz boosten, der etwas schnellere 3300X besitzt einen Basistakt von 3,8 GHz und einen Boost-Takt von 4,3 GHz. Die beiden Prozessoren unterscheiden sich aber nicht nur im Takt: Während die vier Kerne des 3300X in einem CCX sitzen und sich damit einen gemeinsamen L3-Cache von 16 MB teilen, sind die Kerne des 3100 über die zwei CCX des CPU verteilt. Dadurch, dass die Kerne einen Umweg zum anderen CCX gehen müssen, erhöht sich die für Spiele wichtige Latenz.

Jetzt noch Quadcore?

Trotz der guten Leistung gibt es zwei Punkte, die gegen die neuen Quadcores von AMD sprechen: Zum einen ist es fraglich, ob in der heutigen Zeit vier Kerne auch mit SMT

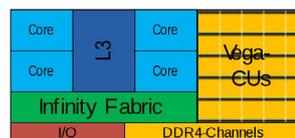
Zen 4-Core Complex (CCX)



Zeppelin-Die



Raven Ridge APU

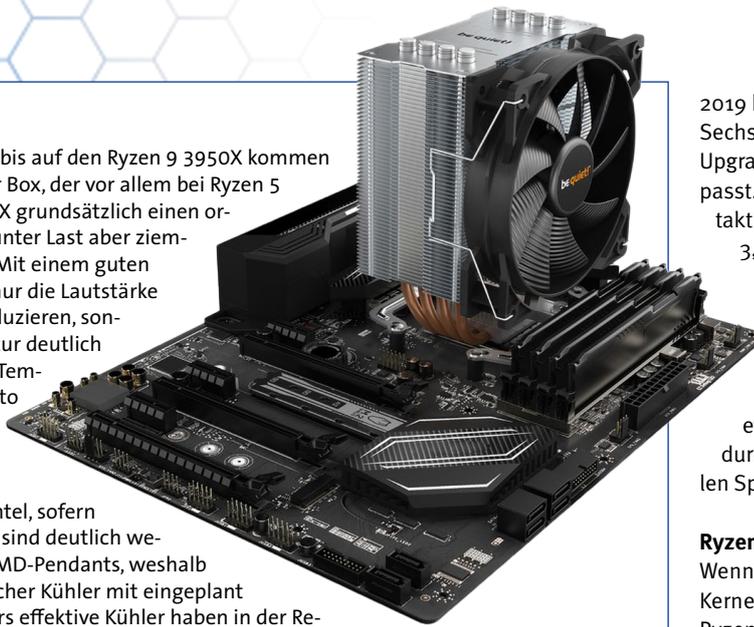


Bei Zen und Zen+ können zwei CCX mit bis zu vier aktiven Kernen zu einem Zeppelin-Die mit bis zu acht Kernen zusammengefasst werden. Über die Infinity Fabric kommunizieren sie untereinander und mit dem Speicher- und I/O-Controller. (Michael Wandinger / Wikipedia)

Prozessorkühler

Alle Ryzen-Prozessoren bis auf den Ryzen 9 3950X kommen mit einem Kühler in der Box, der vor allem bei Ryzen 5 3600 und Ryzen 7 3700X grundsätzlich einen ordentlichen Job macht, unter Last aber ziemlich laut werden kann. Mit einem guten Kühler lässt sich nicht nur die Lautstärke bis zur Lautlosigkeit reduzieren, sondern auch die Temperatur deutlich senken. Je geringer die Temperatur der CPU ist, desto höher kann sie takten und dadurch mehr Leistung abrufen.

Die Boxed-Kühler von Intel, sofern einer mitgeliefert wird, sind deutlich weniger effizient als die AMD-Pendants, weshalb hier immer ein zusätzlicher Kühler mit eingeplant werden sollte. Besonders effektive Kühler haben in der Regel auch einen sehr großen Kühlblock. Deshalb sollte man im Vorfeld überprüfen, ob Gehäuse und Kühler miteinander kompatibel sind. All-in-one-Wasserkühlungen sind deutlich teurer als reine Luftkühler und können sich von hochwertigen Luftkühlern nicht signifikant absetzen. Zudem sind Luftkühler nahezu wartungsfrei, abgesehen von gelegentlichem Entstauben.



2019 hat AMD ohne Ankündigung dem Sechskerner der ersten Generation Zen ein Upgrade auf die zweite Generation Zen+ verpasst. Beide Versionen haben einen Basistakt von 3,2 GHz und einen Boost-Takt von 3,6 GHz und unterstützen SMT. Der neue 1600 in 12 nm profitiert dabei jedoch von den Optimierungen, die mit Zen+ einhergingen, weshalb er eine Leistung zeigt, die dem Ryzen 5 2600 nahezu gleicht. Mit einem Preis von etwa 100 Euro ist der aktualisierte 1600 durchaus eine Überlegung für den schmalen Spieler-Geldbeutel wert.

Ryzen 7 3700X, zukunftssicher?

Wenn's ein bisschen mehr sein darf (zwei Kerne mehr, um genau zu sein) kommt der Ryzen 7 3700X mit acht Kernen und 16 Threads auf die Bühne. Im Spielbetrieb kann sich der 3700X zwar nur um ein paar wenige Prozentpunkte vor den 3600 setzen. Dennoch kann es auch für Spieler Sinn ergeben, in einen 3700X zu investieren. Und zwar wenn ihr auf Twitch & Co. eure Kunst an der Maus live einem Weltpublikum vorführen wollt. Beim Streamen kann der 3700X seine Multicore-Leistung zeigen. Auch wer neben Spielen noch Video- und Bildbearbeitungsprogramme nutzt, profitiert von den zusätzlichen Kernen. Im Hinblick auf die kommenden Konsolen Playstation 5 und Xbox Series X könnte sich ein Achtkern-Prozessor ebenfalls lohnen, bieten diese doch auch jeweils echte acht Kerne mit SMT auf Basis von AMDs Zen-2-Architektur. Es liegt nahe, dass in Zukunft dann auch Spiele auf dem PC von mehr Kernen profitieren. Diese potenzielle Zukunftssicherheit (die es bei PC-Hardware bekanntermaßen ohnehin nie wirklich gibt) erkaufte man sich aber mit einem Aufpreis: Der Ryzen 7 3700X kostet derzeit etwa 300 Euro, also ein Plus von knapp 130 Euro zum Ryzen 5 3600.

Die Überflüssigen

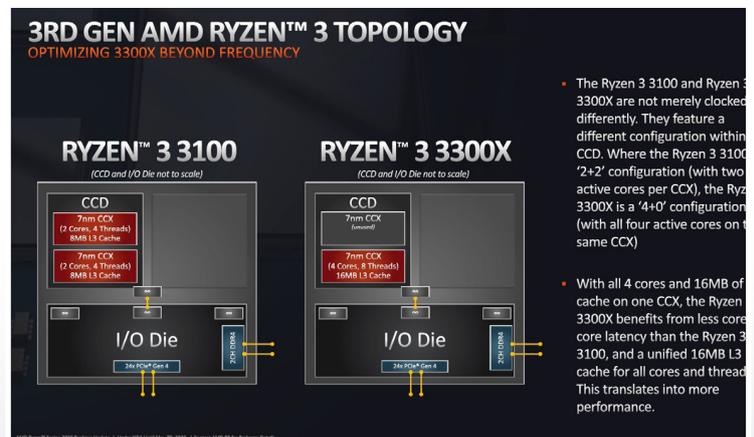
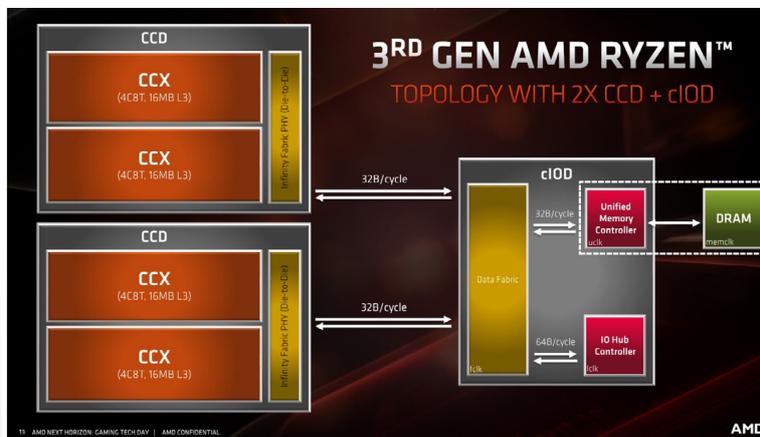
Der Ryzen 5 3600X und Ryzen 7 3800X stellen lediglich eine etwas höher getaktete Ver-

