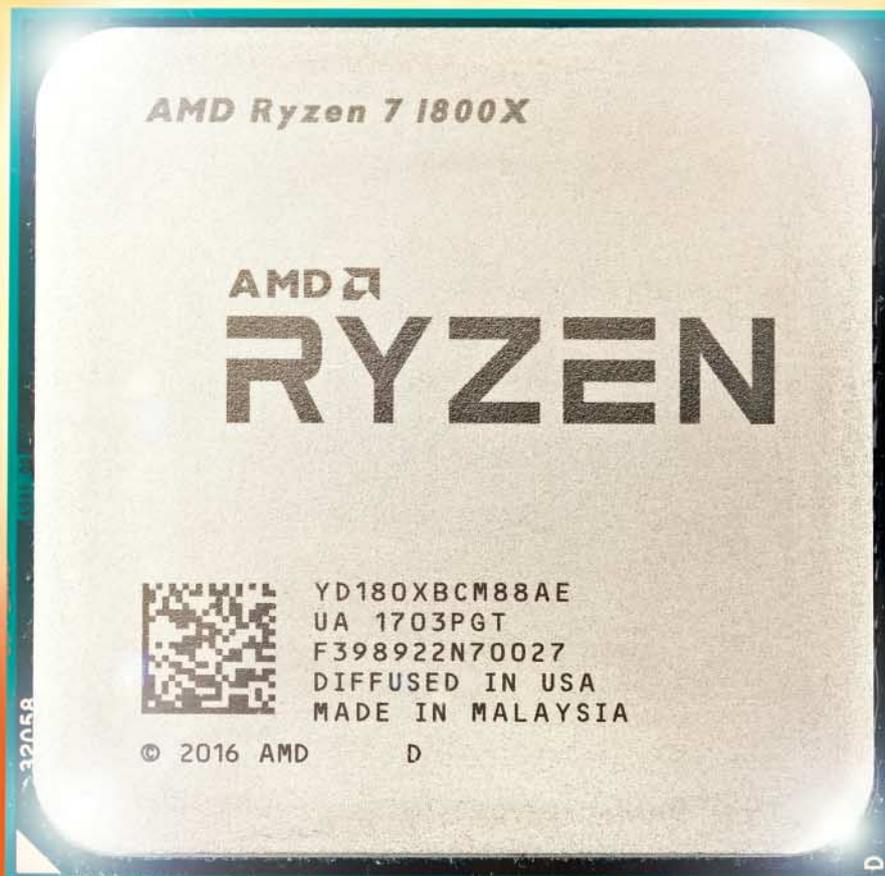


# Ryzing Sun

## Achtkern-Prozessor Ryzen 7 1800X im Test



<b>Rechenleistung und Plattform</b> .....	<b>Seite 64</b>
<b>Spiele-Performance</b> .....	<b>Seite 70</b>
<b>Zen-Mikroarchitektur</b> .....	<b>Seite 72</b>
<b>Was kommt nach Ryzen?</b> .....	<b>Seite 78</b>

## Mit den neuen Ryzen-Prozessoren mischt AMD nach vielen Jahren Abstinenz endlich wieder im High-End-Prozessormarkt mit. Der Octo-Core Ryzen 7 1800X schlägt seinen direkten Konkurrenten Core i7-6900K, kostet aber nur die Hälfte.

Von Christian Hirsch  
und Christof Windeck

**H**eiß ersehnt, für Ende letzten Jahres versprochen und nun gibt es sie endlich zu kaufen: AMD will mit den Ryzen-Prozessoren und der neu entwickelten Zen-Architektur das Ruder herumreißen und bietet wieder konkurrenzfähige High-End-CPU an. Mit den Achtkernern Ryzen 7 1800X, 1700X und 1700 für Desktop-Rechner greift AMD zunächst Intels High-End-Plattform LGA2011-v3 für CPUs der Serien Core i7-6800/6900 an – verlangt bei vergleichbarer Performance aber viel weniger Geld.

