

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

Komplett-PCs gibt es in Hülle und Fülle. Doch diese bedienen meist nur den Massengeschmack und man muss mit der Hardware vorliebnehmen, die der Hersteller ausgewählt hat. Bei einem selbst gebauten Rechner ist das anders: Hier hat man die volle Kontrolle und kann ihn zielgerichtet an die individuellen Anforderungen anpassen. Vor allem, wenn man mehrere verschiedene Einsatzzwecke unter einen Hut bringen will.

In diesem Heft finden Sie Tipps für die Komponentenauswahl sowie zwei PC-Bauvorschläge. Diese decken ein großes Spektrum vom sparsamen, günstigen Mini über einen effizienten Allrounder bis zur leistungsstarken High-End-Maschine ab. Der c't Hardware-Guide enthält darüber hinaus aber auch Ratschläge für den Betrieb von Windows 11 auf Ihrem bestehenden Rechner sowie zahlreiche Tests attraktiver Hardware wie SSDs, Mainboards, Netzteile und CPU-Kühler. Denn günstiger und nachhaltiger als eine Neuanschaffung ist das Aufrüsten, wodurch Sie das Leben Ihres PCs um einige Jahre verlängern können.

Die große CPU-Kaufberatung gibt einen Überblick über die aktuellen Prozessoren der Serien AMD Ryzen und Intel Core i und die Unterschiede der einzelnen Plattformen. Darin vergleichen wir außerdem Leistung, Effizienz und Kosten von über 50 Modellen der letzten Jahre. Mit einigen Handgriffen können Sie den Energiebedarf Ihres Ryzen-Systems per Undervolting deutlich reduzieren. Leistungsstarke Grafikkarten sind momentan zwar teuer, doch für viele 3D-Spiele unerlässlich. Der c't Hardware-Guide geht deshalb auch darauf ein, in welchen Fällen die im Prozessor integrierte Grafikeinheit eine preiswerte und sparsame Alternative ist.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen und Basteln.



Christian Hirsch

Inhalt



DEN OPTIMALEN PC BAUEN

Mit unserer Kaufberatung und den zwei Vorschlägen für einen Allrounder mit High-End- und Gaming-Option sowie einen Mini können Sie sofort mit dem PC-Bau loslegen. Außerdem erhalten Sie Hardware-Tipps für den Betrieb von Windows 11 auf Ihrem vorhandenen Rechner.

- 6 Kaufberatung: Der optimale PC 2022
- 14 Bauvorschlag Allrounder mit Ryzen-Sechskernprozessor
- 20 Bauvorschlag Mini-PC für unter 350 Euro
- 24 Windows 11: Hardware-Anforderungen
- 32 FAQ: Gaming-Hardware



PROZESSOR & MAINBOARD AUSWÄHLEN

Im CPU-Wegweiser und mehreren ausführlichen Tests von AMD Ryzen und Intel Core i erfahren Sie, welche Prozessoren derzeit besonders attraktiv sind. Zudem geben wir Praxistipps zum Energiesparen und Übertakten.

- 36 CPU-Wegweiser
- 46 Intel Core i9-12900K und Core i5-12600K
- 54 Core-i-12000-Prozessoren ausreizen
- 60 Core i-11000 gegen Ryzen 5000
- 66 Core i5-11600K und i9-11900K übertakten
- 72 Serie-500-Mainboards für Core-i-11000-CPU's
- 82 Kombiprozessor Ryzen 7 5700G
- 86 Energie sparen mit Clock Tuner for Ryzen
- 92 Billige CPU-Kühler bis 20 Euro

DIE RICHTIGE SSD FINDEN

Schnelle Solid-State Disks sind ein Garant für flottes Arbeiten und kosten auch in großen Kapazitäten nicht mehr die Welt. Wir haben 16 aktuelle PCI-Express-3.0- und 4.0-SSDs ab 90 Euro getestet, die mindestens 1 TByte Daten aufnehmen.

- 102 PCIe-SSDs mit großen Unterschieden
- 108 Günstige und teure SSDs im Vergleich



DIE BESTEN GRAFIKKARTEN ZUM SPIELEN

Anhand unserer Messergebnisse können Sie entscheiden, ob Sie mit einer Grafikkarte oder einer im Prozessor integrierten GPU besser fahren. Im Testlabor haben wir zudem Netzteile für leistungsstarke 3D-Beschleuniger auf Herz und Nieren geprüft.

- 118 Kaufberatung für Grafikkarten
- 122 3D- und Videofähigkeiten integrierter Grafik
- 128 Nvidia GeForce RTX 3060 mit 12 GByte
- 132 AMD Radeon RX 6600 XT
- 138 Nvidia GeForce RTX 3060 Ti
- 140 AMD Radeon RX 6700 XT
- 142 Luxus-Spielergrafikkarten über 500 Euro
- 152 ATX-Netzteile mit 750 Watt

ZUM HEFT

- 3 Editorial
- 162 Impressum

c't HARDWARE-GUIDE
Tests, Praxis, Bauvorschläge: Aktuelle Hardware auf dem c't-Prüfstand