noch zeitgemäß sind. Bisher können Spiele mehr Kerne zwar noch nicht besonders gut nutzen, dennoch bleibt die Entwicklung nicht stehen – auch mit Blick auf die neuen Konsolen PS5 und Xbox Series X, die die Entwicklung auch am PC beschleunigen werden. Als günstigen Einstieg für einen Budget-Rechner eignen sich die Quadcores aber uneingeschränkt. Der zweite Punkt betrifft den Preis und die Konkurrenz im eigenen Haus. Die Startpreise von 109 Euro für den Ryzen 3 3100 und 129 Euro für den 3300X sind zu hoch, wenn für etwa 170 Euro bereits ein Ryzen 5 3600 mit sechs Kernen oder sogar für nur 100 Euro ein Ryzen 5 1600 (12 nm) zu bekommen ist. Denn der Ryzen 5 3600 mit sechs Kernen (12 Threads) und der Ryzen 7 3700X mit acht Kernen (16 Threads) sind die relevanten CPUs aus dem aktuellen Angebot von AMD auf Basis von Zen 2. Abgesehen von den zwei Kernen unterscheiden sich beide Prozessoren nur im Boost-Takt: Der Ryzen 5 3600 hat einen Basistakt von

3,6 GHz und einen Boost-Takt von 4,2 GHz, während der Ryzen 7 3700X bei ebenfalls 3,6 GHz Basistakt auf bis zu 4,4 GHz boosten kann. Diese Taktraten klingen gegenüber Intels 5 GHz und mehr auf ihren Top-Prozessoren lahm, Ryzen kann dies aber zu einem guten Teil über die höhere IPC wettmachen.

Der Allrounder: Ryzen 5 3600

Die sechs Kerne des Ryzen 5 3600 bieten in allen aktuellen Spielen ausreichend Leistung, da bisher kaum ein Spiel mehr Kerne wirklich zu nutzen weiß. Deutlich schwerer wiegt jedoch der Preis: Gestartet ist der 3600 mit einer unverbindlichen Preisempfehlung von 209 Euro, derzeit geht er schon für etwa 170 Euro über die Ladentheke. Der Sechskerner war schon zum Verkaufsstart der Preis-Leistungs-Sieger, jetzt umso mehr. Es gibt nur einen Prozessor, der dem Ryzen 5 3600 diese Krone streitig machen könnte, und der kommt ebenfalls aus dem Hause AMD: der Ryzen 5 1600 in der 12-nm-Version. Ende



Im Gegensatz zu Zen und Zen+ sind bei Zen 2 der Speicher- und I/O-Controller in einen eigenen I/O-Die ausgelagert.

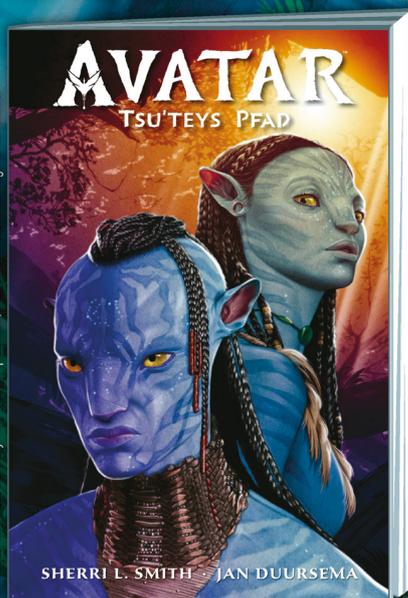
Beim Ryzen 3 3300X sind alle vier Kerne in einem CCX. Die geringere Latenz, wenn Daten zwischen den vier Kernen herumgeschoben werden, verschafft dem Prozessor einen weiteren Vorteil gegenüber dem Ryzen 3 3100 zusätzlich zum höheren Takt.

AVATAR™

**DER ERSTE OFFIZIELLE COMICBAND
ZU JAMES CAMERONS
SF-MEILENSTEIN**

**DER KAMPF UM PANDORA AUS
DER SICHT DES KRIEGERES**

Avatar – Aufbruch nach Pandora von Regisseur **James Cameron** aus dem Jahre 2009 ist der weltweit erfolgreichste Film aller Zeiten und wird 2021 fortgesetzt. In diesem neuen Comic enthüllen Romanautorin **Sherri L. Smith** und *Star Wars*-Zeichnerin **Jan Duursema** neue Einzelheiten zur Story des bildgewaltigen, visionären Film-Meisterwerks.



**AVATAR:
TSU'TEYS PFAD**

144 Seiten, Paperback, € 18,-
ISBN 978-3-7416-1432-3
Auch als E-Comic erhältlich

IMMER AM LIMIT. DAS IST CYBERPUNK.

Willkommen in einer düsteren Zukunft, in der Gewalt, Unterdrückung und Cybertechnik-Implantate nicht bloß alltäglich – sondern überlebensnotwendig sind! Erfahre alles über die verschiedenen Distrikte, die Geschichte und die Gangs, die Night City unsicher machen. Mache dich mit der Technologie von Morgen vertraut und erforsche die Kybernetik, die Waffen und die Fahrzeuge von *Cyberpunk 2077*.

Dieses Buch gewährt dir einen umfassenden Einblick in die Legenden, Mythen und Hintergründe von *Cyberpunk 2077*. Hier findest du alles, was du über die Historie, die Charaktere und die Welt des heißersehten Action-Rollenspiels der Schöpfer der legendären *The Witcher*-Videospielereihe wissen musst!



DIE WELT VON CYBERPUNK 2077

Gebundene Ausgabe, Großformat,
200 Seiten
ISBN 978-3-8332-3893-2





Der Ryzen 5 3600 ist der beliebteste Vertreter aus AMDs aktuellem Portfolio. Gute Leistung in Spielen, günstig und sechs Kerne mit zwölf Threads.

sion ihrer nächstniedrigeren Pendants dar: Der Ryzen 5 3600X hat bei Basis- und Boost-Takt jeweils 200 MHz mehr als der 3600 ohne X vorzuweisen, der Ryzen 7 3800X kann mit 3,9 GHz Basistakt zumindest ein Mehr von 300 MHz gegenüber dem Basistakt von 3,6 GHz des Ryzen 7 3700X verbuchen, beim Boost-Takt jedoch von 4,4 GHz auf 4,5 GHz nur magere 100 MHz. Dieser kleine Zuwachs schlägt sich in keiner messbaren Verbesserung nieder. Dafür benötigen beide mehr Strom und kosten jeweils etwa 30 Euro mehr. Unser Tipp: ignorieren.

Kerne, wohin man schaut: Ryzen 9 3900X und 3950X

Bei den beiden Vertretern von Zen 2 mit der höchsten Anzahl an Kernen stoßen wir in Bereiche vor, die für Spieler per se nicht mehr relevant sind. Das soll nicht bedeuten, dass sie sich nicht gut zum Spielen eignen, im Gegenteil. Wer spielt, lässt bei diesen 12-beziehungsweise 16-Kern-Prozessoren viel Potenzial ungenutzt, belastet aber sein Konto unnötig. Wer hingegen rechenintensive Programme nutzt, etwa für CAD, Code kompiliert, oder kurz gesagt seinen PC produktiv nutzt, bekommt mit dem Ryzen 9 3900X und dem Ryzen 9 3950X sehr viel Leistung für relativ wenig Geld und kann dennoch wunderbar auf seinem PC spielen. Besonders der Ryzen 9 3900X mit 12 Kernen und 24 Threads ist beim derzeitigen Preis von 440 Euro für ein günstiges Produktivsystem gut geeignet. Dabei bietet er einen Basistakt von 3,8 GHz und einen Boost-Takt von maximal 4,6 GHz. Für das Premium-Modell Ryzen 9 3950X mit 16 Kernen und 32 Threads, einem Basistakt von 3,5 GHz und dem höchsten Boost-Takt aller Ryzen 3000 von 4,7 GHz wird dann auch ein Premium-Preis ab 770 Euro aufgerufen. Dafür ist dieser im normalen Desktop-Bereich der derzeit leistungsstärkste Prozessor für Anwendungen.