Wir haben die Leistung des Ryzen 7 1800X mit den schnellsten Vier- und Achtkern-CPU Core i7-7700K und Core i7-6900K von Intel sowie bisherigen AMD-Prozessoren der Serien A und FX bei unterschiedlichen Anwendungen verglichen. Zudem prüften wir, ob es AMD gelungen ist, die bisherigen Schwachstellen Effizienz und Energiebedarf mit Ryzen auszumergen. Beides ist nicht nur für Käufer oder Bastler eines potenten Gaming- oder High-End-PC interessant. Außer in den jetzt vorgestellten Desktop-PC-Varianten „Summit Ridge“ soll die Zen-Architektur im Laufe dieses Jahres auch für Server (Naples) und als Kombiprozessoren „Raven Ridge“ mit integrierter Grafik für Desktop-PCs und Notebooks folgen (siehe S. 78). Bis es Kombiprozessoren mit Zen zu kaufen gibt, überbrückt AMD die Lücke mit AM4-CPU der Serie A-9000 (Bristol Ridge), in denen allerdings noch die alten Excavator-(Bulldozer-)Kerne arbeiten.

### Alles auf Anfang

Für Ryzen hat AMD die komplette Plattform generalüberholt. Abgesehen von der völlig neu entwickelten Prozessorarchitektur löst die CPU-Fassung AM4 die beiden

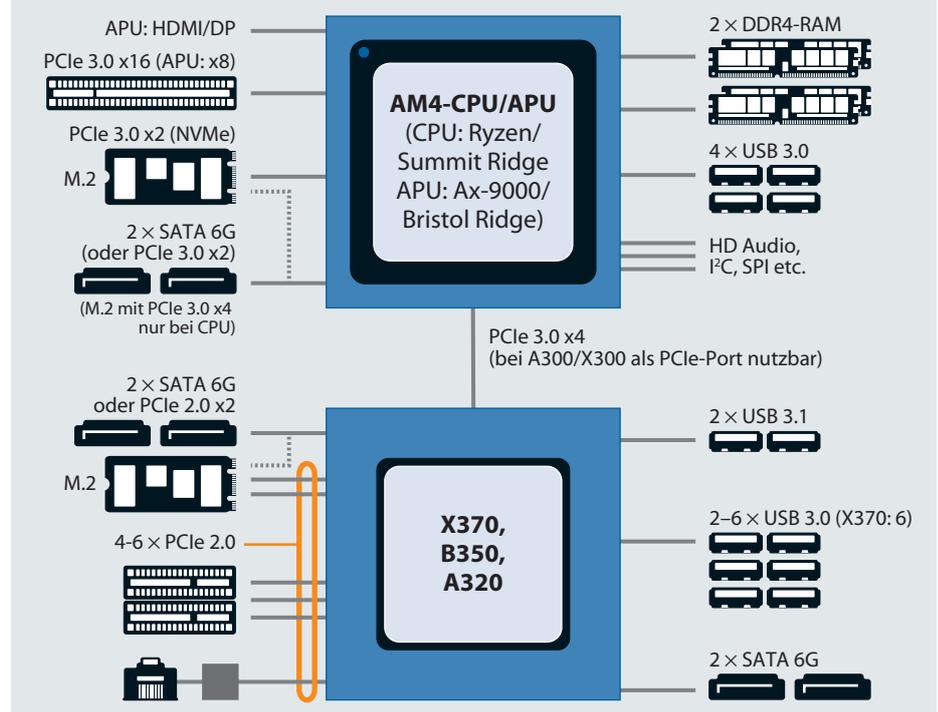
bisher parallel angebotenen Plattformen FM2+ und AM3+ ab und nimmt das gesamte Portfolio vom superschnellen Achtkerner bis zum preiswerten Dual-Core auf. Sie eignet sich gleichermaßen für Prozessoren mit und ohne GPU. Obendrein treibt AMD die Integration weiter: Bei Ryzen und Bristol Ridge handelt es sich jeweils um Systems-on-Chip, die einen Basissatz an SATA-6G- und USB-3.0-Ports sowie PCIe-Lanes bereitstellen. Chipsätze

wird es aber weiterhin geben, um weitere Schnittstellen wie USB 3.1 anzubinden.