- 14, 6 **So bauen Sie Ihren Wunsch-PC**
 Konfigurationsvorschläge für Windows und Linux
 Die besten Komponenten für Office, Gaming, High-End
- 20 **Mini-PC für 350 Euro**
 Super leise, flexibel, verbraucht nur 8 Watt
 Tuning-Tipps: WLAN & RGB-LEDs nachrüsten
- 24 **Windows 11 auf alten PCs**
 Mit dieser Hardware läuft das neue Windows
 Diese BIOS-Einstellungen brauchen Sie
- 36, 46 **Über 50 Prozessoren im Test**
 Vom sparsamen Dual-Core bis zum 64-Kerner für Workstations
 Kopf-an-Kopf-Rennen: Duell der schnellsten Desktop-CPUs
- 102, 32, 152, 92 **Ratgeber Hardware-Kauf**
 Das bringen schnelle SSDs in der Praxis · FAQ für Gaming-Hardware
 Tests: sechs starke Netzteile mit 750 Watt, neun günstige CPU-Kühler

€ 14,90
 04/22 21/22
 04/22 04/22
 04/22 04/22





Superleiser Mini-PC-Bauvorschlag

Unser PC-Bauvorschlag iDeskMini erledigt Office-Aufgaben wie ein Großer, braucht nur wenig Platz auf dem Schreibtisch und kommt mit 8 Watt aus.

Von **Christian Hirsch**

Für alltägliche Office-Aufgaben reichen ein Dual-Core-Prozessor mit integrierter Grafik, genügend RAM und eine M.2-SSD aus. Lässt man die übrigen Platzfresser wie Grafikkarte, leistungsstarkes Netzteil sowie Erweiterungs-Slots auf dem Mainboard weg, lässt sich der PC auf die Größe eines Milchkartons schrumpfen und ist dabei flüsterleise und sparsam.

Mit dem iDeskMini (Kurzform für Intel-DeskMini) haben wir dieses Konzept umgesetzt, der im Unterschied zu den meisten Mini-PC-Barebones mit eingelötetem Prozessor aber mehr Freiheiten bei der Bestückung bietet. Zum Beispiel bietet er zusätzlich Platz für zwei 2,5"-Laufwerke. Damit eignet er sich auch als Media-Center, Mini-Server oder preiswerte Schreibmaschine für die Verwandtschaft.

Preiswert nur mit Intel

Die Basis für unseren 350-Euro-Bauvorschlag ist der Barebone DeskMini H470 von Asrock für Intels LGA1200-Prozessoren der Serien Core i-10000 und deren günstigen Celeron- und Pentium-Derivate. Core i-11000 Rocket-Lake funktionieren zwar auch darin, aber diese gibt es erst ab sechs Kernen und der ältere H470-Chipsatz kann viele Funktionen der neueren CPUs nicht nutzen. Ursprünglich hatten wir vor, das AMD-Pendant DeskMini X300 zu verwenden, doch momentan fehlen attraktive Ryzen-Kombiprozessoren für unter 270 Euro. Und der Billig-Chip Athlon 3000G ist kaum verfügbar und mit rund 100 Euro fast doppelt so teuer wie die unverbindliche Preisempfehlung.

Das Gehäuse des DeskMini H470 ist bereits mit einem passenden Mini-STX-Board bestückt und wird inklusive externem 120-Watt-Netzteil für 170 Euro verkauft. Der PC-Barebone stellt trotz der im Vergleich zum Ryzen-Allrounder winzigen Abmessungen eine Menge Anschlüsse bereit. Über DisplayPort 1.2 und die USB-C-Buchse mit Alternate Mode lassen sich zwei



4K-Displays mit 60 Hz ansteuern. Am HDMI-1.4-Ausgang kann man einen dritten Monitor betreiben, bei 4K-Auflösung allerdings nur mit maximal 30 Hertz. Insgesamt ist der DeskMini mit sechs USB-Anschlüssen mit 5-Gbit/s-Tempo (ca. 450 MByte/s) ausgestattet, zwei davon im USB-C-Format für moderne Peripheriegeräte.

Als Prozessor haben wir uns für den Pentium Gold G6405 entschieden, der rund 65 Euro kostet. Zwar könnte man rund 15 Euro einsparen, wenn man den Celeron G5905 mit ebenfalls zwei Kernen nimmt. Diesem fehlt aber Hyper-Threading. Der Pentium stellt für Anwendungen somit vier statt nur zwei logische Kerne bereit und taktet zudem mit 4,1 GHz 600 MHz schneller, was den Aufpreis wert ist.

Im Office-Benchmark Sysmark 25 erreicht der iDeskMini damit 943 Punkte, was ein ordentlicher Wert angesichts des günstigen CPU-Preises ist. Zum Vergleich: Der viermal so teure Sechskerner des Ryzen-Allrounders schneidet nur 40 Prozent besser ab. Das liegt daran, dass bei Surfen, Textverarbeitung und Tabellenkalkulation die Singlethreading-Leistung entscheidend ist. Hier liegt der Pentium G6405 trotz abgespekter Cache-Zwischenspeicher gar nicht so weit zurück, weil er eine recht hohe Taktfrequenz von 4,1 GHz hat.

Bei Anwendungen, die viele Kerne nutzen, wie zum Beispiel dem Rendern, geht der Billig-CPU aber schnell die Puste aus. Zumal Intel ihr die Befehlssatzerweiterung AVX2 vorenthält, die bei Cinema 4D oder Blender zusätzliche Performance bringt.