AMD 2020: Ein Blick in die Zukunft

Eben erst hat AMD sein Portfolio mit den neuen Quadcore-Prozessoren Ryzen 3 3100 und 3300X nach unten abgerundet, doch das soll es noch nicht gewesen sein für das Jahr 2020. Wie schon länger bekannt, sollen



Die Echtzeit-Tech-Demo der Unreal Engine 5 auf der PS5 zeigt fantastische NextGen-Grafik, die neue Sony-Konsole wird auch die PC-Entwicklung beeinflussen.

noch Ende des Jahres die Ryzen 4000 auf Basis von Zen 3 erscheinen. Diese werden in einem verbesserten 7-nm-Prozess bei TSMC gefertigt. AMD hat kürzlich in einem Tweet erneut bekräftigt, trotz der angespannten Lage durch Human Malware (die unter Tech-YouTubern inzwischen etablierte Bezeichnung für das Coronavirus) weiterhin im Plan zu liegen. Viele Details zu Zen 3 sind noch nicht bekannt, eine Vorstellung war zur Computex in Taipei erwartet worden, die normalerweise im Juni stattfindet.

Intel in der Sackgasse

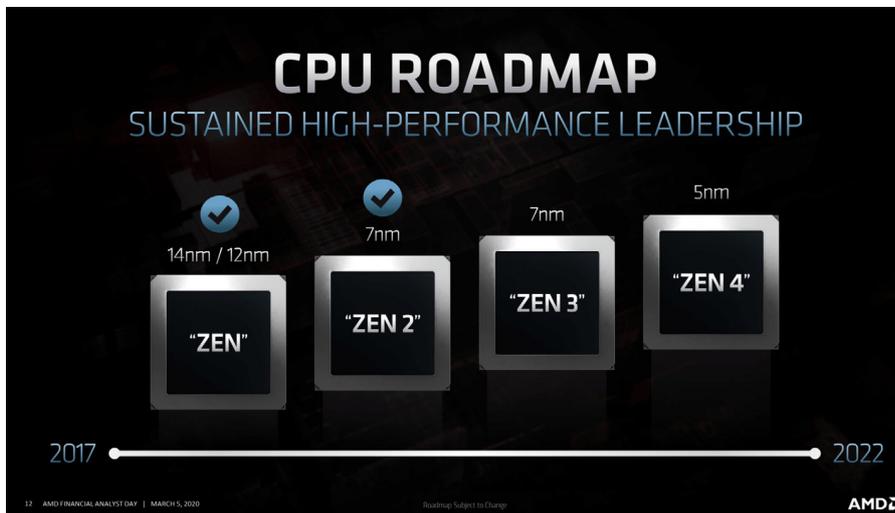
Der Beginn von Intels derzeitigen Problemen liegt einige Jahre zurück und lässt sich sogar in Teilen auf die langjährige Schwäche von AMD zurückführen. Man könnte bis zu Sandy Bridge im Jahr 2011 zurückgehen, noch in einem 32-nm-Verfahren. Damals kamen Spieler um einen i5 2500(K) mit vier Kernen und vier Threads oder einen i7 2600(K) beziehungsweise i7 2700(K) mit vier Kernen und acht Threads kaum herum. Viele dieser Prozessoren sind sogar auch heute noch im Einsatz. Da AMD wenig entgegenzusetzen hatte, sah sich Intel nie gezwungen, große Sprünge zu machen. Von Generation zu Generation war ein Leistungszuwachs von etwa fünf Prozent üblich. Die Anzahl der Kerne blieb gleich mit

vier Kernen und acht Threads bei der High-End-Linie der i7-Reihe. Intel hatte es sich mit einem Tick-Tock-Vorgehen bequem gemacht: Tick = größere Neuerungen in der Architektur; Tock = Optimierungen mit erhöhtem Takt. Moore's Law (die Anzahl der Transistoren auf einer CPU verdoppelt sich alle zwei Jahre bei Halbierung der Kosten) lag im Koma und wurde schon von vielen Experten für tot erklärt.

Aber nicht nur der Mangel an Konkurrenz verhinderte größere Sprünge, Intel selbst stand und steht sich selbst im Weg: Mit Broadwell, der fünften Generation der Core-i-Reihe, machte Intel im Jahr 2014 (erste Samples gab es sogar schon 2013) den Schritt zu einer 14-nm-Fertigung und ist dort de facto stehengeblieben. Intel hatte bereits für 2015 erste Ergebnisse eines weiteren Shrinks auf 10 nm angekündigt. Es sollte aber noch bis 2018 dauern, dass mit Cannon Lake U die ersten Prozessoren in dieser Größenordnung erschienen, welche zudem nur für Notebooks angeboten wurden.

Aufwachen!

Erst kürzlich äußerte sich Intels Chief Finance Officer George Davis auf der Morgan-Stanley-Konferenz zu den Problemen. Laut Davis werde der 10-nm-Prozess nie die Chip-Ausbeute des 14-nm-Prozess erreichen: »Es



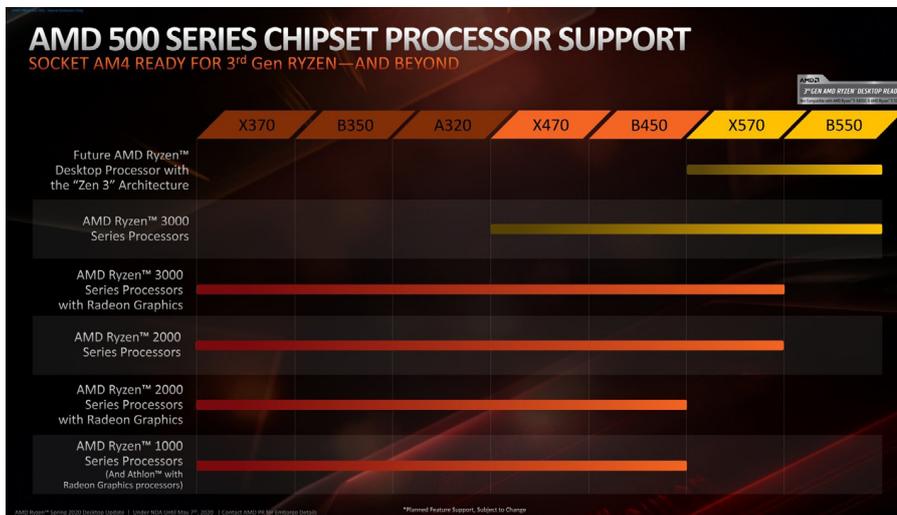
Zen-4-Prozessoren sollen in einem 5-nm-Prozess gefertigt werden, wie diese Roadmap von AMDs Financial Analyst Day im März 2020 zeigt.



Intel hielt mit dem Core i9-9900K lange die Performance-Krone in Spielen – inzwischen hat die der 10900K mit wenigen Punkten Vorsprung übernommen.



Mit Comet Lake-S steht Intels zehnte Generation der Core-i-Serie vor der Tür. Mehr Kerne, mehr Takt und ein neuer Sockel.



Nur Chipsätze der 500er-Serie werden die Ryzen-Prozessoren mit der kommenden Zen-3-Architektur unterstützen, also Augen auf beim Mainboard-Kauf!

wird weniger effizient sein als 14 nm und auch als 22 nm, aber wir freuen uns über die zu beobachtenden Verbesserungen. Wir rechnen damit, dass wir die 7-nm-Fertigung Ende 2021 mit einem viel besseren Performance-Profil starten können.« Damit ist klar, dass der 10-nm-Prozess trotz geplanter Optimierung auf 10 nm+ ein Zwischenschritt zu 7 nm bleibt. Stattdessen hat Intel den 14-nm-Prozess weiter optimiert, die aktuelle Iteration läuft unter der Bezeichnung 14 nm++.