Beim ersten von AMD beziehungsweise Globalfoundries in 14 nm gefertigten Prozessor ist alles neu: Statt der Bulldozer-Module mit je zwei Integer-Kernen und einer Gleitkommaeinheit gibt es bei Ryzen wieder unabhängige, vollwertige CPU-Kerne. Um diese besser auszulasten, hat AMD bei Ryzen zudem zum ersten Mal simultanes Multithreading (SMT) ein-

## AMD-Chipsätze „Promontory“

Für AM4-Mainboards liefert AMD die Chipsätze X370, B350 und A320; einige Schnittstellen stecken aber im Prozessor selbst.





Äußerlich unterscheiden sich die Ryzen-CPU's zwar kaum von ihren Vorgängern, rechnen aber viel schneller als diese.

gebaut. Jeder Kern kann also zwei Threads quasi gleichzeitig abarbeiten. Intel hat diese Technik unter der Bezeichnung Hyper-Threading bereits seit Pentium-4-Zeiten im Einsatz.

Jedem Kern steht ein 512 KByte großer Level-2-Cache zur Seite. Jeweils vier Kerne und 8 MByte Level-3-Cache sind in einem CPU Core Complex (CCX) angeordnet. Ein Octo-Core-Chip besteht aus zwei CCX, die über die Hochgeschwindigkeitsverbindung Infinity Fabric miteinander verknüpft sind, dem Nachfolger von HyperTransport. Alle acht Kerne teilen sich somit den insgesamt 16 MByte großen L3-Cache. Bei den angekündigten Ryzen-Prozessoren mit sechs Kernen handelt es sich um Octo-Core-Dies, bei denen nur sechs Kerne nutzbar sind. Die Änderungen in den Recheneinheiten sollen laut AMD die Performance pro Takt im Vergleich zur letzten Bulldozer-Generation Excavator um 52 Prozent steigern. Einen tieferen Einblick in den Aufbau und Funktionsweise der einzelnen Ryzen-Kerne gewährt der Architekturartikel auf Seite 72.

### Taktpezialitäten

Zunächst gehen drei High-End-Prozessoren Ryzen 7 1800X, 1700X und 1700 mit jeweils acht Kernen in den Verkauf. Die beiden X-Varianten haben eine Thermal Design Power von 95 Watt, für den Ryzen 7 1700 gibt AMD 65 Watt an. Der

1800X taktet nominal mit 3,6 GHz. Dieser Wert gilt für Last auf allen Kernen. Sind lediglich zwei Kerne ausgelastet und legen sich die anderen dafür schlafen, dürfen erstere über die Boost-Funktion auf 4 GHz hochtakten. Weitere Boost-Stufen für Last auf vier oder sechs Kernen kennt Ryzen im Unterschied zu Core-i-Prozessoren aber nicht.

Obendrein gibt es als variablen Turbo die Funktion Extended Frequency Range (XFR). Damit steigern Ryzen-Prozessoren ihre Taktfrequenz sowohl über den Nominal- als auch über den Boost-Takt hinaus, sofern der verwendete Kühler noch Reserven bietet und die Leistungsaufnahme unter einem bestimmten Limit bleibt (z. B. 128 Watt). Die Taktsteuerung erfolgt dabei automatisch in 25-MHz-Schritten. Die X-Varianten erhöhen über XFR den Boost- und Nominaltakt um bis zu 100 MHz, bei den normalen Ryzen-CPU's sind es lediglich 50 MHz.

Welches Taktplus XFR in der Praxis bringt, hängt von mehreren Faktoren wie der Leistungsfähigkeit des verwendeten Kühlers und der gerade laufenden Anwendung ab. Je nach Code erhitzen sich unterschiedliche Bereiche auf dem Halbleiter-Die unterschiedlich stark. Über 1000 Sensoren messen Temperaturen, Energieaufnahme und weitere Parameter auf dem Chip und passen kontinuierlich für jeden Kern die Taktfrequenz und Kernspannung

an. Das reduziert obendrein die Leistungsaufnahme.

Unabhängig von XFR lassen sich alle Ryzen-Prozessoren manuell übertakten – sofern die CPU auf einem Mainboard mit X370- oder B350-Chipsatz steckt. Dafür stellt AMD die Windows-Software Ryzen Master bereit. In einem Kurztest lief unser Ryzen-Exemplar im Cinebench ohne Spannungserhöhung mit maximal 3,9 GHz auf allen Kernen stabil.