Die im Pentium G6405 integrierte spartanische Grafikeinheit UHD 610 reicht für Office-, Internet- und die Videodarstellung aus. Moderne Spiele in Full HD oder höheren Auflösungen mutieren mit ihr aber zur Diashow. Wenn überhaupt, taugt sie für Casual Games wie Die Sims 4, die von vornherein darauf ausgelegt sind, auf jeglicher PC-Hardware zu laufen (siehe S. 122).

Unser allgemeiner Rat bei CPUs, immer die Boxed-Varianten zu kaufen, gilt auch beim Bauvorschlag

Lesen Sie mehr in c't Hardware-Guide 2022

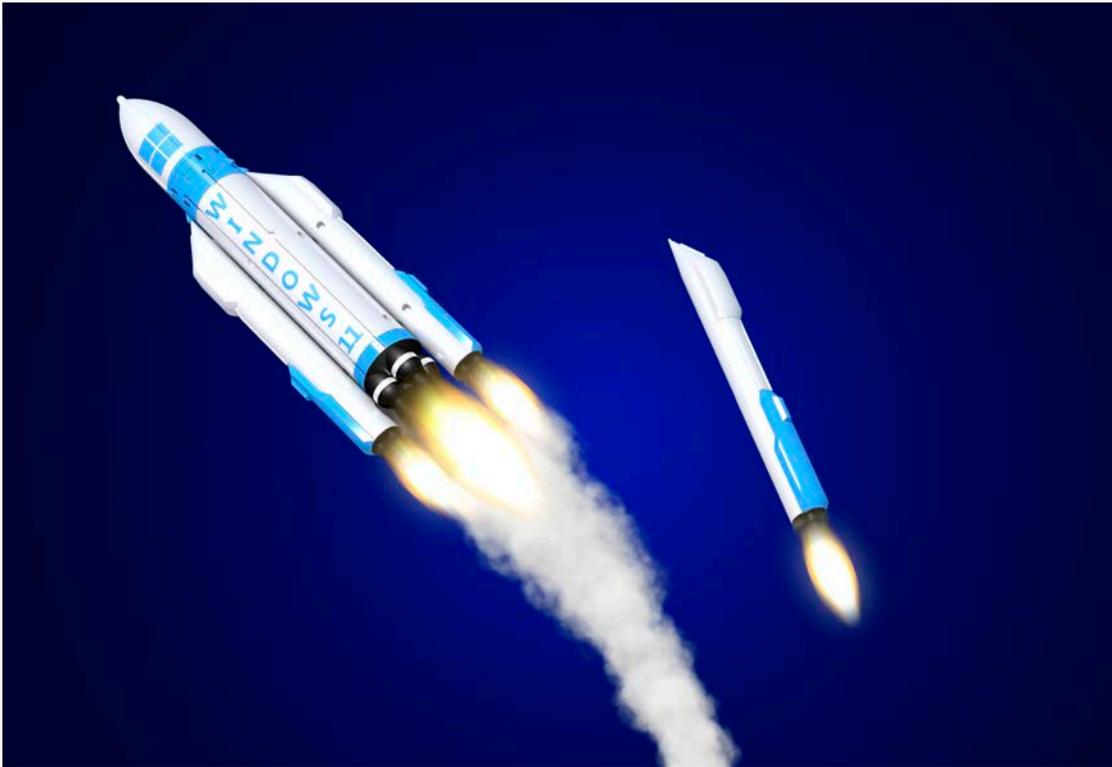


Bild: Sven Hautth

Windows 11: Hardware-Anforderungen

Auf älteren Computern lässt sich Windows 11 nur mit Tricks installieren und erhält dann möglicherweise keine Updates. Einige Hardware-Anforderungen von Windows 11 lassen sich aber erfüllen, indem man die PC-Konfiguration ändert oder aufrüstet.

Von **Christof Windeck**

Mehr als zehn Jahre lang hatte Microsoft die Mindestanforderungen an Hardware für Windows-Computer nur moderat angehoben. Doch für Windows 11 baut Microsoft vergleichsweise hohe Hürden auf und verlangt beispielsweise einen höchstens vier Jahre alten Prozessor. Selbst manche

jüngeren Rechner erfüllen nicht sämtliche Voraussetzungen, die Microsoft für Windows 11 verlangt; das lässt sich aber meistens durch Änderung der Konfiguration korrigieren. Wenn Sie auf das neue Windows umsteigen möchten, sollten Sie daher Ihr System untersuchen – die folgenden Seiten zeigen, wie.