Auch die kommenden Prozessoren der zehnten Generation (Comet Lake S) sind weiterhin in diesem Prozess gefertigt. Intel benötigte einen Weckruf. Noch 2017, als die erste Generation Ryzen erschien, erhöhte Intel mit Coffee Lake-S (achte Generation) die Anzahl der Kerne in der i5-Reihe auf sechs Kerne ohne Hyperthreading (HT) und mit Hyperthreading (sechs Kerne, 12 Threads) in der i7-Reihe. Mit dem Refresh als neunte Generation stieg die Kernanzahl der i7-Prozessoren mit dem Core i7 9700(K) dann auf acht, dafür wieder ohne Hyperthreading. Das ist den im Mainstream neuen i9 vorbehalten mit den High-End-Modellen Core i9 9900K(F) und Core i9 9900K.

Intels 9. Generation im Überblick

Um es abzukürzen: Die Quadcores wie Core i3 9100(F) oder Core i5 9400(F) sind – so brutal es klingen mag – durch die neuen Quadcores von AMD Ryzen 3 3100 und 3300X obsolet geworden. Nicht nur ist vor allem der Ryzen 3 3300X deutlich performanter in Spielen (und in Anwendungen), beide AMD-Prozessoren bringen zudem SMT mit und kommen damit bei vier Kernen auf acht Threads. Weiterhin gilt jedoch, dass die Intel-Prozessoren im oberen Feld und an der Spitze in Spielen die höchste Leistung bieten. Das ist vor allem auf den deutlich höheren Takt im Vergleich zu den Ryzen-Pendants zurückzuführen. Schon der Core i5 9600K kann sich mit 3,7 GHz Basis- und 4,6 GHz Boost-Takt in vielen Benchmarks vor den Ryzen 5 3600 setzen, kostet mit etwa 225 Euro aber auch über 50 Euro mehr. Deutlicher wird der Abstand mit dem Core i7 9700K. Dieser Prozessor bietet acht Kerne (ohne Hyperthreading), einen Basistakt von 3,6 GHz und einen Boost-Takt von 4,9 GHz und ist damit bei einem Preis von etwa 390 Euro fraglos der derzeit zweitschnellste Prozessor für Spiele. Übertroffen wird er nur von Intels

Flaggschiff Core i9 9900K. Der Basistakt beträgt hier ebenfalls 3,6 GHz, der Boost-Takt ist mit 5,0 GHz zwar nur 100 MHz höher als beim i7, dafür ist hier Hyperthreading aktiviert, weshalb der 9900K auf ganze 16 Threads zurückgreifen kann. Wer den schnellsten Prozessor möchte, muss jedoch tief in die Tasche greifen: Etwa 530 Euro kostet der Core i9 9900K derzeit. Alle K-CPU von Intel können übertakkt werden, ein Mainboard mit Z390-Chipsatz vorausgesetzt.

Die Zukunft: Core i in der 10. Generation

Die 10. Generation – Comet Lake S – steht in den Startlöchern. Und Intel hat deutlich an der Aufstellung geschraubt: mehr Kerne, mehr Threads, mehr Takt. Die i9-Prozessoren bekommen ein Upgrade auf zehn Kerne, Hyperthreading ist über die ganze Core-i-Reihe aktiviert, von i9 bis hinunter zu i3. Neuerungen gibt es auch bei den Turbomodis: Intel führt in den Serien Core i7 und Core i9 neben dem Turbo 2.0 für Singlecore oder Multicore einen Turbo Boost Max 3.0 ein. Dieser gilt nur für die zwei besten Kerne und erhöht den Takt nochmals um 100 MHz, ohne die Spannung zu steigern. Am Beispiel des Core i9 10900K mit einem Basistakt von 3,7 GHz sieht man gut die dadurch möglichen Verbesserungen: Turbo 2.0 erhöht den Takt für einen Kern auf maximal 5,1 GHz bei einem All Core Turbo von 4,8 GHz. Mit Turbo 3.0 kommt der Prozessor auf 5,2 GHz.

Speed kostet Strom

Ausschließlich den Core-i9-Prozessoren vorbehalten ist ein weiterer Turbomodus, der Thermal Velocity Boost. Sofern die Temperatur des Prozessors unter 70 Grad Celsius liegt, kann der Takt bei einem oder sogar allen Kernen um weitere 100 MHz angehoben werden. Diese hohen Taktraten erkaufte sich Intel auch durch eine deutlich erhöhte TDP (Thermal Design Power) von 125 Watt. Die TDP bestimmt, grob gesagt, »die durchschnittliche Leistungsaufnahme (in Watt), die der Prozessor beim Betrieb auf Basisfrequenz ableitet, wenn alle Kerne bei einer



In der RTX-Beta von Minecraft lassen sich seit Neuestem beeindruckende Raytracing-Effekte zuschalten. Sieht das Spiel auf den neuen Konsolen dann auch so gut aus?

von Intel definierten, hochkomplexen Arbeitslast aktiv sind«, so Intel. Zusätzlich dürfen die Prozessoren für einen Intervall von bis zu 56 Sekunden nochmals deutlich mehr Leistung aufnehmen: der Core i9 10900K bis zu 250 Watt, der Core i7 10700K bis zu 229 Watt und der Core i5 10600K bis zu 182 Watt. Im Zuge der 10. Generation führt Intel den neuen Sockel 1200 und eine Reihe an Chipsätzen für Mainboards ein wie den Z490, H470 oder B460. Ein Upgrade von den bisherigen Core i-8000 und Core i-9000, die auf dem Sockel 1151 laufen, ist also ohne einen Board-Wechsel unmöglich.

Trotz dieses neuen Sockels unterstützen die Prozessoren der 10. Generation weiterhin nicht PCI Express 4.0. Dennoch bewerben viele Mainboard-Hersteller ihre neuen Boards als »PCI Express 4.0 ready«, was so lange keine Bedeutung hat, bis Intel es selbst bestätigt. Auf eine Nachfrage von GamersNexus nach den 49 zusätzlichen Pins bei der neuen CPU-Generation antwortete Intel, diese seien für »eine verbesserte Stromzufuhr und für zukünftige inkrementelle I/O-Features«. Dies könnte darauf hinweisen, dass die nächste Generation, Rocket Lake-S, PCI Express 4.0 unterstützt. Wie Mainboard-Hersteller gegenüber GamersNexus bestätigten, soll Rocket Lake-S auch von Z490-Boards unterstützt werden. Intel wird die Performance-Krone in Spielen (vorerst) behalten, den Vorsprung möglicherweise sogar etwas ausbauen können, diese Prognose wagen wir einfach mal. Spannend werden vor allem die Duelle Core i3 gegen Ryzen 3 und Core i5 gegen Ryzen 5 und Ryzen 7.

Welche CPU für welchen PC?

Angesichts des bevorstehenden Generations- und Sockelwechsel bei Intel fällt es schwer, überhaupt einen Prozessor der Core-i-9000-Reihe zu empfehlen. Der Quad-core-Prozessor Core i3 9100F hat gegen AMDs Ryzen 3 3100 und 3300X nicht den Hauch einer Chance, die seit dem 21. Mai im Handel verfügbar sind. Selbst der kleine Sechskerner Core i5 9400F muss sich geschlagen geben. Der Core i5 9600K kann sich für den Aufpreis von 50 Euro beziehungsweise 25 Euro für den Intel Core i5

9600KF (ohne iGPU) gegenüber dem Ryzen 5 3600 nicht signifikant genug absetzen, wenn überhaupt. Zwar lässt er sich übertakten, benötigt dafür aber ein Mainboard mit Z390-Chipsatz. Die Ryzen-CPU's sind zwar nicht so übertaktungsfreudig, da der Spielraum bereits out-of-the-box von AMD gut ausgereizt wird, lassen sich dafür auf jedem Mainboard frei übertakten, sei es ein B450, X470, X570 oder das kommende B550.

Im unteren Einstiegsbereich um die 100 Euro lautet die Empfehlung, auf einen Ryzen 3 3100 oder Ryzen 3 3300X zu setzen, sofern man mit vier Kernen und 8 Threads zufrieden ist. Jedoch ist der Einführungspreis mit 109 Euro für den 3100 und 129 Euro für 3300X noch zu hoch, schließlich ist der Ryzen 5 3600 schon für etwa 170 Euro (UVP 209 Euro) zu bekommen. Der ältere 1600 in 12-nm-Fertigung kostet sogar nur etwa 100 Euro. Dieser ist zwar etwas langsamer als der 3300X, bietet aber zwei Kerne mehr. Sobald die Preise der Ryzen 3, vor allem des 3300X, nach Marktstart gesunken sind, sollte wenig gegen sie sprechen, um sich einen günstigen, leistungsfähigen PC zu bauen.