### Arbeitsspeicher: groß oder schnell

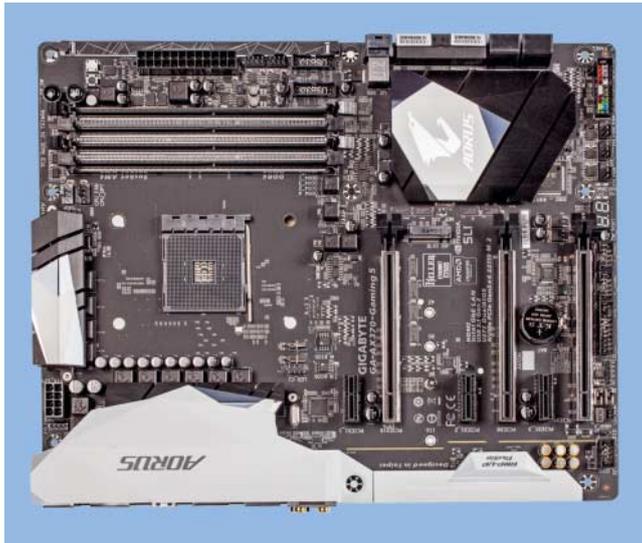
Damit die vielen CPU-Kerne beziehungsweise Threads ungebremst aufspielen, brauchen sie außer großen Caches auch schnelles RAM. AM4-Prozessoren enthalten einen Speicher-Controller für zwei DDR4-Kanäle, die jeweils zwei Speichermodule aufnehmen. Die maximale RAM-Frequenz hängt von der Bestückung der vier DIMM-Slots ab: Laut Datenblatt ist DDR4-1866 das Maximum bei Vollbestückung aller vier Slots mit 16-GByte-Modulen (Dual Rank), also mit insgesamt 64 GByte. Mit vier Single-Rank-DIMMs ist DDR4-2133 zulässig, mit zwei Dual-Rank-DIMMs DDR4-2400. Und von DDR4-2667-Modulen verträgt Ryzen offiziell nur je einen Rank pro Kanal. Alles, was höher taktet, gilt als Übertaktung: kann funktionieren, muss aber nicht. Wegen der großen L3-Caches ist durch schnelleres RAM freilich sowieso keine spürbare Mehrleistung zu erwarten. Wir haben alle Benchmarks mit 2 x 8 GByte DDR4-2400 ausgeführt – genau wie es AMD bei den eigenen Benchmarks hielt.

Während Intels Kaby Lake auf LGA1151-Boards maximal 64 GByte ansteuert, also vier ungepufferte (U)DIMMs mit jeweils maximal 16 GByte in Form von 8-GBit-Chips, ist Ryzen theoretisch für 16-GBit-Chips auf Modulen mit höherer Kapazität gerüstet. Diese kann man aber noch längst nicht kaufen, also bleibt es ebenfalls bei 64 GByte – in puncto RAM herrscht Gleichstand zwischen AM4 und LGA1151.

Ryzen-Prozessoren, AM4, 14 nm								
Prozessor	Kerne	Nominaltakt	Boost	XFR	L2-Cache	L3-Cache	TDP	Preis
Ryzen 7 1800X	8+SMT	3,6 GHz	4,0 GHz	+100 MHz	8 x 512 KByte	16 MByte	95 W	559 €
Ryzen 7 1700X	8+SMT	3,4 GHz	3,8 GHz	+100 MHz	8 x 512 KByte	16 MByte	95 W	439 €
Ryzen 7 1700	8+SMT	3,0 GHz	3,7 GHz	+50 MHz	8 x 512 KByte	16 MByte	65 W	359 €

---

Anzeige



High-End-Mainboards wie das Gigabyte Aorus GA-AX370-Gaming 5 erlauben das Übertakten und bringen zusätzliche USB-3.1-Controller, mehrere PEG-Slots und 2 x Ethernet mit.

Teurere LGA2011v3-Boards mit X99 für Intels Broadwell-E wie dem Core i7-6900K besitzen vier DDR4-Kanäle mit bis zu acht DIMM-Slots, dann sind 128 GByte RAM möglich. ECC-RAM ist bei Intel den Xeons im Verbund mit anderen Chipsätzen vorbehalten – obwohl der Speicher-Controller auch bei Intel jeweils in der CPU steckt. Ob auch AM4-Boards kommen werden, die den Speicher per Error Correction Code (ECC) vor den häufigsten Fehlern schützen, ist derzeit offen.