Update-Risiko

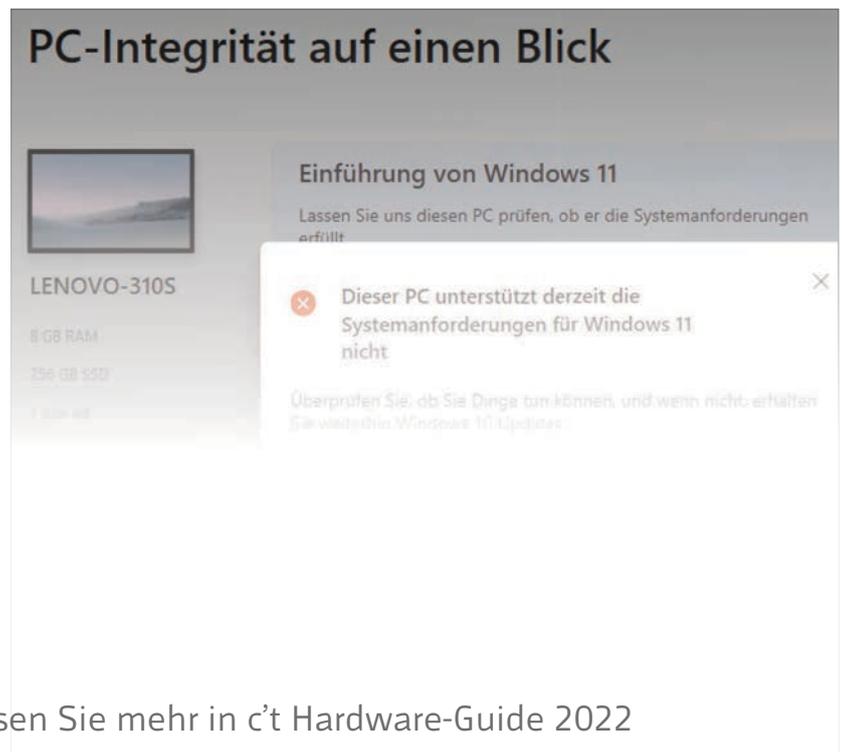
Auf einem PC, der die Systemanforderungen für Windows 11 nicht erfüllt, lässt sich Windows 11 zwar trotzdem installieren. Aber es gibt Nachteile: Erstens sind Systeme mit nicht „unterstützter“ Hardware vom bequemsten Upgradepfad per Windows Update ausgeschlossen, weil Microsoft diesen Rechnern das Upgrade wohl kaum anbieten wird. Zweitens verweigert auch das Windows-11-Setup die Installation, sofern man nicht mit Tricks nachhilft [1, 2]. Und drittens – das ist das schwerwiegendste Problem – behält sich Microsoft vor, von Windows 11 nicht unterstützte Systeme nicht (oder nicht auf Dauer) mit Updates zu versorgen. Solche Computer wären folglich von Patches für Sicherheitslücken abgeschnitten und für die praktische Nutzung ungeeignet.

Ob und wann Microsoft diese Drohung wahr macht, lässt sich nicht vorhersagen. Wer seine Hardware also nicht für Windows 11 auf- oder umrüsten kann, bleibt deshalb besser bei Windows 10, für das Microsoft noch bis Oktober 2025 Updates verspricht.

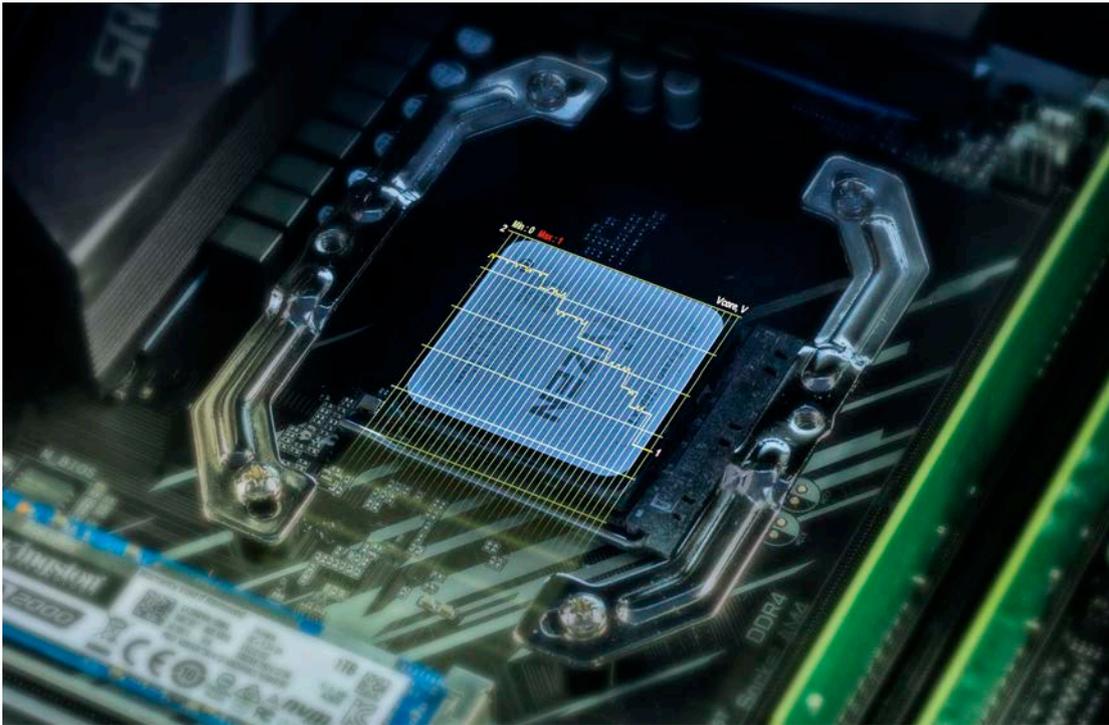
Freundliche Einladung ...