Der gesunde Mittelweg

Erst ab dem Sechskerner Core i5 9600K(F) kann Intel mithalten, dennoch wäre auch hier der Ryzen 5 3600 die bessere Empfehlung, da er sowohl günstiger ist als auch mit dem Sockel AM4 die flexiblere Plattform bietet. Der Ryzen beherrscht – wie alle CPUs der Zen-2-Generation – zusätzlich auch PCI Express 4.0, kann dieses aber erst mit einem Mainboard auf Basis des X570- oder des kommenden B550-Chipsatz nutzen. Spieler können jedoch derzeit noch keinen Vorteil daraus ziehen.

Die Oberklasse

Der Core i7 9700 mit acht Kernen kann sich schließlich endgültig vor die Konkurrenz aus dem Hause AMD setzen. In Spielen kann dank des hohen Taktes kein Ryzen mithalten, wenn es um die pure Leistung und Jagd nach Frames geht. Diese Leistung kostet: Für den Core i7 9700F werden etwa 325 Euro aufgerufen, für den schnelleren Core i7 9700K sogar rund 390 Euro. Trotz etwas ge-

Schneller Arbeitsspeicher



Aktuelle Prozessoren von AMD und Intel benötigen für den Betrieb zwingend DDR4-RAM. Der heutige Standard für einen Spiele-PC sind 16 GByte RAM. Mehr Arbeitsspeicher ist noch Luxus, außer man möchte nicht nur spielen, sondern zum Beispiel auch Videos aufnehmen und bearbeiten. Da Prozessoren im Consumer-Desktop-Bereich in der Regel im sogenannten Dual-Channel-Betrieb am besten laufen, sollte man zu einem Kit aus zwei aufeinander abgestimmten Modulen greifen. Der Arbeitsspeicher sollte – vor allem in Kombination mit AMDs Ryzen, der besonders von schnellem RAM profitiert – mindestens mit einem Takt von 3200 MHz laufen, schnellere Module mit zum Beispiel 3600 MHz kosten deutlich mehr. Hochwertige 3200-Module mit Micron-E-Die oder Samsung-B-Die können solche Taktraten jedoch auch durch manuelle Optimierung erreichen. Vorsicht: Übertaktung kann unter Umständen zu Garantieverlust führen!

Wie schnell der Arbeitsspeicher am Ende ist, hängt aber nicht nur vom eigentlichen Takt ab, sondern auch von den Timings. Das stellt sich in etwa dar als »DDR4-3200 CL16« oder »DDR4-3600 CL18«. Je geringer die sogenannte CAS Latency ist, desto schneller kann der RAM die Daten bereitstellen. Das streift das Thema RAM-Timings nur, soll aber als Anhaltspunkt vorerst genügen. Ob ein bestimmtes RAM-Modul überhaupt mit einem bestimmten Mainboard einwandfrei funktioniert, lässt sich in den entsprechenden Kompatibilitätslisten auf den Internet-Präsenzen der Mainboard-Hersteller überprüfen.

ringerer Leistung stellt der Ryzen 7 3700X mit ebenfalls acht Kernen, aber 16 Threads eine sinnvolle Alternative dar. Zum einen ist er mit 290 Euro deutlich günstiger, zum anderen ist er der optimale Begleiter für Spieler mit Streaming-Ambitionen. Spätestens wenn Videobearbeitung oder Anwendungen, die mit vielen Kernen und Threads skalieren, neben dem Spielen im Fokus stehen, sollte man zum Ryzen 7 3700X greifen.

Absolutes High End

Für Spieler, die keine Rücksicht auf den Preis nehmen müssen, bietet der Core i9 9900K kompromisslose Spieleleistung für kompromisslose 530 Euro. AMDs Ryzen 9 3900X mit 12 Kernen ist mit 440 Euro im Vergleich fast günstig, kann aber in Spielen nicht mehr mithalten und sich auch nicht vom Ryzen 7 3700X absetzen. Erst wenn sich das Hauptaugenmerk auf Anwendungen ver-

Das Kraftwerk: Netzteile

Die Bedeutung eines guten Netzteils wird von vielen PC-Schraubern noch immer gerne unterschätzt und das Billigste vom Billigen gekauft. Oder das Netzteil wird kurzerhand aus einem alten PC übernommen und hat dann gerne mal stolze acht oder mehr Jahre auf dem Buckel. Das kann sich rächen, von System-Instabilitäten über Komplettabstürze bis zum Totalausfall. Alte Netzteile entsprechen möglicherweise nicht den aktuellen Spezifikationen nach ATX12 2.4 und lassen moderne Schutzvorrichtungen vermissen, ganz abgesehen von der normalen Alterung elektronischer Bauteile. Die wenigsten aktuellen Rechner benötigen Netzteile

mit mehr als 550 Watt Leistung, wer aber Komponenten wie einen Core i9 9900K oder eine Geforce RTX 2080 Ti ins Auge gefasst hat oder sich mit etwas Luft nach oben besser fühlt, sollte zu einem Netzteil mit 650 Watt greifen.



schiebt mit Gaming als zweite Priorität, ist der Ryzen wieder erste Wahl.

Mainboards für AMD und Intel

Alle bisherigen Ryzen-CPU's laufen auf der im Jahr 2017 eingeführten Plattform AM4 von AMD. Auch die kommenden Zen-3-Ryzens nutzen AM4, sollen aber nur mit den aktuellsten Chipsätzen X570 in der Oberklasse und dem für Mitte Juli angekündigten B550 in der Einstiegsklasse kompatibel sein. Chipsätze der 300er- und 400er-Reihen, wie der beliebte B450-Chipsatz, bleiben außen vor. B550 wird Prozessoren der vorherigen Generationen Zen und Zen+ nach aktuellem Stand nicht unterstützen. Dazu gehören auch die APUs mit integrierter Grafik Ryzen 3 3200G und Ryzen 5 3400G, da sie trotz des 3000er-Namens auf Zen+ basieren. Auf Boards mit X570-Chipsatz laufen weiterhin auch ältere Prozessoren auf Basis von Zen+ (2000er-Serie und Ryzen 5 1600 in 12 nm). Nur B550 und X570 sind fit für Zen 3 und die darauf basierende Ryzen-4000-Serie. PCI Express 4.0, ein Feature, das mit Zen 2 Einzugs gehalten hat, lässt sich ebenfalls nur mit diesen Chipsätzen nutzen, wobei X570 eigene Lanes im Chipsatz mitbringt; B550 kann lediglich die PCI Express 4.0 Lanes des Prozessors durchschleifen.

Trotz des eingeschränkten Upgrade-Pfads ist B450 nicht komplett obsolet. Wer möglichst günstig einen Rechner mit einem Ryzen-Quadcore oder -Hexacore zusammenstellen möchte und sich nicht dafür interessiert, auf Zen 3 aufrüsten zu können, kann auch weiter-

hin zu einem Mainboard mit B450-Chipsatz greifen. Deutlich zukunftsorientierter ist es aber, bis Mitte Juni auf B550-Mainboards zu warten. Alternativ bleibt der Griff zu einem Mainboard mit X570 Chipsatz. Wer sich auf einer Intel-Plattform die Möglichkeit offenhalten möchte, seinen Prozessor zu übertakten, muss zwei Dinge beachten: Nur Prozessoren mit dem Zusatz »K«, zum Beispiel ein Core i7 9700K, haben einen frei wählbaren Multiplikator. Der Prozessortakt ergibt sich dann aus Multiplikator multipliziert mit dem Base Clock. Außerdem sind »K«-Prozessoren von Haus aus höher getaktet als ihre »Non-K«-Varianten. Zweitens sind Mainboards mit einem Z390-Chipsatz nötig, um einen »K«-Prozessor zu übertakten. Sie funktionieren zwar auch auf einem H370- oder B360-Board, ihr echtes Potenzial wäre dann aber verschenkt. Die Prozessoren der 10. Generation bringen Ende Mai nicht nur den neuen Sockel 1200 mit sich, sondern auch die neuen Chipsätze Z490, H470 und B460.