### Schnittstellenvielfalt

Bei Ryzen beziehungsweise bei den AM4-Mainboards verteilt AMD die Chipsatzfunktionen auf die CPU und einen Chipsatz-Baustein aus der „Promontory“-Familie; letztere besteht bisher aus X370, B350 und A320. Weil die wichtigsten Schnittstellen im Prozessor selbst stecken, kann es auch Mini-ITX-Mainboards und Mini-PCs mit einem abgespeckten Chipsatz ohne eigene SATA-, USB- oder PCIe-Ports geben: AMD nennt das dann X300 oder A300. Um einen Ryzen übertakten zu können, braucht man X370, X300 oder B350; A320 und A300 zielen eher auf Billig-PCs mit den aktuellen „Bristol Ridge“-

APUs und deren „Raven Ridge“-Nachfolgern (siehe S. 78).

Im Prozessor selbst sitzt – wie bei AMD und Intel seit Jahren üblich – der PCI Express Root Complex. Der stellt sechzehn PCIe-3.0-Lanes für Grafikkarten bereit (bei Bristol Ridge nur acht) sowie je vier weitere Lanes für eine NVMe-SSD sowie zur Anbindung des Chipsatz-Bausteins. Bei den Boards „ohne“ Chipsatz – also X300/A300 – lassen sich die vier PCIe-3.0-Lanes für den Chipsatz auch anders nutzen. Außerdem steckt in der CPU noch ein USB-3.0-Controller (xHCI 1.0).

Eine NVMe-SSD im M.2-Format kann bei Ryzen vier PCIe-3.0-Lanes nutzen: Dazu muss der M.2-Steckplatz aber direkt mit der CPU verbunden sein. Die Bristol Ridge-Kombiprozessoren binden eine M.2-SSD über höchstens zwei PCIe-3.0-Lanes an. Der NVMe-Anschluss der CPU kann auf SATA-6G-Betrieb umschalten – einerseits, um eine M.2-SSD mit SATA-Controller anzubinden, andererseits, um zwei SATA-Ports zu versorgen. Das funktioniert genau wie bei Intels Flexible I/O: Steckt eine M.2-SSD im System, lassen sich bestimmte SATA-Ports nicht mehr nutzen.

In den Promontory-Chips steckt ein weiterer SATA-Controller für bis zu vier Ports; zwei davon kann das BIOS auf PCIe-Betrieb umschalten. Insgesamt kann ein Ryzen-PC also sechs SATA-6G-Ports besitzen, weitere sind mit Zusatzchips möglich.

Ein wichtiger Vorteil im Vergleich zu Intels LGA1151-Plattform ist der eingebaute USB-3.1-Controller (xHCI 1.1 mit SuperSpeedPlus alias USB 3.1 Gen 2) in den Chipsätzen X370, B350 und A320. Bei X370 und B350 sind zwei USB-3.1-Buchsen möglich, beim A320 nur eine. In der Praxis erreichte der integrierte USB-3.1-Controller mit einer schnellen SSD über 1 GByte/s.

Dazu kommen noch zwei oder beim X370 sechs USB-3.0-Ports. Außerdem stellen die Chipsätze jeweils noch vier bis sechs PCIe-2.0-Lanes für PCIe-Slots und Zusatzchips bereit, also etwa für einen Ethernet-Adapter. Die Kommunikation zwischen CPU und Chipsatz läuft mit PCIe 3.0 x4, also wie bei Kaby Lake mit bis zu 4 GByte/s pro Richtung.

### Leistung satt

Genug zur Theorie, was zählt ist die Performance, die Ryzen tatsächlich auf die Straße bringt. Und diese beeindruckt in der Tat im Vergleich zu dem, was wir in den letzten Jahren bei AMD-Systemen im c't-Labor gemessen hatten. Die Paradedisziplin des Ryzen 7 1800X sind Anwendungen, die von vielen Kernen und Threads profitieren wie Rendering (Cinebench), Videokodierung (Handbrake) und Verschlüsselung (Veracrypt). Dort kann sich AMDs neues CPU-Flaggschiff mit 5 bis 10 Prozent Vorsprung von Intels Core i7-6900K mit ebenfalls acht CPU-Kernen absetzen. Letzterer kostet aber mit 1100 Euro ziemlich genau das Doppelte des Ryzen 7 1800X (559 Euro).