Ein Upgrade auf Windows 11 wäre wenig sinnvoll, wenn dabei ein krötenlahmer PC herauskommt, der einige der neuen Funktionen nicht beherrscht. Deshalb ist es sinnvoll, dass Microsoft Hardware-Mindestanforderungen zur Orientierung veröffentlicht. Wir würden für einen modernen Allround-PC eine CPU vom Typ AMD Ryzen oder Intel Core i mit mindestens vier Kernen sowie 8 GByte Arbeitsspeicher und 256 GByte SSD-Speicherplatz empfehlen.

Microsoft bleibt deutlich unter diesen Minimalanforderungen, viele könnten schon elf Jahre alte Desktop-PCs und Notebooks erfüllen: Dual-Core-Prozessor mit 1 GHz Taktfrequenz, 4 GByte RAM, ein Systemdatenträger (Festplatte, SSD oder Flash-Chip) mit 64 GByte Kapazität, UEFI-BIOS. Dabei muss der PC allerdings tatsächlich im UEFI-Modus booten und nicht etwa im BIOS-kompatiblen Modus, bei dem die UEFI-Firmware ein Compatibility Support Module (CSM) nachlädt. Außerdem muss der „Sichere Startzustand“ (Secure Boot) aktiviert sein, wie schon seit 2012 für Windows 8 empfohlen.



Lesen Sie mehr in c't Hardware-Guide 2022



Energie sparen mit Clock Tuner for Ryzen

Die Leistungsaufnahme von Prozessoren lässt sich durch Absenken ihrer Kernspannung reduzieren. Dabei hilft die kostenlose Software Clock Tuner for Ryzen, indem sie viele Schritte automatisiert durchführt. Am Ende stehen bis zu 20 Prozent Energieersparnis.

Von **Christian Hirsch**

Manche PC-Prozessoren verbrauchen mehr Strom als nötig. In den PC-Bauvorschlägen für die Ryzen-Allrounder der vergangenen beiden Jahre haben wir in der Basisvariante jeweils den Sechskerner Ryzen 5 3600 eingebaut. Er bietet dank Simultaneous Multithreading (SMT) und bis zu 4,2 GHz Takt genug Rechenleistung für gängige Anwendun-

gen und 3D-Spiele, hat mit 65 Watt Thermal Design Power eine moderate Leistungsaufnahme und ist mit unter 200 Euro erschwinglich.

Allerdings verwendet AMD für die Hexa-Cores nicht immer die effizientesten Halbleiter-Dies, denn diese kommen vorrangig in den teureren Exemplaren zum Einsatz, die höher takten und bei denen

alle acht Kerne eines CPU Core Dies (CCD) aktiv sind. Unser Exemplar des Ryzen 5 3600 fordert beispielsweise unter Last eine vergleichsweise hohe Kernspannung von über 1,3 Volt an und heizt sich trotz des leistungsfähigen Tower-Kühlers ziemlich stark auf. Der 16-Kerner Ryzen 9 3950X benötigt im gleichen System bei Volllast lediglich knapp über 1,1 Volt und bleibt dabei 10 Grad Celsius kühler.

Undervolting per Software

Deshalb haben wir untersucht, ob wir durch Undervolting die Leistungsaufnahme unter Last etwas absenken können. Das klappt, weil die CPU- und Board-Hersteller dem Prozessor immer eine etwas höhere Spannung geben als notwendig. Damit gehen sie auf Nummer sicher, dass trotz Fertigungsschwankungen der Chips und der Wandlerbauteile auf dem Board das System in allen Konstellationen stabil läuft. Beim Undervolting versucht man diesen Sicherheitsaufschlag abzuschmelzen, um durch das Absenken der Kernspannung einigtes an Strom zu sparen [1]. Das funktioniert aber nicht bei jeder CPU gleich gut, bei zu niedriger Spannung drohen Rechenfehler und Abstürze.

Das kostenlose Windows-Tool Clock Tuner for Ryzen (CTR) erleichtert das Vorgehen bei Ryzen-Prozessoren erheblich. Statt in einer Tippel-Tappel-Tour von Hand die Spannung schrittweise zu reduzieren und jeweils die Stabilität prüfen zu müssen, übernimmt dies weitgehend automatisiert die CTR-Software. Das klappt bei den meisten Ryzen-3000-Systemen.

CTR stammt nicht vom CPU-Hersteller AMD, sondern vom unabhängigen Entwickler Yuri Bublik, der bereits den DRAM Calculator for Ryzen entwickelt hatte, der beim Speicherübertakten hilft. Wir haben die Tests mit der Version 1.1 Beta 7 durchgeführt. Inzwischen gibt es die überarbeitete und erweiterte Version 2.1, die nicht nur die Ryzen 3000 „Matisse“ und Ryzen Threadripper 3000 „Castle Peak“, sondern auch die moderneren Ryzen 4000G „Renoir“ und

Programme müssen Sie das Ryzen Master Tool von AMD einmal starten und dessen Nutzungsbedingungen abnicken. Danach können Sie es wieder schließen. Um den integrierten Benchmark-Vergleich nutzen zu können, müssen Sie den Inhalt des Cinebench-Ordners in den Unterordner CB20 des Clock Tuners entpacken.