Was beim Grafikkarten-Kauf 2020 wichtig ist

Ein Blick in die letzte Hardware-Umfrage von Steam im April 2020 zeigt, dass 73,3 Prozent aller Steam-Nutzer eine Nvidia-Grafikkarte haben und nur 15,9 Prozent eine GPU von AMD. Dazu zählen jedoch auch integrierte Grafikeinheiten in APUs. Aber 2020 trumpft AMD groß auf: Die PlayStation 5 und Xbox Series X werden AMD-Chips benutzen, die neuen Konsolen setzen komplett auf RDNA 2. Im Herbst kommt es voraussichtlich

zum großen Duell mit Konkurrent Nvidia, dann soll auch der Turing-Nachfolger Ampere erscheinen, die nächste Grafikkarten-Generation von Nvidia.

AMDs schwierige Radeon-Vergangenheit

AMD befindet sich 2020 in einer ähnlichen Situation wie zu Beginn der Ryzen-Ära: Die früheren Grafikkarten auf Basis der Graphics-Core-Next-Architektur (GCN) waren zwar performant und konnten mit Nvidia im High-End-Bereich mithalten, fraßen jedoch auch viel Strom. Im Laufe der nächsten Iterationen von GCN verlor AMD jedoch immer mehr den Anschluss zur Spitze. Nvidia konnte sich in Leistung und Effizienz weiter absetzen. Deutlich sichtbar wurde es schließlich bei der Einführung von GCN 4, Polaris, die noch heute in den Grafikkarten Radeon RX 570, Radeon RX 580 und Radeon RX 590 auf dem Markt zu finden sind.

Vor allem durch einen großzügigen Videospeicherausbau von bis zu 8 GB GDDR5 und langfristiger Treiberpflege durch AMD können diese Karten in der auch heute noch verbreitetsten Auflösung unter Spielern von 1920x1080 (1080p) einen guten und günstigen Einstieg darstellen. Mit GCN 5 und den darauf basierenden Grafikkarten Radeon RX Vega 64 und 56 konnte AMD wieder zu Nvidias Oberklasse aufschließen, zumindest zur GTX 1080. In Spielen litten diese Karten jedoch unter mangelhafter Effizienz und benötigten deutlich mehr Strom als die Konkurrenz. Zudem war GCN 5 extrem abhängig von einer hohen Speicherbandbreite, weshalb AMD auf den zwar schnellen und energieeffizienten, dafür sehr teuren HBM2-Speicher setzte. Heute sind Vega 64 und 56 beliebt in einer kleinen Nische von Enthusiasten, die den Stromhunger durch sogenanntes Undervolting bändigen.

GCN hat ausgespielt

Die letzte Inkarnation von GCN 5 folgte Anfang 2019, als AMD marketingwirksam den ersten Grafikkarten-Chip vorstellte, der in 7 nm gefertigt wurde: Radeon VII. Leistungstechnisch tatsächlich die schnellste AMD-Karte bisher, jedoch war Nvidia im Jahr zuvor schon mit den neuen RTX-Karten auf Turing-Basis auf den Markt gekommen. So konnte Vega VII sich lediglich gegen die Nvidia RTX 2070 behaupten, eine RTX 2080 war außer



Control von Remedy ist einer der wenigen Titel, die Raytracing wirklich unterstützen.

Schlagweite. Die Effizienz konnte durch den 7-nm-Prozess gegenüber Vega 64 zwar deutlich verbessert werden, dennoch lag ihre Performance pro Watt signifikant unter jener der Konkurrenz. Bemerkenswert aber war die rohe Compute-Leistung der Vega VII. Bis auf wenige Einschnitte gleicht Vega VII der Karte für den professionellen Einsatz Radeon Instinct MI50 bis hin zu den 16 GB HMB2-Speicher mit einem Interface von 4.096 Bit und einer Speicherbandbreite von 1.024 GB/s. Zum Vergleich: eine RTX 2080 hat 8 GB GDDR6, ein 256-Bit-Interface und eine Bandbreite von 448 GB/s.

Vega VII war also eine Profi-Karte, die vorgab, eine Gaming-Karte zu sein – und damit eine Notlösung. Aus gutem Grund: Der eigentliche Radeon-Nachfolger für Gaming-Bedürfnisse war nämlich noch nicht marktreif, Navi auf Basis der neuen RDNA-Architektur (Radeon DNA). Mit Navi begann AMD sich von GCN zu lösen, laut diversen Berichten sollen sich aber immer noch Reste von GCN in der RDNA-Architektur befinden, erst RDNA2 soll GCN komplett hinter sich lassen. Dennoch ist AMD mit RDNA auf dem richtigen Weg zu einer vollkommen auf Spiele optimierten Architektur bei wesentlich verbesserter Performance pro Watt. Inzwischen ist AMD mit Navi und den darauf basierenden Radeon RX 5700 (XT) und Radeon RX 5600 wieder gut im Mittelfeld und der unteren Oberklasse angekommen. AMD positioniert selbst die 5700-Serie als Lösungen zum Spielen in einer 1440p-Auflösung, von 4K-Gaming ist keine Rede. Zur Leistungsspitze reicht es also noch nicht gegen Nvidias RTX.

Der Mainstream: Nvidia Geforce

Wie die regelmäßige Umfrage unter Steam-Benutzern zur verwendeten Hardware zeigt, sind Grafikkarten von Nvidia seit Langem schon mit Abstand die erste Wahl bei Spielern. Das hat mehrere Gründe. Einer davon: Viele Spieler nehmen AMD-Grafikkarten immer noch als minderwertiger wahr. AMD-Karten galten in den letzten Jahren als heiß, laut, stromhungrig und weniger leistungsfähig. Günstiger Preis = billige Ware, so zumindest in den Köpfen vieler Spieler. Dazu kamen immer wieder Treiberprobleme bei neuen Grafikkarten, zuletzt der berüchtigte Blackscreen-Bug bei Navi-GPUs.

Nvidia hingegen konnte mit den GTX-900-Karten auf Basis von Maxwell die Effizienz gegenüber dem Vorgänger Kepler deutlich steigern, gerade die GTX 970 erwies sich als Verkaufsschlager, trotz eines Skandals um den Videospeicher: Von den angegebenen 4 GB waren nur 3,5 GB mit der vollen Bandbreite angebunden. Nutzte ein Spiel auch die restlichen 0,5 GB, konnte es zu massiven Leistungseinbußen kommen. Der Aufschrei war groß, Auswirkungen auf die Verkaufszahlen aber nicht messbar. Mit Pascal, der Nachfolgearchitektur zu Maxwell, konnte Nvidia seinen Erfolg fortsetzen. Lange Zeit waren die GTX 1060 mit 6 GB VRAM und die GTX 1070 die am meisten empfohle-



Wie passend: Shadow of the Tomb Raider nutzt Raytracing nur für die Berechnung von Schatteneffekten.



Anhand von Metro: Exodus sieht man die Verbesserungen von DLSS 2.0 (Deep Learning Super-Sampling) – das hochgerechnete Bild ist nicht mehr so unscharf wie früher.

nen Grafikkarten. Eine GTX 1080 Ti muss sich in der reinen Spieleleistung auch heute nicht vor einer RTX 2080 verstecken. Und als AMD mit Vega einer GTX 1070 gefährlich zu werden drohte, warf Nvidia mal eben die stärkere GTX 1070 Ti auf den Markt, die eigentlich eine abgespeckte GTX 1080 war. Als Marktführer kann Nvidia es sich erlauben, auf die Konkurrenz zu warten und scheinbar aus dem Nichts zu reagieren.