### Performance und Leistungsaufnahme

Prozessor	Kerne	Takt / Turbo [GHz]	Cinebench R15 Single- / Multi-Thread <small>besser ▶</small>	Blender 2.78b Ryzen / BMW [s] <small>◀ besser</small>	Luxmark 3.1 Luxball OpenCL-CPU <small>besser ▶</small>	Handbrake 1.0.3 AppleTV3 [fps] <small>besser ▶</small>
Ryzen 7 1800X	8+SMT	3,6 / 4,1 <sup>1</sup>	163/1627	27/297	2822	61
Core i7-6900K	8+HT	3,2 / 3,7 (4,0) <sup>2</sup>	154/1474	25/294	3736	58
Core i7-7700K	4	4,2 / 4,5	193/950	36/456	2360	48
A12-9800	4	3,8 / 4,2	99/332	119/1599	620	19
FX-8350	8	4,0 / 4,1	98/633	79/938	1231	28
Phenom II X6 1100T	6	3,3 / 3,7	95/500	127/1309	888	23

<sup>1</sup> Boost + XFR

<sup>2</sup> Turbo Boost 3.0 Max

<sup>3</sup> keine Linpack-Messungen möglich

Messungen mit 16 GByte RAM, SSD und GeForce GTX 1050, Core i7-6900K: 32 GByte RAM



Daten mit 7-Zip komprimiert Ryzen wiederum fünf Prozent langsamer als das Intel-Pendant. Auch das von AMD bereits im Vorfeld veröffentlichte Renderbild der Ryzen-CPU berechnete der Ryzen 7 1800X in Blender zwei Sekunden langsamer als der Core i7-6900K. Die Gegenprobe haben wir mit dem oft als Benchmark verwendeten BMW-Projekt von der Blender-Webseite gemacht, wo beide gleichauf liegen.

Wo Licht ist, gibt es auch Schatten. Zwar hat AMD die Single-Thread-Leistung deutlich gesteigert: Im Cinebench R15 mit einem Thread kommt Ryzen 7 1800X auf 163 Punkte, während die AMD-Prozessoren der letzten sechs Jahre wie Phenom II X6 1100T (Thuban), FX-8350 (Vishera) und A12-9800 (Bristol Ridge) alle knapp unter der 100-Punkte-Marke blieben. Die Performance des Kaby-Lake-Topmodells Core i7-7700K (370 Euro), das bei Last auf einem Kern bis auf 4,5 GHz hochtakten darf, verfehlt der Ryzen 7 1800X mit einem Rückstand von 15 Prozent aber deutlich. Rechnet man die 10 Prozent Taktunterschied im Boost/Turbo-Modus zwischen den beiden Kontrahenten heraus, hat Intel in der Disziplin Leistung pro Takt (Instructions per Cycle) weiterhin die Nase vorne. Deshalb liegt Ryzen im Office-Benchmark Sysmark 2014 SE – einer Mischung aus Single- und Multi-Thread-Anwendungen – um 13 Prozent zurück.

Messungen mit hochoptimiertem Code konnten wir mit Ryzen nicht durchführen: Die mehrere Jahre alten Linpack-Bibliotheken von AMD lieferten viel zu geringe und nicht reproduzierbare GFlops-Werte. Im Luxmark, der die OpenCL-Performance misst, ist der Core i7-6900K 33 Prozent schneller. Um auszuschließen, dass der Rückstand nicht am schon etwas älteren OpenCL-CPU-

Treiber von AMD liegt, haben wir teilweise den Intel-Treiber installiert, der aber die Ergebnisse bestätigte.

Hier fiel uns zudem auf, dass AMD im Reviewers Guide den Core i7-6900K mit nur zwei Speicher-Modulen bestückt hat – also zwei von vier Speicherkanälen ungenutzt lässt. Das wirkt sich bei vielen Anwendungen und Benchmarks wenig bis gar nicht aus, aber eben nicht bei allen: Beim OpenCL-Raytracing-Benchmark Luxmark 3 beträgt der Unterschied zwischen Dual- und Quad-Channel-Modus 21 Prozent. Deshalb haben wir alle Tests auf dem Core i7-6900K mit vier DDR4-DIMMs durchgeführt.