Durch das Verändern von Taktfrequenzen und Spannungen betreiben Sie die CPU außerhalb der Spezifikation, auch wenn die Werte – anders als beim Übertakten – niedriger liegen als nominal. Es kann also zu Abstürzen und Datenverlusten kommen. Deshalb sollten Sie während der Experimente keine anderen Programme offen haben und vorher ein Backup Ihrer Daten anlegen.

Bevor Sie loslegen, empfiehlt sich noch ein kleiner Umweg über das BIOS-Setup. Zwar werden alle Einstellungen von der Software unter Windows vorgenommen, der Entwickler des Clock Tuner rät aber die sogenannte Load Line Calibration (LLC) anzupassen. Unter Last bricht die Spannung des Prozessors immer etwas ein. Die LLC der Spannungswandler auf dem Board wirkt dem entgegen, zu hoch sollte sie aber auch nicht eingestellt sein, sonst verpufft der Spareffekt. Bei Mainboards von Asus und MSI sollte man LLC auf Stufe 3 setzen, bei Asrock auf Stufe 2 und bei dem von uns verwendeten Gigabyte B550 Aorus Elite auf „Turbo“.

Nach dem Start des Clock Tuner erscheint im Menüpunkt Main als erstes eine Oberfläche mit zahlreichen Zahlen, die auf den ersten Blick verwirren. Im oberen Drittel sind die CPU-Temperatur sowie die momentanen effektiven Taktfrequenzen der Kerne aufgelistet, sortiert nach der Zugehörigkeit zu den CPU Core Complexes (CCX). Beim effektiven Takt handelt es sich um einen errechneten, theoretischen Wert aus dem Produkt der Taktfrequenz und Auslastung des jeweiligen Kerns. In der Praxis können die CPU-Kerne von Ryzen-3000-Prozessoren jedoch nur definierte Frequenzen in 25-MHz-Schritten annehmen und auch nicht beliebig tief takten. Hat ein CPU-Kern nichts zu tun, so wird

Lesen Sie mehr in c't Hardware-Guide 2022



Günstige und teure SSDs im Vergleich

Wer eine schnelle SSD benötigt, kauft heutzutage eine mit PCI-Express-Schnittstelle. Doch muss es da die aktuelle Version 4.0 sein oder reicht auch ein deutlich günstigeres 3.0-Modell aus? Zehn sehr unterschiedliche SSDs liefern die Antwort.

Von **Lutz Labs**

Viele PCIe-SSDs arbeiten nach dem Standard PCIe 3.0 und erreichen damit maximal rund 3,5 GByte/s, deutlich mehr als eine SATA-SSD. Einige aber nutzen bereits die Version 4.0 und kommen damit auf mehr als 7 GByte/s bei der Übertragung großer Datenmengen. Günstige 1-TByte-SSDs gibt es für weniger als 90 Euro, die schnelleren

kosten fast das Doppelte – irgendeinen Unterschied sollte man da doch bemerken.

Wir haben uns fünf günstige SSDs ins Testlabor geholt und fünf weitere vom oberen Ende der Preiskala. Als Vertreter mit PCIe 3.0 sind Acer FA 100, Adata XPG Spectrix S20G, Kingston NV1 NVMe PCIe-SSD, Samsung 980 und Transcend PCIe SSD 112S

dabei, aus dem oberen Preissegment Crucial P5 Plus, PNY XLR8 CS3140, Samsung 980 Pro, Seagate FireCuda 530 SSD und Teamgroup T-Force Cardea A440.

Dabei handelt es sich bei den günstigen SSDs nicht etwa um Auslaufmodelle; alle sind erst seit diesem Jahr in Deutschland erhältlich. Beim Speicher setzen sie fast alle auf den bewährten TLC-Flash (Triple Level Cell), der mit 3 Bit Speicherfähigkeit pro Zelle arbeitet – das in der Produktion noch einmal günstigere QLC-Flash (Quadruple Level Cell, 4 Bit pro Zelle) kommt nicht zum Einsatz. TLC scheint dank hoher Produktionskapazitäten im Preis konkurrenzfähig geworden zu sein, eine günstige SSD muss also nicht extrem langsam sein.

Komponentenwechsel

Vor einigen Monaten geriet der SSD-Hersteller Patriot in die Kritik, weil er die Bestückung seiner PCIe-SSD VPN 100 verändert hatte – und zwar zum Nachteil der Kunden: Statt 1 GByte DRAM fanden sich auf einigen Exemplaren der 1-TByte-SSD nur noch 256 MByte, zudem ersetzte Patriot den Phison-Controller E12 durch die Version E12S [1]. In den öffentlich verfügbaren Datenblättern waren die Änderungen nicht vermerkt und sie sind von außen zudem auch nicht sichtbar, weil die Komponenten unter einem dicken Kühlkörper verborgen sind. Nach massiver Kritik entschuldigte sich Patriot. Das Unternehmen versprach jedoch gleichzeitig, dass die Änderungen keine Auswirkungen auf die Performance der SSD haben sollten, da der Controller dies durch eine verbesserte Firmware auffangen sollte.