Turing und Raytracing

Im Herbst 2018 bringt Nvidia die aktuelle Generation an Grafikkarten auf Basis der Turing-Architektur auf den Markt. Als groß angepriesene Neuerung und Alleinstellungsmerkmal führt die Geforce-RTX-2000-Reihe spezialisierte Kerne (RT-Cores) für Raytracing in Echtzeit ein, ein Novum im Heimamwenderbereich. Von Volta, einer für Profianwendungen entwickelten Architektur, übernimmt Turing die auf künstliche Intelligenz spezialisierten Tensor-Cores. Raytracing ermöglicht unter anderem eine realistischere Beleuchtung, Spiegelungen und eine bessere Schattendarstellung, indem quasi die Lichtstrahlen vom Auge des Betrachters zu einem Objekt im virtuellen Raum verfolgt werden. Je nach Beschaffenheit des Objekts (Metall, Holz, Glas und so weiter) wird der

Lichtstrahl reflektiert, absorbiert oder bei Glas gebrochen. Auf diese Weise können auch Objekte in einer Reflexion auftauchen, die sich nicht im Sichtfeld befinden. Zum Beispiel kann sich ein Gegner, der um eine Ecke steht, in einer Pfütze spiegeln.

In der aktuellen RTX-2000-Serie kostet Raytracing jedoch enorm viel Leistung, weshalb es erst ab einer RTX 2080 sinnvoll nutzbar ist. Bei Battlefield 5 zum Beispiel bricht die Framerate mit aktiviertem Raytracing um bis zu 50 Prozent ein, abhängig von den Qualitätseinstellungen. Andere Spiele wie Shadow of the Tomb Raider nutzen Raytracing nur für die Darstellung von Schatten. Prominentester Neuzugang in der Reihe der Raytracing-Spiele ist übrigens Minecraft. Ja, Minecraft. Verfügbar ist Raytracing mit den dedizierten RT-Cores jedoch auf allen Geforce RTX-Karten ab der RTX 2060 aufwärts. Jedoch unterstützen immer noch nur sehr wenige Spiele RTX Raytracing, dazu sind aufwändige Anpassungen von Seiten der Entwickler nötig, so geschehen etwa bei Control von Remedy. Es ist eben nicht einfach ein »It just works!«, wie Nvidia-CEO Jensen Huang Raytracing einst anpries. Nicht aktiviert sind die RT-Cores bei den Grafikkarten der Reihen Geforce GTX 1650 und GTX 1660, auch wenn sie ebenfalls auf Turing basieren.

Massenspeicher

Beim Aufrüsten gilt ein Grundsatz: nie ohne SSD. Mindestens das Betriebssystem sollte auf einer SSD installiert sein. Inzwischen sind die Preise so weit gefallen, dass eine SSD mit 500 GByte oder auch 1 TByte nicht mehr unüblich ist. Häufig wird eine SSD um eine herkömmliche HDD für große Datenmengen ergänzt. Im Gegensatz zu einer HDD hat eine SSD keine mechanischen Bauteile mehr, ist daher unempfindlich gegen Erschütterungen und oben drein lautlos. Für Spiele reicht eine SATA-SSD. SSDs mit dem deutlich schnelleren NVMe-Protokoll im Formfaktor M.2 sind zwar um ein Vielfaches schneller als SSDs mit SATA-Protokoll, aus diesen enormen Übertragungsraten von über 3000 Mbyte/s ziehen Spiele aber (noch) keinen Nutzen. Als SATA wird sowohl der Anschluss als auch das Übertragungsprotokoll bezeichnet, das eine theoretische maximale Datenübertragung von 600 MByte/s bietet. Es gibt auch SATA-SSDs im M.2-Format. SSDs mit NVMe-Protokoll sind im Consumer-Desktop in der Regel im Formfaktor M.2 verbreitet.



Performance-Schub durch KI

Mit den RTX-Karten führte Nvidia ebenfalls Deep Learning Super-Sampling (DLSS) ein, eine auf einem KI-Algorithmus basierende Kantenglättung. Das Versprechen: vergleichbare Bildqualität bei höherer Leistung. Die grundsätzliche Idee ist recht simpel: Das Spiel wird intern mit einer geringeren Auflösung berechnet, als ausgegeben werden soll, und anschließend hochskaliert. Damit das funktioniert (zumindest in der ersten Version), musste ein neuronales Netzwerk in Nvidias Rechenzentrum mit dem jeweiligen Spiel trainiert werden. DLSS bringt einen ordentlichen Leistungsschub, häufig geht es aber mit einer starken Bildunschärfe einher. Die Tensor-Cores blieben in DLSS 1.x bisher ungenutzt, erst mit der Einführung von DLSS 2.0 kommen sie zum Einsatz. Nvidia führte mit DLSS 2.0 unter anderem drei Qualitätsstufen für DLSS ein. Am Beispiel 3840x2160: Bei der Einstellung »Quality« beträgt die interne Renderauflösung 2560x1440 Pixel, bei »Balanced« 2227x1252, bei »Performance« 1920x1080. Insgesamt funktioniert DLSS 2.0 deutlich besser und leidet nicht mehr unter einer so ausgeprägten Unschärfe. Ein gutes Beispiel dafür, was Verbesserungsroutinen für die Optik eines Spiels leisten können.

Empfehlungen für Full HD, WQHD und Ultra HD

Grundsätzlich lässt sich nahezu jede Grafikkarte mit den entsprechenden Einstellungen in aktuellen AAA-Spielen auslasten und an den Rand ihrer Leistung bringen. Die nachfolgenden Empfehlungen sollen eine Orientierung bieten, was für die jeweiligen üblichen Auflösungen mit dem Ziel, konstante Framerates zu erreichen, eine sinnvolle Investition ist. Natürlich sind das im besten Fall grobe Schätzungen, da Spiele mit den diversen GPUs unterschiedlich harmonieren. Eine eigene Recherche mit den präferierten Spielen ersetzen die Empfehlungen nicht, etwa auf Basis der Benchmarks unserer Hardware-Redaktion auf GameStar.de.

Grafikkarten für Full HD (1920x1080)

Wie bereits erwähnt stellen AMDs Radeon RX 570 und RX 580 derzeit den absoluten Einstieg mit einer Auflösung von 1920x1080 dar. Für einen Budget-Rechner mit Fokus auf zum Beispiel Fortnite oder League of Legends reichen sie jedoch allemal. Eine RX 570 bekommt man schon für etwa 150 Euro, eine RX 580 kostet nochmal 20 Euro mehr. Von beiden Grafikkarten gibt es sowohl Varianten mit 4 GB als auch 8 GB VRAM. Ihr soll-

tet unbedingt darauf achten, eine Version mit 8 GB Speicher zu nehmen. Einen deutlichen Sprung in der Leistung macht man mit der Nvidia GeForce GTX 1660 Super 6 GB ab etwa 240 Euro. Mit ihr können aktuelle Spiele schon mit höheren Details beziehungsweise mehr FPS gespielt werden. Der einzige Wermutstropfen ist der etwas geringe Speicher, für Full HD reichen 6 GByte jedoch völlig aus. Ebenfalls 6 GB VRAM bieten die Nvidia GeForce RTX 2060 und AMD Radeon RX 5600 XT. Mit diesen beiden Karten lassen sich alle aktuellen Spiele sorgenfrei in Full HD mit höchsten Details spielen, gleichzeitig ist auch WQHD (2560x1440) schon mit Abstrichen bei den Details möglich, wobei gerade hier die vergleichsweise knappen 6 GB zum Flaschenhals werden können. Die RX 5600 XT kostet um die 300 Euro, während die RTX 2060 zum einen etwas langsamer, zum anderen mit 340 Euro teurer ist.

Grafikkarten für WQHD (2560x1440p)

Mit einer Radeon RX 5700 mit 8 GB VRAM beginnt Gaming in WQHD erst richtig. Günstige Karten gibt es schon ab 310 Euro, Partnerkarten mit einer besseren Kühlung kosten nochmals mehr und starten ab etwa 350 Euro. Die GeForce RTX 2060 Super 8 GB ist geringfügig schneller, geht dafür auch gleich mit einem Preis von 410 Euro ins Rennen. Ob eine RTX 2060 mit Super oder ohne, Raytracing ist nicht sinnvoll nutzbar. Von AMD als »ultimate Karte für 1440p-Gaming« beworben, kann die Radeon RX 5700 XT dieses Versprechen sogar zu einem Preis von etwa 390 Euro größtenteils einhalten. Nochmal mehr Leistung bringt die GeForce 2070 Super, kostet aber mit über 520 Euro im Verhältnis aber dann doch zu viel.