Keinen Anlass zur Kritik bietet im ersten Test die Leistungsaufnahme: Mit Vollast auf allen CPU-Kernen mit Prime95 schluckte das Ryzen-Gesamtsystem 164 Watt und damit rund 40 Watt weniger als der Core i7-6900K und lediglich 20 Watt mehr als der Core i7-7700K. Da uns nur das umfangreich ausgestattete Mainboard Asus Crosshair VI Hero mit einem Beta-BIOS zur Verfügung stand, haben die Messwerte für den Energiebedarf noch vorläufigen Charakter.

### Fazit

AMD meldet sich mit dem Ryzen 7 1800X eindrucksvoll bei den High-End-Prozessoren zurück. Ein solches Angebot gab es bisher nicht: Die schnellste Ryzen-CPU liefert für 560 Euro Multi-Thread-Leistung, für die Intel bei Redaktionsschluss über 1000 Euro verlangt. Der Achtkern-Prozessor mit SMT empfiehlt sich vorrangig für Anwender, die zum Beispiel 3D-Grafiken rendern oder 4K-Videos kodieren wollen und dafür nicht genug CPU-Kerne haben können. Bei Software wie OpenCL, bei der Ryzen deutlich im Rückstand liegt, besteht noch etwas Optimierungsbedarf durch neuere Treiber und

eine bessere Anpassung an die Zen-Architektur seitens der Entwickler. Ob Ryzen auch bei 3D-Spielen eine gute Figur macht, klärt der nachfolgende Artikel.

Dank kleinerer Strukturgrößen, effizienterer Rechenwerke und ausgefeilter Energiespartetechniken liefern die neuen Prozessoren deutlich mehr Performance pro Watt. Die Single-Thread-Performance, die insbesondere für Browser oder Office-Programme wichtig ist, bleibt weiterhin das Metier von Intels schnellen Quad Cores. AMD hat mit Ryzen diese Schwachstelle der alten Bulldozer-Architektur aber behoben und muss sich in dieser Disziplin nicht mehr Billig-Prozessoren wie Celeron und Pentium geschlagen geben. Bei günstigeren CPUs wie dem Ryzen 7 1700 könnte es hingegen leicht zu spürbaren Unterschieden kommen: Dieser kostet so viel wie der Core i7-7700K, hat aber rund 30 Prozent weniger Single-Thread-Performance.

Außer der CPU hat AMD mit Ryzen auch die umgebende Plattform komplett überarbeitet. Jedoch ist AM4 ein Kompromiss, damit sowohl preiswerte Kombiprozessoren als auch High-End-CPU in dieselbe Fassung passen: Vier Speicherkanäle für 128 GByte RAM oder viele PCIe-3.0-Lanes bleiben Intels teurer LGA2011-v3-Plattform beziehungsweise deren Nachfolger LGA2066 vorbehalten.

Durch die wiedererstarbte Konkurrenz ist Intel nach mehreren Jahren eher langweiliger Neuvorstellungen gezwungen zu reagieren, und tut dies bereits durch die Einführung von Hyper-Threading bei den Kaby-Lake-Pentiums oder die kommenden Kaby-Lake-X-Varianten für LGA2066. Zudem sind Preissenkungen nicht auszuschließen. Aus Kundenperspektive kann man AMD zum Comeback mit Ryzen nur beglückwünschen.

([chh@ct.de](mailto:chh@ct.de)) **ct**

	7-Zip MIPS <small>besser ▶</small>	Veracrypt Serpent / AES [GByte/s] <small>besser ▶</small>	BAPCo Sysmark 2014 SE <small>besser ▶</small>	Linpack [GFlops] <small>besser ▶</small>	Leistungsaufnahme Leerlauf / CPU-Last [W] <small>◀ besser</small>
	39087	2,20/11,30	1424	- <sup>3</sup>	37/164
	40854	2,00/11,10	1515	387	58/207
	26939	1,30/7,20	1638	222	25/144
	11642	0,54/3,30	640	- <sup>3</sup>	31/116
	22159	0,99/5,10	879	83	41/227
	18367	0,70/0,95	666	33	52/182