Ob einer und wenn ja, welcher der SSD-Hersteller dieses Tests ebenfalls in Zukunft heimlich einen Teil der Bausteine durch andere austauscht, können wir nicht vorhersehen. Kingston allerdings behält sich eine Änderung der Komponenten von vornherein vor, um immer eine möglichst günstige SSD bauen zu können. Aktuell zumindest klappt das gut: Die NV1 ist mit etwa 92 Euro die preiswerteste SSD in

fast schon gezwungen sehen, auf andere Bauteile auszuweichen. Allerdings wäre es wünschenswert, wenn sie solche Änderungen auf den jeweiligen Produktseiten im Web dokumentieren würden.

Aber so schließt sich der Kreis zu den immer weniger aussagekräftigen Datenblättern vieler Hersteller. Denn wenn dort etwa keine Angaben zum Controller vermerkt sind, kann dieser bei Bedarf durch ein günstigeres oder ein jetzt gerade verfügbares Modell ersetzt werden: Solange die im Datenblatt zugesicherten Spezifikationen, also etwa die zur Geschwindigkeit, eingehalten werden, kann sich niemand wirklich beschweren.

Preisfragen

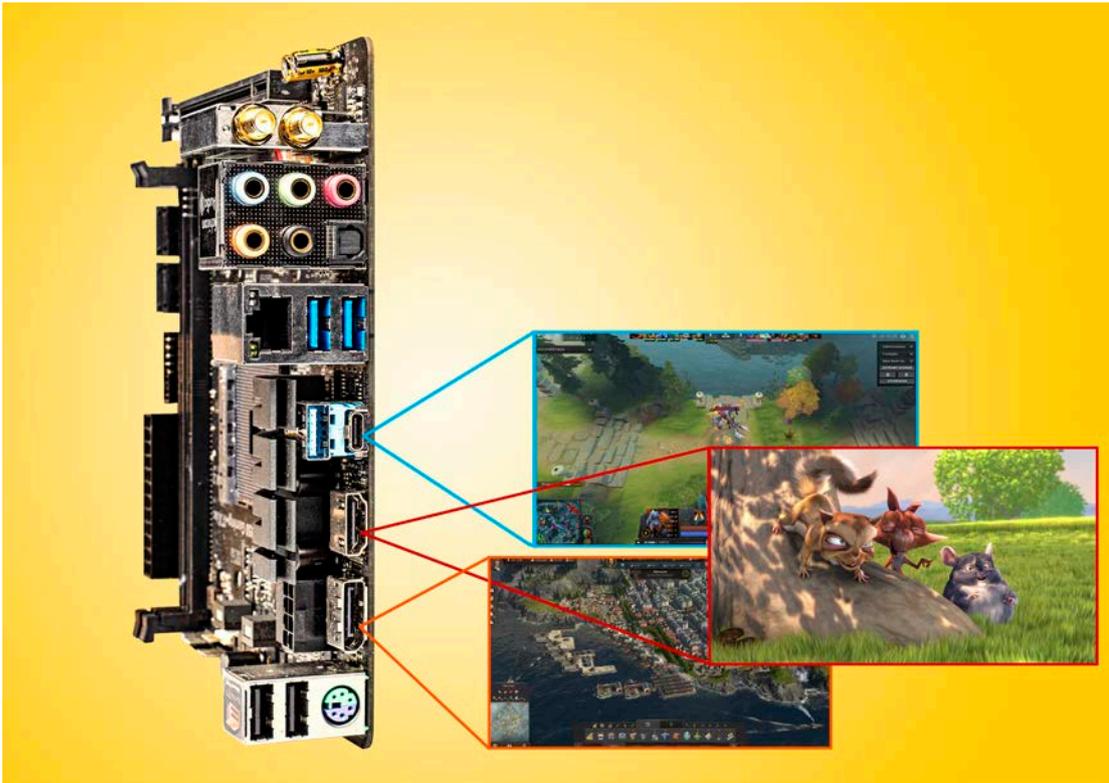
Das Problem dürfte sich aufgrund der aktuellen Chipknappheit in den nächsten Monaten noch verstärken. Wer auf Nummer sicher gehen möchte, sollte daher besser bei den Herstellern Samsung, SK Hynix, Micron/Crucial, Kioxia oder Western Digital kaufen, die nicht nur den Flash-Speicher selbst produzieren, sondern auch eigene Controller entwickeln.

Der aktuelle Komponentenmangel hat noch weitere Auswirkungen: Die SSD-Preise sinken nicht immer weiter, sondern steigen in einigen Bereichen sogar wieder an. So liegt etwa der Preis der XLR8 CS3140 um rund 30 Euro höher als noch vor wenigen Wochen.

Intern

Neben der Schnittstelle gibt es einen weiteren wesentlichen Unterschied zwischen den günstigen und den teuren Modellen: Die höherpreisigen nutzen einen eigenen DRAM-Chip, die günstigen bedienen sich über den NVMe-Treiber am Hauptspeicher des PCs. Das macht die SSD ein klein wenig langsamer. Die zugrunde liegenden Schreibstrategien haben wir in unserer Grundlagenserie zum Thema NAND-Flash [2] erklärt.

Lesen Sie mehr in c't Hardware-Guide 2022



Fähigkeiten integrierter Grafikeinheiten

Die in AMD- und Intel-Prozessoren eingebauten GPUs stehen etwas zu Unrecht im Schatten leistungsfähiger Grafikkarten. Sie ermöglichen nicht nur schlanke Notebooks und sparsame Desktop-PCs, sondern reichen dank moderner Videoeinheiten und gewachsener 3D-Leistung für viele Anwendungen aus.