Grafikkarten für Ultra HD (3840x2160)

Wer in Ultra HD in hohen Details spielen möchte, muss tief in die Tasche greifen. AMD hat hier keine Alternative zu bieten, es bleiben nur noch Nvidias RTX 2080 Super und RTX 2080 Ti. Die günstigsten Angebote für eine RTX 2080 Super beginnen bei 710 Euro, in der Regel eher ab 750 Euro. Und wer nur mit dem Besten zufrieden ist, bekommt mit der RTX 2080 Ti nicht nur kompromisslose Leistung, sondern auch 11 GB VRAM. Dennoch ist auch hier Raytracing nicht in der vollen Ultra-HD-Auflösung sinnvoll.



AMDs Radeon RX 5700 XT bietet genug Leistung für Spiele in WQHD und ist dabei deutlich günstiger als Nvidias GeForce RTX 2070 Super.

AMD meist die günstigere Alternative

Der Trend ist offensichtlich: Wenn es eine vergleichbare Option von AMD gibt, ist diese meist günstiger und oft sogar schneller als das Pendant von Nvidia. Deren Grafikkarten der RTX-Serie bieten dafür exklusive Features wie die KI-unterstützte Bildverbesserung via DLSS und eben die Zukunftstechnik Raytracing, das jedoch erst ab einer RTX 2070 Super Sinn ergibt. Für Streamer, die Open Broadcast Studio (OBS) nutzen, haben Turing-Karten noch einen Vorteil: Mit Turing aktualisierte Nvidia den eigenen Video-Encoder NVENC auf die sechste Generation. Diese neue Version arbeitet deutlich effizienter und bietet eine höhere Bildqualität als zuvor, so lässt sich die CPU beim Streamen entlasten. Der neue NVENC ist ab einer GeForce GTX 1650 Super integriert, die normale 1650 hat eine ältere Version.

Neue Grafikkarten-Generation in 2020

AMD hat bereits auf der CES im Januar dieses Jahres RDNA 2 als Nachfolger der aktuellen Navi-GPUs angekündigt, ebenso wie einen »Big Navi«, einen High-End-Chip für Gaming. Auf dem Financial Analyst Day im März konkretisierte AMD weiter. RDNA2 soll gegenüber RDNA1 eine um 50 Prozent verbesserte Performance pro Watt liefern. RDNA2 wird zudem Raytracing in Hardware unterstützen und dabei auf Microsofts DirectX 12 Ultimate aufbauen, bei dessen Vorstellung im März auch schon eine Demo zu sehen war. Überrascht hat das niemanden, da schon länger bekannt war, dass die neuen Konsolen von Sony und Microsoft, PS5 und Xbox Series X, Raytracing bieten werden und beide auf Hardware von AMD basieren. Ob es zu Verschiebungen aufgrund der Corona-Krise kommen wird, ist noch unklar. AMD hat jedoch vor Kurzem per Twitter bekräftigt, dass sich am geplanten Release im Herbst nichts ändern soll. Bisher für Spieler wenig interessant, scheint Intel langsam größere Ambitionen zu haben, eigene dedizierte Grafikkarten auf den Markt zu bringen. Wie schon länger bekannt ist, arbeitet Intel an einer neuen Grafikkarten-Architektur namens Xe,



Intel hat bereits Samples seiner neuen Xe-Grafik-Architektur im Low-Power-Design an Entwickler herausgegeben.

HARDWARE-ACCELERATED RAY TRACING

ECOSYSTEM ENABLEMENT FOR PCs AND CONSOLES

AMD

RDNA 2

Common Architecture for
PCs and Consoles

Simplify Development
and Speed Adoption

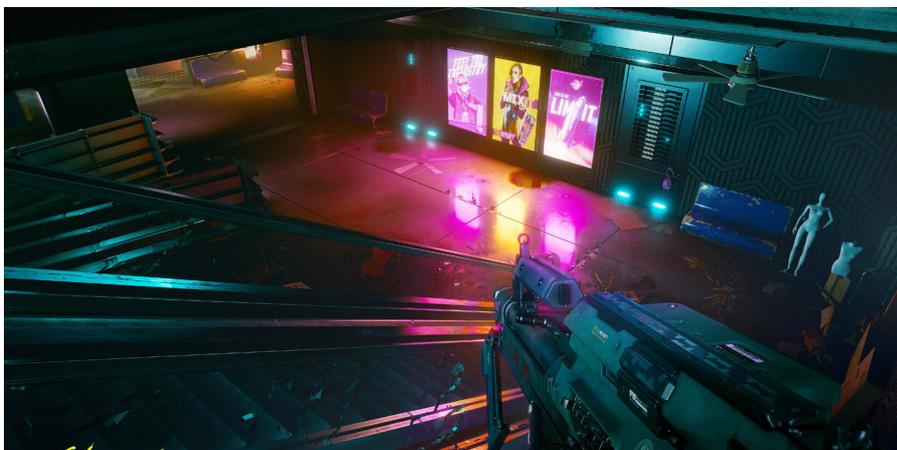
Maximize Performance
with Lower-Level API



Microsoft DXR 1.1 on AMD RDNA 2 Silicon

AMD

AMDs Grafik-Architektur RDNA2 wird Hardware-beschleunigtes Raytracing unterstützen, wie auch die neuen Konsolen von Sony und Microsoft auf Basis von Zen 2 und RDNA2.



Vor allem Spielumgebungen mit vielen glatten Oberflächen wie Metall oder Glas – hier zum Beispiel in Cyberpunk 2077 – profitieren von Raytracing-Effekten.

die zuerst als iGPU in den für dieses Jahr erwarteten Laptop-CPUs auf Basis von Tiger Lake erscheinen soll.

Jedoch haben im Januar 2020 Entwickler erste Grafikkarten, DG1, als Sample erhalten. Erst vor Kurzem sind zudem neue Informationen bekannt geworden. Im GPU-Benchmark von SiSoft Sandra erreichte DG1 2,3 TFLOPS mit 768 Kernen, 1,5 GHz und 3 GB VRAM. Bereits im März 2019 kündigte der Entwicklungschef der GPU-Abteilung von Intel, Raja Koduri, Grafikkarten für 2020 an. Selbst wenn es dazu noch kommen sollte, dürfte die DG1 eine Low-End-Karte sein. Raja Koduri war davor Chief Architect der AMD Radeon Technologies Group.

Ampere sorgt für Spannung

Zu Nvidias neuer Architektur Ampere, dem Nachfolger von Turing, sind bisher keine Fakten bekannt. Laut Gerüchten soll es Leistungssteigerungen von bis zu 40 Prozent gegenüber einer RTX 2080 Ti geben, eine zukünftige RTX 3060 soll etwa die Leistung einer RTX 2080 erreichen. Darüber hinaus soll der Zusatz »GTX« komplett gekippt werden, alle Vertreter auf Basis von Ampere

werden angeblich die Bezeichnung »RTX« erhalten und damit auch Hardware-Raytracing unterstützen. Laut eines Leaks soll die Leistung bei Raytracing viermal so hoch sein wie bei den GPUs auf Basis von Turing. Auf der hauseigenen Entwicklerkonferenz GTC, aufgrund der Corona-Pandemie in einem Online-Format, wurden zudem die Spezifikationen für Server-GPU A100 auf Basis der Ampere-Architektur vorgestellt, welche die Gerüchte zu bestätigen scheinen. Konkrete Informationen zu den Gaming-Karten wird es wohl erst gegen Ende des Jahres geben, vielleicht wie bei Turing schon im Sommer.

Der Generationswechsel dürfte auf jeden Fall für Aufrüster spannend werden: Entweder weil ihr euch mit den neuesten Grafikkarten eindeckt, um auch 2021 anspruchsvolle Spiele wie solche auf Basis der neuen Unreal Engine 5 in 4K spielen zu können. Oder aber weil ihr durch den Launch der neuen Konsolen und Grafikkarten von sinkenden Preisen der vorangegangenen, mittelfristig zukunftssicheren Generation profitiert. Wer die Augen nach im Ausverkauf stehenden GTX-Grafikkarten offen hält, wird Ende 2020 wohl das ein oder andere Schnäppchen schießen können, sobald die große Umrüstwelle beginnt. ★