Von **Christian Hirsch**

Für Profi-Anwender und PC-Spieler führt an Grafikkarten kein Weg vorbei, insbesondere wenn höchste Rechenleistung für komplexe CAD-Modelle, wissenschaftliche Berechnungen oder den neuesten 3D-Shooter gefragt ist. Für die meisten

anderen Anwendungen ist eine separate Grafikkarte beziehungsweise ein zusätzlicher Grafichip im Notebook hingegen überflüssig, denn dafür reicht die im Prozessor integrierte Grafik aus. Sie steuert mehrere Monitore an, entlastet die CPU-Kerne bei

der Videowiedergabe und taugt für viele Gelegenheitsspiele.

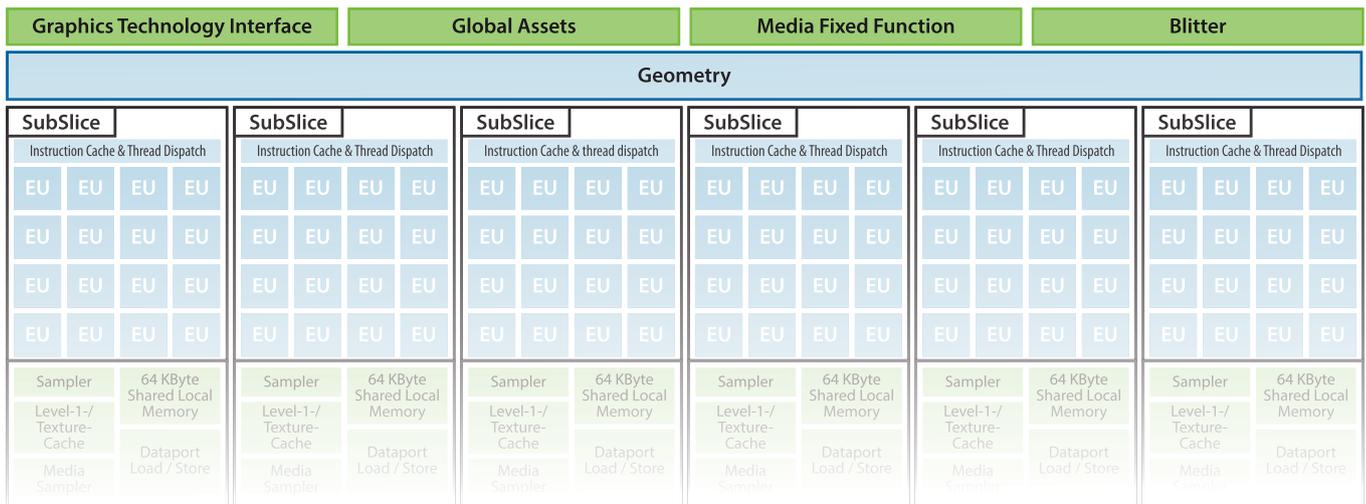
Die integrierten GPUs (iGPU) der Core-i-Prozessoren von Intel und der Ryzen-CPU's von AMD bieten einige Vorteile gegenüber Grafikkarten. Sie benötigen viel weniger Energie. Das bringt nicht nur längere Laufzeiten beim Notebook, sondern auch leisere Kühlung bei Desktop-PC's. Zudem sind sie viel billiger, insbesondere in der jetzigen Situation, wo Grafikkarten kaum erhältlich sind. Selbst sparsame Billigmodelle wie die Nvidia GeForce GT 1030 oder AMD Radeon RX 550 kosten derzeit mehr als 80 Euro. Bei leistungsstärkeren Gaming-Karten sind die Straßenpreise auf das Doppelte oder Dreifache der Herstellerpreisempfehlungen gestiegen. Im Unterschied dazu beträgt das Preisdelta zwischen dem Sechskernprozessor Core i5-11400 mit UHD-730-Grafik und dem sonst identischen Core i5-11400F ohne iGPU lediglich 20 Euro.

Wahlhilfe

Doch welche Prozessoren haben eine integrierte Grafik? Bei den Mobilprozessoren lässt sich die Frage einfach beantworten: Alle! Bei Intel ist derzeit die 11. und 12. Generation der Core-i-Prozessoren aktuell. Dazu zählen für Notebooks und Mini-PC's die Serien Core i-1100G und Core i-11000H „Tiger Lake“.

Architektur Intel Xe

Intel teilt die 96 Ausführungseinheiten der Xe-GPU in Tiger-Lake-Mobilprozessoren auf sechs SubSlices auf. Darin nutzen jeweils 16 Execution Units (EU) gemeinsam unter anderem eine Threadverwaltung, einen kombinierten Level-1- und Texturen-Cache sowie einen 64 KByte großen lokalen Speicher. Jede der 96 Ausführungseinheiten besteht im Inneren wiederum aus zwei spezialisierten Gleitkommaeinheiten und acht SIMD-Pipelines, die gemeinsam entweder Integer- oder Gleitkommaoperationen ausführen können.



Lesen Sie mehr in c't Hardware-Guide 2022